



Feltundersøkelser

RETNINGSLINJE

Håndbok R211





Statens vegvesen

Feltundersøkelser

Retningslinje

Håndbøker i Statens vegvesen

Dette er en håndbok i Statens vegvesens håndbokserie. Vegdirektoratet har ansvaret for utarbeidelse og ajourføring av håndbøkene.

Denne håndboka finnes kun digitalt (PDF) på Statens vegvesens nettsider, www.vegvesen.no.

Statens vegvesens håndbøker utgis på to nivåer:

Nivå 1: • **Oransje** eller • **grønn** fargekode på omslaget – omfatter *normal* (oransje farge) og *retningslinje* (grønn farge) godkjent av overordnet myndighet eller av Vegdirektoratet etter fullmakt.

Nivå 2: • **Blå** fargekode på omslaget – omfatter *veiledning* godkjent av den avdeling som har fått fullmakt til dette i Vegdirektoratet.

Feltundersøkelser
Nr. R211 i Statens vegvesens håndbokserie

Forsidefoto: Haris Brcic

ISBN: 82-7207-439-7

Forord

Håndbok R211 Feltundersøkelser består av metodebeskrivelser for feltundersøkelser som utføres i eller for Statens vegvesen. Boka gir en samlet beskrivelse av metodene til praktisk bruk ved siden av gjeldende standarder og til avklaring der standardene gir valgmuligheter. Metodebeskrivelsene bygger på gjeldende standarder på tidspunkt for ferdigstilling av hver metode som angitt i headingen på hver metode.

Denne utgaven finnes på www.vegvesen.no (søk på R211 eller klikk på Fag, deretter Publikasjoner, Håndbøker). Gjeldende versjon vil være den som til enhver tid ligger på nett.

Som grunnlag for senere revisjoner er det ønskelig at erfaringer og opplysninger av betydning sendes Vegdirektoratet: e-post R211@vegvesen.no.

Revisjonen har omfattet en oppdatering av metoder, utarbeidelse av nye metoder og sletting av utdaterte metoder. Håndboka har fått en ny inndeling:

- Kapittel 1 Geotekniske og geologiske undersøkelser
- Kapittel 2 Vegbyggingsmaterialer
- Kapittel 3 Betong
- Kapittel 4 Vegtilstand
- Vedlegg 1–4 Omhandler jordartsklassifisering (1), bergartsklassifisering (2), grunnvannsbegreper (3), samt oversikt over enheter (4).

Språkform: De fleste metodebeskrivelsene er på bokmåls form. Noen av beskrivelsene er i nynorsk form.

Denne håndboka erstatter håndbok R211, 2014-utgaven (med faglig innhold fra 1997).

Vegdirektoratet, april 2018.

Innhold

1	Geotekniske og geologiske undersøkelser	5
1.1	<i>Sonderingsmetoder.....</i>	<i>6</i>
1.1.1	Totalsondering	6
1.1.2	Enkel sondering	10
1.1.3	Bergkontrollboring med borerigg	12
1.1.4	Dreiesondering	14
1.1.5	Dreietrykksondering	17
1.1.6	Slagsondering i berg.....	20
1.2	<i>Feltmålinger.....</i>	<i>22</i>
1.2.1	Trykksondering (CPT/CPTU)	22
1.2.2	Vingeboring	41
1.2.3	Måling av grunnvannstand og poretrykk	48
1.2.4	Inklinometermåling	55
1.2.5	Slangesetningsmåling	66
1.2.6	Geofysiske metoder	72
1.2.7	Bergspenningsmålinger	75
1.2.8	Punktlastprøving	80
1.2.9	Setningskontroll av bygg, fundamenter	83
1.2.10	Feltanalyse med XRF	85
1.3	<i>Prøvetaking i løsmasser.....</i>	<i>88</i>
1.3.0	Prøvetaking	88
1.3.1	Uforstyrret prøve: 54 mm og 75 mm	92
1.3.2	Blokkprøvetaker.....	101
1.3.3	Forstyrret prøve – ram- og SPT-prøvetaker	108
1.3.4	Omrørt prøve.....	115
1.3.5	Hulltaking med foringsrør	120
1.4	<i>Ingeniørgeologiske undersøkelser</i>	<i>126</i>
1.4.1	Geologisk kartlegging av berg	126
1.4.2	Geologisk kartlegging av lausmassar.....	131
1.4.3	Prøvetaking av berg	135
1.4.4	Prøvetaking av lausmassar	138
1.4.5	Prøvetaking av vatn	141
1.4.6	Kjerneboring.....	144
1.4.7	Ingeniørgeologisk logging av borkjerner	146
1.4.8	Fundamentering på berg	149
1.4.9	Kartlegging og geologiske undersøkelser i tunnel under driving	151
1.4.10	Konvergensmålinger i tunnel	153
1.4.11	Deformasjonsmålinger i tunnel	156
1.4.12	Prøvetrekking av endeforankrede bolter	163
1.4.13	Inspeksjon av berg og bergsikring i tunnel.....	167
1.5	<i>Geosynteter</i>	<i>170</i>
1.5.1	Prøvetaking av filterduk, armeringsduk og -nett	170
1.5.2	Prøvetaking av EPS-blokker	173
1.5.3	Prøvetaking av XPS-plater.....	177
1.5.4	Prøvetaking av plastrør	182
2	Vegbyggingsmaterialer.....	185
2.1	<i>Prøvetaking av vegbyggingsmaterialer.....</i>	<i>186</i>
2.1.1	Prøvetaking av tilslag mindre enn 90 mm.....	186
2.1.2	Prøvetaking av tilslag større enn 90 mm	188
2.1.3	Prøvetaking av bituminøse bindemidler.....	190
2.1.4	Prøvetaking av lette materialer	193

2.2 Utlagte ubundne materialer	195
2.2.1 Prøvetaking av utlagte materialer	195
2.2.2 Densitetsmålinger på ubundne materialer	198
2.2.3 Måling av komprimering ved bruk av nivellement.....	200
2.2.4 Platebelastning	202
2.3 Utlagte bituminøse materialer.....	205
2.3.1 Prøvetaking av asfaltmasser	205
2.3.2 Temperaturmåling i masser.....	208
2.3.3 Måling av dekketykkelse-beregning	210
2.3.4 Måling av dekkets densitet	211
2.3.5 Prøvetaking av støpeasfalt og Topeka 4S fra transportkoker	213
2.3.6 Måling av tykkelse på asfaltmastiks (Topeka 4S)	216
2.4 Prøvetaking på eksisterende veg.....	218
2.4.1 Prøvetaking i veg (oppgraving)	218
2.4.2 Prøvetaking i veg (naverboring)	222
2.4.3 Prøvetaking av verksblandede bærelag og dekker	225
3 Betong	227
3.1 Prøvetaking av betong og delmaterialer.....	228
3.1.1 Prøvetaking av fersk betong	228
3.1.2 Støping av prøvestykker i betong	230
3.1.3 Utboring av betongkjerner.....	232
3.1.4 Utboring av betongstøv for bestemmelse av kloridinnhold	235
3.1.5 Utmeisling av betongprismer.....	238
3.1.6 Prøvetaking av undervannsbetong	239
3.1.7 Prøvetaking av armeringsstoler	241
3.1.8 Prøvetaking av armering	242
3.1.9 Produksjon av energiabsorpsjonsplater for sprøytebetong	243
3.2 Undersøkelse av fersk betong.....	245
3.2.1 Luftinnhold i fersk betong	245
3.2.2 Konsistens; synkmål	247
3.2.3 Densitet av fersk betong.....	249
3.2.4 Konsistens, synkutbredelse og viskositet	250
3.2.5 Masseforhold av betong	252
3.2.6 Fiberinnhold og -fordeling i fiberarmert betong.....	255
3.3 Undersøkelse av herdet betong	257
3.3.1 Armeringslokalisering og -overdekning	257
3.3.2 Bestemmelse av heftfasthet/ overflatestrekkfasthet betong	260
3.3.3 Trykkfasthet betong, slaghammer	262
3.3.4 Fuktinnhold i herdet betong	264
3.4 Spesielle betongundersøkelser	265
3.4.1 Herdekontroll av betong, temperaturmåling.....	265
3.4.2 Herdekontroll av betong, fasthetsbestemmelse.....	267
3.4.3 Karbonatiseringsdybder i betong.....	269
3.4.4 Kloridinnhold i betong ved RCT	271
3.4.5 Armeringens elektrokjemiske potensial (EKP)	274
3.4.6 Prøvetaking og undersøkelse av injiseringsmasser.....	277
4 Vegtilstand.....	280
4.1 Bæreevne	281
4.1.1 Nedbøyingsmålinger med fallodd	281
4.2 Overflate.....	284
4.2.1 Manuell måling av jevnhet med rettholt.....	284
4.2.2 Måling av spor, jevnhet, tekstur og tverrfall med ViaPPS	286
4.2.3 Måling av dekkeoverflaters makroteksturdybde ved bruk av volumetrisk teknikk. (Sandflekk- metoden)	290

4.2.4 Måling av friksjon med pendelapparat.....	292
4.2.5 Friksjonsmålinger med «OSCAR» på vegdekker	294
4.2.6 Friksjonsmålinger med «Roar» på vegdekker.....	296
4.2.7 Måling av dekkestøy med CPX-metoden.....	298
4.2.8 Georadarundersøkelser på eksisterende veg	305
4.2.9 Vegbilder	308
Vedlegg	310
Vedlegg 1 Jordartsklassifisering	311
Vedlegg 2 Bergartsklassifisering.....	319
Vedlegg 3 Grunnvannsbegreper	324
Vedlegg 4 Enheter	330



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

- 1.1 Sonderingsmetoder
- 1.2 Feltmålinger
- 1.3 Prøvetaking i løsmasser
- 1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser
- 1.5 Geosynteter



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.1 Sonderingsmetoder

1.1.1 Totalsondering

Januar 2018 (erstatte metode 15.213, mai 1997)

1. Hensikt

Metoden brukes til å bestemme lagdeling i løsmasser og dybder til fast grunn og berg. Resultatene gir grunnlag for å identifisere jordarter og vurdere relativ fasthet i løsmassene og berggrunnen. Totalsondering kombinerer dreietrykksondering og bergkontrollboring.

Sonderingsmotstanden er den nedpressingskraft som skal til for å oppnå en gitt nedpressingshastighet (v), som skal være:

$$v = 3 \pm 0,5 \text{ meter pr. minutt}$$

ved dreiehastighet (n) 25 ± 5 omdr. pr. min. Dvs. en bortid på ca. 20 ± 4 sek. pr. meter synk.

En prinsippskisse er vist i figur 1.1.1-1.

Når normert hastighet ikke kan opprettholdes under gjennomtrengning av faste lag, benyttes først økt rotasjon. Gir heller ikke dette borsynk, benyttes bergkontrollboring. Dette innebærer at funksjonene slag og spyling kobles til under boring med normert dreiehastighet og normert matekraft

Det er da mulig å bore gjennom stein og blokk, og bore i berg for å oppnå sikker påvisning av bergoverflaten.

1.1 Dreietrykksondering

Denne sonderbormetoden som totalsondering er basert på, er nærmere beskrevet i metode 1.1.5. Totalsondering gir sammenlignbare, men ikke like resultater som dreietrykksondering.

1.2 Bergkontrollboring

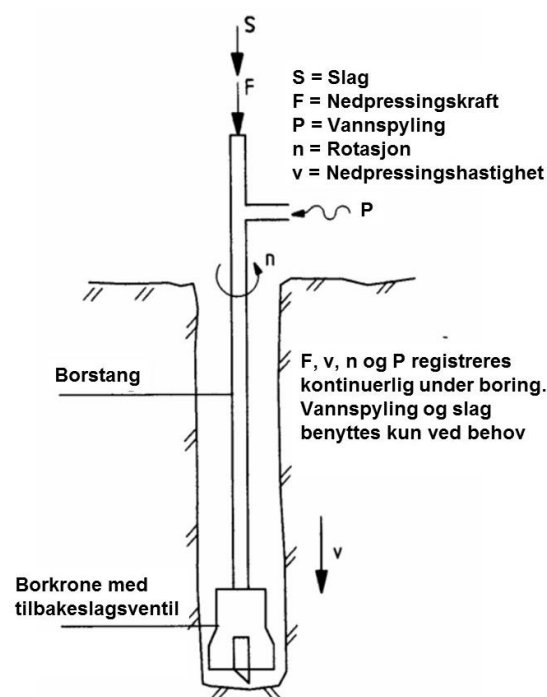
Bergkontrollboring er nærmere beskrevet i metode 1.1.3.

2. Definisjoner

Sonderboring: Bormetode for å undersøke lagdeling og fasthet i løsmasser samt få en indikasjon på type løsmasser som borstangen penetrerer.

Nedpressingskraft: Mål på kraften som må påføres borstangen for at denne skal penetrere ned i løsmassene

Nedtrengningshastighet: Hastigheten som borstengene trenger ned i løsmassene med.



Figur 1.1.1-1: Prinsipp for totalsondering

2.1 Symboler

- S : slag mot toppen av borstang
- N : nedpressingskraft i kN
- P : vannspyling
- n : rotasjons-hastighet i omdreining pr. minutt
- v : nedpressings-hastighet i m pr. minutt

3. Utstyr

3.1 Hydraulisk borrhigg

For å kunne utføre totalsondering kreves en hydraulisk drevet borrhigg med slaghammer og spylesystem. Borrhiggen må minst tilfredsstille følgende spesifikasjoner:

- dreiemoment minimum 1,0 kNm
- matekraft minimum 30 kN
- rotasjonshastighet 0 – 100 omdr./min.
- slageffekt minimum 8 kW
- slagfrekvens minimum 100 slag/min.
- spyletrykk (vann) minimum 30 bar
- spylemengde (vann) minimum 40 l/min.

Avvik fra disse spesifikasjonene skal angis.



Figur: 1.1.1-2: Hydraulisk operert borrhigg

Bruk av vann som spylemedium er standard. Større vannmengde og spyletrykk vil ofte være en fordel i tette morenemasser.

Luft kan benyttes i de tilfeller hvor det er vanskelig med tilførsel av vann, samt i perioder med streng kulde. Ved bruk av luftspyling gjelder følgende spesifikasjoner:

- spyletrykk (luft) minimum 8 bar
- spylemengde (luft) minimum 7 m³/min.

Luftspyling må ikke benyttes ved boring i sensitive leirer (kvikkleire).

Det presiseres at kravet til dreiemoment på minimum 1,0 kNm gjelder ved samtidig bruk av andre aktuelle funksjoner eller kombinasjoner av disse, som maks. matekraft, økt rotasjonshastighet, spyling og/eller slag.

Borrhigger skal kunne forankres for å gi 30 kN nedpressingskraft. Dersom det er bløt grunn og en antar at nedpressingskraften ikke vil overstige tyngden av riggen kan forankring sløyfes.

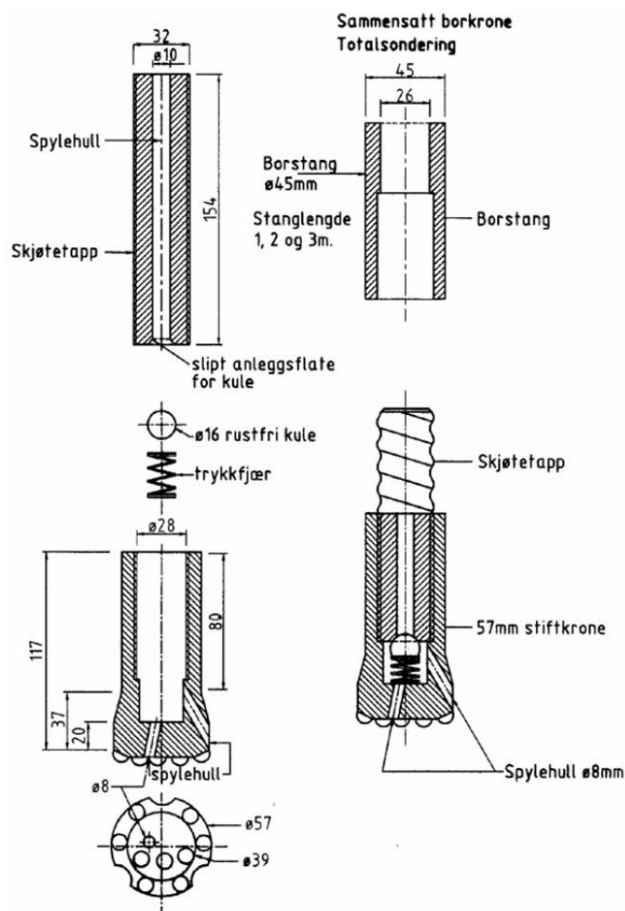
Så langt det er praktisk mulig gjelder nedpressingskraft på 30 kN også ved flåteboring. For å hindre at foringsrøret knekker ut, kan det utføres bardunering fra flåten til ulike nivåer på

foringsrøret. Nedsenkede lodd på sjøbunnen, med stag opp til flåten for å motvirke matekraften, hindrer at flåten løfter seg og driver av fra posisjonen.

Borrhiggen skal være innrettet slik at det enkelt kan kobles til og fra spyling og slag, dvs. det kan veksles fra dreietrykksprosedyre til boring med slag og spyling og tilbake igjen uten særlig tidstap.

Det er montert sensorer for måling av matekraft, dybde, rotasjon, spyling (av/på) og spyletrykk. Bruk av økt rotasjon, slag og spyling markeres under boringen. Ved avvik fra normert verdi skal bortid måles i intervaller på 0,2 m, evt. 0,5 m ved manuell registrering.

Vekt for kontroll av matekraft skal følge riggen. Kontrollen skal utføres regelmessig og minimum 4 ganger i året. Kontroll av kraftmåler utføres en gang i uken eller ved mistanke om feil. Dybdemåler kontrolleres tilsvarende ved «tomboring». Nullpunkt for alle givere skal avleses før hver sondering.



Figur 1.1.1-3: Borkrone Ø 57 mm med tilbakeslagsventil

Alle relevante data registreres og lagres elektronisk for videre bearbeiding. Kurve for nedpressingskraft og øvrige data skal være synlig for maskinoperatøren på dataskjerm mens

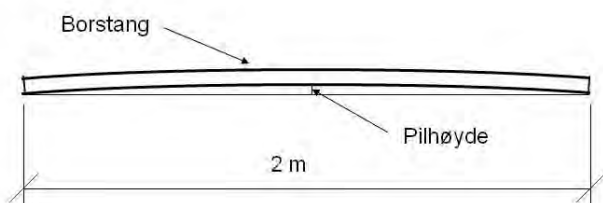
sonderingen utføres slik at normerte prosedyrer kan følges.

3.2 Borspiss og borstenger

Det skal anvendes borstenger med 45 mm diameter og innvendige R 32 skjøtetapper. Slitasje på skjøtetapper må kontrolleres og skifte foretas ved behov (kantete gjenger). Stanglengden kan være 1,0; 2,0 eller 3,0 m.

Stengene bør ikke påføres større dreiemoment enn 1,5 kNm.

Borstenger skal være rette og maksimalt ha en pilhøyde på 2 mm over en lengde på 2 m, se figur 1.1.1-4. (kfr. også krav til retthet på borstenger for CPTU-målinger metode 1.2.1). Om det er kast i stengene kontrolleres ved å rulle en stang over to andre stenger.



Figur 1.1.1-4: Pilhøyde på borstang

Det skal benyttes borspiss som vist i figur 1.1.1-3. Kronediametere skal være $\varnothing 57$ mm, og det skal brukes stiftkrone.

Før hver sondering hvor det benyttes spyling, skal maskinfører kontrollere at ventilen i borkronen lar seg åpne med vanntrykk mindre enn 4 bar.

For å sikre at ikke fine masser presses opp i borstrengen under boring, skal anleggsflaten for ventilkula slipes/dreies, se figur 1.1.1-3. Overflaten på skjøtetappen er ujevn etter herdeprosessen og sliping/dreining av de skjøtetappene som brukes i borkrona er derfor nødvendig for å sikre god tetting for ventilen.

4. Fremgangsmåte

4.1 Oppstilling

Borriggen kjøres inn på borpunktet. Bortårnet settes opp i loddrett stilling. Dette kontrolleres med en libelle på tårnfoten. Videre klargjøring for boring:

- eventuelle forankringsskrue installeres.
- registreringsutstyr kontrolleres og nullpunktverdier avleses.
- bordybde regnes fra terrengnivå (elvebunn/sjøbunn ved boring i vann).

4.2 Sondering

Sonderingen utføres med normerte hastigheter. Dreiingen startes umiddelbart før trykkingen starter. Dette gjelder for hvert nytt tak med borhodet. Sonderingen fortsetter til borspissen stopper mot berg, blokk eller fast grunn, eller avtalt dybde.

Når sonderingsmotstanden blir for stor, skal sonderingen føres videre etter følgende prosedyre:

- rotasjonshastigheten økes først til 50 – 70 omdr./min.
- hvis dette ikke gir videre nedtrengning, tilbakestilles vanligvis rotasjonshastigheten til standard 25 omdr./min. samtidig som spyling settes på mens standard rotasjons- og nedpressingshastighet forsøkes opprettholdt.
- hvis videre nedtrengning fortsatt ikke oppnås, startes slagboring med spyling og rotasjon.

Ved slagboring i løsmasser anbefales at det benyttes en mest mulig konstant matekraft på $8 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$ (en matekraft som pendler omkring en middelvei på $8 \text{ kN} \pm 1 \text{ kN}$) og konstant rotasjonshastighet (25 omdr./min.). Ved slagboring i berg kan det benyttes høyere rotasjonshastighet.

Grunnborer har i samråd med oppdragsfører anledning til å fravike prosedyren dersom dette er nødvendig av hensyn til utstyret (fare for brekkasje). Avvik fra normalprosedyren skal markeres med angivelse av maskinkode og i tillegg rapporteres i borlogg/på borkort.

Normal sonderingsprosedyre

(dreietrykksondering) skal gjenopptas så snart som mulig etter passering av blokk eller faste lag. Bergkontrollboring avsluttes når avtalt dybde i berg er nådd. Normalt bores det 3 meter ned i berg.

4.3 Opptrekk

Ved opptrekk av borstenger settes det på en gummimansjett ved nedre klemmefeste for å rense stengene. Antall stenger som trekkes opp telles og kontrolleres mot registrert boreddybde.

5. Resultater

Foruten registrering av borparametere skal det føres borelogg som skal inneholde:

- oppdragsnummer og borhullidentifikasjon (profil og avsett, hullnummer, koordinater)
- dato
- navn på borformann og maskinfører
- type borutrustning
- terrenghøyde for boring (elvebunn/sjøbunn ved boring i vann)
- boret dybde i løsmasser og eventuelt i berg (alternativt dybde til antatt berg)

- eventuell bruk av luftspyling
- alle avvik fra ordinære boreoperasjoner
- årsak til avslutning av boringen
- lengre opphold i sonderingen (varighet og årsak)
- alle tekniske problemer under sonderingen
- andre merknader om hendelser under sonderingen
- føring av borkort og registrerings skjema eller elektronisk bor logg

6. Rapportering

Sonderingsresultatene presenteres i bordiagram med kontinuerlig kurve for nedpressingskraft der sonderingen er utført med normert nedpressingshastighet. Eventuell bruk av økt

Bruk av slag og spyling markeres med skravur i korrekt dybde i de angitte kolonnene. Kolonnene for slag og spyling kan alternativt tegnes ut på høyre side av diagrammet. Bruk av luftspyling angis med kommentar på tegningen.

rotasjon markeres med kryss. Kurve for nedpressingskraft tegnes opp også der hvor det er brukt økt rotasjon.

Ved boring med slag og/eller spyling (figur 1.1.1-5, alternativ 1) angis bortid i stedet for nedpressingskraft. Enheten er sek./m i intervaller på 0,2 eller 1,0 m. Alternativt kan bortid angis på venstre side av bordiagrammet, mens kurven for nedpressingskraft tegnes kontinuerlig på høyre side (figur 1.1.1-5, alternativ 2).

Felles for begge alternativene er at kraftmålestokken har todelt kraftskala:

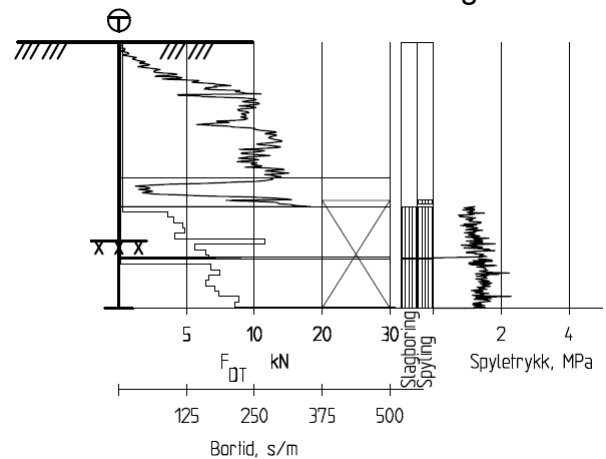
0 – 10 kN = 25 mm
10 – 30 kN = 25 mm

Dybdemålestokken skal normalt være 1:200.

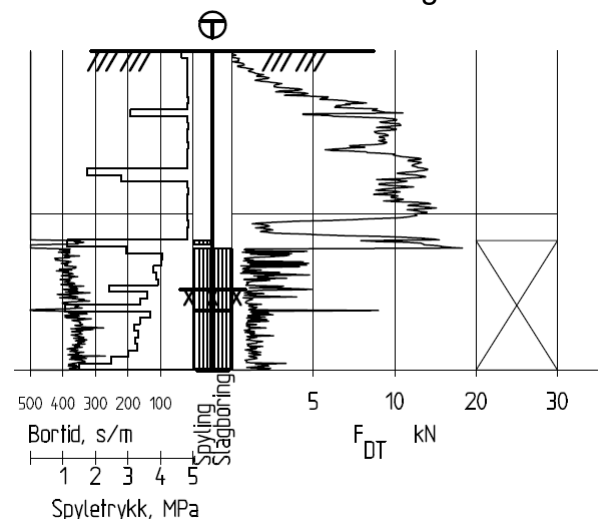
Dersom opptegning av spyletrykk er ønskelig, kan dette tegnes i separat diagram for alternativ 1. For alternativ 2 kan spyletrykk tegnes inn i venstre del av diagrammet, med akseretning motsatt av bortid. Skala: 0 – 4 MPa.

Resultatpresentasjonen kan også inneholde tolkning med hensyn til beskrivelse av materialene i grunnen.

Totalsondering alt 1.



Totalsondering alt 2.



Figur 1.1.1-5: Bordiagram, alternativ 1 og 2

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

Statens vegvesen, Veglaboratoriet (1992): Totalsondering – en rasjonell metode for kartlegging av løsmasser. Intern rapport nr. 1556.

Statens vegvesen, Veglaboratoriet (19897): P-466 Totalsondering. Intern rapport nr. 1984.

Norsk Geoteknisk Forening (2018): Veiledning for utførelse av totalsondering.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.1 Sonderingsmetoder

1.1.2 Enkel sondering

Januar 2018 (erstatte metode 15.215, mai 1997)

1. Hensikt

Enkel sondering med slagbormaskin er en rask og ofte egnet bormetode for bestemmelse av mindre dybder til fast grunn eller antatt fjell i ikke steinholdige materialer. I meget faste masser har slagsonderingen sterkt begrenset nedtrengningsevne.

I stein- og blokkholdige materialer, er metoden uegnet.

2. Definisjoner

Enkel sondering: Rask bestemmelse av grunnere dybder til fast grunn eller antatt berg ned håndholdt utstyr.

3. Utstyr

Sonderingsutstyret består av (se figur 1.1.2-1):

- bensindrevet slagbormaskin med bornakke
- slagstykke
- 1 m lange og Ø 22 mm borstenger med glatte skjøter.
- 2 typer bergspisser:
 - firkantspiss: 25 – 50 mm, lengde 100 mm
 - rund spiss: Ø 22 mm, lengde 100 mm
- fastnøkler for sammenskruing og deling av skjøtestenger
- kuleklemme
- boropptrekker
- spett
- slegge (5 kg) for stoppkontroll

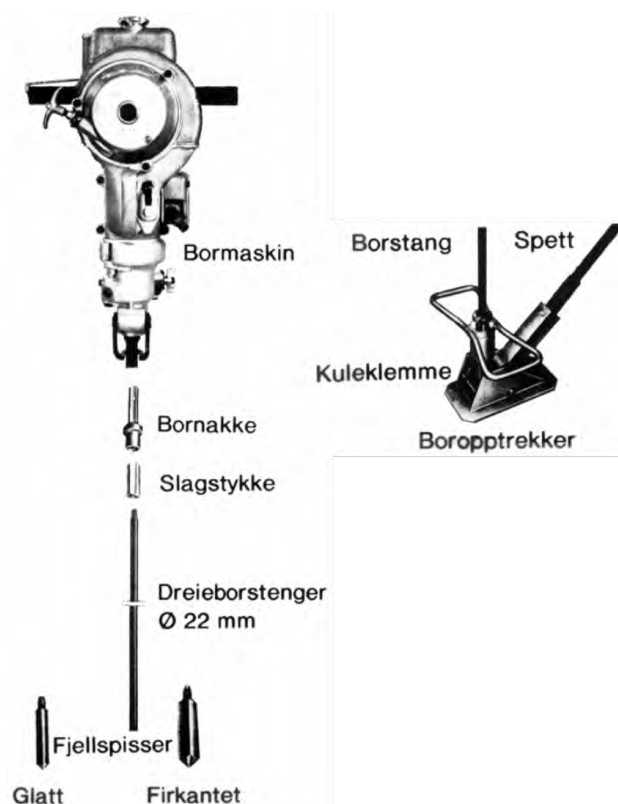
4. Fremgangsmåte

En borspiss skrues på borstangens nedre ende og slagstykket på den øvre enden. Boret settet ned i bakken og loddet opp.

Deretter startes bormaskinen, løftes opp (veier 24 – 30 kg med full tank avhengig av type) og bornakken settes ned på slaghodet på borstangen. Slag fra bormaskinen vil nå drive borstangen ned i bakken og det skjøtes på borstenger etter hvert som boret trenger ned.

Tiden det tar for hver m neddriving av borstangen registreres. Samtidig registreres eventuelle lyder under neddrivingen (gnissing, skurring etc.).

Når neddrivingen stopper opp, løftes bormaskinen av borstangen og videre neddriving forsøkes med slag av slegge. Hvis sleggen spretter tilbake, såkalt bergsprett, kan dette tyde på stopp mot berg. Denne metoden for bestemmelse av bergoverflate er imidlertid meget usikker.



Figur 1.1.2-1: Utstyr for enkel sondering

Ved opptrekk av borstangen tres boropptrekkeren over stangen, kuleklemmets tres over stangen og legges an mot boropptrekkeren og spettet benyttes til å jekke borstangen opp.

5. Resultater

Slagssonderingen gir vanligvis ikke pålitelige opplysninger om jordlagenes relative fasthet og grunnens karakter. Ut fra registrerte antall sekunder pr. meter synkning av boret, fås imidlertid en viss orientering om massenes relative fasthet og lagdeling. Registrerte lyder under boringen kan gi en indikasjon på type masse.

6. Rapportering

Det er ikke utarbeidet eget borkort for slagssondering. Imidlertid er det vanlig å bruke et "justert" borkort for dreiesondering, blankett nr. 450. Eksempel på føring av borkort ved slagssondering og samleskjema, blankett nr. 472 er vist i figur 1.1.2-2 og 1.1.2-3.

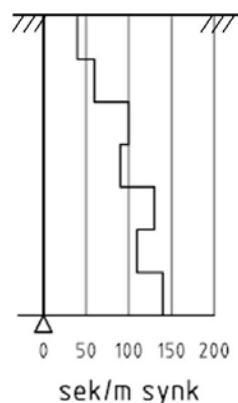
STATENS VEGVESEN		Sondering med Cobra					
Blankett nr. 450							
Sted <i>Rv 9 Holt - Osa</i>		Dato <i>5/6-82</i>					
Oppdragsnr. <i>F 1015 B</i>		Sign. <i>NN</i>					
Hull <i>Profil Ø17-5mV</i>		Terrengkote <i>112.40</i>					
Dybde i meter	Last i kg.	Ant. halve omdr.	Anm.	Dybde i meter	Last i kg.	Ant. halve omdr.	Anm.
0		17 sek	<i>Ant. laire</i>	15			
1		28 sek		16			
2		52 sek	<i>Ant. sand</i>	17			
3		58 sek		18			
4		<i>Ant. fjell 3.4m under terreng</i>		19			
5				20			

Figur 1.1.2-2: Borkort, blankett nr. 450

STATENS VEGVESEN		SAMLESKJEMA FOR SONDERINGER			
Blankett nr. 472					
Sted <i>Rv 9 Holt - Osa</i>					
Oppdragsnr. <i>F-1015 B</i>		Utstyr <i>Cobra</i>			
Dato <i>5/6-82</i>		Sign. <i>NN</i>			
Profil nr. Hull nr.	Terreng kote	Boret dybde +/evt. i fjell			Merknad
<i>Ø17-5mV</i>	<i>112.40</i>	<i>3.40</i>			<i>Ant. fjell</i>
<i>Ø17-E</i>	<i>112.58</i>	<i>6.35</i>			<i>Ant. fjell</i>
<i>Ø21-E</i>	<i>112.05</i>	<i>3.45</i>			<i>Ant. stein</i>

Figur 1.1.2-3: Samleskjema for sonderboringer, blankett nr. 472

Ved enkel sondering med slagbormaskin kan borsynk vises som sek/m mot borydbyde, se eksempel figur 1.1.2-4.



Figur 1.1.2-4: Eksempel på opptegning av resultater fra enkel sondering

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.1 Sonderingsmetoder

1.1.3 Bergkontrollboring med borerigg

Januar 2018 (erstatte metode 15.214, mai 1997)

1. Hensikt

Bergkontrollboring benyttes i geoteknisk sammenheng til å kartlegge bergoverflatens beliggenhet. Resultatene benyttes til masseberegning i vegplanleggingen og til bestemmelse av pele- og spuntlengder. Etter å ha boret gjennom jordlagene skal det, om ikke annet er avtalt, bores min. 3 m i berg.

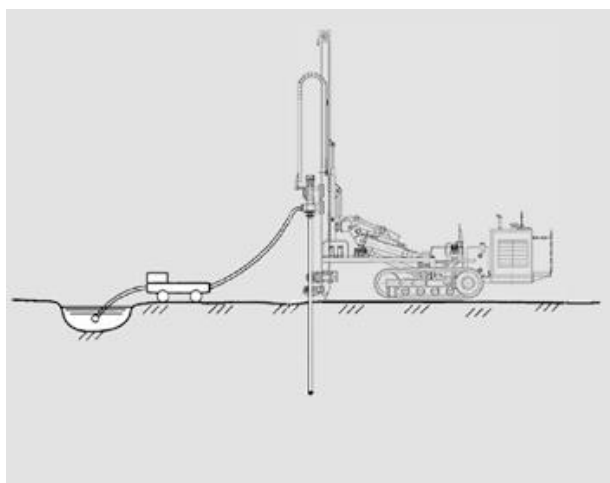
Bergkontrollboring utføres vanligvis vertikalt, men det kan også bores med helning på inntil 45°. Med spesialmaskiner kan det bores i alle vinkler opptil vannrett.

2. Definisjoner

Bergkontrollboring: Bormetode for å kartlegge bergoverflatens beliggenhet.

3. Utstyr

Det benyttes som oftest hydraulisk drevet bergborrigg eller grunnboringsrigg med kompressor, eventuelt med høytrykk vannpumpe, se figur 1.1.3-1.



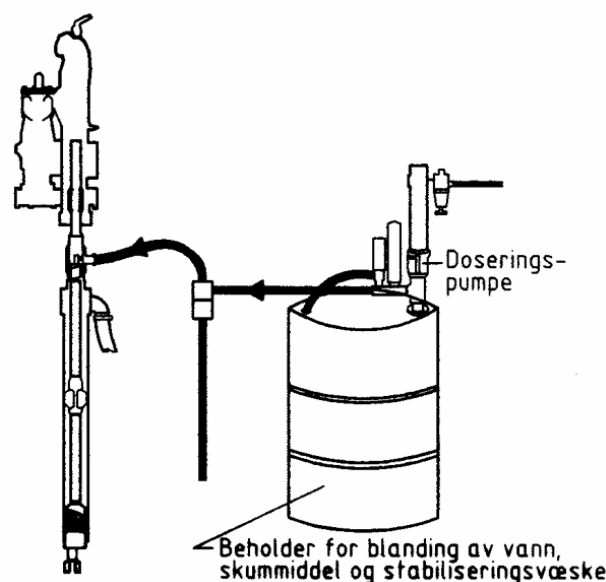
Figur 1.1.3-1: Prinsippkisse for bergkontrollboring med vannspyling

Vanligvis anvendes borstenger med 45 mm diameter og innvendige R 32 skjøtetapper. Det

brukes skjær- eller stiftborkrone, med diameter 57 mm. Andre dimensjoner kan brukes. Det anbefales å bruke borkroner med kuleventil.

Borkroner skal skiftes ut når slitasjen blir vesentlig. Nedslitingen kontrolleres før nytt borhull. Det brukes vanlige tolker for kontroll av tillatt slitasje.

Under særlig vanskelige forhold kan bruk av skummidler for å stabilisere borhullet benyttes. Skumvæsken består av skumkonsentrat, stabiliseringsvæske og vann. Det benyttes en doseringspumpe for å blande luft og skumvæske i riktig forhold før skummet pumpes inn i borstrengen. Utstyr for å produsere skum er vist på figur 1.1.3-2.



Figur 1.1.3-2: Utstyr for spyling med skum

4. Fremgangsmåte

Borstang med borkrone monteres i boreriggen og slag, rotasjon og spyling kobles til. Ved boring gjennom løsmasser mates det forsiktig slik at ikke borstrengen tettes igjen. Det er viktig å kontrollere at spylingen til enhver tid fungerer. Ved behov kan

pumping (føre borstrengen opp og ned i samme nivå) benyttes.

Luftspyling må ikke benyttes ved boring gjennom sensitive leirer (kvikkleire).

Når stein eller berg treffes, utføres vanlig bergboring med vannspyling. Når det er boret 3 m i berg, kan boringen vanligvis avsluttes. Stein som er mindre enn 3 m, eller inntil 3 m overheng, vil da kunne kartlegges.

Dybder registreres ved å måle på stengene når berg treffes. Gjennom boring av blokk og stor stein føres på borkort. Terrenghøyde nivelleres og kote bergoverflate regnes ut.

Over berg er det ofte fast morene eller lignende. Det er viktig at tykkelsen av slike faste lag observeres og noteres. Når boring utføres på land eller i foringsrør, kan gjennom borede masser til en viss grad bedømmes av returvannet fra spylingen.

Ved boring i berg registreres borsynk som antall sekunder pr. m boring. Borsynk i berg kan gi holdepunkter for å bedømme bergkvalitet og f.eks. tykkelse av forvitringssone, sprekker o.l. Ved gjennom boring av slepper bores ytterligere min. 3 m i berg, om ikke annet er avtalt.

Det utføres ikke registrering av borsynk i løsmasser etter som borsynken avhenger av flere variable faktorer som jordart, vanntrykk, matingstrykk osv.

5. Resultater

Borresultatene noteres på blankett nr. 492 bergkontrollboring (figur 1.1.3-3) og på samleskjema blankett nr. 472 (figur 1.1.3-4).

Følgende noteres:

- hull nr.
- terrengekote
- blokk- og steinstørrelse (lag)
- slepper
- boret dybde i løsmasser og i berg

I merknadsrubrikken noteres: Antall sek. pr. m synking i berg, opplysninger om gjennom borede masser og tykkelse av faste lag over berg.

6. Rapportering

Resultatet av boringene rapporteres i form av utfylte borkort som vist i figur 1.1.3-3 og 1.1.3-4.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

V222 Geoteknisk felthåndbok – råd og metodebeskrivelser, Vegdirektoratet, 2009.

STATENS VEGVESSEN				BERGKONTROLLBORING					
Blankett nr. 492									
Sted <i>Rv 109 Bru over Grålumvn</i>		Oppdragsnr. <i>B242 A</i>		Hull nr. <i>687,5 R</i>		Vannstand <i>kote 4,8</i>			
Korndiam. <i>64 mm</i>		Terrengekote <i>5,6</i>		Bormaskin <i>URD 475</i>		Fjellkote <i>-3,05</i>			
Komp.erb. trykk <i>700 kN/m²</i>		Dato <i>28/11-80</i>		Vanntrykk <i>50 bar</i>		Sign. <i>TB</i>			
Dybde i meter	Matn. trykk i kp	Netto boretid i min	Sign.	Anm.	Dybde i meter	Matn. trykk i kp	Netto boretid i min	Sign.	Anm.
0					14				
1					15				
2					16				
3					17				
4					18				
5					19				
6					20				
7					21				
8					22				
9					23				
10		4.15		Blokk	24				
11		4.30		Berg	25				
		4.15		Slepper					

Figur 1.1.3-3 Eksempel på utfylt borkort, blankett 492

STATENS VEGVESSEN		SAMLESKJEMA FOR			
Blankett nr. 472		SONDERBORINGER			
Sted <i>Rv. 109 Bru over Grålumvn</i>					
Oppdragsnr. <i>B 242 A</i>			Utstyr <i>URD 475</i>		
Dato <i>28/11-80</i>			Sign. <i>TB</i>		
Profil nr.	Terrengekote	Boret dybde + ut berg	Kote berg	Merknad	
<i>688 A</i>	<i>5,6</i>	<i>3,65 + 3,0</i>	<i>-6,05</i>	<i>Øst</i>	
<i>687 A</i>	<i>5,7</i>	<i>7,15 + 3,2</i>	<i>-4,65</i>	<i>Øst</i>	

Figur 1.1.3-4: Eksempel på utfylt borkort, blankett 472



R211 Feltundersøkelser

1.1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.1 Sonderingsmetoder

1.1.4 Dreiesondering

Januar 2018 (erstatte metode 15.211, mai 1997)

1. Hensikt

Dreiesondering brukes for å få en orientering om grunnens relative fasthet og dybden til faste lag. Til en viss grad kan bormetoden også benyttes til å bedømme hva grunnen består av, f.eks. grusige, sandige eller leirige materialer. Metoden anvendes i hovedsak i løse til middels faste jordarter med lite stein og der det er vanskelig å komme til med tyngre brouststyr.

Metoden går ut på å presse og rotere en skruformet spiss ned i undergrunnen, med gitte belastningstrinn.

2. Definisjoner

Dreiesonde: En skruformet stålskiss som presses og roteres ned i grunnen for å registrere grunnens relative fasthet og dybden til faste lag.

3. Utstyr

Utstyret består av:

- skruformet 0,2 m lang sonderpiss i stål
- 0,8 m lang forstang \varnothing 22 mm
- 1 m lange skjøtestenger \varnothing 22 mm med glatte skjøter
- loddsetter med vekt 5 kg, 2 x 10 kg og 3 x 25 kg eller motorsonde med kraftmåler alternativt lett grunnboringsrigg
- fastnøkler for sammenskruing og deling av skjøtestenger
- dreihåndtak, kuleklemme, boropptrekker og spett (hvis manuell boring uten motorsonde/lett grunnboringsrigg)
- 5 kg slegge og slagstykke for stoppkontroll

Normalt benyttes nå motorsonde for utførelse av dreiesondering og manuell boring er ikke nærmere beskrevet i denne metoden. En skisse av utstyret er vist på figur 1.1.4-1.

Største tillatte eksentrisitet for spissen er 1 mm, og toleransen for retthet fra spissende til forlengelse av senterlinjen gjennom første skjøtestang er 2 mm.

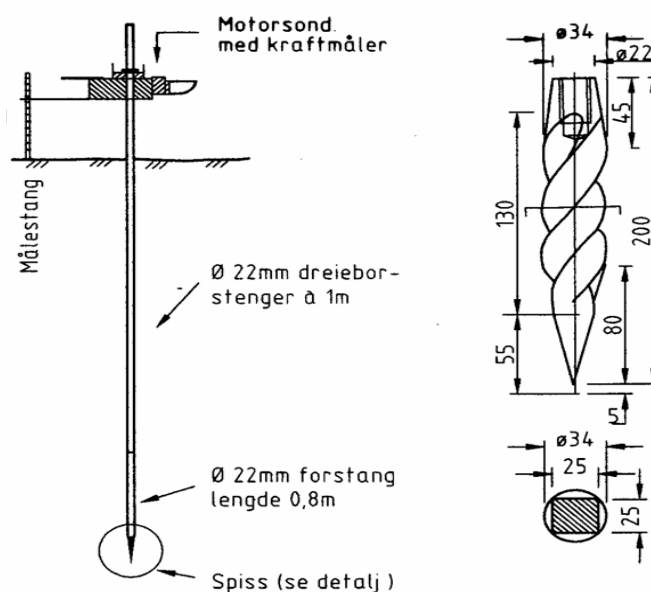
For skjøtestengene skal største pilhøyde ikke være større enn 1 mm/1000 mm for nye stenger og 2 mm/1000 for brukte stenger. Største pilhøyde for to sammenskrudde stenger er 5 mm.

Når spissens nedre del er i stykker, krokert eller nedslitt med inntil 15 mm, skal spissen vrakes. Er største diameter av spissen mindre enn 32 mm, betraktes spissen som nedslitt.

4. Fremgangsmåte

4.1 Forboring

For å få korrekte resultater må det ved enkelte typer grunnforhold forbores gjennom fyllmasser og tørrskorpeleire og eventuell tele (teledybden noteres). Dette vil redusere friksjonen mot borstrengen, og gi et riktigere bilde av den relative fastheten av underliggende grunn.



Figur 1.1.4-1: Utstyr for dreiesondering

4.2 Boring

Monter sonderingsstengene med spiss vertikalt og la boret synke for sin egen vekt. Når synkningen opphører, avmerkes spissens dybde på borkortet, og maskinen (motorsonden) settes på.

Belastningen påføres deretter borstengene trinnvis. Vekten av borstengene regnes ikke med. Det belastes med den minste belastning som gir normert nedsynkningshastighet 1,2 – 6 m/min..

Belastningen avleses på motorsondens kraftmåler og påføres i normerte trinn: 0,05 – 0,15 – 0,25 – 0,5 – 0,75 eller 1 kN (5 – 15 – 25 – 50 – 75 eller 100 kg). Avvik fra nominelle verdier for kraftmåler eller loddvekt er $\pm 5\%$.

Ved dreiesondering søker en den minste belastning som skal til for at boret synker. Synkningen etter hver lastøkning skal ha opphørt og spissens dybde notert før hver ny belastning påføres. Når synkningen er mindre enn ca. 2 m i minuttet, økes belastningen.

Synker boret med mer enn 3 m i minuttet lastes det av til et lavere trinn.

Når boret ikke lenger synker ved en belastning på 1 kN (100 kg), dreies boret med motorsonden og kun ved denne belastningen. Motoren skal av hensyn til vibrasjonene stoppes når boret ikke dreies.

Ved dreining registreres synkning pr. 25 halve omdreining. Dreie hastigheten bør være 60 halve omdreining pr. minutt (+20/-30).

Hvis synkningshastigheten under dreieing skulle bli meget stor, skal dreiningen opphøre og boret avlastes til stillstand oppnås. Deretter gjenopptas boringen med vanlig prosedyre.

4.3 Stoppkriterier

Ved gradvis økende dreiemotstand avsluttes sonderingen etter minst 2 serier med 5 cm synkning på 25 halve omdreininger.

Når nedsynkningen stopper, kan det slås på boret med slegge (5 kg) for å undersøke om boret lar seg drive videre ned.

Hvis ikke annet er bestemt, anbefales følgende stoppkriterier: Ved plutselig økende sondermotstand avsluttes sonderingen hvis synkningen er mindre enn 0,5 cm / 5 sleggeslag på 2 etter hverandre følgende slagserier med avtagende tendens.

Før eventuell slagkontroll starter, tas maskinen av og det skrues et slagstykke på stengene.

4.4 Opptrekking

Ved bruk av motorsonde kan denne benyttes til opptrekking av borstengene. Maskinen settes på bakken og vatres opp for å hindre at borstengene bøyes.

4.5 Boring i vann

Ved dreiesondering i vann benyttes samme prosedyre. Vekten av stengene regnes ikke som

belastning på boret. Ved større vanddybde enn 2 m bør det brukes foringsrør f.eks. 1,5 – 3" rør. En flåte med en bæreevne på ca. 10 tonn er under vanlige forhold tilstrekkelig til å bære mannskap og dreieborutstyr.

5. Resultater

Følgende data registreres og påføres borkort (se figur 1.1.4-2):

- terrenghøyde (kote)
- vanddybde
- forboring (dimensjon og dybde)
- belastninger og tilhørende boreddybder
- synkning pr. 25 halve omdreininger (ved 1 kN belastning)
- slagredskap
- hørselsinntrykk, gnissing o.l.
- avbrudd i neddrivingen
- avslutningsårsak
- boret dybde

Kontroller at antall anvendte borstenger stemmer over ens med sonderingsdybden som noteres i borkortet

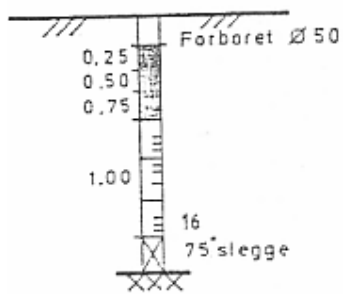
STATENS VEGVESEN				DREIESONDERING			
Blankett nr. 450							
Sted <i>Borreavika</i>		Dato <i>16/3-96</i>					
Oppdragsnr. <i>B914</i>		Sign. <i>AKV</i>					
Hull <i>13</i>		Terrengkote <i>32,7</i>					
Dybde i meter	Last i kg.	Ant. halve omdr.	Anm.	Dybde i meter	Last i kg.	Ant. halve omdr.	Anm.
0				15			
1			<i>Forboret med skovlber gjennom tørrskorpe</i>	16	<i>x</i>	<i>4</i>	<i>slag</i>
2	<i>100</i>			17			<i>Stopp mot ant. fjell eller stein 15.95 m under terreng</i>
3	<i>75</i>			18			
4	<i>100</i>			19			
5	<i>x</i>		<i>Stein</i>	20			
6	<i>100</i>			21			
7				22			

Figur 1.1.4-2: Eksempel på utfylt borkort

6. Rapportering

Utfylt borkort formidles til geoteknisk saksbehandler sammen med eventuelle andre opplysninger fra sonderboringen som kan ha betydning for belysning av grunnforholdene.

Resultater fra sonderboring presenteres på terrengprofiler som vist i figur 1.1.4-3.



Figur 1.1.4-3: Opptegnet resultat fra sonderboring

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

Norsk Geoteknisk Forening (1982): Veiledning for utførelse av dreiesondering. Melding nr. 3 revidert 1989.

V222 Geoteknisk felthåndbok – råd og metodebeskrivelser, Vegdirektoratet, 2014.

ISO/DIS 22476-10 (2016) Geotechnical investigation and testing – Field testing – Weight sounding test.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.1 Sonderingsmetoder

1.1.5 Dreietrykksondering

Januar 2018 (erstatte metode 15.212, mai 1997)

1. Hensikt

Dreietrykksondering er en normert sonderingsmetode som benyttes til å undersøke grunnens relative fasthet og dybden til fast lag. Metoden går ut på å trykke borstenger ned i bakken med konstant hastighet og med konstant omdreiningshastighet. Sonderingsmotstanden registreres som det trykk mot boret som skal til for å oppnå den normerte nedpressingshastigheten.

- Nedpressingshastighet: 3 ± 0.5 m pr. min.
- Dreiehastighet: 25 ± 5 omdr. pr. min.

Dreietrykksonderinger benyttes til sondering i finkornige jordarter, fra leire til grus. Metoden har forholdsvis god evne til å trenge ned i og gjennomføre faste jordarter, men vil stoppe mot stein og blokk. Dreietrykksondering gir ikke pålitelig påvisning av berg. Resultatene fra dreietrykksondering gir grunnlag for å tolke jordart og relativ lagringshastighet i grunnen.

2. Definisjoner

Dreietrykksondering: Normert bormetode for å undersøke grunnens relative fasthet og dybden til faste lag.

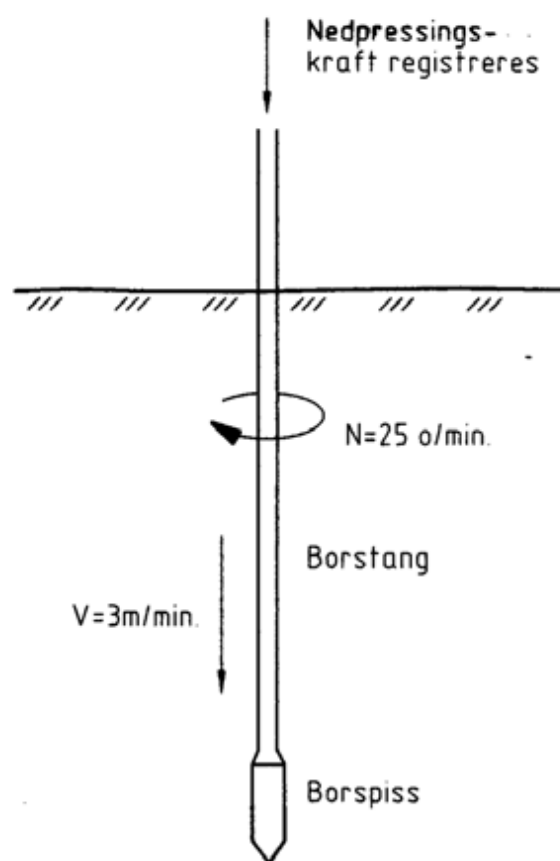
3. Utstyr

Til dreietrykksondering benyttes hydraulisk drevet borrygg med dreiemoment lik 0,7 – 1,0 kNm og nedtrykkingskraft minst 30 kN (3000 kg). Borryggen må vanligvis forankres for å kunne registrere inntil 30 kN nedpressingskraft. Dersom det er bløt grunn og nedpressingskraften ikke overstiger vekten av borryggen, kan forankring sløyfes.

Prinsipp for dreietrykksondering er vist på figur 1.1.5-1.

- det anvendes borstenger som er $\varnothing 36$ mm i diameter og har glatte skjøter. Lengde av hver borstang kan variere, 1,0, 2,0 eller 3,0 m.
- det benyttes borspiss som vist på figur 1.1.5-2.

- sonderingsmotstanden registreres automatisk ved elektronisk registreringsenhet med trykkgever.

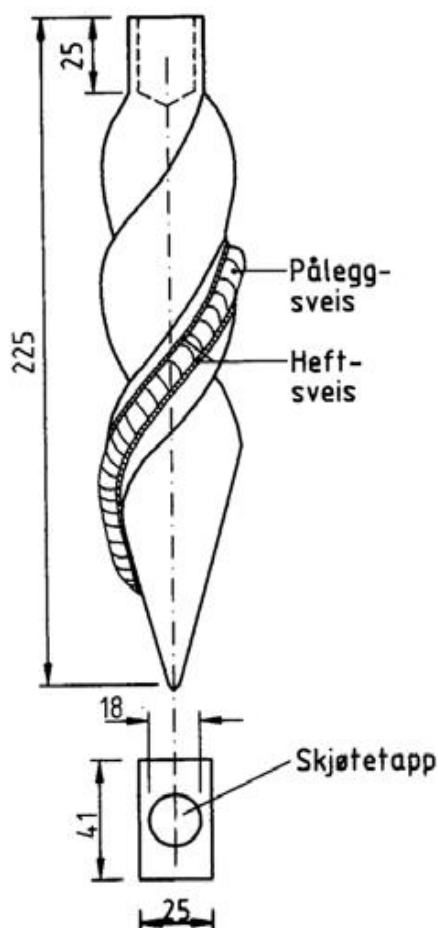


Figur 1.1.5-1: Prinsipp for dreietrykksondering

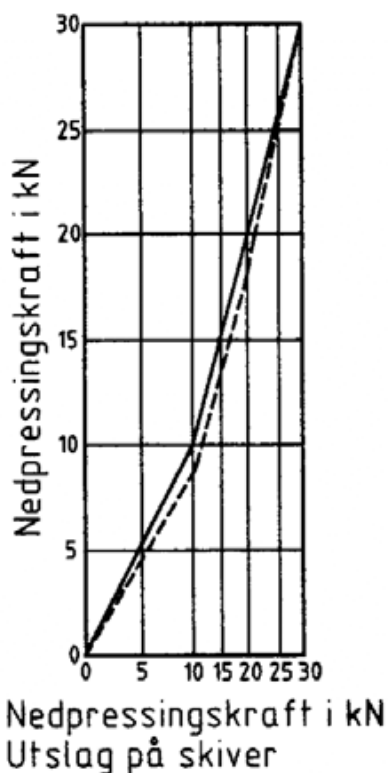
Nedpressingskraften kan skrives ut på registreringspapir. Resultatene fremkommer som en kontinuerlig kurve med:

- dybdemålestokk: 1:200
- kraftmålestokk: 0 – 10 kN = 25 mm
10 – 30 kN = 25 mm

Kalibreringskurve for kraftmåleren er vist på Figur 1.1.5-3 Kalibrering av trykkmåler og kontroll av registreringsutstyr bør utføres årlig eller når det er mistanke om at registreringen er feil.



Figur 1.1.5-2: Dreietrykkborspiss



Figur 115-3: Kalibreringskurve for kraftmåler

4. Fremgangsmåte

4.1 Kontroll før boring

- kontroller at kraftgiverne fungerer som de skal og om kalibreringsdatoene er gyldig.
- kontroller med tolk at spissen ikke er nedslitt. Bytt ut ved behov.
- kontroller at skjøtestengene er rette.

4.2 Start

- boreriggen kjøres inn på borpunktet. Bortårnet rettes opp i loddrett stilling som kontrolleres med vater.
- forankringsskruer installeres ved behov
- borstenger med sonderingsspiss monteres i loddrett stilling.
- når borspissen står i terrengnivå, markeres boringens start på registreringsenheten automatisk.

4.3 Boring

God styring med bunnklemme er viktig ved ansett for å hindre "juletrerasong" på registreringen (bend i stenger). Boringen utføres med normerte hastigheter idet dreiiingen starter umiddelbart før nedtrykkingen starter. Dette gjelder for hvert nytt tak med borhodet. Boringen fortsetter kontinuerlig og uten avbrudd til borspissen stopper mot berg, blokk eller fast grunn, eller på grunn av at sonderingsmotstanden blir for stor. For om mulig å komme gjennom faste lag kan sonderingen da føres videre ved å øke dreiehastigheten og/eller pumpe, dvs. at en fører borstangen opp og ned, samtidig med at boret dreies.

4.4 Avslutning

Boringen avsluttes når boreriggen løftes med økt rotasjon og maksimal nedpressingskraft på minimum 30 kN eller når avtalt bordybde er nådd.

4.5 Opptrekking

Ved opptrekking av boret settes det på gummimansjett ved nedre klemmefeste for å rense stengene. Antall stenger som trekkes opp telles og kontrolleres mot registrert bordybde.

4.6 Kontroll under boring

- kontroller at normert nedpressingshastighet på $3 \pm 0,5$ m pr. min. opprettholdes med en rotasjonshastighet på 25 ± 5 omdr. pr. min. under normal boring.
- husk å angi koder på registreringsenheten ved endring av borprosedyre ved faste lag.
- kontroller at antall anvendte borstenger stemmer over ens med sonderingsdybden.

5. Resultater

På registreringsenheten skal det foruten oppdragsnummer og navn legges inn informasjon om plassering av borpunkt og nivå for start boring (terrenghøyde) og slutt boring. Boret dybde skal kontrollmåles på stengene og eventuelle justeringer av bordybde registreres. Der det er avvik fra normerte hastigheter, økt dreiehastighet og/eller pumping, skal kode for angjeldende avvik angis på registreringsenheten ved start og slutt på avvik.

I tillegg til informasjonen som lagres i registreringsenheten for det enkelte borpunkt skal det også føres et samleborkort hvor oppdragsnummer, dato, borpunkt og terrenghøyde og bordybde for hvert borpunkt noteres.

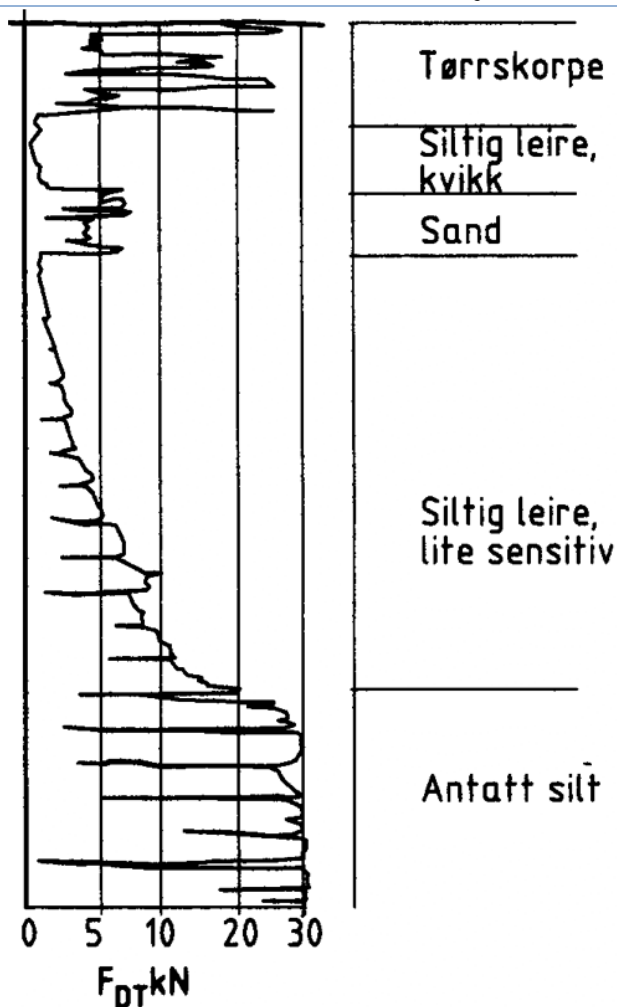
6. Rapportering

Eksempel på registreringskurve påført alle nødvendige opplysninger er vist i figur 1.1.5-5 og samleskjema for sonderinger i figur 1.1.5-4.

STATENS VEGVESEN		SAMLESKJEMA FOR SONDERINGER			
Blankett nr. 472					
Sted <i>EG Nord</i>					
Oppdragsnr. <i>C-756 A</i>		Utstyr <i>Dreie-trykk</i>			
Dato <i>15/8-82</i>		Sign. <i>NIV</i>			
Profil nr. Hull nr.	Terrenghøyde kote	Boret dybde +hvt. i fjell	Bergindikator		Merknad
			Avstand 1 m	Avlesning 1 db	
<i>170 B</i>	<i>101.8</i>	<i>29.0</i>			
<i>170 B</i>	<i>103.1</i>	<i>29.5</i>			

Figur 115-4: Samleskjema for sonderboringer

Når borspissen trenger ned i grunnen, vil sonderingsmotstanden avhenge av hva slags materialer som gjennombores. Sonderingskurven kan således gi grunnlag for å tolke grunnforholdene.



Figur 115-5: Registreringskurve for dreietrykk-sondering

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

Statens vegvesen (1978): Dreietrykksondering, Tolking av sonderingsresultater, Veglaboratoriet. Intern rapport nr. 816.

V222 Geoteknisk felthåndbok – råd og metodebeskrivelser, Vegdirektoratet, 2009.

Norsk Geoteknisk Forening (1982): Veiledning for utførelse av dreietrykksondering. Melding nr. 7. Revidert 1989.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.1 Sonderingsmetoder

1.1.6 Slagsondering i berg

Februar 2018 (erstatte metode 15.217, mai 1997)

1. Hensikt

Bergkvalitet i overdekkede områder er viktig å få kartlagt i forbindelse med underjordsanlegg. Slagsondering med borrhigg kan gi verdifullt bidrag i disse områdene. Undersøkelsen utføres som oftest i forbindelse med grunnboringer for løsmassekartlegging. Borhullene bores normalt 3 meter ned i fast berg, men kan forlenges ved undersøkelse av bergkvalitet.

2. Definisjoner

MWD: Measurement while drilling –automatisk logging av borparametre under boring.

3. Utstyr

Borrhiggen må ha utstyr for måling og registrering av borparametere. Rigg med MWD-utstyr gir best resultat. Parametere som skal registreres er borsenk i sek./m nedtrengning av borstangen, slagkraft i kN og spyletrykk i MPa.

Retrakkroner (kroner med skjær for «tovegs» boring) og styrestenger gir mindre boravvik.

Ved boring av lange hull skal det benyttes vannspyling. Vannpumpen må gi et trykk på minimum 1 N/mm², og det brukes nakke, mellomstykke og spylehode for separat spyling.

4. Fremgangsmåte

Lange hull bør settes an i godt berg. Boreren må være meget påpasselig med å spyle godt for å hindre ansamling av borslam/borstøv.

Kronen må skiftes så ofte at slitasjen ikke får innvirkning på borsynken. Lange hull bør avsluttes dersom en treffer på så dårlig berg at det vanskeliggjør borarbeidet. Støping i hullet kan/må utføres før boringen fortsetter.

Hvis det skal utføres vanntapsmålinger i ferdigborete hull, er det viktig å huske:

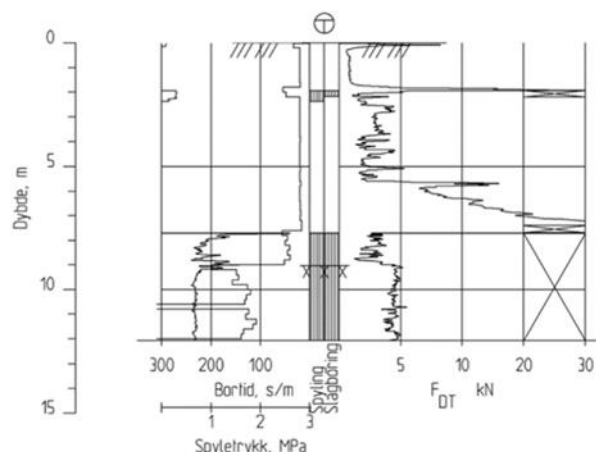
- boringen bør utføres med vannspyling, og hullet må spyles grundig rent etter boringen

- slitte borkroner som kan gi for trange hull for pakninger, må ikke brukes
- hullet må staks nøye opp etter ferdigboring ved å kjøre boret opp og ned under full vannspyling. En vil derved kunne fjerne små ujevnheter som lett hindrer passasje av pakningene.

Ferdigborete hull må plugges og merkes. Hull som kan komme i konflikt med fremtidig tunneldrift bør støpes igjen eller tettes.

5. Resultater

Figur 1.1.6–1 viser eksempel på boring i løsmasser og overgang til berg med borerigg og MWD utstyr montert. En ser tydelig at spyletrykket stabiliserer seg. Hvis det er berg av god kvalitet med lite sprekker vil spyletrykket være forholdsvis stabilt. Bortiden ligger ofte på ca. 0,5 m/min avhengig av bergtypen.



Figur 1.1.6–1: Eksempel på slagsondering i berg

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- borhullets nummer og nøyaktige plassering angis på kart og skal være georeferert
- for skråhull må orientering angis med retning i forhold til nord og fall i forhold til horisontalplanet
- fastboring, forandring av rotasjonshastighet, endring i matetrykk/vanntrykk, forandringer i borslamfarge/borstøvfarge, vanninnbrudd, tap av spylevann
- ved gjennom boring av opplagte slepper bør det tas prøver av borstøv/borslam



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.2 Feltmålinger

1.2.1 Trykksondering (CPT/CPTU)

Januar 2018 (erstatte metode 15.222, mai 1997)

1. Hensikt

Formålet er å innhente informasjon om:

- lagdeling i undergrunnen,
- jordart i lagene og
- lagenes fasthet, permeabilitet og deformasjons- og konsolideringsegenskaper ved å trykke en borspiss påmontert ulike sensorer ned i undergrunnen.

Metoden er egnet i jordartene leire, silt og sand. Metoden er mindre egnet i grus og grovere jordarter der nedpressingsmotstanden vil være stor og utstyret derfor lett kan bli skadet.

I denne metoden beskrives to typer utstyr, CPT og CPTU.

1.1 CPT

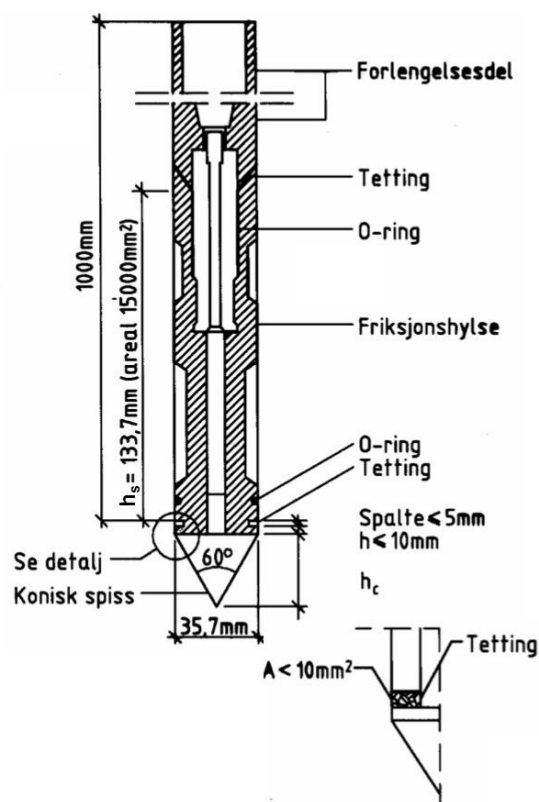
Trykksondering som inkluderer måling av spissmotstand og sidefriksjon (Cone Penetration Test, CPT).

Trykksondering (CPT) utføres ved at en sylindrisk sonde med konisk spiss presses ned i grunnen med konstant penetrasjonshastighet 20 mm/s. Under nedpressingen måles kraften mot den koniske spissen og sidefriksjonen mot en friksjonshylse på den sylindriske delen.

1.2 CPTU

Trykksondering med poretrykkmåling (Cone Penetration Test U (poretrykk), CPTU).

Ved trykksondering med poretrykkmåler (CPTU) registreres også poretrykket i tillegg til spissmotstand og sidefriksjon. Målingene skjer ved elektronisk eller akustisk signaloverføring og datalagring, med en målehyppighet som sikrer tilstrekkelig detaljert informasjon om grunnforholdene. Prinsippskisse av CPTU-sonde er vist i figur 1.2.1-1 og bilde av CPRU-sonder er vist i figur 1.2.1-2.



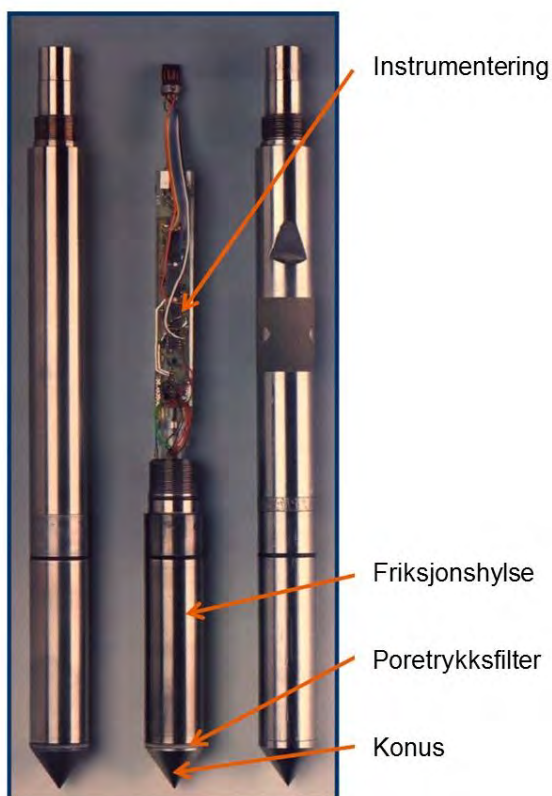
Figur 1.2.1-1: Prinsippskisse for CPTU-sonde

Trykksonderingsforsøk med poretrykkmåling (CPTU) gir en mer pålitelig bestemmelse av lagdeling og jordtype enn vanlig CPT. I tillegg gir CPTU et bedre grunnlag for tolkning av mekaniske egenskaper.

1.3 RCPTU og SCPTU

Med RCPTU (Restitivity Cone Penetration U) måles også resistiviteten i jordartene ved hjelp av elektroder påmontert CPTU-utstyret. Måledata fra denne type utstyr kan benyttes bl. a til å måle porøsitet og metningsgrad og dermed endringer i pakningsgrad for utlagte komprimerte masser. Dette utstyret omtales ikke nærmere i denne metoden.

Med SCPTU (Seismic Cone Penetration Test U) kan også jordartens skjær- og trykkbølgnehastighet måles ved hjelp av en geofon som er påmontert CPTU-utstyret. Skjær- og trykkbølgene genereres ved hjelp av en kilde på terreng (slag med slegge eller på annen måte). Dette utstyret omtales ikke nærmere i denne metoden.



Figur 1.2.1-2: Bilde av CPTU-sonder

2. Definisjoner

Trykksonderingsforsøk: Nedpressing av en trykksonde i grunnen med konstant nedpressingshastighet.

Trykksonde: En trykksonde består av en konisk spiss med en sylindrisk forlengelse, en friksjonshylse, målere og et målesystem, samt en overgang mellom sonden og sonderingsstengene. Figur 1.2.1-1 viser et eksempel på snitt gjennom en trykksonde. Sonden har interne lastceller for måling av kraft mot den koniske delen (spissmotstand), friksjonskraft mot friksjonshylsen (sidefriksjon) og, for en trykksonde med poretrykksmåling, poretrykket på ett eller flere steder langs sondens overflate. En helningsmåler (inklinometer) kan inkluderes for måling av sondens helning.

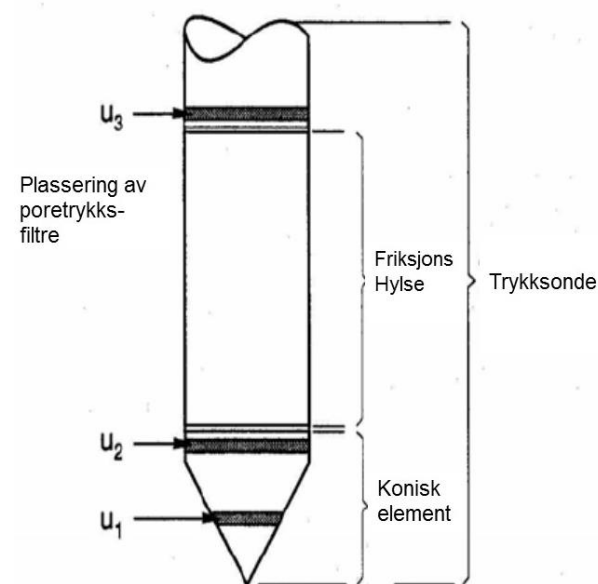
Konisk element: Det koniske elementet har en spissvinkel på 60° og utgjør nedre del av trykksonden. Når sonden presses ned i grunnen blir spissmotstanden overført gjennom konen til lastcellen.

Kommentar: Det ansees at det koniske elementet er meget stivt slik at den relative deformasjon under belastning er svært liten sammenlignet med andre deler av trykksonden.

Friksjonshylse: Den delen av trykksonden der sidefriksjonen blir målt.

Poretrykk: Det vanntrykk som måles i jordartens porevann under sonderingen som består av det opprinnelige poretrykket i bakken og tilleggstrykket forårsaket av sondens nedtrengning i grunnen.

Kommentar: Poretrykket kan måles på ett eller flere steder på trykksondens overflate. Noen sonder har 3 filterelementer for måling av poretrykk som vist på figur 1.2.1-3.



Figur 1.2.1-3: Plassering av poretrykksfiltere

Filterelement: Porøst element montert på trykksonden for å kunne måle overføring av poretrykket til poretrykkmåleren, uten at den korrekte geometri for trykksonden forandres.

Målesystem: Dette inkluderer alle målere og tilhørende deler som blir brukt til å overføre og/eller lagre elektriske signaler som opptrer i trykksonderingsforsøket. Målesystemet består normalt av målere for måling av kraft (spissmotstand, friksjon), trykk (poretrykk) og dybde.

Trykksonderingsstenger: Er en serie med stenger med lik diameter som skal kunne overføre trykk- og strekkrefter til trykksonden.

Kommentar: Trykksonderingsstengene kan også inkludere og/eller beskytte deler av målesystemet. Ved akustisk overføring av måleresultater blir

stengene benyttet til transport av signaler til en mottakerenhet på overflaten.

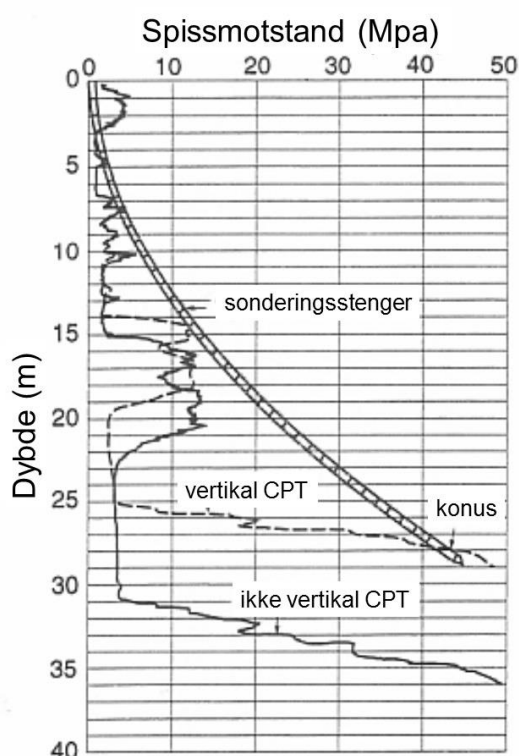
Nedpressingsutstyr: Utstyret som benyttes til å presse trykksonden med sonderingsstenger vertikalt ned i grunnen med konstant nedtrengingshastighet.

Kommentar: Nødvendig reaksjonskraft for nedpressingsutstyret kan skaffes til veie ved dødvekt og/eller bruk av jordankre.

Nedtrengingsdybde: Vertikal nedtrengningsdybde av det koniske elementet relatert til et fast horisontalplan (se figur 1.2.1–4).

Nedtrengningslengde: Summen av trykksonderingsstengenes og trykksondens lengde, redusert med høyden av den koniske delen, relativt til et fast horisontalplan (se figur 1.2.1–4).

Kommentar: Det faste horisontalplanet vil vanligvis være det samme som det horisontale plan gjennom terrengnivå på forsøksstedet.



Figur 1.2.1–4: Nedtrengningsdybde og -lengde

Friksjonsreduksjonsring: Ringen består vanligvis av en lokal og symmetrisk utvidelse av diameteren på en trykksonderingsstang. Hensikten er å redusere friksjonen langs trykksonderingsstengene.

Nullavlesning: Måleverdi for et målesystem når måleren er ubelastet; dvs. den størrelsen som skal måles har en verdi på null mens strømkilden som behøves for å operere målesystemet er tilkople.

Referanseavlesning: Avlesning av en måler like før trykksonden skal presses ned i grunnen.

Kommentar: Ved undersøkelser til sjøs bør dette gjøres når trykksonden er like over sjøbunnen. I tillegg bør det hvis mulig tas en referanseavlesning på overflaten etter rensing av friksjonshylsen.

Nullpunktsforskyvning: Den absolutte forskjellen i nullpunktsverdi eller referanseavlesning av et målesystem ved start og avslutning av et trykksonderingsforsøk.

Nøyaktighet: Målingsnærhet til den sanne verdi av den mengde som blir målt. Det er den totale nøyaktigheten av målesystemet som er viktig.

Presisjon: Nærheten av hvert sett av målinger til hverandre. Presisjon er det samme som repeterbarhet og kan bli uttrykt som en verdi med standardavvik som indikerer spredningen.

Kommentar: Hvis en lastcelle for eksempel viser en repeterbar, men ikke lineær kalibrering så vil bruk av en lineær tilpasning gi tap av nøyaktighet, men resultatene vil fortsatt være repeterbare og presise. Tap av nøyaktighet vil være knyttet til forskjellen mellom den virkelige og den tilpassede kalibreringskurve. Bruk av en unøyaktig kalibrering kan således resultere i repeterbare (presise) resultater som vil ha en systematisk feil og som derfor vil være unøyaktige. Presisjon eller repeterbarhet er ikke en garanti for nøyaktighet.

Den ønskede situasjon vil være å ha en måler som både er nøyaktig og presis. Dette er en forutsetning for å oppnå nøyaktige og presise avlesninger i felten hvor det er viktig å notere all informasjon slik som temperatur, slitasje etc. i løpet av feltmålingene som kan influere på det endelige resultat.

Oppløsningen til et målesystem er den minste størrelse av en forandring i en måleverdi som kan måles nøyaktig. Den vil både influere på nøyaktighet og presisjon av en måling.

Dissipasjonsforsøk: Måling av poretrykksendringer med tid ved en pause i nedpressing av sonden.

2.1 Symboler

- A_c : tverrsnittsarealet til det koniske elementet
- A_n : tverrsnittsareal av konens stamme
- A_s : friksjonshylsens utvendige overflateareal
- A_{s2} : areal av friksjonshylsens nedre endeflate
- A_{s3} : areal av friksjonshylsens øvre endeflate
- a : arealforhold konisk element
- b : arealforhold friksjonshylse
- B_q : poretrykksforhold
- C_{inc} : korreksjonsfaktor for stanghelning
- d_2 : diameter friksjonshylse (utvendig)

- d_c : diameter av konens sylindriske del
- d_{fil} : filterets diameter
- $\Delta u_{1,2,3}$: poreovertrykk ved filter 1, 2, 3
- F_s : målt totalkraft på friksjonshylsen
- f_s : målt sidefriksjon
- f_t : korrigert sidefriksjon
- h_c : høyde av kon, konisk del
- h_e : høyde av kon, sylindrisk del
- l_s : lengde av friksjonshylse
- l : nedtrengningslengde
- Q_c : målt nedpressingskraft på kon
- q_c : målt spissmotstand
- q_n : netto spissmotstand
- q_t : korrigert spissmotstand
- R_a : midlere overflateruhet
- R_f : friksjonsforhold
- R_{ft} : korrigert friksjonsforhold
- t : tid
- t_{50} : tid for 50 % poretrykksdissipasjon
- U : Dissipasjonsgrad, normalisert poretrykk
- u_1 : poretrykk ved konisk del
- u_2 : poretrykk mellom kon og friksjonshylse
- u_3 : poretrykk over friksjonshylse
- u_i : poretrykk ved start dissipasjonsforsøk
- u_0 : poretrykk i en gitt dybde før sondering
- z : dybde
- α : vinkel mellom lodmlinjen og trykksonden
- β : vinkel mellom lodmlinjen og projeksjonen av sonden på et vertikalplan som står normalt på planet med vinkel a i grader (to-akset inklinometer)
- σ_{vo} : total vertikalspenning før sondering

3. Utstyr

Det finnes ulike typer utstyr på markedet. I Statens vegvesen benyttes i dag i hovedsak Memocone fra Geonor (ENVI) og Geotech-sonden fra Geotech. Disse sondene kan bestå av følgende enheter:

- konisk element for måling av spissmotstand
- friksjonshylse for måling av sidefriksjon
- poretrykksmåler
- inklinometer
- registreringsinstrument
- trykksonderingsstenger
- friksjonsreduksjonsring
- nedpressingsutstyr

Det koniske elementet har en diameter på 35,7 mm med en sylindrisk forlengelse og spissen har en vinkel på 60°. Dette gir et nominelt tverrsnittareal på 1000 mm².

3.1 Geometri

Alle delene i en trykksonde skal ligge i samme akse.

Kommentar: Trykksonden bør ha en høy verdi for arealforholdet a (nær 1) for å gjøre arealkorreksjonen minst mulig. Videre bør

friksjonshylsens øverste endeareal fortrinnsvis være lik det nederste endearealet.

3.2 Konisk element

Dette består av en konisk del og en sylindrisk forlengelse. Konen skal ha en nominell åpningsvinkel (apex) på 60°. Tverrsnittsarealet av konen skal nominelt være 1000 mm², dette tilsvarer en diameter på 35,7 mm.

Kommentar: Sonder med diameter mellom 25 mm ($A_c = 500 \text{ mm}^2$) og 50 mm ($A_c = 2000 \text{ mm}^2$) er tillatt for spesielle formål, uten bruk av korreksjonsfaktorer. Anbefalt geometri og toleransekrav bør justeres proporsjonalt med diameteren.

Dimensjonene på det koniske elementet skal være innenfor følgende toleransekrav (se figur 1.2.1-1 og 1.2.1-5 for betegnelser):

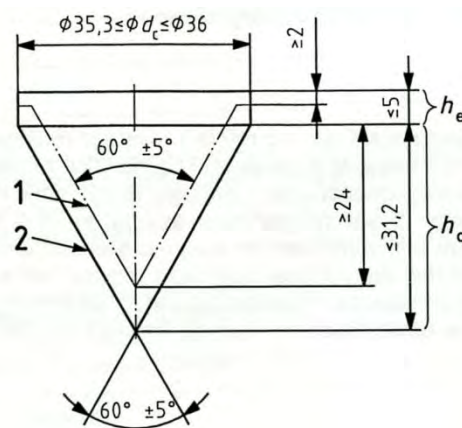
$$35,3 \text{ mm} \leq d_c \leq 36,0 \text{ mm}$$

$$7,0 \text{ mm} \leq h_e \leq 10 \text{ mm}$$

$$24,0 \text{ mm} \leq h_c \leq 31,2 \text{ mm}$$

Kommentar: Konen skal ikke lenger brukes hvis den er asymmetrisk slitt, selv om den ellers oppfyller toleransekravene.

Overflaten av det koniske elementet bør ha en overflateruhet $R_a < 5 \mu\text{m}$.

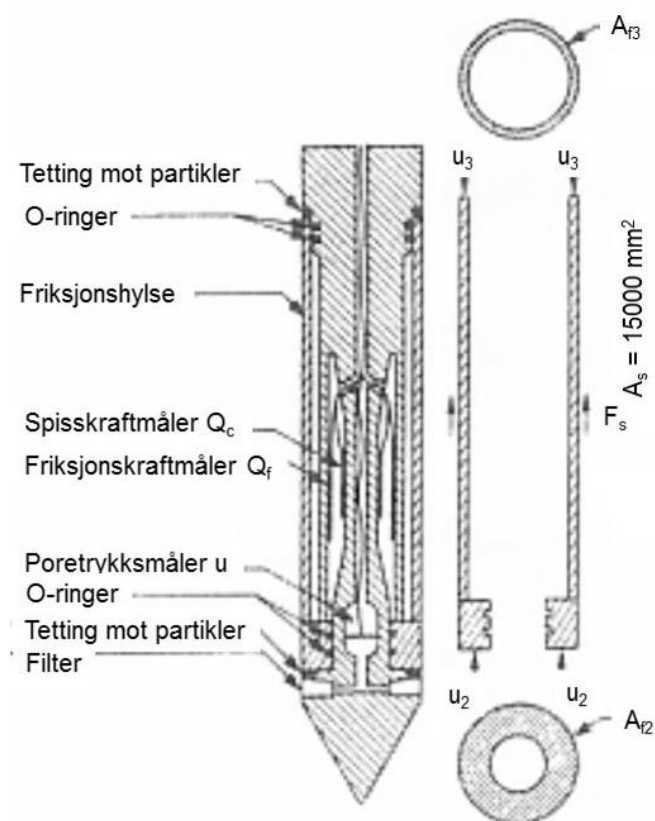


Figur 1.2.1-5: Toleransekrav for 1000 m² konus (uten 5 mm høyt filter/spaltering)

3.3 Friksjonshylse

Friksjonshylsen skal være plassert rett over den koniske delen. Maksimal avstand på grunn av spalten og forseglingen skal være 5,0 mm.

Det nominelle overflatearealet A_s skal være 15 000 mm². Definisjonsskisse er vist i figur 1.2.1–6.



Figur 1.2.1–6: Prinsippskisse for friksjonshylse

Kommentar: Friksjonshylser med ytre diameter mellom 25 mm og 50 mm er tillatt for spesielle formål i forbindelse med sonder med tilsvarende diameter. For diametere i dette område er det ikke nødvendig å korrigere målte friksjonsverdier. Anbefalt geometri og toleranser bør justeres proporsjonalt med diameteren på øvre ende av konen. Det foretrukne forholdet mellom lengden på friksjonshylsen og diameter på øvre ende av konen er 3,75, men verdier mellom 3 og 5 er tillatt.

Slitasje av konen kan påvirke målt sidefriksjon. Denne effekten bør tas med i betraktning ved vurdering av nøyaktigheten av friksjonsmålingene.

Friksjonshylsens utvendige diameter d_2 skal være lik diameteren på konen med et toleransekrav på:

$$d_c \leq d_2 < d_c + 0,35 \text{ mm og } d_2 < 36,1 \text{ mm}$$

Lengden av den sylindriske delen skal være innenfor toleransekravet:

$$132,5 \text{ mm} < l_s \leq 135,0 \text{ mm}$$

Friksjonshylsen skal ha en overflateruhet på $0,40 \mu\text{m} \pm 0,25 \mu\text{m}$, målt i lengderetningen.

Kommentar: Med overflateruhet menes gjennomsnittlig ruhet R_a bestemt ved hjelp av et

overflateprofil i henhold til ISO 8503 eller tilsvarende. Gjennomsnittlig ruhet er en middelværdi av de absolutte avstander for det aktuelle profil i senterlinjen og gjelder for en spesifisert testlengde, typisk i området 2 mm til 4 mm, avhengig av den standard som blir benyttet. Hensikten med kravet om overflateruhet er å forhindre bruken av en ekstremt glatt eller en ekstremt ru friksjonshylse. Stål, inkludert herdet stål, blir slitt ved bruk, spesielt i sand, og friksjonshylsen utvikler derfor sin egen ruhet. Det er viktig at ruheten ved tillaging av sonde er nær den ruheten som blir utviklet ved bruk. Det antas at kravet til overflateruhet vanligvis oppfylles for vanlige typer stål som blir benyttet av produsentene og for vanlige grunnforhold.

3.4 Filterelement

En filterposisjon på eller like bak den sylindriske forlengelsen av konen anbefales, men andre filterposisjoner kan aksepteres, se figur 1.2.1–3.

Kommentar: Filterposisjoner i tillegg til den anbefalte kan gi verdifull informasjon om grunnforholdene.

Filterelementet bør skiftes før hver ny sondering.

3.4.1 Poretrykk u_2

Filteret skal være plassert på eller like bak den sylindriske delen av konen. Filterets diameter skal tilsvare diameteren på konen og friksjonshylsen, med toleransekrav 0 til +0,2 mm. Filterdiameteren kan være større, men aldri mindre enn diameteren på konen. Filteret skal ikke ha større diameter enn friksjonshylsen:

$$d_2 - 0,2 \text{ mm} \leq d_{\text{fil}} \leq d_2$$

$$d_c \leq d_{\text{fil}} \leq d_c + 0,2 \text{ mm}$$

Generelt gjelder:

$$d_2 \geq d_{\text{fil}} \geq d_c$$

Kommentar: Denne filterposisjonen gir de mest konsistente resultater for klassifisering og tolkningsformål.

For korreksjon av spissmotstand for poretrykkseffekt er den beste posisjon for filteret i åpningen mellom konen og friksjonshylsen. En posisjon i den sylindriske del av konen anbefales imidlertid for lettere å oppnå og vedlikeholde metningen av poretrykkssystemet.

3.4.2 Poretrykk u_1

Diameteren på filteret (se figur 1.2.1–3) skal tilsvare diameteren på konen med et toleransekrav på 0 til +0,5 mm. Formen på filteret må tilpasses formen på den koniske delen, dvs. diameteren på

filteret skal være lik, men ikke større enn diameteren på konen i filterets posisjon.

Kommentar: Det anbefales å plassere filteret innenfor den midlere tredjedel av den koniske delen.

3.4.3 Poretrykk u_3

Diameteren på filteret skal tilsvare diameteren på friksjonshylsen med toleransekrav 0 til -0,2 mm, dvs. diameteren på filteret kan være lik, men ikke større enn diameteren av friksjonshylsen.

$$d_2 \leq d_{fil} \leq d_2 + 0,2 \text{ mm}$$

Filteret skal være mettet ved starten av forsøket.

Kommentar: Det anbefales å plassere filteret rett over spalten mellom friksjonshylsen og skaftet på trykksonden.

Det er viktig at filteret forblir mettet selv om trykksonden passerer et umettet eller et dilaterende lag.

Porøse filter bør ha en porestørrelse på mellom 2 og 20 μm , tilsvarende en permeabilitet mellom 10^{-4} og 10^{-5} m/s. Filtermaterialer som har en tendens til å bli tettet av fine partikler bør ikke benyttes.

Følgende typer materialer har blitt brukt med god erfaring i normalkonsolidert leire: sintret, herdet stål eller bronse, karborundum, keramikk, porøs PVC og HDPE.

For valg av væske, metning av poretrykk-målesystemet, og bruk av spaltefilter se nedenfor punkt 4.4.

Trykksonden skal være konstruert på en slik måte at det er lett å skifte filteret og at væskekompartimentet er lett å mette.

3.5 Fuger og tettinger

Fuger mellom de forskjellige deler av trykksonden skal ikke være større enn 5 mm. Fugene skal være beskyttet med en forsegling slik at jordpartikler ikke kan trenge inn i sonden.

Kommentar: Forseglingen må lett kunne deformeres relativt til lastcellen og andre elementer i trykksonden, slik at ingen vesentlige krefter kan overføres gjennom fugen.

3.6 Sonderingsstenger

Sonderingsstengene skal ha den samme diameter som trykksonden over minst 400 mm, målt fra sylindrisk del for sonder med tverrsnittsareal 1000 mm². For sonder med andre dimensjoner skal denne avstanden skaleres lineært i forhold til diameteren.

Friksjonen langs sonderingsstengene kan reduseres ved hjelp av en friksjonsreduksjonsring med større diameter enn stengene. Friksjonen kan også reduseres ved hjelp av smøring, for eksempel med injisering av boreslam eller vann under forsøket. Injeksjonspunktet skal være plassert minst 400 mm over sondens base for sonder med areal 1000 mm². For sonder med andre dimensjoner skal denne avstanden skaleres lineært i forhold til diameteren.

Stengenes retthet kontrolleres i samsvar med tillegg 8.1.

Kommentar: Før bruk skal rettheten kontrolleres visuelt. For Anvendelsesklasse 4 hvor det ikke benyttes inklinometer skal stengenes retthet kontrolleres jevnlig etter prosedyrer gitt i Tillegg 8.1.

Over terrengnivå bør stengene styres av ruller eller et foringsrør for å redusere faren for utknekkning. Trykksonderingsstengene kan også styres med et foringsrør i vann eller bløte sedimenter slik at risiko for utknekkning reduseres.

Trykksonderingsstengene bør velges ut fra ønsket nedpressingskraft og den signaloverføringsmetode som er valgt.

3.7 Målesystem

Oppløsningen av målesystemet skal være bedre enn en tredjedel av nøyaktigheten som gjelder for den ønskede Anvendelsesklasse gitt i tabell 1.2.1-2.

Kommentar: En elektrisk kabel kan brukes for å overføre signaler fra sensorene til en avlesningsenhet i terrengnivå, alternativt kan akustisk signaloverføring gjennom sonderingsstengene eller elektronisk overføring til en minneenhet i trykksonden benyttes.

3.7.1 Målere for spissmotstand og sidefriksjon

Lastcellen skal være kompensert for mulig eksentrisk virkning av aksielle krefter. Måleenheten for sidefriksjonen skal være konstruert på en slik måte at den måler friksjonen langs hylsen, og ikke jordtrykket mot den.

Kommentar: Vanligvis benyttes lastceller med strekklapper for måling av spissmotstand og sidefriksjon.

3.7.2 Poretrykksmålere

Måleren skal vise minimal deformasjon ved belastning. Måleren kommuniserer via et væskekompartiment med et porøst filter eller en smal spalte på overflaten av trykksonden.

Kommentar: Poretrykksmåleren er vanligvis en trykkmåler av membrantypen.

Dette systemet måler poretrykket i den omkringliggende jorda under nedpressing.

3.7.3 Helningsmåler

Helningsmåleren bør ha et måleområde på minst $\pm 15^\circ$ i forhold til vertikalaksen.

3.7.4 Måleutstyr for nedtrengingslengde

Målesystemet skal inkludere en dybdemåler for måling av nedtrengingslengde.

Om nødvendig skal målesystemet også inneholde en prosedyre for korreksjon av målingene hvis bevegelser av stengene oppover relativt til dybdemåleren forekommer, for eksempel på grunn av en reduksjon av kraften på sonderingsstengene.

3.8 Nedpressingsutstyr

Utstyret skal være i stand til å presse trykksonden ned i grunnen med en standard nedtrengingshastighet på $20 \text{ mm/s} \pm 5 \text{ mm/s}$. Det skal være belastet eller forankret på en slik måte at det begrenser bevegelser relativt til terrengnivå mens nedpressingen foregår. Nedpressingsutstyret bør ha en slaglengde på minst 1000 mm. Andre slaglengder kan tillates under spesielle forhold.

Kommentar: Ramming eller rotasjon av sonderingsstengene skal ikke forekomme under måling.

4. Fremgangsmåte

4.1 Valg av trykksonde

Trykksonden skal velges slik at den fyller kravene til et trykksonderingsforsøk etter tabell 1.2.1.1.

Tabell 1.2.1-1: Typer trykksonderingsforsøk.

Type forsøk	Målte parametere
TE1	Spissmotstand og sidefriksjon
TE2	Spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk

Kommentar: Trykksonderingsforsøk med måling av poretrykk på mer enn ett sted langs sonden er variasjoner av type TE2.

4.2 Valg av utstyr og prosedyrer i henhold til ønsket Anvendelsesklasse

Utstyr og prosedyrer for et trykksonderingsforsøk skal velges ut fra ønsket Anvendelsesklasse i tabell 1.2.1-2.

Anvendelsesklassene er definert som følger:

Anvendelsesklasse 1 benyttes for bløte til meget bløte avsetninger. Klasse 1 forsøk er normalt ikke tilpasset lagdelte avsetninger med både bløte og faste lag, selv om forboring gjennom de fastere lagene kan være en løsning. Forsøk i denne klassen skal bare gjennomføres med poretrykksmåling (CPTU).

Anvendelsesklasse 2 benyttes for forsøk i blandede, lagdelte jordarter med både bløte og faste lag for korrekt bestemmelse av lagrekke og identifisering av jordart. Tolkning av materialegenskaper er mulig, men bare for estimerer i de bløte lagene. Anvendt sondetype bestemmes ut fra prosjektkravene.

Anvendelsesklasse 3 benyttes for forsøk i blandede, lagdelte jordarter med både bløte og faste lag. Resultatene benyttes i første rekke til bestemmelse av lagrekke og identifisering av jordart. Tolkning av materialegenskaper er mulig for meget faste og stive jordarter eller lag. For fast leire, fast silt og løs sand kan bare en indikasjon på materialegenskaper oppnås. Anvendt sondetype bestemmes ut fra prosjektkravene.

Anvendelsesklasse 4 benyttes for orienterende registrering av lagdeling og identifisering av jordart i blandede, lagdelte jordarter med både bløte og faste lag. Tolkning av materialegenskaper er ikke mulig. Forsøk kan utføres med sondetype TE1 og helningsmåling kan utelates.

Kommentar: Den oppnådde nedtrengingslengden eller nedtrengingsdybden avhenger av grunnforholdene, den tillatte penetrasjonskraften, nedpressingskapasitet på stengene og bruk av friksjonsreduksjon og/eller foringsrør, samt målekapasitet for sonden.

Tabell 1.2.1-2: Anvendelsesklasser for CPT og CPTU

Anvendelses- klasse	Forsøks- type	Målestørrelse	Tillatt minimums- nøyaktighet ^a	Maksimum avstand mellom målinger	Bruk	
					Jordart ^b	Tolkning ^c
1	TE2	Spissmotstand	35 kPa eller 5%	20 mm	A	G,H
		Sidetriksjon	5 kPa eller 10%			
		Poretrykk	10 kPa eller 2%			
		Helning	2°			
		Nedtrengingslengde ^e	0.1 m eller 1%			
2	TE1 TE2	Spissmotstand	100 kPa eller 5%	20 mm	A	G,H*
		Sidetriksjon	15 kPa eller 15%		B	G,H
		Poretrykk ^d	25 kPa eller 3%		C	G,H
		Helning	2°		D	G,H
		Nedtrengingslengde	0.1 m eller 1%			
3	TE1 TE2	Spissmotstand	200 kPa eller 5%	50 mm	A	G
		Sidetriksjon	25 kPa eller 15%		B	G,H*
		Poretrykk ^d	50 kPa eller 5%		C	G,H
		Helning	5°		D	G,H
		Nedtrengingslengde	0.2 m eller 2%			
4	TE1	Spissmotstand	500 kPa eller 5%	50 mm	A	G*
		Sidetriksjon	50 kPa eller 20%		B	G*
		Nedtrengingslengde	0.2 m eller 2%		C	G*
					D	G*
a	Tillatt minste nøyaktighet av målt verdi er den største av de angitte verdiene. Den relative prosentvise nøyaktigheten gjelder måleverdien og ikke måleområdet eller målekapasiteten.					
b	I henhold til ISO 14688-2 [1]:					
	A Homogen jord med meget bløt til fast leire og silt (typisk $q_c < 3$ MPa)					
	B Lagdelt jord med bløt til fast leire (typisk $q_c \leq 3$ MPa) og middels fast sand (typisk $5 \text{ MPa} \leq q_c < 10$ MPa)					
	C Lagdelt jord med fast leire (typisk $1,5 \text{ MPa} \leq q_c < 3$ MPa) og meget fast sand (typisk $q_c > 20$ MPa)					
	D Meget fast til hard leire (typisk $q_c \geq 3$ MPa) og meget fast, grov jord ($q_c \geq 20$ MPa)					
c	G Profilering og jordartsidentifikasjon med lavt usikkerhetsnivå					
	G* Orienterende profilering og jordartsidentifikasjon med høyt usikkerhetsnivå					
	H Tolkning av designparametere med lavt usikkerhetsnivå					
	H* Orienterende tolkning av designparametere med høyt usikkerhetsnivå					
d	Poretrykk kan bare måles med type TE2 trykksonde					
e	I Anvendelsesklasse 1 skal nedtrengingslengden kontrolleres med uavhengig metode for hver 5. m.					

Hvis en ønsker å vurdere jordartens drems- og/eller konsolideringsegenskaper kan det utføres dissipasjonsforsøk på utvalgte dybder i avsetningen. I et dissipasjonsforsøk registreres

reduksjonen av poreovertrykk over tid, etter først å ha stoppet den kontinuerlige nedpressingen av sonden. I finkornige jordarter med lav permeabilitet kan poretrykkets dissipasjonsforløp

benyttes til å vurdere konsolideringskoeffisienten c . I grovere, godt drenerende jordarten kan et dissipasjonsforsøk benyttes til å bestemme in situ poretrykk.

For å kunne vurdere kvalitet av målte parametere skal nullpunktsdriften bestemmes direkte fra måleverdier eller fra referanseavlesninger etter utført CPT eller CPTU forsøk. Disse skal sammenlignes med verdiene før sondering, før servicesjekk og etter siste kalibrering av sonden.

Når alle mulige feilkilder blir lagt sammen skal nøyaktigheten av målingene være bedre enn den største av verdiene gitt i tabell 1.2.1–2. Den relative eller prosentvise nøyaktighet gjelder for selve måleverdien og ikke for måleområdet eller målekapasiteten. Strengere krav kan stilles i spesielt bløte jordarter. Nøyaktighetsvurderingene skal inkludere intern friksjon, målefeil i datainnsamling, eksentriske belastninger, temperatureffekter (vedvarende og forbigående) og dimensjonsfeil.

Metrologisk dokumentasjon relevant for et trykksonderingsforsøk skal være i henhold til ISO 10012–1.

Kommentar: Se tillegg 8.3. for beregning av nedtrengingsdybde fra nedtrengingslengde og målt helning.

Ved ekstreme lufttemperaturer bør trykksonden oppbevares slik at dens temperatur er i området

0 – 25°C. Under sondering bør nullavlesningene tas når trykksonden har en temperatur som er så nær bakkens temperatur som mulig. Andre elektroniske komponenter i datainnsamlings-systemet bør også være temperaturstabilisert.

For forsøk i Anvendelsesklasse 1 (se tabell 1.2.1–2.) bør trykksondens målere ha en temperaturfølsomhet bedre enn:

20 kPa/°C	for spissmotstand
0,1 kPa/°C	for sidefriksjon
0,05–0,1 kPa/°C	for poretrykk (måleområde 1–2 MPa)

Disse kravene gjelder for en trykksonde med lastkapasitet på 5 tonn. For trykksonder med andre kapasiteter kan kravene ovenfor justeres proporsjonalt med hensyn til effekten på nøyaktigheten av den målte verdi.

For alle klassene skal temperaturfølsomheten være en integrert del av nøyaktighetskravene.

4.3 Posisjon og nivå av nedpressingsutstyret

Posisjon av alle borhull skal registreres med høydereferanse (for eks. NGO) og koordinater (for eks. UTM-koordinater).

Avstand mellom nytt og tidligere borhull må være tilstrekkelig for å unngå påvirkningseffekter.

Posisjonering av nedpressingsutstyret i en avstand på 2 m eller minst 20 ganger borhulldiameteren til et tidligere borhull er vanligvis tilstrekkelig.

Noen boreteknikker som for eksempel boring med bruk av luft vil kreve større innbyrdes avstander. Utgravninger i nærheten av borhullet bør unngås.

Nedpressingsutstyret skal trykke på sonderingsstengene slik at nedpressingskraftens akse er så nær vertikallinjen som mulig. Avvik fra vertikalaksen bør være mindre enn 2°. Aksel til trykksonden skal tilsvare belastningsaksen ved starten av forsøket.

4.4 Klargjøring av utstyret

Det virkelige tverrsnittsarealet ved konens øvre ende og det virkelige overflatearealet av friksjonshylsen skal måles og noteres i henhold til krav til dimensjoner gitt i punkt 3.

For trykksonder med måling av poretrykk skal filteret og andre deler av poretrykkssystemet være mettet med en væske før nedpressingen starter. Tilstrekkelige tiltak for å opprettholde metningen underveis i forsøket skal gjennomføres.

Vanligvis benyttes luftfritt, destillert vann ved testing i mettet jord. Når trykksonderingsforsøk utføres i umettet jord, tørrskorpe eller dilaterende jord, for eksempel i fast sand, bør filteret mettes med glyserin eller lignende væske.

Etter at filteret er montert er det god praksis å dekke filteret med en gummihud; denne vil briste når trykksonden kommer i kontakt med jorda. Ved metning og montering av gummihuden over poretrykksfilteret, vil trykksonden utsettes for små trykk, slik at målerne viser noe avvik fra null. Hvis det er fare for partikkelsetting av filteret skal et nytt filter monteres for hvert forsøk.

Kommentar: Når luftfritt vann brukes, bør filtrene kokes i 15 min. Filteret bør deretter avkjøles i vann før det lagres i metningsmediet i et forseglet kar. Et større volum med luftfritt vann bør også gjøres klart. Dette vannet er nødvendig ved montering av sonden før bruk. Koking av filtre vil muligens ikke være akseptabelt for noen filtertyper, for eksempel HDPE.

Hvis glyserin eller silikonolje benyttes, plasseres de tørre filtrene rett i væsken og blir utsatt for vakuu i ca. 24 timer. Et større volum av væske bør behandles på samme måte og lagres i et forseglet kar. Målekammeret blir vanligvis mettet med samme væske som blir benyttet for filteret. Dette kan oppnås ved å injisere væske inn i kammeret eller ved å behandle den demonterte

sonden i et vakuumkar. Vakuum bør opprettholdes til det ikke kommer flere luftbobler fra sonden (ca. 15–30 min). Den endelige montering av filter og forsegling bør gjøres med trykksonden neddykket i metningsvæsken. Etter montering bør tilpasningen av filteret sjekkes. Høyden på filteret bør være stor nok til at filteret ikke er løst, men samtidig lite nok til at det kan roteres med fingertuppene. På denne måten oppstår det ikke tilleggs-spenninger i fugene rundt filteret og eventuell påvirkning av målingene reduseres.

4.4.1 Spaltefilter

Ved bruk av spaltefilter måles poretrykket ved hjelp av en åpen, 0,3 mm spalte plassert like bak den koniske delen (for eksempel Larsson, 1995). Det porøse filteret mellom jord og trykk-kammer blir derved overflødig. Spalten kommuniserer med trykk-kammeret via flere kanaler. Selve trykk-kammeret blir mettet med luftfritt vann eller frostvæske, mens kanalene mettes med gelatin, silikonfett eller et tilsvarende medium. Både gelatin og silikonfett er velegnet for feltbruk.

Hvis silikonfett benyttes kan fettet presses direkte inn i kanalene ved hjelp av en fettpresse eller tilsvarende. Det må påses at fettet ikke inneholder luftbobler, noe som kan gi dårlig mettningsgrad i kanalene. Dette problemet unngås ved bruk av gelatin, men denne metningsprosedyren krever til gjengjeld mer tid for utførelse ettersom spissen må legges i kokende gelatin og deretter avkjøles.

Bruk av spaltefilter reduserer nødvendig tid for rigging og preparering av trykksonden. I tillegg vil denne type poretrykksystem opprettholde metningen ved nedpressing over grunnvannstanden og gjennom umettede soner i jorden (for eksempel gjennom tørrskorpen).

Kommentar: Når trykksonden senkes ned i grunnen, kan det oppstå små temperaturgradienter i sonden hvis lufttemperaturen er forskjellig fra bakketemperatur. Disse temperaturgradientene vil påvirke målingene, og det er derfor viktig at trykksonden gis anledning til å tilpasse seg temperaturen i grunnen før en starter nedpressing av sonden. Vanligvis vil de største gradientene oppstå etter 2 – 3 minutter, mens full temperaturstabilisering vil være oppnådd etter 10 – 15 minutter.

Nullavlesning for spissmotstand og nedtrengingsdybde, eventuelt også sidefriksjon, poretrykk og helning relativt til vertikalaksen skal registreres i ubelastet tilstand før sonderingen starter. Ved avlesning må trykksonden være ubelastet og temperaturstabilisert til bakketemperatur (5 – 7 °C).

Referansemålinger for trykksonderinger fra sjøbunn tilsvarer vanligvis avlesninger utført umiddelbart over sjøbunnsnivå. I tillegg anbefales det hvis mulig å utføre referanseavlesning på overflaten etter rensing av friksjonshylsen.

Se tabell 1.2.1–2 for krav til målenøyaktighet og tillegg 8.1, 8.2 og 8.3 for funksjonskontroll og kalibreringsprosedyrer.

4.5 Nedpressing av trykksonden

Ved nedpressing gjennom grove og/eller steinrike lag kan det være nødvendig å forbore i deler av sonderingsprofilen. Forboring skal alltid benyttes i grove topplag, om nødvendig i kombinasjon med foringsrør for å unngå kollaps av borhullet. I noen tilfeller kan forboring utføres ved å ramme en pilotstang med diameter 45–50 mm gjennom faste lag for å etablere et pilothull slik at nedpressingsmotstanden reduseres.

I bløt, løs jord benyttes vanligvis forboring gjennom tørrskorpelaget, ned til en eventuell grunnvannstand. Det forborede borhullet bør fylles med vann hvis poretrykket skal måles ved et vannmettet system. Hvis grunnvannstanden ligger dypt, bør målesystemet mettes med glyserin eller tilsvarende væske.

I forsøket presses trykksonden ned i grunnen med konstant nedtrengingshastighet 20 ± 5 mm/sek. Nedtrengingshastigheten skal kontrolleres og avvik fra standardisert verdi skal noteres.

Kommentar: Nedpressingen defineres som kontinuerlig, selv om penetrasjonen stoppes regelmessig for takskifte og montering av ny sonderingsstang. Noen nedpressingsrigger kan utføre ideell kontinuerlig nedpressing, noe som er en fordel, spesielt i lagdelte silt- og leiravsetninger.

Nedpressingen defineres som diskontinuerlig hvis det oppstår lengre avbrudd i penetrasjonen, som for eksempel ved dissipasjonsforsøk eller ved avbrudd i nedpressingen på grunn av mekaniske feil.

I kompakt sand og grus kan lavere nedpressingshastighet enn normalt aksepteres for å unngå skade på konus og stenger.

4.6 Bruk av friksjonsreduksjonsring

Bruk av friksjonsreduksjonsring kan tillates, se definisjon i punkt 2. Trykksonden og eventuell forlengelsesstang skal ha samme diameter over en minimumslengde på 400 mm over konisk del før friksjonsreduksjonsringen monteres.

4.7 Loggeintervall

Loggeintervall for måleverdiene skal velges på bakgrunn av ønsket detaljeringsbehov og

opløsning i sonderingsprofilen, for eksempel behov for påvisning av tynne lag. Vanligvis benyttes samme avlesningsintervall for registrering av spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk. Avlesning av målerne skal minst utføres for hver 20 mm i Anvendelsesklasse 1 og 2. Gjennomsnittsverdier over et 20 mm intervall kan benyttes, selv om det måles hyppigere. Et loggeintervall på 50 mm kan benyttes ved trykksonderinger i Anvendelsesklasse 3 og 4 (se tabell 1.2.1-2).

4.8 Registrering av nedtrengingsdybde

Nøyaktig nivå for trykksondens basis (nedtrengingsdybden) skal kunne bestemmes med en nøyaktighet tilsvarende kravene i tabell 1.2.1-2 relativt til terrengnivå eller annet fastholdt referansesystem (ikke nedpressingsriggen). Opløsningen for den elektroniske dybdemåleren skal være 0,01 m eller bedre.

I Anvendelsesklasse 1 skal nedtrengingslengden i tillegg registreres for minst hver 5. m ved hjelp av en annen måler enn dybdemåleren.

Nedpressingen skal avbrytes når en av de følgende forhold inntreffer:

- ønsket nedtrengingslengde eller nedtrengingsdybde er nådd, se også NS-EN 1997-2, 4.2.1 (1).
- helningen av sonden relativt til vertikalaksen overskrider tillatt måleområde eller 15°.
- maksimal forankringskraft eller maksimalt måleområde for sonden er nådd.
- mulig skade på utstyret kan også være en gyldig grunn til å avbryte forsøket.

Opptredende helning vil kunne påvirke kapasiteten til systemet.

Kommentar: Parametere som måles med stor helning på sonden kan avvike fra målinger med vertikal sonde. Tillegg 8.3 gir retningslinjer for hvordan nedtrengingsdybden kan beregnes fra målt nedtrengingslengde og helningsmålinger.

Avvik fra standard prosedyre som kan påvirke dybdemålingene skal registreres.

4.9 Dissipasjonsforsøk

Hvis jordartens drens- og/eller konsolideringsegenskaper skal undersøkes, kan det utføres dissipasjonsforsøk på utvalgte nivåer i avsetningen. I et dissipasjonsforsøk registreres reduksjonen av poreovertrykk over tid, etter først å ha stoppet den kontinuerlige nedpressingen av sonden. I finkornige jordarter med lav permeabilitet kan poretrykkets dissipasjonsforløp benyttes til å vurdere konsolideringskoeffisient c . I grovere, godt drenerende jordarten kan et dissipasjonsforsøk benyttes til å bestemme in situ poretrykk.

Ved dissipasjonsforsøket er det spesielt viktig å ta hyppige avlesninger i begynnelsen av dissipasjonsforløpet. Loggeintervallene skal være på minst 1 Hz for det første minuttet av forsøket, men kan deretter halveres for hver logaritmisk syklus

Kommentar: Følgende måleintervaller er anbefalt.

0 – 1 min	2 avlesninger pr sekund
1 – 10 min	1 avlesning pr sekund
10 – 100 min	1 avlesning pr. 2 sekund
> 100 min	1 avlesning pr. 5 sekund

Varigheten av dissipasjonsforsøket skal tilsvare minst tiden for 50 % poretrykkdissipasjon $t_{50} \rightarrow u_t = u_0 + 0,5 \cdot \Delta u_t$ siden dette er konsolideringsnivået som benyttes i de fleste tolkningsmetoder for bestemmelse av c . Hvis u_0 ikke er bestemt, benyttes et forsiktig estimat av in-situ poretrykk.

Det bør noteres om sonderingsstengene ble kontinuerlig belastet eller fiksert under dissipasjonsforsøket. Dette kan kontrolleres ved også å måle spissmotstanden q_c som bør være konstant. Fiksering/låsing av stenger skal bare benyttes når nedtrengingsmotstanden overstiger nedpressingskapasiteten til utstyret.

Kommentar: Variasjon i spissmotstand i løpet av dissipasjonsforsøket er uunngåelig, og skyldes både materialoppførsel og teknisk utførelse av forsøket.

4.10 Avslutning av trykksonderingen

Nedpressings av sonden skal avsluttes når:

- planlagt nedtrengingsdybde er nådd, eller
- forutsatt motstand eller nedpressings-utstyrets kapasitet er nådd
- indikasjoner på at utstyret er skadd oppstår

Det skal foretas null-avlesning av samtlige målere etter opptrekking med sonden ubelastet i friluft (landundersøkelser) eller ved sjøbunnen (sjøundersøkelser). Det kan være nødvendig å rengjøre sonden, spesielt spaltene ved friksjonshylsen, før avlesning foretas. Ved sjøundersøkelser må det da foretas en ny nullavlesning på overflaten. Nullpunktsforskyvningen skal være godt innenfor tillatt målenøyaktighet, i henhold til den anvendelsesklassen en opererer i (se tabell 1.2.1-2).

Trykksonden skal inspiseres for skader eller betydelig slitasje.

Kommentar: Nullpunktsforskyvningen mellom avlesninger før sondering og etter opptrekk og rengjøring av sonden er et mål for korrekt funksjon for sonden. Verdien benyttes for å kontrollere at etterspurt nøyaktighet i tabell 1.2.1-2).

2 er oppnådd. Dette er viktig for å oppnå god nøyaktighet i tolkning av parametere.

5. Resultater

5.1 Målte parametere

Følgende parametere skal bestemmes:

- f_s : registrert sidefriksjon
- l : nedtrengingslengde
- q_c : registrert spissmotstand mot kon
- R_{ft} : registrert friksjonsforhold
- u : poretrykk
 - u_1 : poretrykk på konisk del (hvis relevant)
 - u_2 : poretrykk mellom kon og friksjonshylse
 - u_3 : poretrykk over friksjonshylse (hvis relevant)
- z : nedtrengingsdybde
- α : målt totalvinkel mellom vertikalaksen og trykksondens akse

5.2 Korreksjon av måledata for poretrykkseffekter

Registrerte verdier som ikke er representative på grunn av utilsiktet stans i nedpressingen, skal eventuelt slettes fra profilet.

Kommentar: Når sondespissen utsettes for et allsidig vanntrykk påvirker dette registreringene av spissmotstand og sidefriksjon. Dette skyldes at vanntrykket virker i spalten mellom den koniske del og friksjonshylsen, og i spalten over friksjonshylsen. På grunn av forskjeller i friksjonshylsens endeareal i topp og bunn av spalten kan det oppstå en ubalansert kraft som vist i figur 1.2.1-7. Den ubalanserte kraften oppstår bare hvis endeareal og/eller poretrykk er forskjellig for øvre og nedre endeflate av friksjonshylsen.

Når filteret er plassert på eller like bak den sylindriske forlengelsen av den koniske delen (u_2) skal korreksjon foretas. Korreksjonen utføres ved å benytte følgende korreksjonsformel:

$$q_t = q_c + u_2 \cdot (1 - a) \text{ hvor}$$

$$q_c = Q_c / A_c \text{ og}$$

q_t = korrigert spissmotstand

q_c = målt spissmotstand

Q_c = målt nedpressingskraft mot kon

u_2 = poretrykk mellom konisk del og friksjonshylsen

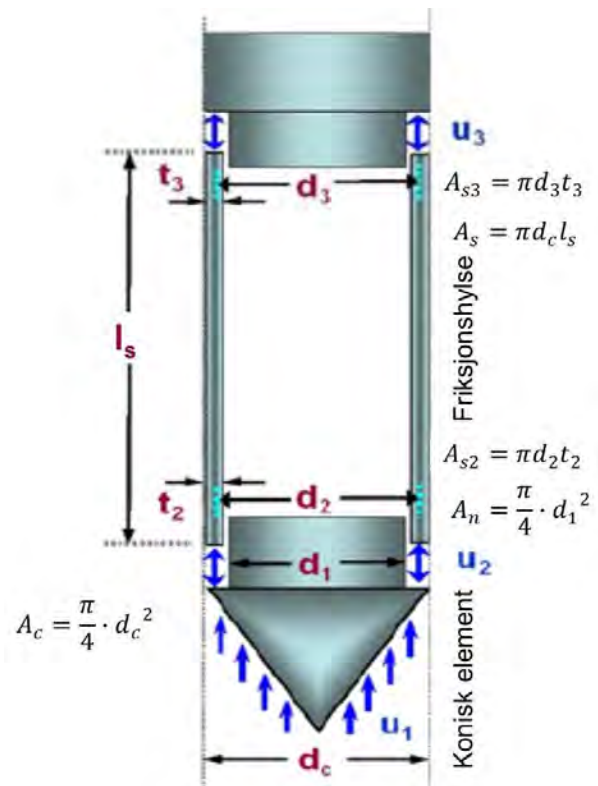
$$a = A_n / A_c$$

A_n og A_c er definert i figur 1.2.1-7

Kommentar: Det anbefales kun å benytte denne korreksjonen hvis poretrykket u_2 måles. En

tilnærmet bestemmelse av korrigert spissmotstand q_t kan utføres basert på poretrykk målt i andre posisjoner på sonden (Lunne m.fl., 1997).

Netto arealforhold a varierer vanligvis mellom 0,3 og 0,9 for vanlig benyttede trykksonder. Arealforholdet kan ikke bestemmes ut i fra vanlige geometriske forhold alene, men må bestemmes ved målinger i trykkammer eller liknende.



Figur 1.2.1-7: Definisjon av sondens dimensjoner (etter Mayne 2007)

Den målte sidefriksjonen er påvirket av en tilsvarende effekt av poretrykket. Siden det ikke er vanlig å måle poretrykket på oversiden av friksjonshylsen, er det mest aktuelt å benytte ukorrigert sidefriksjon f . En mulig korreksjonsmetode er likevel gitt nedenfor:

$$f_t = f_s - b \text{ hvor}$$

$$b = (A_{s2} \cdot u_2 - A_{s3} \cdot u_3) / A_s \text{ og}$$

f_t = korrigert sidefriksjon

f_s = registrert sidefriksjon

F_s = målt totalkraft på friksjonshylsen

u_2 = poretrykk mellom konisk del og friksjonshylsen

u_3 = poretrykk i fugen over friksjonshylsen og

$$f_s = F_s / A_s$$

A_{s2} , A_{s3} og A_s er definert i figur 1.1.2-7.

Kommentar: Merk at korreksjonen krever at poretrykket over friksjonshylsen u_3 er målt eller anslått. Dette er ikke vanlig og ukorrigert sidefriksjon aksepteres derfor benyttet.

Korreksjonene har størst innflytelse i finkornige jordarter der poretrykket ved nedpressing kan være betydelig. Det anbefales alltid å benytte korrigerte data for identifisering av jordarter og tolkning av parametre fra trykksonderingsresultatene.

Korreksjon for helning på grunn av avvik mellom nedtrengingsdybde og nedtrengingslengde, skal også utføres tilsvarende den prosedyre som er beskrevet i tillegg 8.3. Korreksjonen skal gjennomføres for å tilfredsstille de krav som er angitt i tabell 1.2.1-2.

Kommentar: Det kan også være aktuelt å korrigere for andre forhold for å tilfredsstille kravene i aktuell anvendelsesklasse så som temperatureffekter, konens tverrsnittsareal, kompresjon av borstenger og løft av nedpressingsutstyret.

5.3 Beregnede parametere

Følgende parametere skal beregnes basert på målte verdier.

Friksjonsforholdet R_f

$$R_{ft} = 100 \cdot \frac{f_t}{q_t} \text{ angitt i \%}$$

Tabell 1.2.1-3: Informasjonsoversikt

	Generell informasjon	Feltrapport	Datarapport	Plott
1a.	Referanse til denne håndboken		X	X
1b.	Anvendelsesklasse	X	X	X
1c.	Forsøkstype (TE1 eller TE2)	X	X	X
1d.	Spesielle avvik fra denne metode	X	X	
1e.	Utførende firma/institusjon/etat		X	X
1f.	Navn og signatur til utstysoperatør	X		
1g.	Navn og signatur til feltingeniør		X	
1h.	Dybde til grunnvannsnivå med tidspunkt	X	X	
1i.	Poretrykkobservasjoner – hvis relevant og tilgjengelig		X	
1j.	Forboringdybde/grøftedybde	X	X	X
1k.	Registrerte jordarter (hvis mulig)	X	X	
1l.	Nedtrengingsdybde og årsak til eventuell utilsiktet stopp	X	X	
1m.	Stoppkriterium (dybde, nedpressingskraft, helning, mulig skade)	X	X	
1n.	Metode for igjenfylling av borhull	X		
1o.	Observasjoner under forsøket (steiner, lyder, bøyde stenger, slitasje, spesielle hendelser, nullpunktsforskyvning etc.)	X	X	
1p.	Spesielle tiltak for nedpressingsutstyret – avvik fra normal prosedyre (bruk av spesiell plattform o.l.)	X	X	

Hvis ikke f_t kan bestemmes nøyaktig anvendes

$$R_f = 100 \cdot \frac{f_s}{q_t} \text{ i \% } f_s \text{ og } q_t \text{ målt i samme dybde}$$

Kommentar: Når det er mulig skal korrigert friksjons- og spissmotstand f_t og q_t benyttes til å beregne et korrigert friksjonsforhold R_f .

6. Rapportering

6.1 Generelt

Rapporten fra feltarbeidene og datarapporten skal gi informasjon som vist nedenfor. Informasjonen skal gjengis på en måte slik at mottaker kan forstå og kontrollere hva som er målt.

Data fra forsøket skal være oversiktlige og kan gjøres tilgjengelige i oversiktlige tabeller eller som standard arkivskjema. Presentasjon i digital form gjør tilgjengeligheten enklere.

Spesielle observasjoner og eventuelle avvik fra denne metoden under forsøket som kan påvirke resultatet, skal noteres.

6.2 Generell presentasjon av forsøksresultatene

Tabell 1.2.1-3 viser innhold i samlet dokumentasjonsrapport.

Lokalisering av forsøksstedet		Feltrapport	Datarapport	Plott
2a.	Identifisering av forsøket	X	X	X
2b.	Kotenivåer for utført forsøk (terreng og avslutning)		X	X
2c.	Lokale eller generelle koordinater		X	X
2d.	Referansesystem og toleranser		X	
2e.	Referansenivå til kjent datum		X	X
Forsøksutstyr		Feltrapport	Datarapport	Plott
3a.	Sondetype	X		X
3b.	Geometri og dimensjoner for sonde	X		
3c.	Type nedpressingsutstyr (nedpressingskraft, justerings- og forankringssystemer)	X		
3d.	Produsent av trykksonde	X	X	
3e.	Sondens produktnummer	X	X	
3f.	Måleområde for målere	X	X	
3g.	Dato for siste kalibrering av målere	X	X	
3h.	Plassering av filtre	X		X
3i.	Arealforhold a og b	X		
Forsøksprosedyrer		Feltrapport	Datarapport	Plott
4a.	Forsøksdato	X	X	X
4b.	Starttidspunkt for forsøket	X	X	
4c.	Tidsforbruk under forsøket	X	X	
4d.	Startnivå av penetrasjonsforsøket med referanse til terrengnivå		X	X
4e.	Metningsvæske benyttet i poretrykksystem	X	X	
Målte parametere (avhengig av anvendelsesklasse)		Feltrapport	Datarapport	Plott
5a.	Målte og beregnede parametere i henhold til 5.1 og 5.3	X	X	X
5b.	Korrigerte parametere i henhold til 5.2		X	
5c.	Null- og /eller referanseavlesninger for målt spiss- og friksjons-motstand og hvis relevant poretrykk før og etter forsøket og nullpunktsforskyvning for anvendelsesklasse 1 og 2.	X	X	
5d.	Anvendte korreksjoner under databehandlingen		X	
5e.	Stedlige poretrykksmålinger (hvis relevant)	X	X	
5f.	Sondens helning i forhold til vertikallinjen for største nedtrengningsintervall på 1 m hvis relevant.		X	

6.3 Valg av akseskalering

For grafisk presentasjon av forsøksresultater er følgende akseskalering anbefalt:

- dybde: 1 cm = 1 m
- spissmotstand q_c , q_t : 1 cm = 2 MPa
- sidefriksjon f_s , f_t : 1 cm = 0,05 MPa
- poretrykk u : 1 cm = 0,2 MPa
- friksjonsforhold R_f , R_{ft} : 1 cm = 2,0 %
- poretrykksforhold B_q : 1 cm = 0,5

Avvik fra denne skalering kan tillates hvis det i tillegg vises et plott med anbefalt skalering på aksene. En skaleringsenhet bør være 1 cm. Den anbefalte skalering kan for eksempel benyttes for generell presentasjon, mens spesielle deler av kurven kan presenteres i en annen målestokk for detaljerte studier. I leirer, og der forsøksresultatene skal benyttes til tolkning av materialparametere (Anvendelsesklasse 1 og 2, se tabell

1.2.1–2), kan det være spesielt viktig å benytte en forstørret skalering i presentasjon av resultatene. Akseskalering for resultater fra dissipasjonsforsøk (spissmotstand q_c , poretrykk u og tid t) skal tilpasses de målte verdier.

Merknad: En vanlig presentasjonsform er å benytte lineære akser for q_c og u og en logaritmisk akse for tiden t .

Korrigert friksjon skal bare plottes hvis u_2 og u_3 er målt.

6.4 Rapportering av forsøksresultater

Forsøksresultatene skal presenteres som kontinuerlige profiler av følgende måleresultater mot nedtrengingsdybde (Anvendelsesklasse 1 og 2) eller nedtrengingslengde (Anvendelsesklasse 3 og 4):

- spissmotstand – dybde q_c (MPa) – z (m)

- sidefriksjon – dybde f_s (MPa) – z (m)
- totalt poretrykk – dybde u_2 (MPa) – z (m)
- andre poretrykk – dybde u (MPa) – z (m)
(plassering av filteret angis)

Dybde refererer til nedtrengingslengde, om nødvendig korrigert for helning av stangsystemet. Presentasjon av forsøksresultater i Anvendelsesklasse 1 og 2 skal, hvis påkrevet, inkludere tabulerte data i henhold til generell rapportering vist i tabell 1.2.1–3.

Kommentar: Tabulerte data skal presenteres med loggeintervall i henhold til tabell 1.2.1–2, og inneholde tid (sek), nedtrengingsdybde i 0,01 m, spissmotstand q_c i 0,01 MPa og, hvis tilgjengelig, sidefriksjon f_s i 0,1 kPa, friksjonsforhold R_f i 0,1 %, korrigert spissmotstand q_t i 0,01 MPa, samt helning av trykksonden i grader.

I Anvendelsesklasse 1 skal korrigert spissmotstand (q_t) og sidefriksjon (f_t) plottes i tillegg til måleverdiene, og disse verdiene anbefales også benyttet i tolkning og bearbeiding av resultatene. Et unntak kan gjøres ved sondering i grove jordarter, der effekten av korreksjonene er neglisjerbar.

In situ poretrykk kan estimeres fra beliggenheten av grunnvannsspeilet eller aller helst fra lokale poretrykksmålinger i flere nivåer under grunnvannsstanden. Det kan også bestemmes fra in situ dissipasjonsforsøk i grove, permeable lag. Profilet for totalt overlagingstrykk σ_{v0} kan bestemmes fra densitetsmålinger in situ, eller fra uforstyrrede prøver i laboratoriet. Hvis en ikke har tilstrekkelig informasjon om grunnforholdene, kan densiteten estimeres fra trykksonderingsresultatene ved hjelp av erfaringsbaserte klassifiseringsdiagrammer.

Videre bearbeiding av måledata kan baseres på følgende enkle relasjoner:

Poreovertrykk

$$\Delta u = u - u_0$$

Netto spissmotstand

$$q_n = q_t - \sigma_{v0}$$

Friksjonsforhold

$$R_{tf} = 100 \cdot f_t / q_t \text{ \% eller}$$

$$R_f = 100 \cdot f_s / q_t \text{ \% hvis } f_t \text{ ikke kan bestemmes nøyaktig ved korreksjoner}$$

Poretrykksforhold

$$B_q = (u_2 - u_0) / (q_t - \sigma_{v0}) = \Delta u_2 / q_n$$

Normalisert poreovertrykk

$$U = (u_t - u_0) / (u_i - u_0)$$

der u_t = poretrykk ved tiden t i et dissipasjonsforsøk og u_i = poretrykk ved start av dissipasjonsforsøket

Spissmotstandstall

$$N_m = q_n / (\sigma'_{v0} + a) \text{ (a = attraksjon)}$$

Ved bearbeiding av resultatene kreves i tillegg kjennskap til følgende størrelser:

- opprinnelig in situ poretrykk –
dybde u_0 (kPa) – z (m)
- totalt overlagingstrykk –
dybde σ_{v0} (kPa) – z (m)

6.5 Dokumentasjon av målenøyaktighet og avlesningsklasse

For å kunne vurdere oppnådd Anvendelsesklasse i henhold til tabell 1.2.1–2 er det viktig å dokumentere oppnådd nøyaktighet av målingene. En rekke faktorer i utstyrvalg, planlegging og utførelse av testen påvirker målenøyaktigheten, som for eksempel:

- sondens måleområde
- kalibreringsnøyaktighet
- temperaturpåvirkning
- nullpunktsavvik
- metting av poretrykksmåler
- helningsavvik

Oversikten i tillegg 8.1 gir et eksempel på sjekklister for dokumentasjon av utførelse og nøyaktighet av målingene. Denne eller tilsvarende sjekklister anbefales vedlagt ved utførelse av CPTU slik at alle forhold som kan påvirke målenøyaktigheten dokumenteres. I tråd med dette bør det også gis en forklaring på hvorfor ønsket

Anvendelsesklasse ikke ble oppnådd, noe som spesielt er viktig for Anvendelsesklassene 1 og 2.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN ISO 22476-1:2012: Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser – Feltundersøkelser – Del 1: Elektrisk CPT/CPTU (trykksondering) (ISO 22476-1:2012)

NS-EN ISO 8503-2:2012: Forbehandling av ståloverflater før påføring av maling og lignende produkter – Ruhetsprofil for blåserensede ståloverflater – Del 3: Metode for kalibrering av ISO-overflateprofilkomparatorer og for bestemmelse av overflateprofil – Metode med fokuserende mikroskop (ISO 8503-3:2012)

NS-EN ISO 10012:2003: Styringsystemer for målinger – Krav til måleprosesser og måleutstyr I (ISO 10012:2003).

NS-EN ISO 14688-2:2004: Geoteknikk – Identifisering og klassifisering av jord – Del 2: Klassifiseringsprinsipper (ISO 14688-2:2004).

NS-EN 1997-2:2007+NA:2008: Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver

ISSMGE Technical Committee on Penetration Testing (1999): International Reference Test Procedure (IRTP) for the Cone Penetration Test (CPT) and the Cone Penetration Test with pore pressure measurements (CPTU).

Campanella, R.G., Gillespie, D. & Robertson, P.K. (1982): Pore pressure during cone penetration testing. Proc. ESOPT II, Vol. II, s. 507-512.

Larsson, R. (1995): Use of a thin slot as filter in piezocone test. CPT'95, Proceedings, Vol. 2, s. 35-40.

Lunne, T., Robertson, P. K. & Powell, J. J. M. (1997): Cone Penetration in Geotechnical Practice. Blackie Academic/Routledge Publishing, New York.

Mayne, P.W. (2007): Cone penetration testing. A synthesis of highway practice. NCHRP Synthesis 368. National Cooperative Research Program, Transportation Research Board, Washington D.C., USA.

Norsk Geoteknisk Forening (NGF) (Revisjon 3, 2010): Veiledning for utførelse av trykksondering. NGF Melding Nr.5.

Svenska Geotekniska Föreningen (SGF) (1993): Rekommenderad standard för CPT – sondering.SGF, rapport 1:93.

8. Tillegg

8.1 Vedlikehold og funksjonskontroll

Her gis en informativ veiledning om vedlikehold, kontroll og kalibrering av utstyret. Prosedyrene beskriver gode og praktisk gjennomførbare rutiner.

8.1.1 Retthet av sonderingsstenger

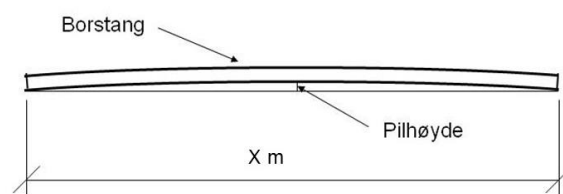
Før forsøket utføres skal rettheten av sonderingsstengene kontrolleres. En grovkontroll av rettheten kan utføres ved å rulle stengene på et plant underlag eller over to andre stenger. Alternativt kan stengene føres gjennom et rett, hult rør med litt større diameter enn stangen. Hvis det observeres avvik (stangen humper på underlaget eller setter seg fast i røret)

bør lineariteten kontrolleres mer nøyaktig i henhold til prosedyrene nedenfor.

Avviket fra en rett linje gjennom endene av en 1 m lang sonderingsstang skal være etter følgende kriterier:

- hver av de 5 nederste sonderingsstengene skal ha et maksimalt avvik fra senterlinjen (pilhøyde- se figur 1.2.1-8) på 1 mm
- to sammenskrudde stenger av de 5 nederste skal ha et maksimalt avvik på 4 mm

De andre stengene skal ha et maksimalt avvik på 2 mm. To sammenskrudde stenger av de resterende skal ha et maksimalt avvik på 8 mm.



Figur 1.2.1-8: Pilhøyde på sonderborstang

8.1.2 Slitasje av sonden

Slitasje av den koniske delen og friksjonshylsen skal kontrolleres regelmessig for å sikre at geometrien av sonden tilfredsstillende toleransene, se tabell 1.2.1-4. En standard geometrimal lik en ny og ubrukt sonde kan benyttes ved kontrollen.

8.1.3 Spalter og forseglinger

Forseglinger og spalter mellom ulike sondedeler skal kontrolleres regelmessig. Forseglingene skal spesielt kontrolleres og rengjøres for jordpartikler som har trengt inn i forseglingen. Sonden skal rengjøres før lagring.

8.1.4 Målesystem for poretrykk

Ved måling av poretrykk under nedpressing, skal det porøse filteret ha en permeabilitet som sikrer tilstrekkelig poretrykksrespons. Målesystemet for poretrykk skal være fullstendig mettet før nedpressing av sonden starter, og det må treffes tiltak slik at metningen opprettholdes inntil sonden når grunnvannstanden eller annen mettet jord. Filteret skal oppbevares neddykket og mettet i metnings-væsken mellom hvert forsøk.

8.1.5 Vedlikeholdsprosedyrer

Ved vedlikehold og kalibrering av utstyret kan tabell 1.2.1-4 benyttes, sammen med sondeprodusentens utstyrsmanual.

Tabell 1.2.1–4: Kontrollskjema for vedlikehold

Kontrollrutine	Start prosjekt	Start sondering	Slutt sondering	Hver 6. måned
Vertikalitet av rigg		X		
Dybdesensor				X
Sonderingsstenger	X	X		
Slitasje	X	X	X	
Spalter og forseglinger	X	X	X	
Nullpunktsverdier		X	X	
Kalibrering	X			X *
Filterelement	X	X	X	
Nedtrengningshastighet				X
Sikkerhetsfunksjoner	X			X

* og ved bestemte intervaller ved langtidstesting

8.2 Kalibrering av sonden

8.2.1 Generelle prosedyrer

En ny trykksonde skal kalibreres nøyaktig med hensyn på:

- arealforhold som benyttes ved korreksjon av målt spissmotstand og sidefriksjon
- innflytelse av indre friksjon (begrensning av delers bevegelighet)
- mulige påvirkningseffekter (elektrisk krysoverføring etc.)
- temperatureffekter fra omgivelsene

Kalibrering og kontrollverdier er spesifikke for hver sonde, og kan også vise variasjoner i løpet av brukstiden forårsaket av små funksjonsforandringer og geometriendringer for sonden. I slike tilfeller må det utføres ny kalibrering av sonden.

Kalibrering av målesystemet skal også utføres regelmessig, i henhold til anbefalingene nedenfor:

- minst hver 6. måned hvis sonden er i kontinuerlig bruk
- hvis nullpunktsverdiene bare viser små endringer over tid, kan lengre kalibreringsintervaller aksepteres

Avhengig av anvendelsesklasse og nullpunktsforskyvning i ubelastet tilstand kan hyppigere kalibrering være nødvendig. Dette gjelder også for langtidstesting.

Kalibreringen skal utføres med det samme målesystemet som i feltbruk, inklusive kabler, slik at eventuelle feil kan kontrolleres i det totale trykksonderingssystemet.

I felten skal det utføres jevnlig funksjonskontroller av utstyret. Dette bør minst gjøres for hver oppstilling av utstyret, eventuelt daglig. Videre skal det gjennomføres en funksjonskontroll og eventuelt en ny kalibrering hvis operatøren frykter overbelastning av målerne i trykksonden.

8.2.2 Kalibrering av spissmotstand og sidefriksjon

Kalibrering utføres ved at den koniske delen og friksjonshylsen lastes opp aksielt trinnvis og deretter avlastes. Ved pålasting på friksjonshylsen erstattes det koniske elementet med en spesielt tilpasset kalibreringsenhet. Denne enheten er tilpasset slik at den aksiale lasten overføres til det nedre tverrsnittsarealet på friksjonshylsen.

Kalibreringen av spissmotstand og sidefriksjon kan utføres separat, men de øvrige målerne i sonden bør samtidig kontrolleres individuelt for å påse at de ikke påvirkes av den påførte lasten. Kalibreringen utføres for varierte måleområder med spesiell vekt på de måleverdiene som forventes i det forestående forsøket.

Når friksjonshylsen belastes separat under kalibrering, så erstatter en spesiell tilpasset kalibreringsenhet konuselementet. Enheten er utformet slik at aksialkraften påføres nedre del av friksjonshylsen.

En ny kalibrering skal utføres etter sondering under vanskelige forhold, der sonden belastes nær dens maksimale kapasitet og det er registrert en betydelig nullpunktsendring.

Når en ny sonde kalibreres, skal målerne utsettes for 15–20 repeterte lastveksler opp til maksimum last før selve kalibreringen utføres.

8.2.3 Kalibrering av poretrykk og arealforhold

Kalibrering av målesystemet for poretrykk og bestemmelse av poretrykkets virkning på målt spissmotstand, sidefriksjon og arealforholdene a og b skal utføres i et spesielt tilpasset trykkammer (se figur 1.2.1–9). Dette kammeret er konstruert slik at nedre del av trykksonden kan monteres i kammeret og samtidig være forseglet over friksjonshylsen. Den innelukkede del av sonden blir så utsatt for et trinnvis økende omhyllningstrykk, og måleverdiene for

spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk registreres. På denne måten oppnås en kalibreringskurve for poretrykksmåleren, og arealforholdene kan bestemmes fra responskurvene for spissmotstand og sidefriksjon (se punkt 5.2). Kalibreringskammeret for poretrykk er også velegnet for å kontrollere poretrykksmålerens respons på sykliske trykkvariasjoner.

8.2.4 Kalibrering for temperatureffekter

Trykksonden skal også kalibreres for temperatureffekter ved forskjellige temperaturnivåer, for eksempel ved å senke trykksonden ned i en vannbeholder ved forskjellige temperaturer. Måleravlesningen registreres inntil måleverdien stabiliserer seg. Fra disse resultatene kan et mål oppnås for hvor stort nullpunktsavvik utstyret har pr °C. Dette gir et inntrykk av hvor lang tid som er påkrevet for temperaturstabilisering av utstyret i felten. Dette er viktig informasjon for behørig klargjøring av utstyret før forsøket startes.

Prosedyrene over gjelder bare for tilpasning til omgivelsestemperaturer, og ikke for midlertidige temperaturendringer i sonden.

8.2.5 Kalibrering av dybdemåler

Dybdemåleren skal kalibreres minst hver 6. måned eller etter reparasjoner.

8.2.6 Kalibrering av helningsmåler

Helningsmåleren i sonden skal kalibreres innenfor måleområdet (eks. -20° – $+20^{\circ}$) i forhold til vertikalaksen i to ortogonale retninger. Kalibreringen bør gjennomføres i 1° intervaller for anvendelsesklasse 1 og 2 og i 2° intervaller for anvendelsesklasse 3. Fra kalibreringen oppnås et inntrykk av helningsmålerens linearitet.

8.3 Beregning av nedtrengingsdybde

For anvendelsesklasse 1 og 2 skal dybden av sonden korrigeres for helning med følgende formel:

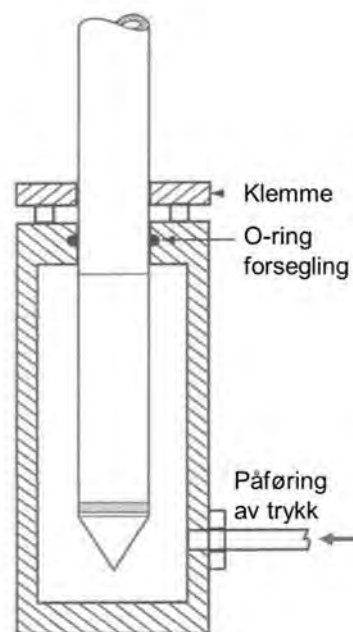
$$z = \int_0^l C_{inc} \cdot dl$$

hvor

z er nedtrengingsdybden i m

l er nedtrengingslengden i m

C_{inc} er korreksjonsfaktor for stanghelning på sondens nedtrengingsdybde relatert til vertikallinjen.



Figur 1.2.1–9: Trykkammer for bestemmelse av arealforholdene a og b .

Ligninger for bestemmelse av korreksjonsfaktoren C_{inc} for stanghelningens innflytelse relatert til vertikalaksen på en gitt testdybde:

a) For en-aksial helningsmåler

$$C_{inc} = \cos \alpha$$

der:

α = vinkelen mellom vertikalaksen og trykksonden, i °.

b) For bi-aksial helningsmåler:

$$C_{inc} = (1 + \tan^2 \alpha + \tan^2 \beta)^{-0,5}$$

der:

α er vinkelen mellom vertikalaksen og projeksjonen av sonden på et fiksert vertikalplan, i °.

β er vinkelen mellom vertikalaksen og projeksjonen av sonden på et vertikalplan som står normalt på planet med vinkel α , i °.

Kommentar: Det kan være nødvendig med tilleggskorreksjoner av sonderingsdybden.

Bestemmelsen av korreksjonsfaktoren for nedtrengingsdybden skal ta hensyn til en komplisert belastningssekvens. Tilleggsfaktorer inkluderer: bøyning og stukning av sonderingsstenger og -skjøter, vertikal bevegelse av terreng, samt vertikal bevegelse av dybdemåler relativt til

terrengnivå. I noen situasjoner, som ved avbrudd i nedpressingen, er det mulig å korrigere for bøyning og stukning av sonderingsstengene ved å benytte en hivkompensator.

8.4 Usikkerheter ved penetrasjonsforsøk

Usikkerhetskilder ved CPT/CPTU forsøk inkluderer, men er ikke begrenset til:

- temperatureffekter fra omgivelsene
- uriktige kalibreringsparametere, eks. tap av kalibrering på grunn av bøyning eller skade
- mangel på eller dårlig metning
- uriktig overføring av belastning på grunn av jord i spalter og forseglinger
- feil i systemet for datainnsamling
- avvik i konens geometri
- nullpunktsforskyvning

Selv om kravene i denne metoden er oppfylt, kan måleusikkerheter oppstå ved utførelse av CPT-forsøk, hovedsakelig på grunn av temperatur-effekter i den koniske delen under forsøket.

Slike temperatureffekter er:

- forhold der temperaturen i den koniske delen endres ved en konstant temperatur uten at det oppstår temperaturgradienter i konen. For slike forhold kan et kompenseringssystem anvendes
- temperaturendringen i den koniske delen (som oppvarming på grunn av friksjonskrefter mot konen) med temperaturgradienter i konen som ikke kan kompenseres

I det første tilfellet kan effekten reduseres ved å tilpasse konens temperatur til temperaturen i bakken før forsøket starter. I det andre tilfellet kan en la høye temperaturer i konen reduseres ved å la denne kjøles ned før videre nedtrengning fra faste sandlag til bløte leirlag.

I faste til meget faste sandlag kan temperatur-gradienter på om lag 1°C per MPa nedtrengnings-motstand oppstå i konen med usikre gradienter i resten av sonden.

For spesielle prosjekter med CPT-forsøk i bløt til meget bløt leire med spesielt utstyr, prosedyrer og temperaturmålinger i den koniske delen (ikke nødvendig hvis jordarten bare består av bløt leire) så vil anvendelsesklasse 1 kunne oppnås.

For offshore prosjekter med foringsrør så kan usikkerheten ved nullavlesning komme opp i 100 til 200 kPa avhengig av forsøksdybde og type støttevæske i røret.

Metrologiske forhold anvendelige for CPT-forsøk bør være i henhold til ISO 10012.

Nullpunktsforskyvning under forsøket kan være en indikasjon på at ønsket applikasjonsklasse ikke er oppnådd. Hvis nullpunktsforskyvningen overskrider nøyaktighetsgrensen for planlagt anvendelsesklasse, så må resultatene anvendes for en lavere anvendelsesklasse.

En usikkerhetsvurdering basert på en usikkerhetsanalyse kan presenteres. I denne usikkerhetsanalysen kan usikkerhetene presenteres i samsvar med WECC DOC. 19-1990 [5] og ISO 10012.



1 Geoteknikk og geologi

1.2 Feltmålinger

1.2.2 Vingebooring

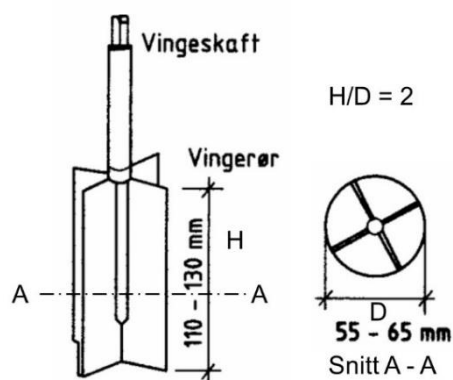
April 2018 (erstatte metode 15.221, nov. 1996)

1. Hensikt

Vingebooring brukes til å bestemme in situ udrenert skjærfasthet og omrørt skjærfasthet i kohesjonsjordarter, i førsterekke leire og leirig silt. Det må kontrolleres ved prøvetaking og sonderbooring at jordarten er kohesjonsjord og egnet for metoden.

1.1 Målemetode

En vinge bestående av et platekors med fire rektangulære plater i stål montert vinkelrett på hverandre (se figur 1.2.2-1) presses ned i grunnen og dreies rundt med en gitt hastighet. Det maksimale torsjonsmoment som skal til for å dreie vingen måles. Ved å forutsette at bruddflaten tilsvarer sylindrerflaten som omskriver vingen, kan torsjonsmomentet omregnes til skjærfasthet i jordmaterialet.



Figur 1.2.2-1: Skisse av vinge med dimensjoner

Ved å dreie vingen ytterlige slik at jordmaterialet omrøres kan omrørt fasthet også bestemmes og materialets sensitivitet beregnes som forholdet mellom uømrørt og omrørt fasthet.

2. Definisjoner

Ving: Platekors med fire rektangulære plater montert vinkelrett på hverandre.

Nederdel: Stålrør med vingesko for beskyttelse av ving under nedpressing.

Vingeborinstrument: Instrument for påføring av torsjon til vingen og avlesning av påført torsjonskraft.

2.1 Symboler

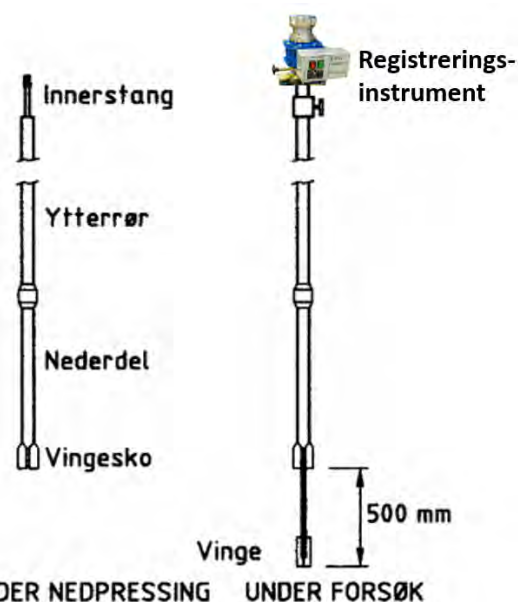
- C_{ufv} : udrenert skjærfasthet målt med vingebor (kPa)
- C_{ofv} : udrenert omrørt skjærfasthet målt med vingebor (kPa)
- D : diameter på avskåret jordsylinder (m)
- S_{fv} : jordas sensitivitet målt med vingebor
- T : torsjonsmoment (Nm)

3. Utstyr

Vingeborutstyr kan bestå av følgende deler:

- nederdel med ving
- ytterrør
- innerstenger
- registreringsinstrument

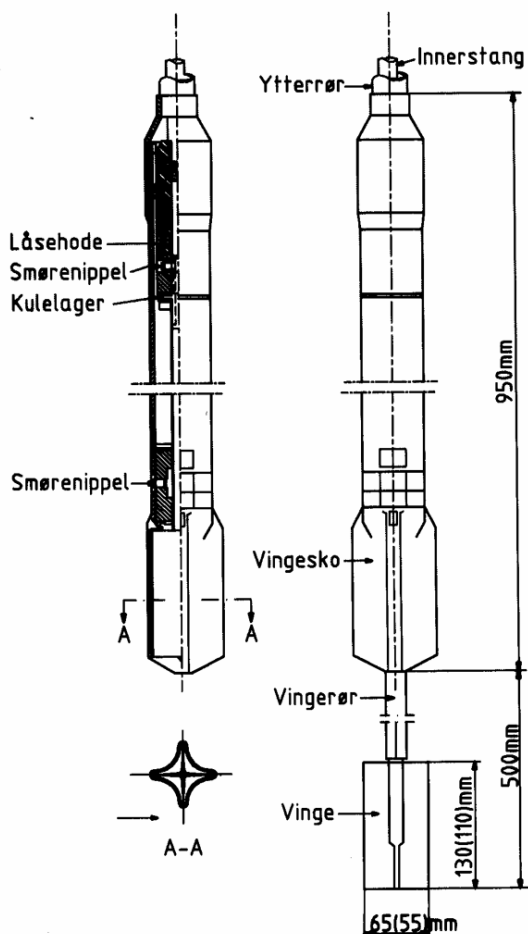
I Statens vegvesen benyttes i hovedsak utstyr av type modifisert SGI vingebor, men annet utstyr er også på markedet som Geotech, ENVI Memovane m.fl. Det finnes også utstyr uten ytterrør for måling nær terreng.



Figur 1.2.2-2: Enheter som inngår i vingeborutstyr

3.1 Nederdel

Nederdelen består av et stålrør med spesiell endeutforming med vingesco hvor vingen kan trekkes inn og beskyttes under nedpressing av utstyret. Skisser av en nederdel (modifisert SGI) er vist i figur 1.2.2-3.



Figur 1.2.2-3: Skisser av modifisert SGI vingebor

Nederdelen har i øvre ende gjenger for påkopling til ytterrør av stål. Disse skjøtes i 1 m lengder og benyttes til nedpressing av utstyret. Nederdelen har også et sentrisk hull for vingeskafte hvor innerstenger av stål kan koples til selve vingen for forlengelse opp til terreng og registreringsinstrumentet.

Vingen leveres i to størrelser, men med samme høyde/diameter forhold $H/D = 2$ (se figur 1.2.2-1):

- Liten vinge: 55 · 110 mm
Anbefalt for arbeidsområdet $c_{uv} = 30 - 100$ kPa
- Stor vinge: 65 · 130 mm
Anbefalt for arbeidsområdet $c_{uv} < 50$ kPa

Vingeplatens plan skal være rette og parallelle med vingeskafte's retning.

Vingebledenes tykkelse skal ikke overstige 3 mm og ikke være tynnere enn 0,8 mm. I leire med

sensitivitet $S_{tfv} > 30$ skal bladtykkelsen ikke overstige 2 mm.

Vingeskafte's diameter bør være så liten som mulig, men ikke mindre enn $\varnothing 16$ mm i sensitive jordarter. Skafte må ellers ha tilstrekkelig stivhet til å unngå vridning ved full belastning. I leire med høy udrenert skjærfasthet kan det være behov for vingeskafte med diameter $\varnothing 20$ mm.

Forholdet R_a mellom vingens diameter D og vingeskafte's diameter d skal ikke overstige verdier som vist i tabell 1.2.2-1.

$$R_a = \frac{8t \cdot (D-d) + \pi \cdot d^2}{\pi \cdot D^2} \cdot 100 \%$$

hvor:

- R_a = arealforholdet (%)
 - t = vingebledenes tykkelse (m)
 - D = vingediameteren (m) (se figur 1.2.2-1)
 - d = vingeskafte's diameter (m)
- og hvor jordartens sensitivitet er definert som:

$$S_{tfv} = \frac{c_{ufv}}{c_{urfv}}$$

Tabell 1.2.2-1: Maksimalverdier for R_a

Jordart	Maksimalverdi for R_a
Sensitiv (kvikkleire) $S_t > 30$	12 %
Middels sensitiv $15 \leq S_t \leq 30$	15 %
Lite sensitiv $8 \leq S_t \leq 15$	20 %
Usensitiv (stiv leire) $S_{tfv} < 8$	35 %

Vingene som leveres med modifisert SGI vingebor tilfredsstiller nevnte krav.

Det finnes også utstyr som ikke benytter beskyttende nederdel og ytterrør, men hvor vingen presses ned med en enkel borstang. I denne sammenheng anvendes ofte en glattkopplingsdel som muliggjør måling av friksjon mot borstangen. Selve vingen er da som regel skradd i nedkant som vist på figur 1.2.2-4. For nærmere omtale se punkt 8.1.

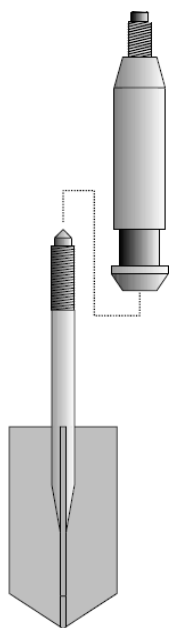
Det er også utviklet utstyr hvor torsjonskraften påføres like over vingen og ikke på terrengnivå. Motivet er å unngå problemet med friksjon mot og vridning av borstang/innerstang. For nærmere omtale se punkt 8.2,

3.2 Ytterrør og innerstenger

Ytterrør og innerstenger må være rette og ha tilstrekkelig stivhet til å overføre torsjonsmoment til vingen uten vridningsdeformasjon. Det må også

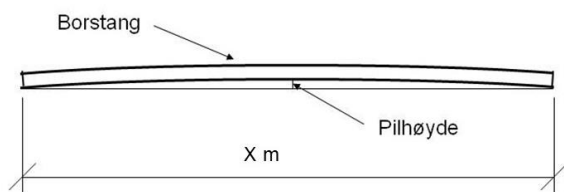
være tilstrekkelig klaring mellom innerstenger og skjøtene i ytterrør for å redusere mulig friksjon.

Når vingeboring utføres med borrhigg, brukes innerstenger med Ø16 mm diameter og ytterrør med Ø 36 mm diameter som har hull med Ø 17 mm i innvendig diameter i skjøtetappene. Det kan også brukes innerstenger med Ø 22 mm diameter, men da med Ø 32 mm (1¼") ytterrør. Dette må i tilfelle bestilles som spesialutstyr.



Figur 1.2.2-4: Ving med skrådd nederdel og glattkopling

Innerstenger må ikke ha en pilhøyde på mer enn 2 mm for 1 m stanglengde (se figur 1.2.2-5). Dette gjelder også for kortere innerstenger. Mulig pilhøyde kontrolleres ved å rulle stengene på et plant underlag. Videre skal to sammen-skrudde innerstenger ikke ha en gjenge-eksentrisitet som overstiger 1 mm.



Figur 1.2.2-5: Pilhøyde på borstang

3.3 Registreringsinstrument

Vingeborinstrumentet er konstruert for å påføre et torsjonsmoment på vingen. Det måler det momentet som skal til for å dreie vingen til brudd i jordmaterialet. Rotasjonshastigheten er fastsatt slik at brudd vanligvis oppnås i løpet av 1 – 3 minutter. Ved faste masser kan det ta opp til et kvarter før brudd inntreffer.

Vingeborinstrumentet ble opprinnelig bygget for manuell påføring av dreiemoment ved hjelp av

håndsveiv. Ved bruk av borrhigg utføres dreiningen ved hjelp av en elektrisk motor på instrumentet (figur 1.2.2-6). Med moderne utstyr registreres dreiemomentet digitalt for videre elektronisk bearbeiding (figur 1.2.2-7).



Figur 1.2.2-6 Vingeborinstrument med elektrisk motor for påføring av torsjonsmoment.



Figur 1.2.2-7: Eksempel på vingeborinstrument med digital styring og registrering

Vingeboringsinstrumentet skal kalibreres med jevne mellomrom når instrumentet er i stadig bruk og minst en gang i året. Dersom instrumentet utsettes for skade eller overbelastning, må det utføres kalibrering. Kalibrering utføres i et kalibreringsapparat med justerte lodder og minimal friksjon.

4. Fremgangsmåte

4.1 Forboring og stabilisering av borhull

Forut for enhver vingeboing skal det foretas en sonderboring, f.eks. dreietrykk- eller totalsondering. Vingeboingen foretas ca. 2 m til side for sonderborhullet.

Det må forbores igjennom tørrskorpe og vanligvis brukes naverbor med min. Ø 75 mm. I fyllmasser, i vann og hvor toppen av borehullet er ustabil, kan det være nødvendig å sette ned foringsrør.

4.2 Klargjøring modifisert SGI vingebor

For å sikre at vingskaftet roterer lett inne i nederdelen, skal det presses fett inn i smørenippelen på låsestykket til fettet kommer ut av vingerøret over vingen. Vingen dreies rundt noen omdreininger for å fordele fettet, og for å påse at vingen kan dreies lett med to fingre (friksjonskontroll). Det skal også presses fett inn i smørenippelen som sitter på overgangsstykket mellom vingskoen og ytterrør (se figur 1.2.2–3).

4.3 Nedpressing

Nederdelen presses ned til ønsket dybde idet innerstenger og ytterrør skrues på etter behov. Rør og stenger må skrues kraftig til. (For Ø 1¼" ytterrør og Ø 22 mm innerstenger skal det benyttes romme styringer for hver 4. meter for å redusere friksjonen mellom stang og rør). Når nederdelen er i ønsket dybde, skrues en sekskanthylse på innerstangen. Ved et lett slag på denne løses vingen fra den beskyttende vingskoen. Vingen presses deretter ca. 0,5 m ut av vingskoen med en hastighet ikke større enn 25 mm/s. Vridning av vingen under nedtrykking må unngås. Noter firkantthylsas posisjon.

4.4 Påføring og avlesning av torsjonsmoment med elektrisk drevet SGI-vingeborinstrument

Vingeborinstrumentet senkes ned på sekskanthylsa og festes til ytterrøret med festeskruen. Instrumentets nummer kontrolleres og føres på borkortet. Ytterrøret festes over bakken med en bunnklemme slik at boret ikke vrir seg eller siger under avlesningen.

Med jevne mellomrom må det kontrolleres at nullpunktet på skalaen står riktig. Dette gjøres ved at sekskantbolten holdes igjen med en skrutrekker, mens motoren slås på til viseren gir utslag. La viseren gå sakte tilbake og nullstill skalaen dersom det er nødvendig. Skalaen nullstilles ved å løsne på festeskruen på siden av skalaen og dreie på skalaen. Påse at slepeviseren også står i nullposisjon..

Etter å ha ventet minst 2 min. fra vingen har kommet ned i ønsket posisjon, men ikke mer enn

5 min., slås den elektriske motoren som påfører torsjonsmoment med konstant dreiehastighet (ca. 0,2 °/s), på og utslag på instrumentets måleviser følges. Når utslaget avtar (forventet brudd innen 1 – 3 min.), slås motoren av og største verdi leses ved hjelp av slepeviseren. Denne verdien noteres i borkortet i rubrikken for uomrørt avlesning.

Deretter dreies vingen for hånd totalt ca. 25 hele omdreininger. Etter at vingen er dreiet ytterligere ca. 90° tas det en avlesning. Deretter roteres vingen 4 omdreininger til og ny avlesning tas etter ytterligere 90° dreining. Dette gjentas 2 ganger og laveste verdi av de 3 avlesningene føres i rubrikk for omrørt fasthet (figur 1.2.2–8).

4.5 Videre boring

Etter at verdi for omrørt fasthet er registrert, trekkes vingen inn i vingskoen (med firkantthylsa i samme posisjon som observert ved utskyving av vingen). Det høres et knepp når vingen går i lås. Utstyret er da klart for videre nedpressing og ny måling. Ny måling kan tas i en dybde på minst 0,5 m under forrige måling.

4.6 Avslutning

Dersom en boring ikke er avsluttet ved dagens slutt, kan nederdelen stå i borhullet over natta.

Dersom nederdelen tas opp og får anledning til å tørke, må delene tas fra hverandre og rengjøres før neste boring. Fett av beste kvalitet skal brukes etter rengjøring. Det skal kontrolleres at alle deler er intakt, og eventuelt defekte deler skiftes ut. Vinge, vingerør, kulelager og gummipakning i vingskoen trenger en spesiell kontroll for at vingeboet skal fungere tilfredsstillende. Slik kontroll bør utføres hver dag.

4.7 Utstyr uten beskyttende nederdel og ytterrør

For slikt utstyr følges tilsvarende prosedyre som for SGI vingebor når det gjelder måling av uomrørt og omrørt fasthet. For utstyr med glattkopling kan friksjonen mot borstangen måles ved hjelp av denne innretningen slik at måleresultatet kan korrigeres for denne friksjonen. For utstyr hvor torsjonen påføres helt nede ved vingen, så er målingene uavhengig av stangfiksjonen. Se nærmere forklaring i tillegg 8.

5. Resultater

Resultatene av vingeboingen registreres som vist på figur 1.2.2–8. Alle rubrikker for lokalisering og generelle opplysninger skal fylles ut. Vingestørrelse og instrumentnummer skal alltid angis.

Ut fra målt torsjonsmoment og vingens dimensjoner kan skjærfastheter beregnes. For rektangulære vinger kan formelen nedenfor

benyttes. For vinger med skrådde endeflater vil formelen bli annerledes.

$$c_{ufv} = \frac{6}{7} \cdot \frac{T}{\pi \cdot D^3} = 0,273 \cdot \frac{T}{D^3}$$

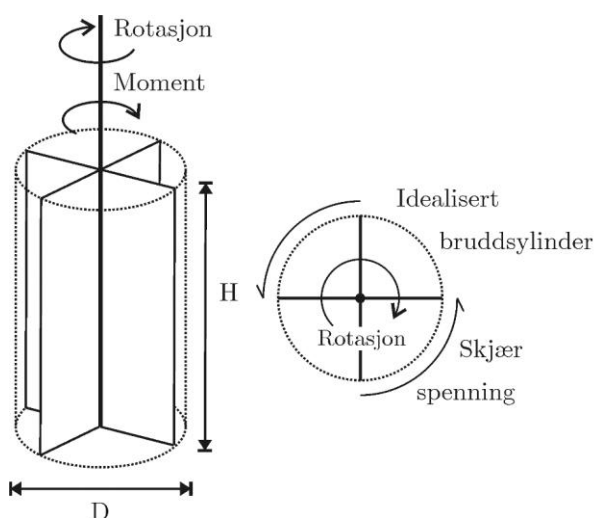
hvor:

- c_{ufv} = udrenert skjærfasthet (kPa)
- T = målt torsjonsmoment (kNm)
- D = diameter ving (m)
- H = vingens høyde (m) = $2 \cdot D$

Statens vegvesen		Samleskjema for				VINGEBORING	
Sted: <i>Rv 109 Storvegen</i>		Instr. nr.: <i>1153</i>					
Oppdragsnr.: <i>B242 A</i>		Ving: <i>65x130</i>					
Hull: <i>Profil 2380 20mh</i>		Grunnvannst.:					
Dato: <i>16/5 2017</i>		Sign.: <i>NN</i>		Terrengkote: <i>17,90</i>			
Dybde i meter	Uomrørt		Omrørt		S_1	Merknad	
	Avlesning	kN/m ²	Avlesning	kN/m ²			
<i>1,0</i>	-	-	-	-		<i>Forboret</i>	
<i>2,0</i>	<i>24</i>	<i>125</i>	<i>6</i>	<i>0,3</i>	<i>4</i>		
<i>3,0</i>	<i>24</i>	<i>125</i>	<i>3</i>	<i>0,15</i>	<i>8</i>		
<i>4,0</i>	<i>73</i>	<i>415</i>	<i>4</i>	<i>0,2</i>	<i>20</i>		
<i>5,0</i>	<i>41</i>	<i>23</i>	<i>3</i>	<i>0,15</i>	<i>15</i>		
<i>6,0</i>	<i>43</i>	<i>24</i>	<i>3</i>	<i>0,15</i>	<i>16</i>		
<i>7,0</i>	<i>46</i>	<i>25</i>	<i>3</i>	<i>0,15</i>	<i>17</i>		

Figur 1.2.2-8: Blankett for notering av vingeborresultater

Ut fra kalibreringskurven for det anvendte vingeborinstrumentet (instrument nr.) kan registrert verdi på avlesingsskalaen (notert på blankett figur 1.2.2-8) omgjøres til påført torsjonsmoment i uomrørt T_u og omrørt T_{ur} tilstand som settes inn i ovenstående formel for beregning av c_{ufv} og c_{urfv} . Alternativt kan c_{ufv} og c_{urfv} tas direkte ut av kalibreringsdiagrammer for anvendt vingeborinstrument og ving.



Figur 1.2.2-9: Prinsipp for beregning av skjærfasthet

Nyere vingeborinstrumenter registrerer også rotasjon (vinkelendring) relatert til påført

torsjonsmoment. Dette gjør det mulig å tegne opp en kurve for skjærfasthet mot rotasjon (figur 1.2.2-10).

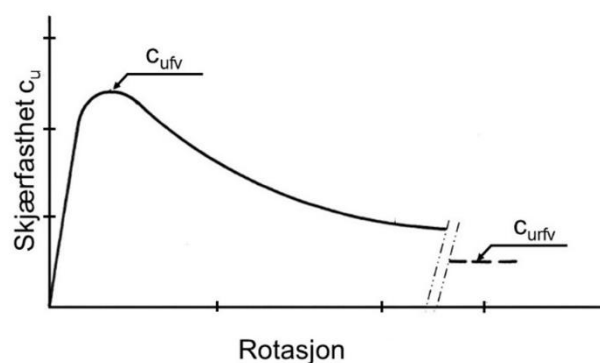
5.1 Feilkilder og korreksjoner

Når det gjelder tolkning av målt torsjonsmoment til en udrenert skjærfasthet, er det flere faktorer som må vurderes. Disse er i hovedsak spenningsfordeling rundt vingeboet, antagelser rundt konsolideringsforhold, geometrisk form på bruddflaten, progressiv bruddutvikling i sprøbruddsmaterialer, effekter relatert til tøyningshastighet samt anisotropi av udrenert skjærfasthet. På denne bakgrunn og ut fra forsøk hvor resultater fra vingebor, etterberegning av skred og treaksialforsøk på blokkprøver er sammenholdt, er det utarbeidet korreksjonsfaktorer relatert til materialets plastistetsindeks I_p . Det vises i denne sammenheng til litteratur i referanseliste.

6. Rapportering

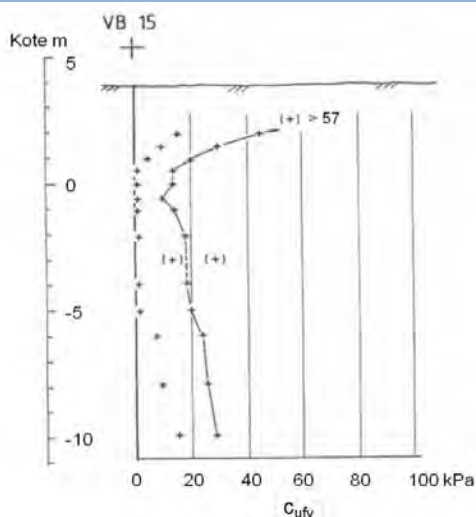
Målerapporten bør inneholde følgende opplysninger:

- prosjektnavn og oppdragsnummer
- målested
- dato
- navn på borformann og maskinfører
- borhullidentifikasjon
- x, y og z koordinater for borhull
- forboring hvis relevant
- vingebor nr og anvendt ving
- avlesningsverdier
- uomrørt og omrørt skjærfasthet
- spesielle observasjoner hvis relevant



Figur 1.2.2-10: Målt skjærfasthet mot rotasjon

Verdier for uomrørt og omrørt skjærfasthet presenteres gjerne plottet i dybdeprofiler som vist på figur 1.2.2-11.



Figur 1.2.2-11: Borprofil med skjærfasthet fra vingeboing.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

WD 0/22476-9, 2017-11-17, Ground investigation and testing — Field testing — Part 9: Field vane test

Gylland A.S., Thakur V., Emdal A., Extended interpretation basis for the vane shear test, NGM 2016 Reykjavik, Proceedings of the 17th Nordic Geotechnical Meeting Challenges in Nordic Geotechnic.

Gylland A., Tolkning av aktiv udrenert skjærfasthet fra vingebor, NIFS rapport 81, 2015.

Gylland A., Utvidet tolkningsgrunnlag for vingebor, NIFS rapport 79, 2015

8. Tillegg

8.1 Utstyr med glattkopling

8.1.1 Montering

Vingen koples først til glattkopplingsdelen (se figur 1.2.2-4) og skrues godt fast. Deretter koples skjøtestengene (Ø 22 mm) til glattkoplingen og skrues godt fast. Dette er viktig da enhver mangelfull sammenskruing vil påvirke måleresultatene.

8.1.2 Forboring

Det forbores gjennom eventuell tørrskorpe og/eller fyllmasse med en diameter som overskrider vingens størrelse.

8.1.3 Måling

Plasser vingen i det forborede hullet og senk ned riggens borspindel til toppen av borstangen. Kontroller at glattkoplingen vris til full motsols posisjon.

Press så vingen ned ved hjelp av borhodet til ønsket dybde. Deretter frakoples borhodet og det kontrolleres at borstangen kan dreies lett.

Avlesningsinstrumentet som er festet til riggen koples så til borstangen og måleprosedyren startes. I den første fasen når borstangen dreies medsols kan friksjonen mot borstangen måles. Når frikopplingsdreiningen er avsluttet, blir dreiemomentet overført til vingen og uomrørt torsjonsmoment kan måles. Deretter følges prosedyre for omrøring som beskrevet i punkt 4.4 og omrørt torsjonsmoment måles.

Avlesningsinstrumentet frakoples så og borstangen koples til borhodet på ny hvorefter vingen kan trykkes videre ned til ny avlesningsdybde. Avlesningsprosedyren gjentas for denne dybden.

For nærmere detaljer vises det til produsentens arbeidsbeskrivelser.

8.1.4 Resultater

Digitalt registrerte data benyttes til tolkning og opptegning av udrenert skjærfasthet c_{uv} i uomrørt og omrørt tilstand. Her trekkes friksjonsverdien forårsaket av borstangen fra ved beregning av c_{uv} .

8.2 Utstyr med påføring av torsjonsmoment ved ving

8.2.1 Montering

Skrue vingen på sonden med dreieenhet som vist på figur 1.2.2-12 med batterienheten montert i sonden. I andre enden koples det på skjøtestenger.



Figur 1.2.2-12: Vingebor med dreieenhet like over vingen

8.2.2 Forboring

Ved behov forbores det gjennom tørrskorpe og/eller fyllmasser med en diameter som overskrider vingens størrelse.

8.2.3 Måling

Den elektroniske registreringsenheten (se eksempel figur 1.2.2-13) slås på og basisdata for forsøket legges inn.

Bryterne på instrumentpanelet skal stå i posisjoner som justeres i henhold til produsents spesifikasjoner.



Figur 1.2.2–13: Eksempel på instrumentpanel

Sett utstyret inn i borhodet på traktoren og senk sonden ned mot bakken slik at vingen er akkurat i bakkenivå og aktiver registreringsinstrumentet for å markere starten på målingene.

Sonden trykkes deretter ned til første avlesningsnivå og vridningsklemmen på traktoren låses til borstangen. Når dette er gjort kan rotasjon av borstangen starte. Den første del av rotasjonen registreres da som uomrørt forsøk. Ved videre rotasjon i samme nivå i samsvar med punkt 4.4 kan omrørt forsøk registreres. Deretter trykkes sonden videre ned til neste avlesningsnivå og ny uomrørt og omrørt registrering foretas i dette nivå.

Når laveste avtalte/oppnåelige dybde er nådd, slås dybderegistreringen av på instrumentpanelet og sonden trekkes opp igjen. Deretter skrues sonden av og koples til en programmert datamaskin og data registrert i sondens datalager overføres til datamaskinen for beregning av uomrørt og omrørt skjærfasthet i relasjon til registrerte dybdenivåer.

For nærmere detaljer vises det til produsentens arbeidsbeskrivelser.

8.2.4 Resultater

Digitalt registrerte data benyttes til tolkning og opptegning av udrenert skjærfasthet c_{UV} i uomrørt og omrørt tilstand og borprofil som vist i figur 1.2.2–11 kan tegnes opp.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.2 Feltmålinger

1.2.3 Måling av grunnvannstand og poretrykk

April 2017 (erstatte metode 15.223, mai 1997)

1. Hensikt

Ved beregning av blant annet stabilitet og setninger og i en rekke andre sammenhenger, er kunnskap om grunnvannsnivå og poretrykket i jord og berg nødvendig. Fyllingsarbeider, gravearbeider, spunt- og pelearbeider vil påvirke poretrykket i grunnen og det kan derfor i slike sammenhenger være nødvendig å følge med i poretrykksutviklingen under arbeidets gang.

I denne metoden beskrives utstyr og fremgangsmåter for å måle grunnvannstand og poretrykk i grunnen.

Kommentar: Når det gjelder grunnleggende prinsipper relatert til grunnvann og trykkfordeling i porevannet, er dette forklart nærmere i vedlegg 3.

2. Definisjoner

Poretrykk: trykket i vannfylte porer og sprekker i jord og berg.

Grunnvannstanden: er det nivået i eller under terrengoverflaten der poretrykket er lik null. Det kan være vanskelig å bestemme grunnvannstanden visuelt der det inntreffer kapillær vannoppsuging og den må da bestemmes indirekte ved ekstrapolasjon av poretrykksmålinger.

2.1 Symboler

- u : poretrykk kPa (atmosfærisk trykk p_a utgjør nullpunkt)
- u_{abs} : absolutt poretrykk (kPa) ($u + p_a$)
- Δu : poreovertrykk (kPa)
- u/γ_w : trykkehøyde (m)
- γ_w : tyngdetetthet vann (kN/m³)
- z : *stedshøyde (m) i forh. til gitt referansepunkt*
- GV : grunnvannstand (dato angis)

3. Utstyr

Følgende utstyr kan benyttes avhengig av formål og grunnforhold som anbefalt i tabell 1.2.3-1:

- S: standrør
- H: åpen, hydraulisk poretrykksmåler
- L: lukket, hydraulisk poretrykksmåler
- E: elektrisk poretrykksmåler

I tillegg kan det foretas vannstandsobservasjoner som beskrevet under 3.1.

Tabell 1.2.3-1: Forslag til valg av måleutstyr

Oppdragstype	Leire, silt, morene	Sand	Grus	Berg
Grunnvannst.	H, L, E	S, H	S	S, H
Poretrykk	H, L, E	H	S, H	H, L, E
Grunnv., endring ved pumpeforsøk, tidevann etc.	L, E	H, L, E	S, H	L, E
Poretrykksendr. pålasting/avlast Langtidseffekt peleramming	L, E	L, E	-	-
Poretrykksendr. i fylling	L, E	L, E	-	-
Poretrykksendr. Ved bølger	E	E	-	-
Poretrykksendr. ved frost	E	-	-	-
Dynamisk poretrykksendr. ved peling/spunting	E	E	-	-

3.1 Vannstandsobservasjoner

Ved grunnundersøkelser bør som regel vannstanden i borehull og eventuelle sjakter, brønner, elver og innsjøer måles inn, selv om disse observasjonene ikke kan anses som direkte grunnvannstandsmålinger. Slike målinger kan i oppsprukken tørrskorpe registrere tilsig av regnvann gjennom sprekkesystemet, og dette behøver ikke ha noen sammenheng med poretrykket i leiren. Målingenes relevans er sterkt avhengig av forholdet mellom tilsiget av vann og

fordampingen, og de er derfor best egnet i grove jordarter. Jo lenger tid observasjonene strekker seg over, jo større betydning kan de tillegges, særlig dersom de blir supplert med opplysninger om nedbør og lokale avløps- og tilløpsforhold.

3.2 Standrør

Målinger ved hjelp av standrør forutsetter at bare permeable lag skal undersøkes, og at det er nødvendig kjennskap til hvilke dybder ett eller flere slike lag befinner seg på innenfor det området målingene skal omfatte. Dette krever som regel at grunnundersøkelser må være utført, eller utføres samtidig med at standrørene blir satt ned.

Standrørenes nedre ende må være perforert og utstyrt med sil eller filterspiss. Skal de stå i finere materiale enn fin sand eller grus, bør de dessuten utføres med sandfilter. Figur 1.2.3-1 viser snitt av standrør med filterspiss. Indre rørdiameter skal være større enn $\varnothing 12$ mm. Valg av nedsetningsdybde kan ha stor betydning i lagdelt grunn, hvor trykkfordelingen sjelden er hydrostatisk.

Standrør eller åpne borehull er nødvendige hvis vannprøver skal tas opp eller det skal utføres prøvepumping.

3.3 Åpen hydraulisk poretrykksmåler

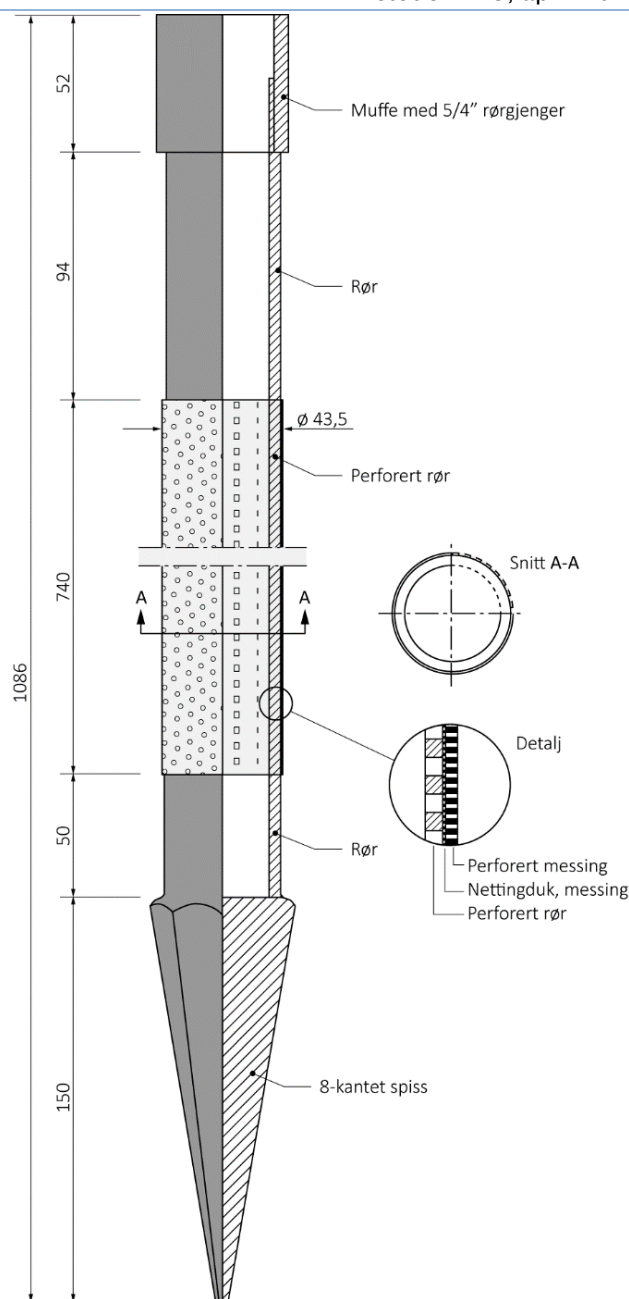
Figur 1.2.3-2 viser en åpen, hydraulisk poretrykksmåler av type NGI. Spissen har et bronsefilter rundt en messingstamme. Keramisk filter finnes også. Dette foretrekkes dersom målingen skal strekke seg over lang tid. Spissen er festet til et foringsrør. Fra spissen leder en måleslange av plast opp gjennom foringsrøret til terreng. Poretrykket ved spissen vil etter noen tid innstille seg som vannstandshøyde inne i plastslangen.

Til avlesningen brukes et måleapparat som består av en målekabel med avstandsmarkering, et batteri og et ampèremeter. Målekabelen består av to parallelle ledere som ikke har kontakt i enden av kableen. Når kabelenden kommer ned i vann eller frostvæske, blir det kortslutning mellom lederne. Dette registreres som et utslag på ampèremeteret. Tilsvarende måleinstrument som gir fra seg lyd ved kortslutning kan brukes.

Vinterstid må det benyttes en spesiell frostvæskediluting for å hindre at vannet i slangen fryser.

3.4 Lukket hydraulisk poretrykksmåler

I et lukket system som vist i figur 1.2.3-3 monteres et manometer eller en elektrisk trykkmåler på enden av innerslangen. Det lukkede system gir raskere respons på trykkvariasjoner og muligheter for å måle poreovertrykk i forhold til hydrostatisk verdi. Utstyret er lite benyttet da elektriske poretrykkmålerne normalt foretrekkes.

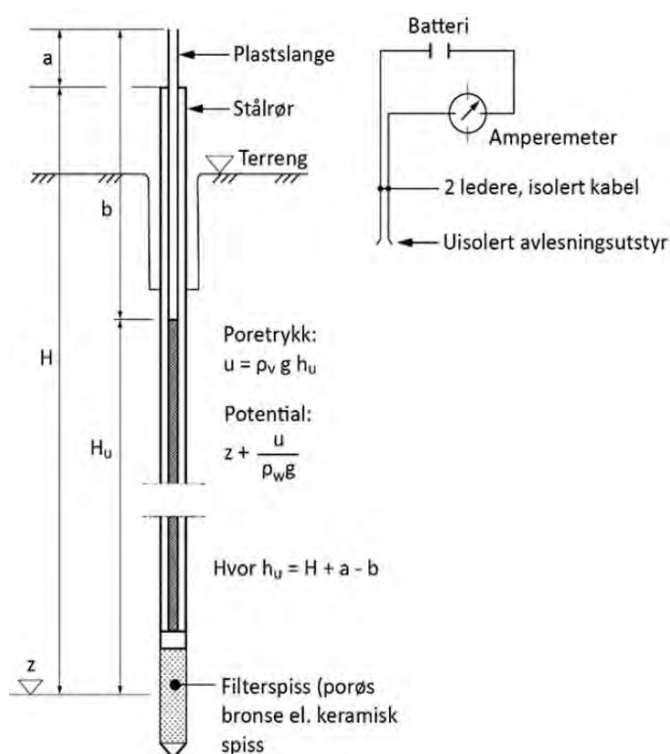


Figur 1.2.3-1: Snitt gjennom standrør

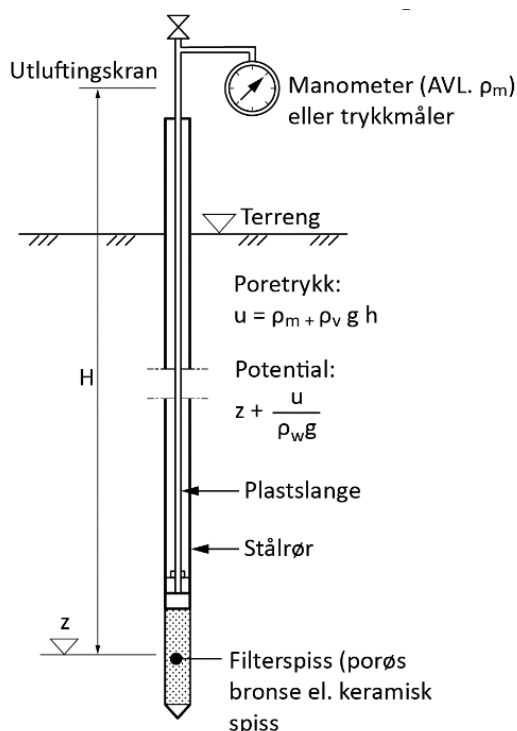
3.5 Elektrisk poretrykksmåler

Figur 1.2.3-5 viser en poretrykksmåler med elektrisk trykkgiver (svingende streng) montert i spissen. Over filterspissen inne i røret er det en stålmembran som påvirkes av poretrykket. Membranen er forbundet med en svingende streng og en giver som kan registrere strengens svingefrekvens. Fra giveren går ledninger gjennom et forlengelsesrør til et måleinstrument i terrengnivå hvor målerens svingefrekvens kan avleses (frekvensmåler). Hver måler er kalibrert av produsenten slik at en gitt målt frekvens tilsvarer et poretrykk som kan leses ut fra kalibreringsverdiene (kurve/tabell). Måleren stiller mindre krav til frostbeskyttelse enn hydrauliske målere. Den har kort responstid.

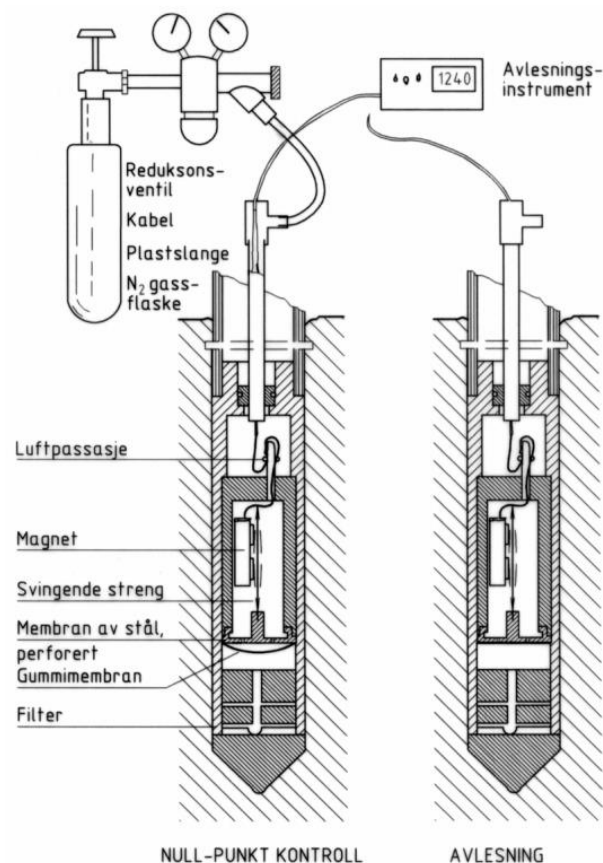
På noen målere er det montert en gummimembran under stålmembranen som det er boret noen hull i. Videre er det montert en plastslange fra måleren og opp til terrenget og med de elektriske ledningene inne i plastslangen. Ved å påføre et trykk i plastslangen kan trykket mot stålmembranen avlastes til null. Dette gir mulighet til å foreta en kalibreringskontroll av måleren mens den står i bakken – en såkalt nullpunkt-kontroll.



Figur 1.2.3-2: Åpen hydraulisk poretrykkmåler



Figur 1.2.3-3: Lukket hydraulisk poretrykkmåler



Figur 1.2.3-4: Elektrisk poretrykkmåler med og uten nullpunkts-kontroll

I tillegg til elektrisk poretrykkmåler med svingende streng finnes det også utstyr som benytter strekkklapper til å måle spenningen i membranen slik at den kan omregnes til poretrykk via kalibreringskurver/tabeller. Snitt gjennom en slik måler er vist i figur 1.2.3-5.

4. Fremgangsmåte

4.1 Standrør

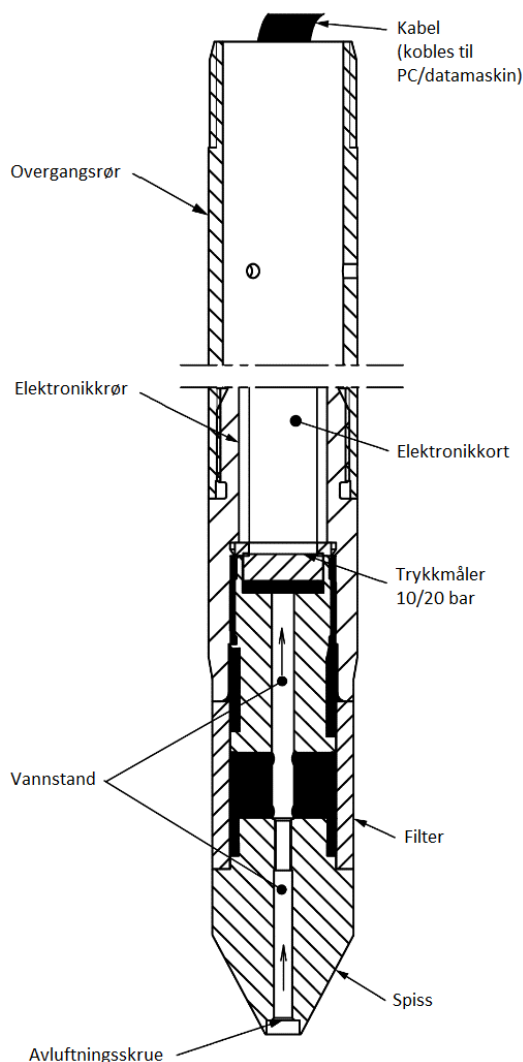
Standører presses ned til ønsket dybde eventuelt med forboring og/eller forlengerrør om nødvendig. Siden standrør forutsettes benyttet kun i permeable masser vil vannivået inne i røret stabiliseres ganske raskt og avstanden ned til vannoverflaten kan avleses.

For måling av vannoverflatens posisjon kan det benyttes målestav eller samme type avlesningsinstrument som benyttes for hydrauliske poretrykksmålere.

4.2 Åpen hydraulisk poretrykkmåler

Det forbores gjennom tørrskorpa. Forboringen kan godt føres dypere, men ikke så dypt at det blir kommunikasjon for vann ned langs stanga til

spissen. Forboringen bør avsluttes minst 3 meter over det planlagte spissnivået.



Figur 1.2.3-5: Elektrisk poretrykkmåler med strekkklapper

Plastslangen festes til spissen og føres opp gjennom foringsrøret. Når den første lengden av foringsrøret er skrudd på, settes spissen ned i en bøtte med rent vann. Måleslangen tres inn på nippelen til en bøttesprøyte, og det pumpes vann gjennom filteret til det er fritt for luft.

Under nedpressingen spyles det med vann fra bøttesprøyta til spissen er kommet ned i den ikke-forborede grunnen. Deretter plugges slangen for å hindre vanntransport inn i filteret. Spylingen avsluttes minst en meter over det nivået der spissen skal stå under målingen.

Er det fare for frost, skal vannet i måleslangen byttes ut med frostvæske. Denne består normalt av en blanding av glyserin, rødsprit og vann. Blandingen skal ha en densitet så vidt litt lavere enn vann. Frostvæsken pumpes inn ved hjelp av bøttesprøyten gjennom en tynnere plastslange

som føres ned gjennom måleslangen til bunnen av denne.

Ved måling føres kabelen på måleapparatet ned i plastslangen inntil manometret gir utslag, dvs. at kabelendene har kontakt med vannet (frostvæsken) i slangen. Dybden i forhold til topp av foringsrøret noteres i måleskjemaet, vist i figur 1.2.3-6.

STATENS VEGVESEN		PORETRYKKMÅLING		
Blankett nr. 452		ÅPEN HYDRAULISK MÅLER		
Sted	Rv 174 Kvernaldalen	D =	14.2 meter	
Oppdragsnr.	C-569 B	Terreng kote	188.80	
Profil / Hull nr.	28238	Topp rør kote	191.15	
Målestert dato	11/10-88	Sign.	NN	
Date	Klokkeslett	Avlesning, b meter	Beregnet trykkhøyde, h_u meter	Merknad
13/10	10 30	7.20	10.05	
21/10	9 15	6.95	10.3	
10/11	11 05	6.95	10.3	
20/11	12 15	7.25	10.0	
1/12	9 45	7.35	9.9	
8/12	8 50	7.35	9.9	
21/12	12 15	7.20	10.05	
24/1	11 30	7.10	10.15	
7/2	11 40	7.80	9.45	

Figur 1.2.3-6: Eksempel på borkort for åpen hydraulisk poretrykkmåling, blankett nr. 452

4.3 Lukket hydraulisk poretrykkmåler

Nedsetting av måler utføres som beskrevet for åpen hydraulisk måler, men med manometeret koplet til den væskefylte plastslangen og mettede filterspissen. Eventuell luft i systemet må fjernes ved hjelp av utluftingskranen.

Under nedpressing vil trykket i manometeret øke og deretter avta når spissen har kommet ned i ønsket nivå og poreovertrykket har fått tid til å utlignes. Når måleren har stabilisert seg kan poretrykket avleses.

4.4 Elektrisk poretrykkmåler

Før installasjonen må nummeret på målerspissen noteres i måleskjemaet, figur 1.2.3-7.

Måleren skal være vannmettet ved installasjon. For svingendestremgålere fylles målerspissen helt med rent vann. En vannfylt plastpose trekkes over måleren. Påse at filteret blir mettet.

Frekvensavlesning foretas for å kontrollere at måleren fungerer og at nullpunktsfrekvensen stemmer med kalibreringsverdien.

STATENS VEGVESEN		PORETRYKKMÅLING			
Blankett nr. 451		SVINGENDE STRENGMÅLER M-600			
Sted <i>Rv. 305 1/ Sandefjord</i>		Terreng <i>leite</i>		<i>48.64</i>	
Oppdragsnr. <i>Z-240 B</i>		Dybde av spiss under terreng: <i>10 m</i>			
Profil/Hull nr. <i>1060 18 mH</i>		Poretrykkspiss nr. <i>75106</i>			
Montert dato <i>12.10.82</i>		Sign. <i>NN</i>			
Dato/kt.	Avlesning i Hz			Poretrykk i kN/m ²	Merknad
	Før 0-kontroll	0-kontroll	Etter 0-kontroll		
<i>12.10</i>		<i>1543</i>	<i>1290</i>		<i>Montert</i>
<i>20.10</i>	<i>1358</i>			<i>76</i>	
<i>30.10</i>	<i>1358</i>			<i>76</i>	
<i>10.11</i>	<i>1359</i>	<i>1543</i>	<i>1360</i>	<i>76</i>	<i>Demontert</i>

Figur 1.2.3-7: Borkort for poretrykkmåling med svingende strengmåler, blankett nr. 451

For strekkklappbasert måler settes denne i en skrustikke med spissen pekende opp. Trakten fylles med vann og lufteskruen i spissen fjernes. En vakuumpumpe brukes til å suge ut luften gjennom spissen. Når måleren er gjennomluftet og fylt med vann settes lufteskruen tilbake i spissen og strammes til.

4.4.1 Installasjon

Det kan forbores som beskrevet for åpen, hydraulisk poretrykkmåler. Det forborede hullet fylles opp med vann, og spissen med plastposen på føres ned under vannstanden i hullet. Plastposen rykkes opp så den penetreres av spissen, og måleren føres ned gjennom hullet. Forlengelsesrørene skrues på etterhvert som måleren presses ned.

Under nedpressing skal frekvenstallet/membran-spenningen overvåkes kontinuerlig for å påse at ikke membranen overbelastes. Dette kan kontrolleres ved å regulere nedpressings-hastigheten og/eller påføre et gasstrykk over membranen på utstyr der dette er mulig.

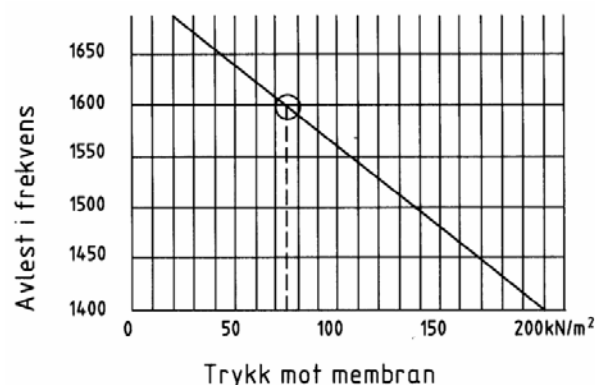
Etter at måleren er installert, må den stå en tid før første avlesning av poretrykket. Nødvendig tid er avhengig av hvor raskt trykkutjevningen og temperaturutjevningen finner sted i jorda. For silt og leire er det vanlig å vente minst tre dager før første avlesning. Umiddelbart etter første avlesning kontrolleres nullpunktsfrekvensen på målere som har slik nullpunkts-kontroll.

4.4.2 Avlesning

Avlesning foretas ved hjelp av digitalt (frekvensmeter eller annet instrument for målere med strekkklapper) når poretrykket har stilt seg inn på stabilt nivå. Resultatet noteres på skjema som vist i figur 1.2.3-7. Dersom det ikke registreres

forandring av nullpunktsfrekvensen siden kalibreringen ved kontroll før nedsetting av måleren (se 4.4), kan kalibreringskurven benyttes til bestemmelse av poretrykket utfra frekvensavlesningen (figur 1.2.3-8).

I tillegg til direkteavlesning med instrumenter på stedet kan utstyret også kobles til fjernavlesnings-enheter. Dette muliggjør både elektronisk omregning fra avlesningsverdi til poretrykk og overføring av måledata direkte til kontor og gir muligheter for kontinuerlig overvåking og alarmangivelse med SMS-melding eller på annen måte ved overskridelse av gitte grenseverdier.



Figur 1.2.3-8: Kalibreringskurve for svingende streng måler

4.5 Kalibrering og nullpunktskontroll

Kalibreringen foretas av produsent/forhandler. Den skjer i vannbad ved en temperatur nær det som kan forventes i bakken (ca. +7 °C). Kalibreringen skjer i minst ti trinn. Nullpunktsfrekvensen måles også ved en annen temperatur, f.eks. romtemperatur ca. 20 °C, også i vannbad, for å bestemme koeffisient for temperaturvariasjon.

For svingende streng utstyr med gummimembran kan nullpunktsfrekvensen måles mens måleren står i bakken. Ved å tilføres trykkluft på oversiden av membranen, vil først trykkdifferansen utlignes. Økes trykket ytterligere, presses gummimembranen ut fra stålmembranen, som da blir ubelastet, og nullpunktsfrekvensen kan måles. For ikke å sprengne gummimembranen bør ikke lufttrykket økes mer enn 40 kPa (0,4 bar) etter at antatt nullpunktsfrekvens er nådd.

Følgende fremgangsmåte benyttes i praksis:

- frekvensmåler og lufttilførsel kobles til kabelen.
- lufttrykket økes sakte til frekvensen stopper å stige eller har nådd maksimalt 100 Hz over kalibrert nullpunktsfrekvens.
- dersom frekvensen stopper å stige, avlastes noe av lufttrykket til frekvensen avtar. Deretter økes lufttrykket til frekvensen ikke

endres. Denne frekvensen noteres som nullpunktsfrekvens (f_0) i skjema som på figur 1.2.3–7. Målingene regnes om fra stighøyde eller frekvens som angitt i henholdsvis figur 1.2.3–8, og i det aktuelle kalibreringsskjema.

- dersom frekvensen ikke slutter å stige (dvs. at gummimembranen ikke slipper stålmembranen), holdes lufttrykket konstant i noen minutter til frekvensen plutselig avtar ned mot nullpunktsverdien. Deretter reduseres og økes lufttrykket som beskrevet over, og nullpunktsfrekvensen måles. Enkelte ganger kan det være vanskelig å få gummimembranen til å slippe stålmembranen. Slipp da all luft ut av måleren og gjenta måleoperasjonen.

Kontroll av nullpunktsfrekvens i marka:

- straks etter førstegangsavlesning av nedsatt måler
- før opptrekk av måler
- dersom det er grunn til å tro at målerens nullpunktsfrekvens har endret seg
- for målere som står i bakken et år eller mer kan det være aktuelt å foreta ekstrakontroller av nullpunktsfrekvens.

4.6 Avsluttet måling

Ved avsluttet måling og hvor utstyret trekkes opp av bakken, gjenfylles borhullet opp til terrengnivå med egnet borslam som har en permeabilitet lavere enn de gjennomborede massene. Hvis utstyret blir stående i bakken vil dette virke som en permanent plugging av hullet.

I tilfeller hvor det er artesisk overtrykk, er det spesielt viktig at borhullet plugges etter opptrekk av utstyr. Ved finkornige masser helt opp til terreng kan dette gjøres med å slå ned lengre treplugger med diameter større enn borhullet (trestamme). I noen tilfeller kan det være nødvendig å injisere mørtel tilsatt vannglass ned i de permeable massene hvor det artesiske overtrykket opptrer.

5. Resultater

Alle data noteres i de respektive måleskjema, figur 1.2.3–6 og 1.2.3–7. Skjema for åpen hydraulisk måler tillempes for bruk også ved lukket hydraulisk måler. Ved elektronisk omregning og registrering lagres dataene i en egen mappe for prosjektet og fremstilles tabellarisk i Excel ark eller på annen måte.

Etter at en måler er installert, må den stå en tid for trykkutjevning og temperaturutjevning i jorda før målingen gir korrekte resultater. Nødvendig tid er avhengig av jordarten: i leire og silt må en vente minst tre dager før en kan vente å få riktige resultater. Målingene må gjennomføres med flere

avlesninger over tid, inntil resultatene stabiliserer seg.

Målingene regnes om fra stighøyde eller frekvens som angitt i henholdsvis figur 1.2.3–8, og i det aktuelle kalibreringsskjemaet.

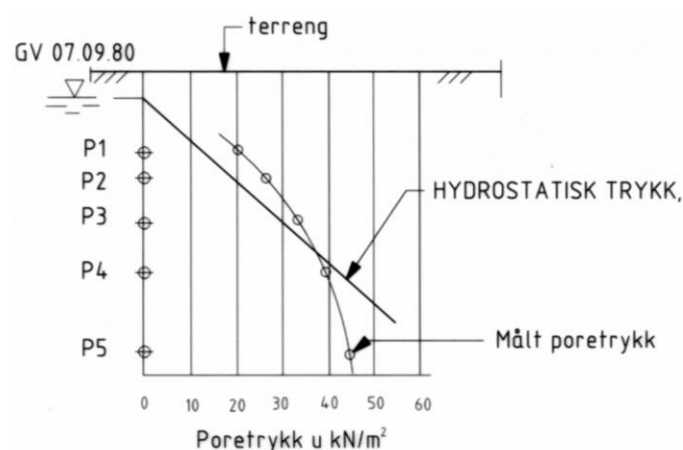
5.1 Feilkilder

Ved vurdering av resultatene bør følgende forhold iakttas:

- utette rørskjøter kan føre til drenering og gi feil måleresultat. Dersom det er foroboret for dypt, kan kommunikasjon med overliggende grunnvann gi feil måling
- i utette materialer bør det benyttes filtre som ikke slipper gjennom gass
- i væskefylte målere vil frost sette måleren ut av funksjon. Derfor benyttes ofte frostvæske. Feil i frostvæskens densitet gir feil målinger.
- gassblærer kan oppstå i filteret ved montering, dette som resultat av galvanisk virkning, ved bruk av ikke diffusjonstett slange og ved
- midlertidig drenering eller ved uttørring av jordlaget.
- elektriske målere krever stor påpasselighet ved metting av filtre og ved nedsetting.
- lekkasjer i nippel eller plastslange i den elektriske måleren kan gi feil nullpunktsverdi.
- for temperatur forskjellig fra kalibreringstemperaturen, som er $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$, må det korrigeres.
- påvirkning fra atmosfærisk trykk (se vedlegg 3)

6. Rapportering

Måleresultatene skal angi lokalitet, terrenghøyde og måledybde under terreng. Videre skal det oppgis hva slags måleutstyr som er benyttet, navn på operatør og måledatoer.



Figur 1.2.3–9: Opptegning av målt poretrykk

Poretrykkene tegnes opp i et diagram med dybden langs loddrett akse og poretrykkene målt i kN/m² langs vannrett akse. Til sammenligning kan linjen for hydrostatisk poretrykk legges inn. Se eksempel i figur 1.2.3-9.

7. Referanser

Norsk Geoteknisk Forening, Melding nr. 6, Veiledning for måling av grunnvannstand og poretrykk, Revidert versjon 2017.

Statens vegvesen (1988): Intern rapport nr. 1369, Brukerinstruks for svingende streng poretrykksmåler M 600, Veglaboratoriet, Oslo

Johnson Division, Universal Oil Products Co. (1972). *Ground water and wells. A reference book for the water-well industry*. St. Paul, Minn., U.S.A., 1972

U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, (1974). *Earth Manual*, Second Ed., 1974, s. 686-699 (Instructions for installing and reading porous-tube piezometers, Designation E-28).

Terzaghi, K. og Peck, R.B. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice*, Art. 68, (s. 660-673). New York, 1967



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.2 Feltmålinger

1.2.4 Inklinometermåling

April 2018 (ny)

1. Hensikt

Formålet er å registrere eventuelle terrengbevegelser i jord og berg eller en konstruksjon over tid. Dette kan gjelde overvåking av skråninger med tanke på utvikling av mulige skred eller deformasjoner i støttekonstruksjoner i anleggsfasen og senere. Også i andre sammenhenger kan måling av deformasjoner og kurveform være viktig for eks. i forbindelse med kontroll av deformasjoner mot eksisterende konstruksjoner og pelters retthet og funksjonsdyktighet.

Utstyret er basert på måling av vinkelendringer over en målelengde i forhold til et referanseplan (loddlinje eller horisontalplan). Ved å summere registrerte vinkelendringer over målelengden kan en deformasjonskurve tegnes opp og deformasjon i ulike punkter/nivåer leses av.

Utstyret som omtales her har manuell avlesning, men det finnes også utstyr som muliggjør kontinuerlig overvåking (se tillegg 8.2).

1.1 Horisontale deformasjoner

For måling av horisontale deformasjoner benyttes vertikale kanaler montert i et terrengprofil eller på en støttekonstruksjon eller i en pel.

1.2 Vertikal deformasjoner

For måling av vertikale deformasjoner benyttes horisontale kanaler montert på, under eller i en konstruksjon. I Statens vegvesen benyttes slangesetningsmåler for slike formål (se metode 1.2.5).

1.3 Overvåking

Det er også mulig å montere stasjonære vinkelendringssensorer på konstruksjoner eller i terrengprofiler i et eller flere punkter for å kunne overvåke eventuelle vinkelendringer kontinuerlig. Utstyret vil da kunne varsle hvis en forhåndsinnstilt vinkelendringsterskel overskrides. Slikt utstyr omtales ikke nærmere i denne metoden.

2. Definisjoner

Inklinometerkanal: Sirkulær eller firkantet kanal som installeres i bakken eller på en konstruksjon.

Inklinometersonde: Målevogn med styrehjul og akselerometre som kan måle vinkelavvik fra et referanseplan/linje.

Kontrollsonde: Målevogn med styrehjul, men uten akselerometre.

Avlesningsinstrument: Avlesningsutstyr som kan registrere og vise målte vinkelavvik

Inklinometerkabel: Kabel som forbinder inklinometeret med måleinstrumentet og som har avstandsmarkering for hver 0,5 m langs kabelen.



Figur 1.2.4-1: Inklinometer med kabel og måleinstrument

2.1 Symboler

A: måleplan i styrehjulenes retning

a: sideforskyvning i plan A (m)

B: måleplan normalt på styrehjulenes retning

b: sideforskyvning i plan B (m)

d: ddybde/avstand (m)

Di: akkumulert forskyvning i målepunkt i (m)

L: inklinometerets målelengde (m)

l: målekabelens avstandsmarkering (m)

α : målt vinkelendring i referanseplan A ($^{\circ}$)

β : målt vinkelendring i referanseplan B ($^{\circ}$)

3. Utstyr

Utstyret består av følgende enheter:

- Inklinometerkanal
- kontrollsonde
- inklinometersonde
- tilkoplingskabel
- løpehjul og låseanordning for kabel
- avlesningsinstrument

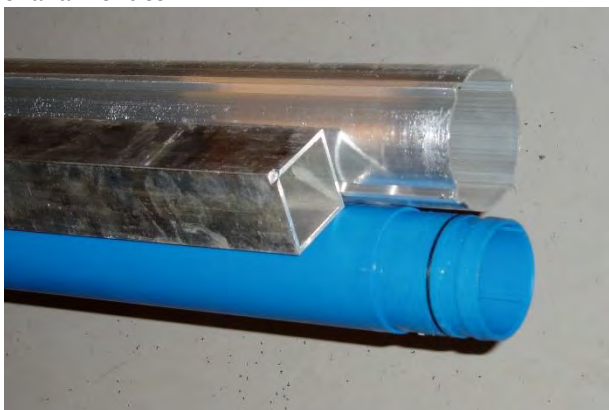
3.1 Inklinometerkanal

Inklinometerkanalen kan bestå av sirkulære plast- eller metallrør med diametralt motsatte innvendige styringsspor og et tilsvarende par styringsspor orientert vinkelrett på førstnevnte spor. Sporene skal hindre rotasjon av inklinometeret og sørge for at måleretningen forblir konstant under målingene.



Figur 1.2.4-2: Eksempel på plastkanal med spor

Alternativt kan det benyttes kanaler i stål eller aluminium med kvadratisk tverrsnitt som vil sikre konstant måleretning. Inklinometerkanalens dimensjon må være tilpasset inklinometeret som skal anvendes.



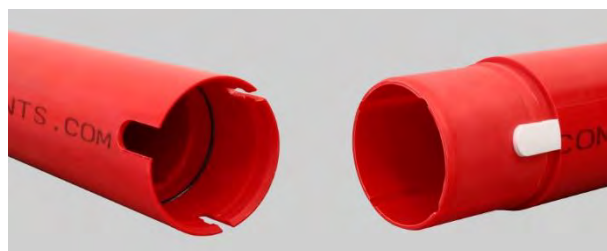
Figur 1.2.4-3: Ulike typer inklinometerkanaler

Metallkanaler skjøtes sammen i lengder vanligvis på 0,5, 1,0 og 1,5 m med utvendige skjøtehylser, men større lengder kan også være aktuelle for eks. montert på spuntnåler. Begrunnelsen for de korte skjøtelengdene er at kanalen lettere skal kunne følge eventuelle deformasjoner i terrenget. Plastkanaler er mer fleksible og typisk skjøtelengde for disse kan være 1,5 – 3 m (typisk utvendig

diameter 0,07 m). Plastkanaler leveres både med skjøtemuffer og utvendige skjøtehylser. Kanalene har gjerne spesielle endestykker og skjøter for å hindre inntrengning av jord og andre fremmedelemer i kanalen.

3.2 Inklinometersonde

Inklinometeret består av en sylindrisk sonde med en eller to helningssensorer, vanligvis retnings-akselerometre. Ut fra sonden stikker to par fjærbelastede styrehjul. Disse styrehjulene skal sørge for at sonden følger styringssporene i inklinometerkanalen og at sonden glir lett og sentralt i kanalen. Styrehjulenes retning samsvarer med helningssensorens retning, måleplan A. Hvis to helningssensorer benyttes, står planet til den andre sensoren vinkelrett på styrehjulenes retning, måleplan B.



Figur 1.2.4-4: Eksempel på plastkanal med skjøtemuffe (hurtigforbinder)

I øvre ende av sonden er det en vanntett kontakt for tilkopling til kabelen som skal sørge for forbindelse mellom sonden og avlesningsinstrumentet.



Figur 1.2.4-5: Eksempel på inklinometer

3.3 Kontrollsonde

Dette er en sonde som er identisk med inklinometersonden når det gjelder utforming og dimensjoner, men den er ikke utstyrt med helningsmålere og er derfor vesentlig billigere enn inklinometersonden. Kontrollsonden benyttes til å kontrollere at inklinometerkanalen er intakt og at sonden ikke setter seg fast på veg ned og opp i kanalen før målinger med inklinometersonden starter.

3.4 Tilkoplingskabel

Kabelen består av en robust gummikabel med avstandsmarkering, vanligvis for hver 0,5 m langs kabelen (l) tilsvarende inklinometerets målelengde (L). Dette må kontrolleres. Kabelen leveres vanligvis på trommel med kontakt eller Blåtanssender for tilkopling til avlesningsinstrument.



Figur 1.2.4-6: Eksempel på målekabel med trommel

3.5 Løpehjul og låseanordning for kabel

For lettere styring av inklinometeret i kanalen er det vanlig å montere et løpehjul på kanalen og med en låseanordning som holder inklinometeret i fast posisjon under avlesning.



Figur 1.2.4-7: Eksempel på styrehjul og låseanordning

3.6 Avlesningsinstrument

Ulike produsenter leverer ulike typer avlesningsinstrumenter, men felles er at de gir et mål for registrerte vinkelendringer i inklinometeret. Nyere typer avlesningsinstrumenter er gjerne en liten datamaskin som har format av type smarttelefon.

For det viste utstyret (se figur 1.2.4-8) kan data fra inklinometeret overføres via Blåtanssignaler fra kabeltrommelen til avlesningsinstrumentet. Andre avlesningsinstrumenter kan ha direkte kabelforbindelse til inklinometeret (se figur 1.2.4-11).



Figur 1.2.4-8: Eksempel på avlesningsinstrument

4. Fremgangsmåte

4.1 Inklinometerkanal

Velg en type inklinometerkanal som passer til det aktuelle måleobjekt og inklinometer som skal anvendes. Kanalene må lagres på en måte som hindrer at de blir utsatt for skade.

Kommentar: Sollys kan skade plastkanaler.

Samle alle elementer som inngår i installasjonen så som kanaler, eventuelle skjøtehylser og endestykke og kontroller at disse ikke er skadet. Bruk av skadede elementer kan forårsake problemer under målingene som ikke er så lett å diagnostisere og umulige å korrigere.

Hold delene rene og fri for fremmedelementer under sammenføyningen. Hvis nødvendig bruk tettingsstoff eller tape for å forsegle skjøtene slik at ikke jordpartikler trenger inn i kanalen. Dette er spesielt viktig når slamvæske benyttes til å fylle borhullet rundt kanalen. Vær spesielt nøye med å holde styringssporene fri for hindringer.

NB! Når kanalene kobles sammen og installeres, pass på at kanalen ikke vrir seg slik at styringssporene skifter retning over kanallengden. Dette må kontrolleres nøye.

Monter og forsegl endestykket (se eksempel på endestykke i figur 1.2.4–9).



Figur 1.2.4–9: Eksempel på endestykke

Etabler et borhull som kanalen kan senkes ned i. Hvis nødvendig benytt foringsrør eller støttevæske for å hindre at borhullet raser sammen før kanalen kan installeres. Ved etablering av borhullet må det påses at det har en retning/helning som ligger innenfor måleområdet til inklinometeret. For vertikale borhull skal avviket fra loddlinjen holdes innenfor $\pm 2^\circ$. Ved behov må hullet renses for borslam ved spyling med luft eller vann..

Borhullet må være så dypt at bunnen av installert kanal blir liggende godt under det nivået der deformasjoner forventes å kunne forekomme. Avstanden under forventet nivå som vil forbli i ro, skal være minst 6 ganger inklinometerets målelengde L, dvs. minst 3 m for et inklinometer med målelengde 0,5 m og 6 m for et inklinometer med målelengde 1 m.

Ved installasjon av metallkanal i bløt leire vil dette kunne gjøres ved å bore et pilothull ved bruk av roterende sonderstang med egnet diameter (spiss eller borkrone litt mindre enn kanalens sidekant/diameter) og deretter presse kanalen ned i pilothullet. Tilsvarende metode kan anvendes for plastkanaler avhengig av leiras fasthet og plastkanalens stivhet. Nedpressingskraften for å hindre staking av plastkanalens skjøter kan ha en begrensning på i størrelsesorden 500 kg.

Monter kanalen i hullet og sørg for at kanalens styringsretning er orientert i samme retning som forventet største bevegelse (styringsspor for plastkanaler og sidekant for kvadratiske metallkanaler). Utøv forsiktighet for å redusere mulig vridning av kanalen under denne prosessen. Plastkanaler av en type som vist i figur 1.2.4–2 med utvendige knaster, vil kunne medvirke til at fare for vridning reduseres. Unngå vridning av toppen etter nedsetting da det kan føre til vridninger lenger ned.

Ved skjøting av plastkanaler benyttes gjerne popnagler for å binde kanalene sammen vanligvis

med 2 – 4 nagler pr. skjøt i hver ende avhengig av forholdene og type kanalskjøt.

Fyll kanalen med rent vann om nødvendig for å motvirke oppdrift. Hvis støttevæske er benyttet i borhullet, kan det være nødvendig å belaste bunnen av kanalen ved hjelp av et innvendig rør eller benytte jordanker for å holde kanalen på plass.

Når kanalen er på plass, fylles det resterende hullet rundt kanalen med egnet materiale (for eks. støttevæske) samtidig som eventuelt foringsrør trekkes opp. Dette kan gjøre ved etterinjisering via neddykket rør med enveis bunnventil. Mager betongslam eller lignende er å foretrekke hvis ikke omkringliggende materiale er for porøst til å hindre at betongslammet trenger inn. Det kan være behov for å injisere rundt nedre del av kanalen først og så fylle resten av hullet etter at den nedre delen har herdet. Opptrekk av foringsrør må skje uten vridning for å hindre eventuell rotasjon av inklinometerkanalen.

Eventuell etterfylling med sand må utføres langsomt og nøyaktig for å hindre at det oppstår tomrom rundt kanalen.

Ved tilbakefylling påse at det ikke kommer materiale inn i inklinometerkanalen ved å sette på en beskyttende hette.

Når kanalen er installert settes en låsbar beskyttelsehette på toppen slik at ikke forurensninger utilsiktet kan falle ned i kanalen.

For å hindre deformasjoner av kanalens øvre del på grunn av eventuell anleggsvirksomhet eller annen aktivitet i området, kan toppen av kanalen avsluttes like over terrengnivå, men med mulighet til enkelt å skjøte på en forlengelse slik at operatøren som skal foreta måleavlesninger, oppnår en arbeidsriktig stilling. Det kan også settes ned en betongring med lokk for beskyttelse mot anleggstrafikk og en låsbar kopp på kanaltoppen.



Figur 1.2.4–10: Eksempel på beskyttelse av kanalopp

4.2 Måling

Når helningsmålinger skal utføres, monteres løpehjulet på toppen av kanalen. Deretter kobles kontrollsonden til målekabelen og senkes ned i målekanalen ved hjelp av kabelen og løpehjulet. For plastkanaler settes kontrollsonden inn i kanalen slik at styringshjulene følger styringssporene. Denne retningen refereres til som retning A. For kvadratiske metallkanaler hvor det anvendes inklinometre med styringshjul i to retninger vinkelrett på hverandre, settes styringshjulene an mot sideveggene (slik utstyr anvendes sjelden).

Etter at inklinometerkanalen er kontrollert med kontrollsonden og funnet i orden, fires inklinometersonden langsomt og forsiktig ned for å hindre at denne skades ved hardt anslag mot kanalbunnen. Når bunnen er nådd trekkes inklinometeret opp til første dybdemerke på kabelen er synlig like over låseknastene under styrehjulet. Mål avstanden fra dybdemerket til terreng eller fastmerke og les av avstandsmerkingen på dybdemerket. Inklinometerets posisjon under terrengoverflaten og kotenivå kan dermed beregnes ut fra kjent terrengkote-/fastmerke på målestedet.

For å sikre at inklinometeret har tilpasset seg temperaturen ved første målepunkt, ventes det i 10 minutter før avlesningene starter. Dette er viktig for å oppnå korrekte målinger.



Figur 1.2.4-11: Eksempel på utstyr med kabeltilkobling til avlesningsinstrumentet (benyttes for tiden av Statens vegvesen)

Med avlesningsinstrumentet tilkoppelt leses første referanseverdi av samtidig som dybden d registreres. For inklinometre med to helningssensorer leser instrumentet av to helningsmålinger. Deretter trekkes inklinometeret opp 0,5 m til neste dybdemerke på kabelen og ny avlesning tas. Denne prosedyren fortsetter for hver 0,5 m opptrekk til inklinometret når siste avstandsmerke på kabelen. Posisjonering av inklinometeret skal være innen ± 5 mm.

Inklinometeret tas så ut av kanalen og snus 180 grader før det på ny senkes ned til bunnen av kanalen med styringshjulene mot samme spor/sidekant (retning A'). Et nytt datasett registreres ved å trekke inklinometeret opp 0,5 m av gangen.

Hvis kabelen utilsiktet trekkes opp et stykke forbi et dybdemerke, senkes inklinometeret et stykke ned i kanalen før det på ny trekkes opp til riktig avlesningsposisjon.

Kommentar: For inklinometre med bare en helningssensor gjentas prosedyren med inklinometret dreid 90 grader og deretter 180 på ny slik at i alt 4 måleserier oppnås (retning B og B').

Avlesningene kontrolleres ved å summere avlesningene tatt i diametralt motsatt retning for hver dybde (retning A og A') og det samme gjøres for avlesninger tatt i retning 90° på den første retningen (retning B og B'). Disse summene kalles kontrollsummer og skal gi en konstant verdi som er karakteristisk for inklinometret. Se produsentens anbefalinger når det gjelder akseptable variasjoner i kontrollsummen. Et enkelt avvik i kontrollsummen kan indikere en feilavlesning. Uregelmessige variasjoner i kontrollsummen kan indikere dårlig elektrisk kontakt eller feil med inklinometeret eller avlesningsinstrumentet.

Når målingene er avsluttet tas inklinometeret opp av kanalen, koples fra målekabelen, rengjøres og legges tilbake i transportkassen.

Måleretning A-A' og B-B' markeres tydelig på kanalen.

4.3 Startmåling

Det første målingssettet utgjør referansemålingen som senere deformasjoner måles ut fra. Det er derfor viktig at disse målingene utføres spesielt nøyaktig og kontrollert. Slik kontroll kan oppnås ved å gjennomføre minst to sett målinger tatt samme dag og sammenligne resultatene med hensyn på kontrollsummer og stabilitet i resultatene. Hvis det oppstår tvil om resultatene, gjentas referansemålingen(e). Når et akseptabelt sett måleverdier er oppnådd, angis disse som referanseverdier.

Startmålingene avsluttes med å måle inn posisjonen av inklinometerets topp (x, y, z koordinater). Eventuelle senere endringer i kanaltoppens posisjon kan anvendes for kontroll av måleresultater eller for deformasjonskorreksjoner på grunn av eventuelle bevegelser i bunnen av kanalen.

4.4 Målehyppighet

Hvor ofte det bør foretas målinger avhenger av forventede deformasjoner, deformasjonshastighet og akseptable totaldeformasjoner. I noen tilfeller

kan det være behov for flere målinger daglig mens i andre sammenhenger kan et par målinger pr. år være tilstrekkelig. Det anbefales at samme inklinometersonde, kabel og avlesningsinstrument anvendes og at samme operatør utfører målingene.

Kommentar: Det anbefales at kontrollsummer beregnes ved hver måling og at målingen gjentas hvis avvik i kontrollsummene registreres.

4.5 Kalibrering

Inklinometersonder kalibreres ved produksjon og leveres med en kalibreringsfaktor K som er knyttet til en spesiell inklinometersonde og avlesningsinstrument. Noen produsenter leverer avlesningsinstrumenter som kan benyttes sammen med ulike inklinometersonder. Det skal i denne sammenheng bemerkes at elektroniske variasjoner i avlesningsinstrumentet da kan gi ulike avlesninger med forskjellige inklinometersonder.

NB! Det anbefales at det foretas en kontroll hver gang en ny kombinasjon mellom et inklinometer og avlesningsinstrument etableres.

Selv om samme inklinometer benyttes tilknyttet samme avlesningsinstrument, anbefales det at kombinasjonen recalibreres minst en gang hvert annet år. Hvis utstyret ikke har vært i bruk det siste året, skal utstyret kalibreres før det igjen tas i bruk. I utgangspunktet anbefales det at utstyret returneres til produsenten for kalibrering eller at et godkjent kontrolllaboratorium utfører kalibreringen. Kalibreringen kan skje ved at utstyret plasseres og låses i en kanalbit som kan roteres $\pm 30^\circ$ i forhold til loddlinjen med en nøyaktighet på 30 buesekunder eller bedre. Utstyr og prosedyre for kalibrering er beskrevet i ASTM D7299-12.

I tillegg kan det utføres en kontroll i samsvar med produsentens anbefalinger før hvert måleoppdrag. Dette kan gjøres ved å plassere inklinometret i en oppstilt målekanal og vente ca. 10 minutter for at utstyret skal tilpasse seg temperaturen i området. Deretter tas avlesninger i samme nivå ved å dreie inklinometret 90° mellom hver avlesning (0° , 90° , 180° og 270°). Mulige feilfunksjoner kan vurderes ut fra avvikene mellom registrerte avlesninger i samsvar med produsentens anbefalinger.

4.6 Vridningskontroll av inklinometerkanal

Det finnes også på markedet utstyr som muliggjør kontroll av eventuelle vridninger i sirkulære inklinometerkanaler. Dette utstyret ser i hovedsak ut som et inklinometer med styrehjul og senkes ned i inklinometerkanalen på samme måte ved hjelp av en avstandskabel. I stedet for helningssensorer har utstyret en sensor (magnetometer) som kan angi retning. Det er således mulig med dette utstyret å kontrollere

retningen på inklinometerkanalens styringsspor på et hvert nivå langs kanalen.

Hvis inklinometerkanalens eksakte retning er av betydning for prosjektet, kan slik kontroll vurderes. For kanaler med lengde større enn 50 m skal mulig vridning kontrolleres.

4.7 Vedlikehold

Kontroller styrehjulenes festeanordning, lagre og fjæranordning jevnlig. Stram til og eventuelt skift ut ved behov. Rens og smør styrehjulene i henhold til produsentens anbefalinger. Kontroller tettingene i kabelkontaktene og erstatt ved tegn på slitasje. Hold alle elektriske kontakter tørre og rene bl.a. ved å sette på beskyttende hetter når utstyret ikke er i bruk.

Det er også viktig å hindre at jordpartikler kommer inn i kanalen da disse kan legge seg i kanalens styringsspor. I så fall kan det bli nødvendig å spyle inklinometerkanalen innvendig med vann og bruke en stor «flaskekost» for å rense sporene.

5. Resultater

5.1 Måleprinsipp

Prinsippet for beregning av deformasjoner er vist i figur 1.2.4-12. Her er inklinometrets målelengde angitt som L. Inklinometrets målte helningsvinkel α og horisontal deformasjonen a i plan A-A' over målelengden L blir da:

$$a = L \cdot \sin\alpha$$

Med målt helningsvinkel β blir horisontal deformasjon b i plan B-B':

$$b = L \cdot \sin\beta$$

Normalt settes distansemerkene på målekabelen lik inklinometerets målelengde slik at nye avlesninger tas for hver dybdeendring L.

I stedet for bruk av helningsvinklene α og β kan formelen omskrives til

$$a = \frac{L}{K} \cdot R$$

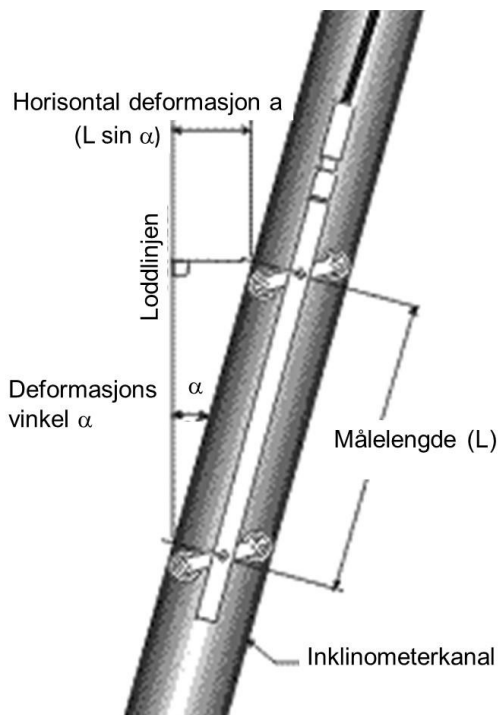
hvor:

- R = måleverdi fra avlesningsinstrumentet og
- K = instrumentets kalibreringskonstant

For å bergene målte deformasjoner midles avlesningene i to diametralt motsatte måleretninger (a i plan A og A' og b i plan B og B'). Hvis disse avlesningene betegnes R_1 og R_3 for plan A og A' og R_2 og R_4 for plan B og B' så kan deformasjon a_{1-3} i plan A-A' og b_{2-4} i plan B-B' i en gitt dybde beregnes.

$$a_{1-3} = \frac{L}{K} \cdot \frac{(R_1 - R_3)}{2} \quad \text{og} \quad b_{2-4} = \frac{L}{K} \cdot \frac{(R_2 - R_4)}{2}$$

Kommentar: R_3 og R_4 avleses som negative verdier og dermed blir midlingsformlene riktige, dvs. halvparten av summen av de to måleverdiene.



Figur 1.2.4-12: Måleprinsipp for inklinometer

Kanalens deformasjon i en gitt avstand fra kanalens bunn kan da beregnes som summen av målte deformasjoner fra bunnen og oppover til den gitte avstanden eller dybden under terrenget (målepunkt i).

$$D_{i_{1-3}} = \sum_{i=1}^{i=n} a_{i_{1-3}} \quad \text{og} \quad D_{i_{2-4}} = \sum_{i=1}^{i=n} b_{i_{2-4}}$$

Hvor $D_{i_{1-3}}$ og $D_{i_{2-4}}$ er totaldeformasjonen i retning A-A' og B-B' i den gitte dybde i forhold til startmålingen etter installasjon av kanalen.

Ved å foreta ny måling kan eventuelle nye bevegelser i forhold til startmålingen og forrige måling beregnes.

Med nyere utstyr registreres og lagres måledataene elektronisk. Videre bearbeiding av dataene kan også foretas elektronisk slik at måleavlesningene og beregnede deformasjoner enkelt fremstilles i tabeller og kurver som viser kanalens posisjon ved ulike datoer. Det er også mulig å koble registrerte data direkte til en datamaskin slik at kanalens deformasjonskurve kan fremstilles på dataskjerm under målingene. Dette kan være til hjelp for operatøren for å sikre gode måledata. Hvis uventede deformasjonsavvik fremkommer på dataskjermen, gir dette grunnlag for å gjenta målingen(e) for å avsløre eventuelle feilavlesninger.

Dataprogram for bearbeiding og opptegning av resultater levers vanligvis av produsenten sammen med utstyret ved kjøp.

5.2 Korreksjon for vridning

Beregnete deformasjoner må korrigeres for kanalvridning hvis det er målt at kanalen har vridninger ψ_i med dybden i forhold til den planlagte måleretningen (se 4.6 og figur 1.2.4-13).

Deformasjonsresultanten D_{iR} i en gitt dybde kan da beregnes som

$$\Delta D_{iR} = \sqrt{(\Delta D_{i_{1-3}})^2 + (\Delta D_{i_{2-4}})^2}$$

Resultantens vinkel φ_i relatert til retning A-A' er gitt ved

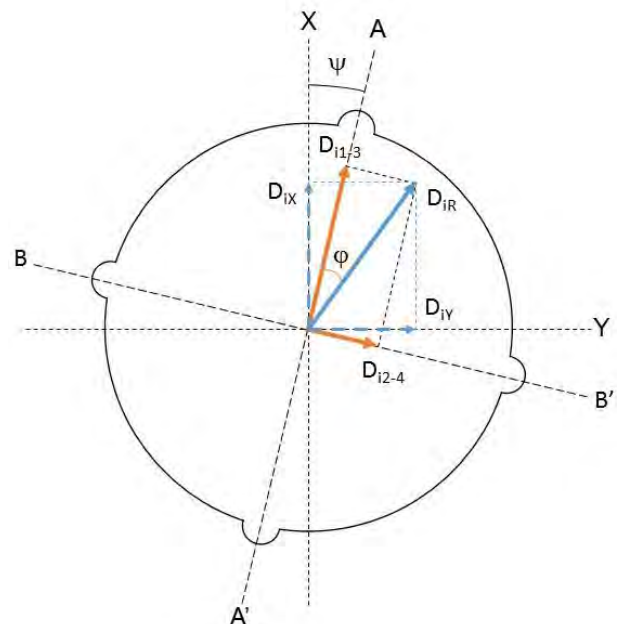
$$\varphi_i = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta D_{i_{2-4}}}{\Delta D_{i_{1-3}}}\right)$$

og deformasjonene i forhold til planlagte måleretninger X og Y

$$\Delta D_{iX} = \Delta D_{iR} \cdot \cot(\varphi_i + \psi_i)$$

$$\Delta D_{iY} = \Delta D_{iR} \cdot \tan(\varphi_i + \psi_i)$$

hvor ψ_i regnes som positive i klokkerretningen.



Figur 1.2.4-13: Deformasjonsresultanter ved vridning av inklinometerkanal

5.3 Korreksjon for kanalens målte posisjon

I noen tilfeller hvor inklinometerkanalen ikke kan monteres dypt nok til at kanalbunnen kan forventes å forbli i ro uten deformasjoner, kan innmåling av kanalens topp med x, y og z koordinater benyttes til å bestemme kanalens posisjon i ulike dybder. Ved å sammenligne disse koordinatene med koordinatene som ble bestemt ved startmålingene kan disse dataene benyttes til å bestemme kanalens deformasjoner i A-A' og B-B' retningen med dybden. Samme metode kan benyttes ved bunnforskyvning, brudd i kanalen eller forskyvning av kanaltoppen.

5.4 Målenøyaktighet

Nøyaktighet av målingene skal ligge innenfor $\pm 0,02\%$ av inklinometerets målekapasitet (eks. $\pm 0,1$ mm/m for $\pm 30^\circ$ måleområde) og repeterbarheten skal være ± 10 mm for horisontale deformasjonsmålinger med vertikalt inklinometer ved gjentatte målinger i 30 m avstand i målekanal. Måling av repeterbarhet skal foretas av samme operatør, identisk måleprosedyre, identiske instrumenter (inklinometersonde, målekabel og avlesningsinstrument) og under identiske forhold som ellers kan påvirke målingene (temperatur, vind og annet).

Kommentar: Kravene gjelder for måling i A-planet. Målinger i B-planet med to vinkelsensorer i samme inklinometer er ofte litt mindre nøyaktig. For å oppnå samme nøyaktighet i B-planet betinger dette nøyaktig utførte måleserier med styrehjulene i B-B' planet.

6. Rapportering

Målerapporten bør inneholde følgende opplysninger:

- prosjektnavn
- målested
- identifisering av målekanal
- x, y og z koordinater for kanaltopp
- dato for startmåling
- måledato
- navn på operatør
- inklinometersonde nr.
- måleavlesninger og kontrollsummer
- målt vridningsvinkler hvis relevant
- deformasjonskurver
- spesielle observasjoner hvis relevant

Måleavlesningene kan vises i tabellarisk form med dybdeangivelse og måledata i retning A-A' og B-B' (se tabell 1.2.4-1 i tillegg 8.1 hvor deformasjoner i retning A-A' er vist med dato og dybde).

Deformasjonskurvene kan tegnes opp i egnet dybde- og deformasjonsmålestokk med datoangivelse for de ulike deformasjonskurvene som vises for hver måleserie.

Eksempel på rapportering av utførte målinger i forbindelse med utgraving til 12 m bak spuntvegg rammet til 28 m under terreng i leire, er vist i figur 1.2.4-12 i tillegg 8.1.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

ISO/DIS 18674-3:2016(E) Geotechnical investigation and testing — Geotechnical monitoring by field instrumentation — Part 3: Measurement of displacements across a line: inclinometers

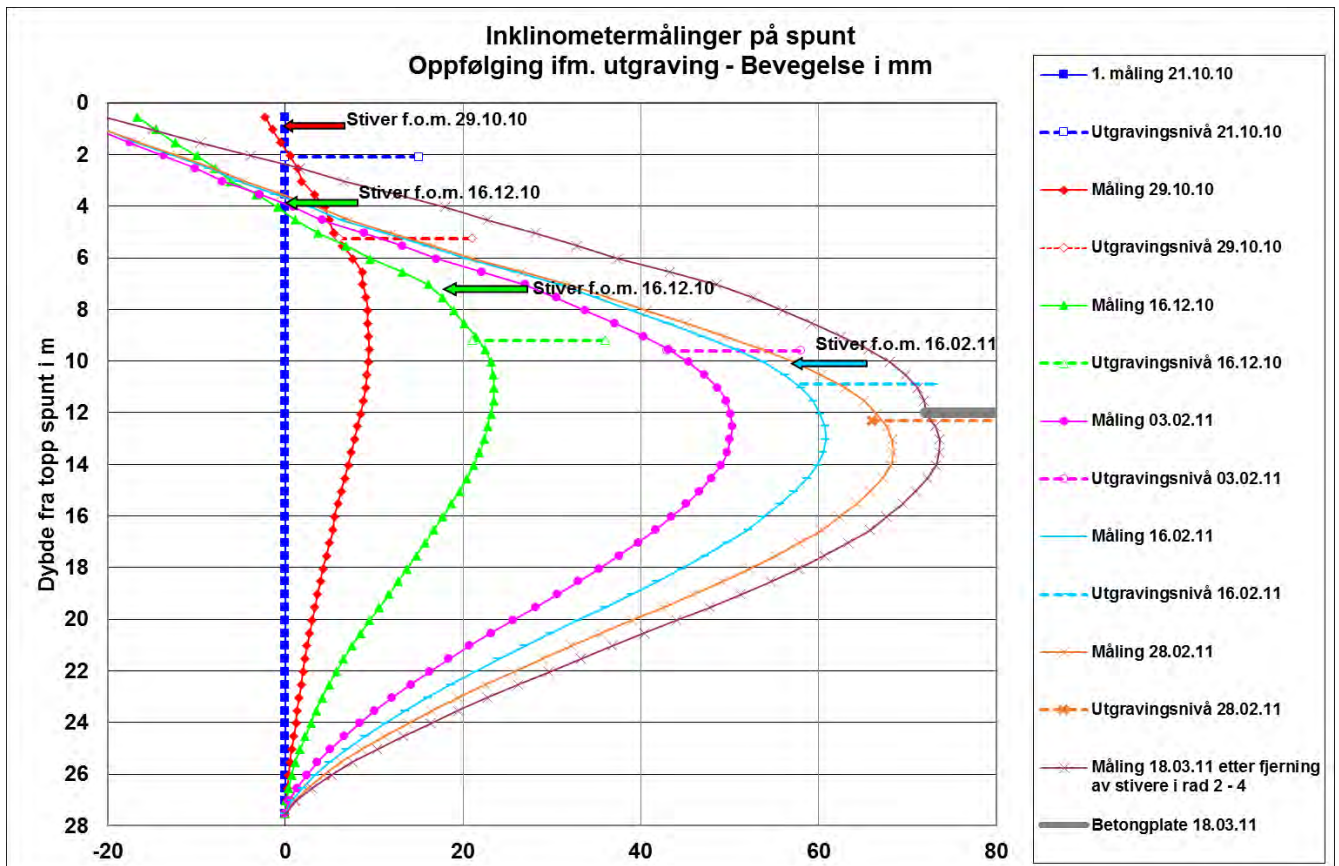
ASTM D6230-13 (2015): Standard Test Method for Monitoring Ground Movement Using Probe-Type Inclinometers

ASTM D7299-12 (2012): Standard Practice for Verifying Performance of a Vertical Inclinometer Probe.

8. Tillegg

8.1 Måleresultater

Et eksempel på resultater fra målinger på 28 m lang fordyblet stålpunt til berg i en 12 m dyp byggegrop med deformasjoner for ulike gravenivåer og avstivere samt støpt bunnplate er vist i figur 1.2.4-14.



Figur 1.2.4-14: Eksempel på deformasjonsmålinger på forankret stålpunt til berg ved utgraving og avstiving av byggegrop

Tabell 1.2.4-1: Tabellarisk oppstilling av måledata som er opptegnet i figur 1.2.4-12

Måledato	2010-10-21	2010-10-29	2010-12-16	2011-02-03	2011-02-16	2011-02-28	2011-03-18
Dybde i m	Bevegelse i	Bevegelse i	Bevegelse i	Bevegelse i	Bevegelse i	Bevegelse i	Bevegelse i
0,5	0,0	-2,2	-16,7	-24,4	-24,1	-24,1	-20,5
1,0	0,0	-1,4	-14,5	-21,0	-20,2	-20,2	-14,9
1,5	0,0	-0,5	-12,4	-17,5	-16,7	-16,4	-9,5
2,0	0,0	0,5	-10,0	-13,7	-12,5	-12,1	-3,8
2,5	0,0	1,4	-7,8	-10,1	-8,5	-8,1	1,6
3,0	0,0	1,9	-6,2	-7,1	-5,3	-4,6	6,6
3,5	0,0	3,2	-3,3	-2,9	-1,1	-0,4	12,5
4,0	0,0	4,5	-0,8	1,0	2,9	3,7	18,0
4,5	0,0	5,0	1,2	4,1	6,4	7,2	22,8
5,0	0,0	5,5	3,7	8,9	11,4	12,1	28,2
5,5	0,0	6,4	6,9	13,2	15,8	16,6	32,8
6,0	0,0	7,6	9,6	17,0	20,4	21,1	37,4
6,5	0,0	8,6	13,2	22,1	25,9	26,7	43,2
7,0	0,0	8,7	16,1	26,9	31,0	31,9	48,6
7,5	0,0	9,1	17,7	30,5	35,1	36,4	52,7
8,0	0,0	9,3	19,0	33,8	39,1	40,8	56,0
8,5	0,0	9,2	20,1	37,1	43,0	45,1	59,2
9,0	0,0	9,4	21,4	40,3	46,9	49,4	62,5
9,5	0,0	9,5	22,5	43,1	50,7	53,6	65,6
10,0	0,0	9,4	23,2	45,4	53,8	57,3	68,0
10,5	0,0	9,2	23,4	47,2	56,3	60,4	69,8
11,0	0,0	9,0	23,5	48,6	58,0	63,0	71,1
11,5	0,0	8,8	23,4	49,6	59,4	65,1	71,9
12,0	0,0	8,4	23,2	50,1	60,2	66,5	72,1
12,5	0,0	8,1	22,8	50,3	60,8	67,7	73,2
13,0	0,0	7,8	22,4	50,0	60,8	68,3	73,6
13,5	0,0	7,4	21,8	49,7	60,5	68,4	73,6
14,0	0,0	7,1	21,2	49,0	59,9	68,1	73,2
14,5	0,0	6,7	20,5	47,9	58,7	67,2	72,3
15,0	0,0	6,3	19,6	46,6	57,3	65,8	71,0
15,5	0,0	5,9	18,6	45,1	55,7	64,3	69,5
16,0	0,0	5,5	17,7	43,4	53,8	62,3	67,6
16,5	0,0	5,4	16,7	41,6	52,0	60,4	65,8
17,0	0,0	5,0	15,7	39,7	49,7	57,9	63,3
17,5	0,0	4,6	14,7	37,5	47,2	55,2	60,7
18,0	0,0	4,3	13,7	35,3	44,6	52,3	57,8
18,5	0,0	4,0	12,7	33,0	41,8	49,1	54,6
19,0	0,0	3,6	11,6	30,6	38,9	45,9	51,2
19,5	0,0	3,3	10,6	28,1	36,0	42,5	47,7
20,0	0,0	3,0	9,5	25,6	32,9	39,0	44,1
20,5	0,0	2,7	8,5	23,2	29,9	35,6	40,4
21,0	0,0	2,4	7,5	20,7	26,9	32,2	36,7
21,5	0,0	2,2	6,6	18,4	24,0	28,8	33,2
22,0	0,0	2,0	5,7	16,2	21,3	25,6	29,6
22,5	0,0	1,8	4,9	14,1	18,7	22,6	26,2
23,0	0,0	1,5	4,2	12,0	16,0	19,5	22,8
23,5	0,0	1,3	3,5	10,1	13,5	16,5	19,4
24,0	0,0	1,2	2,9	8,4	11,2	13,8	16,3
24,5	0,0	1,0	2,3	6,6	9,0	11,1	13,2
25,0	0,0	0,7	1,7	5,0	6,8	8,6	10,3
25,5	0,0	0,5	1,1	3,6	5,0	6,3	7,6
26,0	0,0	0,4	0,7	2,4	3,4	4,3	5,2
26,5	0,0	0,2	0,4	1,3	1,9	2,6	3,0
27,0	0,0	0,1	0,1	0,4	0,7	1,1	1,2
27,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

8.2 Utstyr for kontinuerlig måling og overvåkning

Utstyret kan benyttes til å måle både vertikale og horisontale vinkelendringer i et kontinuerlig profil. Det består av en deformasjonsmålekabel som monteres i en plastslange etablert i eller på terreng ved boring i ønsket retning (vertikalt eller horisontalt og mellomliggende vinkler) eller montert for eks. på spunt. Deformasjonskabelen har 305 eller 500 mm lange målesegmenter (Ø 19 eller 25 mm) som er lenket sammen og kan måle

vinkelendringer i to retninger samtidig mellom målesegmentene. Deformasjonskabler kan leveres i lange lengder (~ 100 m) og kan måle vinkelendring på opptil 60°. Ved å koble måleutstyret til en datalogger eller PC kan endringer registreres kontinuerlig noe som muliggjør varsling ved overskridelse av fastsatte grenser. Utstyret kan også måle rystelser (akselerasjon) i hvert målesegment og temperatur i hver 8. målesegment.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.2 Feltmålinger

1.2.5 Slangesetningsmåling

Oktober 2016 (ny)

1. Hensikt

Metoden brukes til å måle vertikaldeformasjoner i punkter som ikke er tilgjengelige med vanlig nivelleringsutstyr. Dette kan gjelde måling av setninger under konstruksjoner som vegfyllinger bygningsfundamenter eller nedgravde rørledninger. Utstyret kan også benyttes for retningsstyring ved bergboring.

Metoden er basert på å måle trykkendringer i en sonde som trekkes gjennom et rør som er installert der setningsobservasjoner er ønskelig. Målinger tas med sonden plassert i ulike målepunkter langs røret med bestemt avstand fra rørenden. Målte trykkendringer kan relateres til trykknivået i et referansepunkt ved enden av røret og med kjent kotehøyde på referansepunktet kan målepunktens kotenivå beregnes.

1.1 Alternativ metode

Tilsvarende informasjon om vertikaldeformasjoner i ellers utilgjengelige punkter kan også oppnås ved bruk av horisontal inklinometerkanal. Dette er nærmere omtalt i metode 1.2.4.

2. Definisjoner

Målerør: Sirkulær plastrør som installeres under ønsket observasjonsobjekt.

Sondeslange: Fleksibel plastslange med avstandsmarkering med gitte intervaller (eks. 1 m).

Målesonde: Trykkgføler bygd inn i en sirkulær torpedo av rustfritt stål og tilkopleet en fleksibel sondeslange med innvendig signalkabel.

Slangeholder: Trommel som settes på stativ, hvor sondeslangen kan oppbevares og kveiles ut og inn ved bruk.

Avlesningsinstrument: Avlesningsutstyr som kan registrere og vise målte trykkendringer

3. Utstyr

Utstyret består av følgende enheter:

- målerør
- sondeslange
- målesonde
- slangeholder
- avlesningsinstrument

3.1 Målerør

Vanligvis benyttes rør av Polyetylen (PE) med følgende dimensjonsforhold: indre/ytre diameter Ø 50 – 60 mm (med muligheten for andre dimensjoner f.eks. 60–75 etc.). Rørlengden vil avhenge av måleobjektet og utstyrsleverandørens spesifikasjoner når det gjelder lengde av tilgjengelige sondeslanger.

Merknad: målerørets dimensjon/godstykkelse vurderes ut fra belastningen det vil bli utsatt slik at tverrsnittsendring/klemming av røret unngås. For å oppnå så nøyaktige målinger som mulig bør samtidig rørdimensjonen ikke være for stor.

3.2 Sondeslange

Sondeslangen kan bestå av en eller to sett slanger den ene inne i den andre. Dimensjonene på ytterslangen er Ø 14/11 mm for væske og innerslangen Ø 8/5 mm for luft. Lengden kan variere fra 50 – 200 m.

3.3 Målesonde

Sonden består av en rustfri stålsylinder med ytre diameter i området Ø 25 – 30 mm og lengde 250 – 360 mm. Sonden er påkobleet sondeslange i den ene enden. Sondeslangen påfører trykk mot en membran med en trykkgføler som registrerer trykkforskjeller over membranen. I den andre enden av målesonden er det et feste for snor eller line som kan benyttes til å dra sonden gjennom målerøret. Noen sonder har også innebygd temperaturmåler.

3.4 Slangeholder

Slangeholderen består av en trommel som vist i eksemplet på figur 1.2.5-1. Som det fremgår er denne trommelen laget slik at den kan monteres på et vanlig kikkertstativ med festeordning tilpasset trommelen. Andre produsenter kan ha andre løsninger. Trommelen har også system for tilkopling til avlesningsinstrumentet enten ved trådløs Blåtann-tilkopling eller via kabel.



Figur 1.2.5-1: Eksempel på slangeholder med kikkertstativ

Under trommelen er det festet et vertikalt rør med to hull i 500 mm avstand for kalibrering av sonden.



Figur 1.2.5-2: Slangeholder med nivåglass

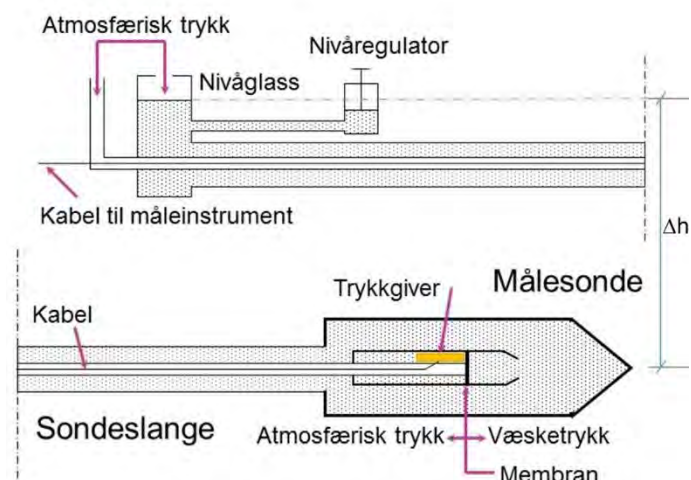
3.5 Måleprinsipp

En elektrisk trykkgiver registrerer trykket mot membranen i målesonden forårsaket av en nivåregulert væskesøyle (se figur 1.2.5-3). Toppen av væskesøyle reguleres til et merke på et nivåglass og dette merket kan igjen knyttes til et kjent referansenivå (eks. kotehøyde på kjent fastmerke). Trykket i målesonden leses av digitalt på avlesningsinstrumentet. Når målevæskens densitet er kjent, kan nivåforskjellen beregnes.

For utstyr med bare en sondeslange er denne væskefylt og gir trykk mot membranens ene side

mens den andre siden har åpning mot atmosfærisk trykk.

Ved å flytte målesonden fra målepunkt til målepunkt langs målerøret, kan høydenivåene på målesonden registreres for hvert målepunkt og et profil med nivåhøyder for målerøret kan tegnes. Ved å repetere måleserien over tid kan setninger eller nivåhevinger fremstilles i et tidsdiagram.



Figur 1.2.5-3: Måleprinsipp for slange-setningsmåler

For å unngå brudd i væskesøyle med mellomliggende gasslommer er noen produkter satt under høyere trykk enn atmosfærisk, men måleprinsippet blir det samme.

Med tanke på vinterbruk med temperaturer under frysepunktet benyttes gjerne en luftfri frostvæske (dvs. uten gassbobler) som væskesøyle.

3.6 Avlesningsinstrument

Ulike produsenter leverer ulike typer avlesningsinstrumenter, men felles er at de gir et mål for registrerte trykk i målesonden. Nyere typer avlesningsinstrumenter er gjerne en liten datamaskin som har format av type smarttelefon. Måledataene registreres da digitalt og kan bearbeides til fremstilling av setningsprofiler og/eller kurver gjerne ved hjelp av en bærbar felt PC.



Figur 1.2.5-4: Eksempel på avlesningsinstrument

For det viste utstyret i figur 1.2.5-4 som opererer med høyere baktrykk enn atmosfærisk, kan data fra målesonden overføres via Blåtannsignaler fra slangeholderen til avlesningsinstrumentet. Andre avlesningsinstrumenter kan ha direkte kabelforbindelse til slangeholderen.

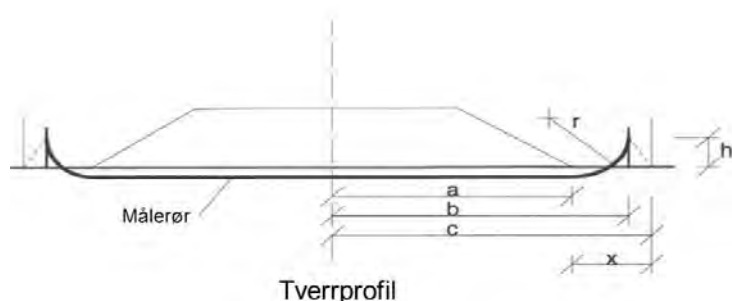
For innstilling og bruk av de ulike avlesningsinstrumentene vises det til produsentenes angivelser.

4. Fremgangsmåte

4.1 Installasjon av målerør

Velg et målerør med dimensjoner som passer til den aktuelle målesonden.

På området hvor det skal foretas målinger, graves det først en horisontal smal grøft med dybde inntil 0,5 m. Grøften fylles om nødvendig med 0,15 m sand som komprimeres før røret legges på sandlaget.



Figur 1.2.5-5: Plassering av rør i tverrprofil

Slangelengden tilpasses slik at lengden x på eksemplet (lengde $c - a$) vist på tegning 1.2.5-5 utgjør ca. 1–2 m. Røret plasseres sentrisk om tverrprofillets senterlinje. I avstand b fra senterlinjen ($c - b = 0,5$ m) settes det opp en stødig stolpe (eks. 75 x 75 mm) og enden av røret bøyes opp og festes

til stolpen ca. 0,5 – 1 m over terreng. Det må påses at radien på den bøyde delen av røret ikke blir for krapp (minste radius $r \geq 2,5$ m). Endene av røret plugges med endekopper for å hindre at jord og andre fremmedlegemer kommer inn i røret. Deretter fylles resten av grøften med sand. Dette må gjøres forsiktig slik at målerøret ikke klemmes sammen da det vil kunne hindre målesonden å traversere gjennom målerøret.

Marker endepunktens avstand fra rørets midtpunkt (i figur 1.2.5-5 tverrprofillets senterlinje).

Etabler et sikkert fastpunkt i nærheten av rørets ene (eller begge) ende(r) og punktets x , y og z -koordinater måles inn. Dette vil kunne benyttes som utgangspunkt for måling av målerørets høyde i de ulike målepunktene i rørets lengde.

4.2 Måling

Etter at målerøret er installert kan første måleserie tas opp. Først blåses en dobbel snor gjennom røret ved hjelp av trykkluft fra rørets ene ende. I motsatt ende monteres en glatt bolt gjennom røret ved å bore hull i dette med samme diameter som bolten. Snorens doble ende legges rundt boltens og i andre enden av røret festes den ene snorenden til målesonden. Den andre snorenden kan da benyttes til å trekke sonden gjennom målerøret.

Slangeholderen plasseres og festes på et stødig sted eventuelt ved hjelp av kikkertstativ (eller faststøpt monteringsrør). Nivået må være høyere enn målerørets nivå. Trykket i systemet reguleres slik at toppen av væskesøylen i måleglasset sammenfaller med nivåmerket på måleglasset. Ved behov kan væske etterfylles.

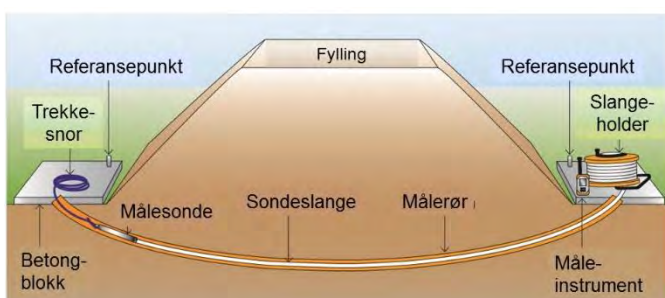
Før målingene starter kontrolleres hele målesystemet ved først å holde målesonden i ro i en gitt posisjon (for eks. i en kalibreringsmal for plassering av målesonden i kjent høydeforskjell som vist på figur 1.2.5-1) og lese av væsketrykket. Deretter endres målesondens posisjon til et annet nivå og væsketrykket i denne posisjonen leses av. Med kjent nivåforskjell mellom målesondens to posisjoner skal denne samsvare med nivåforskjellen som fremkommer ved avlesningene som tas med målesystemet. Eventuelt avvik mellom nivåforskjellene bør ligge innenfor ± 2 mm. Før slik kontroll foretas bør målesystemet ha fått tid til å akklimatisere seg til temperaturomgivelsene.

Med tilfredsstillende resultater fra ovennevnte kontroll kan sonden trekkes inn i målerøret slik at den kommer et stykke inn i slagen (for eks. til fyllingsfot i eksemplet på figur 1.2.5-5) og slik at et avstandsmerke på sondeslangen er synlig ved målerørets ende. Avstanden på dette merket noteres. Etter en pause på ca. 10 minutter for at

sonden skal kunne tilpasse seg temperaturen i målerøret, tas første trykkavlesning fra målesonden når måleverdien har stabilisert seg. Sonden trekkes så videre inn i målerøret og for hver avstandsmarkering på sondeslangen som når slangeenden, avleses trykket i målesonden. Samme prosedyren følges inntil målesonden har traversert hele målerøret.

Alternativt kan målesonden først trekkes eller skyves til motsatt ende av målerøret og at avlesninger deretter foretas ved å trekke målesonden tilbake med avlesning for hvert avstandsmerke på sondeslangen. For riktig avtandskontroll er det viktig at sondeslangen er i strekk.

Nivået på væskesøylens topp kontrolleres og justeres til riktig nivå ved behov under målingene.



Figur 1.2.5-6: Eksempel på måleopplegg for vegfylling

For å unngå eventuelle temperatureffekter under målingene bør slangeholderen skjermes for direkte sollys. Tilsvarende kan oppvarmet telt benyttes vinterstid ved streng kulde. Utstyret bør ikke utsettes for temperaturer utenfor området -10° til $+65^{\circ}$ C.

Under bruk av målesystemet må en passe på at nivåforskjellen mellom målesonde og slangeholder ikke blir for stor da membranen og andre deler kan skades ved for store trykk. Normalt bør denne nivåforskjellen ikke være større enn 7–10 m (avhengig utstyrstype). Unngå også uvøren behandling av målesonden da dette kan forårsake trykksjokk.

Det må også påses at sondeslangen ikke utsettes for krappe knekk som kan hindre væske- og gasskommunikasjon.

Når måleserien er gjennomført trekkes målesonden tilbake mens sondeslangen kveiles inn i slangeholderen. Deretter settes målesonden i kalibreringsmalen som ble benyttet før målingene startet, for å kontrollere at samme målenøyaktighet oppnås. Hvis markerte forskjeller (>10 mm) registreres, kan dette være et tegn på vekslende forhold under målingene og at måleserien bør

gjentas. Ved mindre avvik kan måleforskjellen fordeles jevnt mellom de enkelte målepunktene.

4.3 Målehyppighet

Hvor ofte det bør foretas målinger avhenger av forventede setninger, setningshastighet og akseptable setninger. I noen tilfeller kan det være behov for ukentlige målinger, mens i andre sammenhenger kan et par målinger pr. år være tilstrekkelig. Det anbefales at samme målesonde og avlesningsinstrument anvendes og at samme operatør utfører målingene.

4.4 Vedlikehold og feilsøking

Sondeslangen må rutinemessig kontrolleres for eventuelle luft-/gass-bobler i væsken. Dette gjøres ved å trekke ut sondeslangen og se etter bobler. Hvis slike oppdages løftes slangen opp slik at boblen(e) beveger seg mot slangeholderen og opp i gassreservoaret eller fri luft. Gassbobler i væskeslangen vil kunne redusere målenøyaktigheten.

Hvis avlesningene fluktuerer kontinuerlig kan det ha oppstått væske- eller gass-lekkasje. Kontroller utstyret for mulige lekkasjer og gjør tiltak for å stoppe disse og eventuelt skift ut deler og etterfyll med væske ved behov.

Ved små variasjoner i avlesningene som stabiliserer seg over litt tid kan dette skyldes temperaturvariasjoner. Forholdet kan rettes ved å la utstyret tilpasse seg til temperaturomgivelsene og skjerme slangeholderen mot direkte sollys.

Hvis nøyaktigheten og reproduserbarheten av resultater er dårlig, kan dette også skyldes bobler i målevæsken. Denne må da spyles ut og erstattes med ny gassfri væske. Rekalibrering kan også være nødvendig. Det anbefales at skifting av væske og recalibrering utføres av utstyrsleverandør.

5. Resultater

5.1 Beregning av målepunktnivå

Avlesningene fra målesonden kan vises i tabell med angivelse av måledato, målepunkts plassering (målt fra enden av målerøret) og avlest trykk i de enkelte målepunktene. I tillegg kan målesondens temperatur ved målepunktene angis (hvis relevant).

Ut fra målte trykkverdier kan setninger i målepunktene beregnes

$$E = E_0 - (R_1 - R_0) \cdot G$$

hvor:

E_0 = opprinnelig høyde i et målepunkt (m)

E = senere høyde i samme målepunkt (m)

R_0 = opprinnelig avlesning i et målepunkt (tall)

R_1 = senere måling i samme målepunkt (tall)

G = kalibreringsfaktor for utstyret (m/tall)

5.2 Temperatureffekter

Temperatureffekter på selve målevæskes volum (og dermed densitet) og øvrig måleutstyr på grunn av temperaturutvidelse og sammentrekning kan være nokså komplekst, men har også en tendens til å være selvkansellerende. Med målesonden plassert i målerøret vil temperaturen her være relativt jevn under målingene, men hvis bare deler av systemet utsettes for varierende temperatur, (for eks. sterkt sollys på slangeholderen, kan dette forårsake betydelige variasjoner i avlesningene. Det er derfor viktig å unngå store temperaturforskjeller i målesystemet.

Hvis målesonden har temperatursensor montert, kan temperatureffekter korrigeres, men korreksjonen vil være liten til ubetydelig.

$$E_T = E_0 - [(R_1 - R_0) \cdot G + (T_1 - T_0) \cdot K]$$

hvor

T_0 = opprinnelig temperatur (° C)

T_1 = senere temperatur (° C)

K = korreksjonsfaktor for temperatur (m/(° C))

6. Rapportering

Resultatene kan presenteres i tabellform og/eller som opptegnede nivåprofiler. Ved gjentatte målinger kan flere nivåprofiler tegnes en for hver måleserie og med angivelse av dato. Vertikal-skalaen velges slik at det blir et tydelig skille mellom hvert nivåprofil. Alternativt kan setninger i ett eller flere målepunkter plottes mot tid slik at setningsutviklingen illustreres.

Eksempler på presentasjon av resultater er vist i tillegg 8.1.

7. Referanser

Soil instruments (2016): User manual for Digital Hydrostatic Profile Gauge (itmSoil), Cheshire, UK

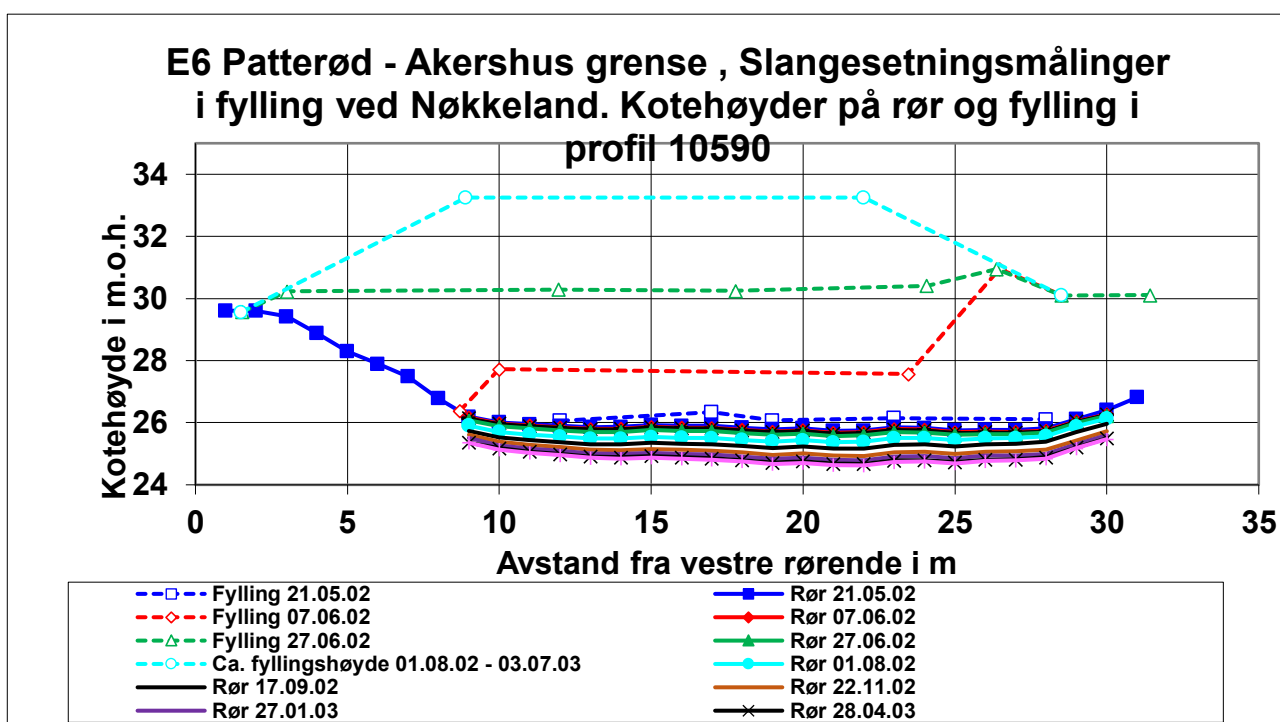
GeoKon (2016): User manual for Model 4651 Settlement Profiler, New Hampshire, USA

Consoil (2016): User manual Consoil hydrostatic profiler, Odensbacken, Sweden

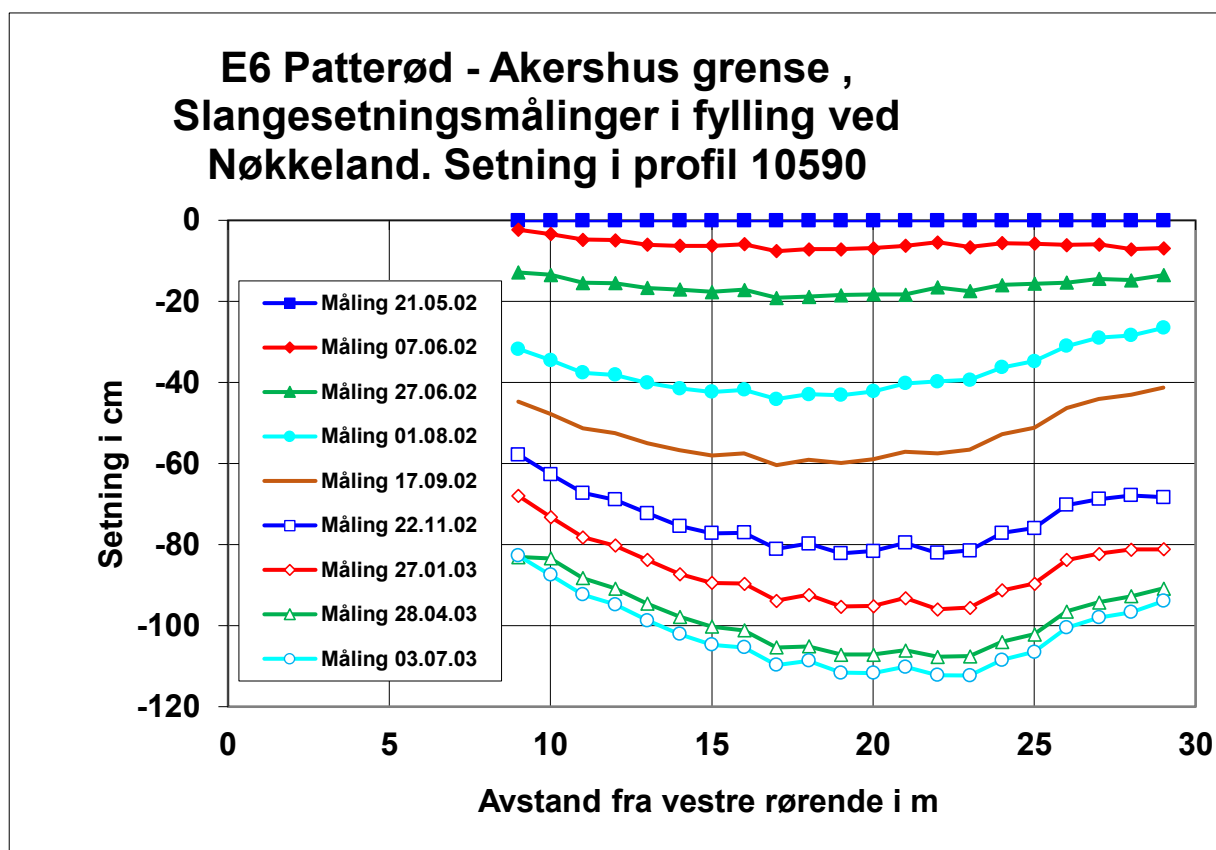
8. Tillegg

8.1 Eksempler på presentasjon av måldata

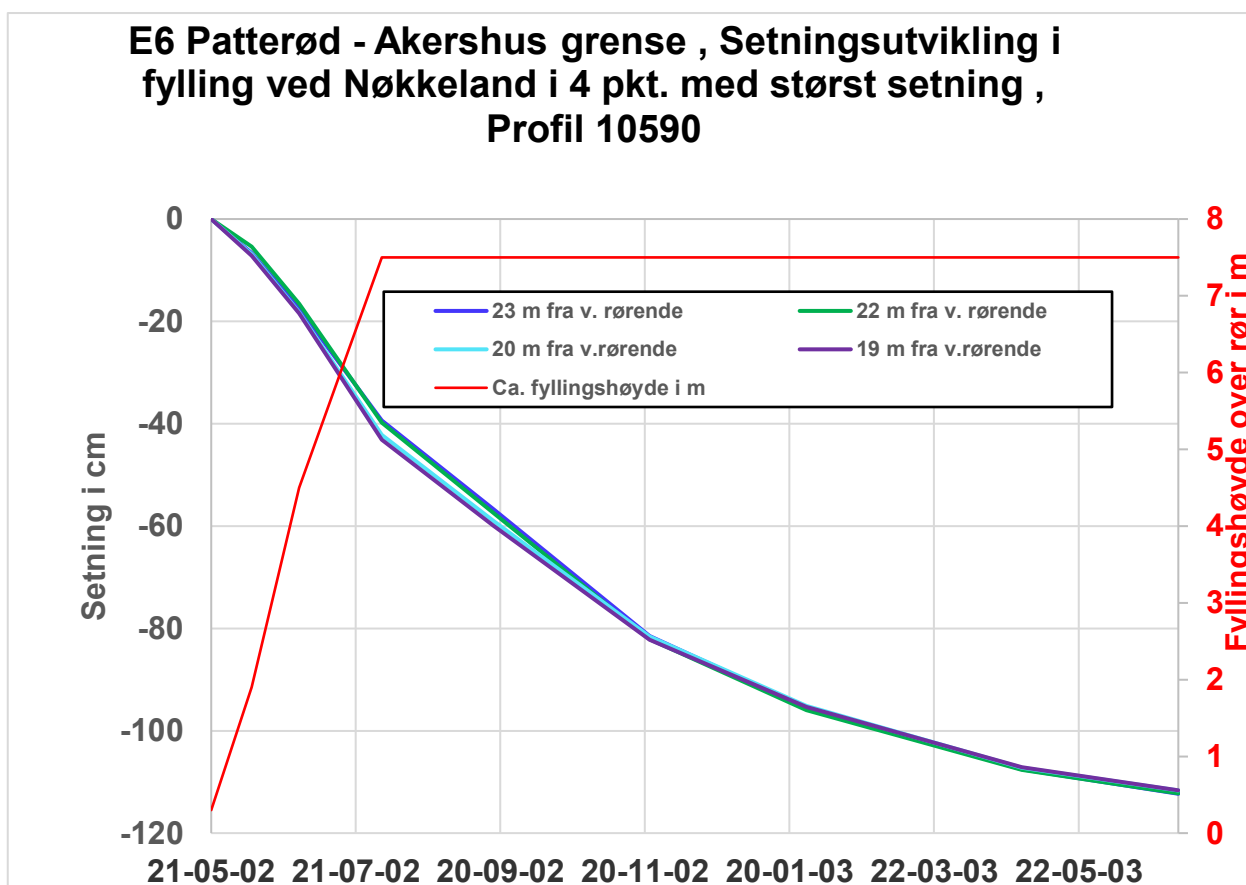
Setningsmålinger utført under fylling for Europaveg E 6 ved Nøkkeland er vist i figur 1.2.5-7, -8 og -9.



Figur 1.2.5-7: Viser fylling og målerørets posisjon samt dato for utførte målinger



Figur 1.2.5-8: Viser setningsutviklingen i tverrprofilen med tid



Figur 1.2.5-9: Viser setningsutviklingen mot tid i punkter med størst setningsutvikling



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.2 Feltmålinger

1.2.6 Geofysiske metoder

Februar 2018 (erstatte metode 15.225, mai 1997)

1. Hensikt

Geofysiske metoder brukes ved geotekniske og ingeniørgeologiske undersøkelser for å kartlegge løsmasser, løsmassetykkelse, bergkvalitet, svakhetssoner i berg.

Valg av metode avhenger av problemstilling, planfase og krav til nøyaktighet. Tiden en bruker til å utføre de forskjellige metodene varierer mye, fra raske innledende kartlegginger til detaljerte undersøkelser i borhull.

Metodene utføres ikke av Statens vegvesen, men kjøpes av entreprenør. Metodebeskrivelsen gir en oversikt over de mest aktuelle metodene for vegprosjekter. Se også håndbok V520 Tunnelveiledning.

1.1 Seismiske metoder

1.1.1 Refleksjonsseismikk (akustisk profilering/multistråle-ekkolodd/sonar)

Metodene benyttes for å undersøke sjøbunn, løsmasser og berg-i undersøkelige områder.

Undersøkelsen utføres ofte i en tidlig planfase for å finne sjødybden og sedimenttykkelse over berg. Metoden er relativt rask og kan dekke store områder. Metoden kan danne grunnlag for plassering av refraksjonsseismiske og geotekniske undersøkelser.

Metoden kan til en viss grad vise løsmasseforholdene over bergoverflaten. Metoden kan i liten grad finne svakhetssoner i berget, men kan avdekke forsenkninger i bergoverflaten.

Undersøkelsen baserer seg på at lyd har forskjellig hastighet i vann, løsmasser og berg. Undersøkelsen utføres ved at lydbølger fra en kilde forplanter seg i vannet og ned til løsmasser og til berg for så å bli reflektert og registrert av en mottaker.

Undersøkelsen utføres fra båt eller ROV (Remote Operated Vehicle).

1.1.2 Refraksjonsseismikk

Metoden omfatter undersøkelser for å kartlegge løsmassetykkelse og –sammensetning, svakhetssoner i berg i overdekkede og i undersøkelige områder. Metoden er den mest pålitelige geofysiske metode for kartlegging av løsmassetykkelse og svakhetssoner i berggrunnen.

Metoden gir ikke retning på svakhetssoner og trenger ved vanlige måleopplegg ikke lengre ned i berg enn maksimalt 15–20 m.

Refraksjonsseismikk baserer seg på at lydbølger endrer hastighet mellom ulike lag i undergrunnen. Ved å konstruere gangbanene til lydbølgene ut fra målte gangtider (førsteankomst), kan en beregne lyd hastigheter og dermed bergkvalitet og lagdeling i løsmasser.

Tolkningene i løsmasser baserer seg på at lyd hastigheten øker med økende dybde. Dette er vanligvis tilfelle, men med for eks. tele i jordskorpa kan metoden ikke benyttes da telelaget normalt vil ha høyere hastighet enn underliggende løsmasser.

Undersøkelsen kan utføres både på land og på sjøbunnen. Lydkilden kan være sprengstoff eller luftkanon (sparker).

1.1.3 Refraksjonsseismisk tomografi

Metoden benyttes for å lage snitt igjennom løsmasser og/eller bergarter på grunnlag av variasjon i lyd hastighet.

Metoden brukes ofte imellom borhull med lydkilder (små sprengstoffladninger) og geofoner lagt ut på overflaten. Geofoner kan også legges ut i borhull eller bygges inn i borstrenger (SCPTU).

Ved å gjøre tomografiske beregninger på måledata kan en detaljert hastighetsmodell for undergrunnen konstrueres.

Det utføres en og en sprengning i borhull. En må ofte ha montert en plastslange i borhullet for å sikre at borhullet er åpent for å få plassert inn sprengladningene.

1.2 Elektriske metoder

1.2.1 2D resistivitet

Metoden gir informasjon om svakhetssoner i berg og retning på svakhetssonene. Den gir også informasjon om forskjellige løsmassetyper mot dypet.

Undersøkelsen baserer seg på at berg og løsmasser har forskjellig motstand for ledning av strøm. Forskjellig bergkvalitet har også forskjellig ledningsevne/motstand som kan registreres. Undersøkelsen utføres ved at strøm fra en kilde forplanter seg i løsmasser og berg for så å bli registrert langs et profil.

Undersøkellesmetoden brukes ikke i saltvann på grunn av saltvannets ledningsevne. Metoden er forholdsvis rask og mindre ressurskrevende enn refraksjonsseismikk.

Metoden kan også anvendes i borhull (RCPTU).

1.3 Elektromagnetiske metoder

Metodene går ut på å sende elektromagnetisk energi ned i bakken og måle undergrunnens elektromagnetiske egenskaper.

1.3.1 Georadar

Metoden viser strukturer i løsmasser. Den kan brukes til arkeologiske forundersøkelser før en bygger veanlegg. Metoden kan også benyttes til å finne avstand mellom vann- og frostsikringshvelv og berg i tunneler.

1.3.2 Airborne Electromagnetic Measurements AEM

Metoden kan dekke store arealer og er nyttig for en grov kartlegging av løsmasser og bergoverflaten i overdekkede områder. Metoden begrenses av støy fra infrastruktur og krever spesiell tillatelse for å fly i lav høyde over mennesker og dyr. Helikopter benyttes vanligvis til slike undersøkelser.

Metoden kan modellere bergoverflate ved å integrere AEM med geotekniske data. Andre bruksområder er undersøkelser av kvikkleireforekomster og kartlegging av svakhetssoner i berg.

AEM-system består av en sirkulær antenne (strømsløyfe) som skaper et varierende elektromagnetisk felt i bakken som igjen inducerer virvelstrømmer i jorda. Disse strømmene, som varierer med jordas ledningsevne, produserer selv et elektromagnetisk felt som fanges opp av én eller flere mottakerantennert monterte på helikopteret. Avhengig av systemets parametere (signalstyrke, antennestørrelse, flyhøyde, støy) og etterprosessering av dataene kan penetrasjonsdybden variere med flere titalls meter.

Selv om det ikke finnes noen generell korrelasjon mellom litologi og resistivitet, er det mulig å foreta en grov klassifisering. Morenemasser (grus, sand og silt) er resistive eller svakt ledende, mens leire er sterkt ledende. I løsmasser bestemmes ledningsevnen av leireinnslag, porøsitet, mineraler i løsnings og vannmetning.

1.4 Geofysiske metoder for borhullslogging

De samme teknikkene som benyttes ved geofysiske målinger på bakken kan også benyttes ved målinger i borhull ved hjelp av forskjellige typer sonder som føres ned i hullet. Metodene brukes til innhenting av geologisk informasjon, og er særlig egnet til å kartlegge retning på sprekker. Metoden er nyttig ved stabilitetsvurderinger av brufundament og beregning av uttrekkslegeme. Metoden krever større diameter enn vanlig kjerneborhull.

For undersøkelser i berg brukes vanligvis optisk eller akustisk sonde.

1.4.1 Optisk sonde, (Digital Optical Televiewer)

Optisk sonde filmer borhullsveggen innvendig kontinuerlig nedover borhullet. En lyskilde belyser borhullsveggen. Bildet som vises er et utbrettet og orientert bilde av innvendig borhullsvegg og en kan se sprekker, bergartsgrenser og geologiske strukturer. Sprekkes strøk, fall og åpning kan beregnes. Sprekkefrekvens og sprekkediagram beregnes og plottes ut. Ved vannfylt hull må vannet være klart.

1.4.2 Akustisk sonde (High Resolution Acoustic Televiewer)

Akustisk sonde benytter lyd i stedet for lys. En lydimpuls sendes mot borhullsveggen. Gangtid og reflektert amplitude for lydimpulsen registreres. Ut fra dette lages et bilde av borhullsveggen. Det er, som for optisk sonde, et utbrettet og orientert bilde hvor en kan se sprekker og geologiske strukturer. Sprekkefrekvens og sprekkediagram beregnes og plottes ut. Det er ikke så lett å se bergartsgrenser med akustisk sonde, men sprekker vises godt, ofte bedre enn med optisk sonde. Det er en forutsetning at hullet er vannfylt, men vannet trenger ikke være klart.

Kommentar: Ved måling i borhull kan det også registreres en rekke parametere, f.eks. gammastråling, magnetometri, seismisk hastighet, temperatur, gravitasjon, Kalium-, Uranium- og Thoriuminnhold. Sonden kan også måle borhullsavvik.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

Entreprenør stiller med alt nødvendig utstyr.

4. Fremgangsmåte

Geofysiske metoder bestilles og utføres av entreprenør med spesialkompetanse.

- ofte er det hensiktsmessig at oppdragsgiver skaffer nødvendige tillatelser før en lyser ut kontrakt for å utføre undersøkelsene. Det kan være tillatelser som ev. sprengninger og tilgang til områder. Dette må avtales i hvert enkelt tilfelle.
- det må tas spesielle hensyn til aquaturanlegg, fiskeoppdrett og fredningsområder for fugl og fisk
- aktuelle instanser som må kontaktes avhengig av hvilke undersøkelser som skal gjøres er Fylkesmannen, Miljøverndepartementet, Kystverket, Sjøkartverket, Fiskeridirektoratet og lokale myndigheter
- kontrakt med utførende entreprenør skal inneholde pris på alle ytelser, utgifter til mannskap, tidsramme, eventuelt andre forhold som kan medføre heftelser. For eksempel værforhold og annen skipstrafikk.
- benyttet utstyr, som kabler etc., skal ikke etterlates i undersøkelsesområdet. Eventuelle sprengnings-skader rettes opp. Det ryddes i området slik at ingen rester fra arbeidet ligger igjen i terrenget/sjøbunnen
- målepinner/markeringspinner med profilnummer skal stå igjen i terrenget til vegprosjektet er ferdigstilt og sluttrapport skrevet.
- borhull må være tilgjengelig for tilleggsundersøkelser, og skal beskyttes med låst lokk

5. Resultater

Resultatene er avhengig av valgt metode. Resultater fra geofysiske metoder rapporteres i egne rapporter.

6. Rapportering

Innhold i rapport vil avhenge av metode. Avhengig av metode skal rapporten inneholde/omfatte:

- navn og firma til ansvarlige (saksbehandler og entreprenør)
- dato, rapportnummer
- metode, med eventuelle avvik
- kart og profiler som viser utlegg. Målestokk på profilene avpasses slik at alle relevante opplysninger er godt synlig på profilet.
- kort beskrivelse av problematikken på stedet. Det bør komme klart fram hvorfor området ble valgt ut
- kotekart av sjøbunnen (for undersøkelser i sjø)
- kotekart av bergoverflaten
- kart som viser tykkelse av løsmasser over berggrunnen
- løsmassetykkelse og -sammensetning
- svakhetssoner i berg, ev. retning
- sprekker, bergartsgrenser og geologiske strukturer (televier)
- oppsummering av geologiske forhold
- alle profilers plassering skal være dokumentert med innmåling.
- eventuelle forslag til videre undersøkelser

7. Referanser

Statens vegvesen håndbok N520 Tunnelveiledning (2016)

Statens vegvesen rapport nr. 305: Kartlegging av svakhetssoner i berg med 2D resistivitet (2018)

Norges Geologiske Undersøkelse, (NGU)
<https://www.ngu.no/emne/geofysiske-metoder//>

Norges geotekniske institutt (NGI)
<https://www.ngi.no/Tjenester/Fagekspertise-AA/Geofysikk-fjernmaaling-og-GIS/AEM>



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.2 Feltmålinger

1.2.7 Bergspenningsmålinger

Februar 2018 (ny)

1. Hensikt

Ved karakterisering av bergmasser utgjør bergspenninger, i tillegg til bergartsfordelingen, oppsprekningsmønstre og grunnvann, en viktig komponent for vurdering av bergmassens stabilitet. Spenninger i berggrunnen kan ha ulike opprinnelse, og variere i størrelse og retning, men er i mange tilfeller retningsgivende for valg av løsninger og bør tas hensyn til ved prosjektering av veganlegg.

For å kunne vurdere bergspenningenes innflytelse på stabiliteten av spesielt tunneler og bergrom, er det nyttig, særlig som input til numeriske analyser, å ha eksakt kunnskap om spenningenes opptreden både lokalt og regionalt.

Slik kunnskap oppnås ved måling av bergspenningene in-situ, både under planlegging av et prosjekt og underveis. Det er flere metoder som kan benyttes for å måle spenninger i berg, men felles for de mest anvendte er at målingene gjøres i borehull. I det etterfølgende gis en oversikt over aktuelle metoder for norske vegprosjekter. Metodene utføres ikke av Statens vegvesen, men anskaffes fra leverandør av slike måletjenester.



Figur 1.2.7-1: Spenningsmålinger Nye Tyn (Hydro)

2. Definisjoner

Shut-in Pressure (P_s): Trykk når sprekk lukkes.

Breakdown Pressure (P_b): Trykk når berget splittes.

Opening Pressure (P_o): Trykk når sprekk jekkes.

Re-opening Pressure (P_{ro}): Trykk når sprekk gjenåpnes.

Tensile Strength (T): Strekkfasthet.

2.1 Symboler

- σ_1 : største hovedspenning
- σ_2 : mellomste hovedspenning
- σ_3 : minste hovedspenning
- σ_H : største horisontale spenningskomponent
- σ_h : minste horisontale spenningskomponent

3. Utstyr

Entreprenør og leverandør av måletjenester stiller med alt nødvendig utstyr.

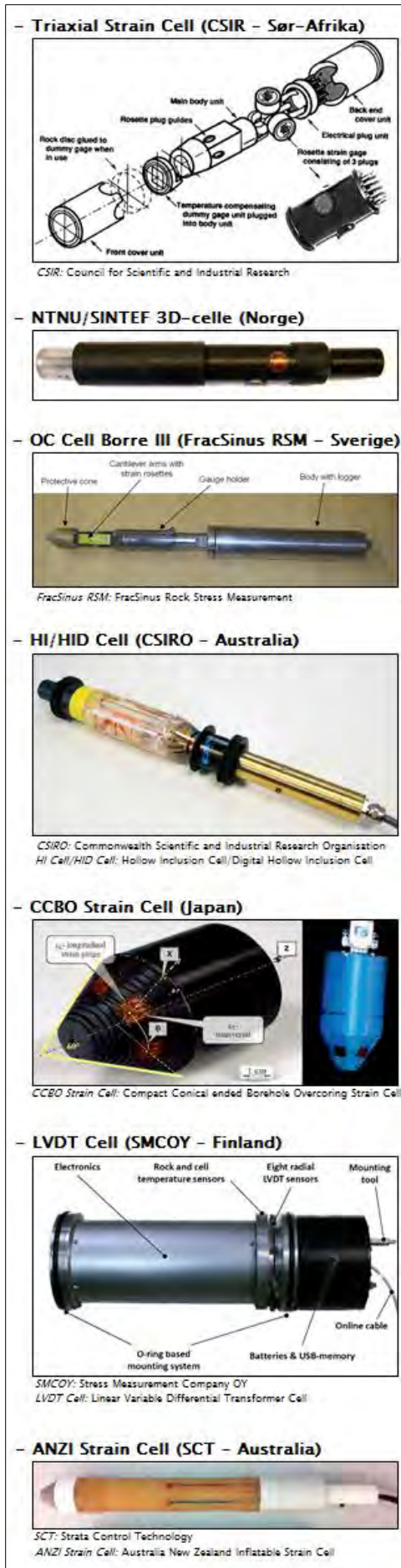
4. Fremgangsmåte

4.1 3D-målinger

Den 3-dimensjonale spenningstilstanden i berget beskrives av tre hovedspenninger, σ_1 , σ_2 og σ_3 . Det er som regel ønskelig å ha kunnskap om størrelse og retning på alle de tre hovedspenningene for å gjøre en korrekt vurdering av bergspenningenes innflytelse på stabiliteten. Fordelen med 3-dimensjonal måling av spenninger er at en kan gjøre dette i ett enkelt borehull, hvor spenningstilstanden da er knyttet til ett eksakt punkt i hullet.

4.1.1 Overboring av målecelle

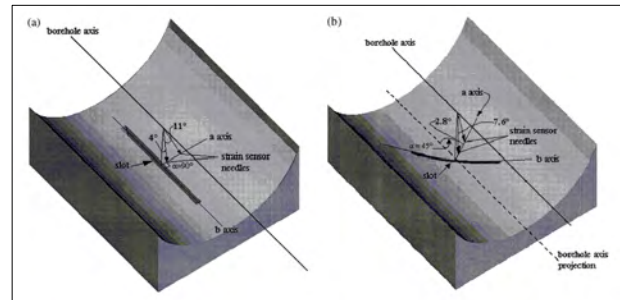
Måling av den 3-dimensjonale spenningstilstanden i berget utføres hovedsakelig med måleceller av ulike utforming som monteres i bunnen av et kjernehull, enten i et kort sentrisk pilothull eller i en utboret konus. Fastmontert målecelle (lim eller mekanisk) overbores slik at resulterende avlastede tøyninger i hullbunnen kan måles i tre retninger.



Figur 1.2.7-2: Eksempler på måleceller

4.1.2 3D-borehole slotter

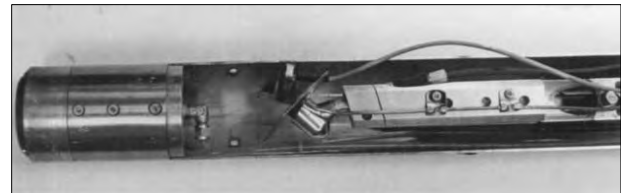
Måling av den 3-dimensjonale spenningstilstanden kan også utføres med en sonde som spennes hydraulisk fast i borehullet og hvor et bevegelig diamantimpregnert sagblad trykkes ut av sonden og sager halvmåneformede slisser med to forskjellige orienteringer i borehullsveggen.



Figur 1.2.7-3: Prinsipp for slissing (R. Corthésy)

Ved å måle tøyningene som oppstår normalt på slissene, kan en ved å kombinere seks slisser i borehullsveggen, beregne in-situ spenningstilstand med numerisk modellering med input fra ett hull. Det sages da gjerne én til tre slisser parallelt med hullaksen og fem til tre sages med 45° vinkel.

Sonden benyttes i kjerneborede hull med diameter 095,6 – 102,8 mm.

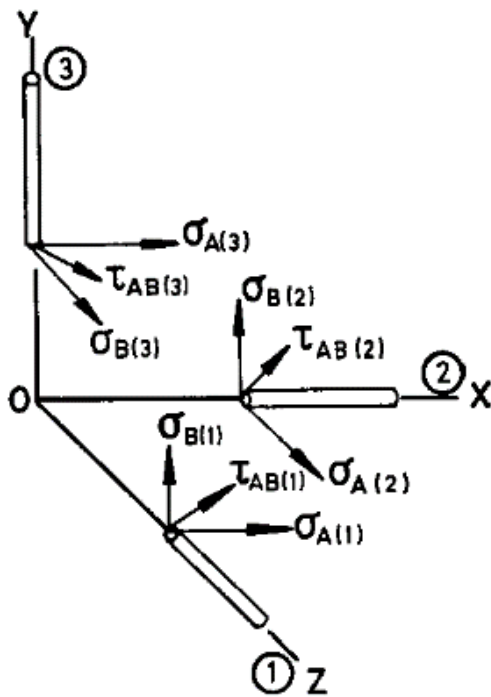


Figur 1.2.7-4: 3D-Borehole Splitter (Noranda)

4.2 2D-målinger

Ved 2-dimensjonale spenningsmålinger måler en to spenningskomponenter i et gitt plan definert av borehullsretningen. Dersom hullet er boret parallelt med én av hovedspenningsretningene, vil de to målte komponentene være samsvarende med to av hovedspenningene i berget. For å kunne beregne den 3-dimensjonale spenningstilstanden er en avhengig av å gjøre målinger i ytterligere minst ett hull, helst to hull i en triaksial ortogonal konfigurasjon. Hullene bores fortrinnsvis mot hverandre og helst parallelt de tre hovedspenningsretningene.

En slik borehullskonfigurasjon kan imidlertid være utfordrende å få etablert dersom alle tre hull må bores fra samme tunnel eller bergrom. Beregnet 3-dimensjonal spenningstilstand fra 2D-målinger har derfor ofte input hentet fra forskjellige nærliggende lokaliteter og dette gir rom for noe større unøyaktighet enn i resultatet fra én 3D-måling.



Figur 1.2.7-5: Borhullskonfigurasjon

4.2.1 Overboret doorstopper

Den mest vanlige typen 2-dimensjonale tøyningsgivere for måling og beregning av in-situ bergspenningstilstand, er såkalte «doorstopper». Navnet har sitt opphav i måleapparaturens likhet med 1960-tallets dørstopper og har sin opprinnelse fra Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) i Sør-Afrika.



Figur 1.2.7-6: Doorstopper og dørstopper (SINTEF)

En doorstopper tøyningsgiver har en strekkklapp-rosett montert under basen. Hele doorstopperen med rosett limes fast sentrisk i bunnen av kjernehullet, hvor hullbunnen på forhånd er slipt flat med et diamantverktøy. Tøyningene avleses.

Kjernehullet forlenges så forbi doorstopperen i hullbunnen og tøyningene avleses på ny. Målte tøyningssendringer sammen med bergets elastiske egenskaper brukes så for å angi in-situ bergspenningstilstanden i hullbunnsplanet.

4.2.2 Overboret målesonde

Det kan også benyttes sylindriske målesonder som monteres sentrisk i et pilothull i bunnen av kjernehull. Målesonden overbores med en større kjernediameter og resulterende deformasjon av pilothullet hvor sonden er montert måles. Målingene av hulldeformasjon og bergets elastiske egenskaper benyttes for bestemmelse av det 2-dimensjonale spenningsbildet.

– USBM Borehole Def. Gauge (GEOKON – USA)



USBM: United States Bureau of Mines

– Overcoring IST Tool (Sibra – Australia)



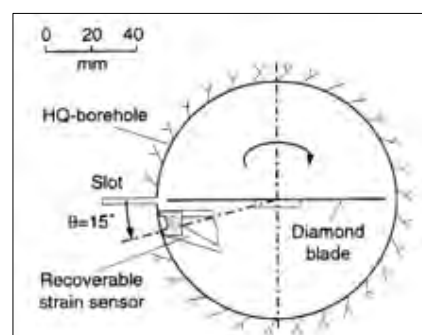
Overcoring IST Tool: In-situ Stress Testing by Overcoring Tool

Figur 1.2.7-7: Eksempler på ulike typer målesonder

Ettersom disse systemene baserer seg på mekanisk forankring av måleapparatet, har de avhengig av kabling og integrering med borestreng mye større rekkevidde enn 3D-systemene som er basert på limte strekkklapp-rosetter. I vertikale borehull kan det med wireline måles ned til 2000 m dyp.

4.2.3 2D-borehole slotter

Måling av den 2-dimensjonale spenningstilstanden kan også utføres med en sonde som spennes hydraulisk fast i borehullet og hvor et bevegelig diamantimpregnert sagblad trykkes ut av sonden og sager halvmåneformede slisser i borehullveggen parallelt hullaksen.



Figur 1.2.7-8: Slisseprinsipp 2D-borehole slotter (C. Ljungren)

Ved å måle tøyningene som oppstår normalt på slissene, kan en beregne den 2-dimensjonale spenningstilstanden.

Sonden benyttes i kjerneborede hull med diameter $\varnothing 95,6 - 102,8$ mm.



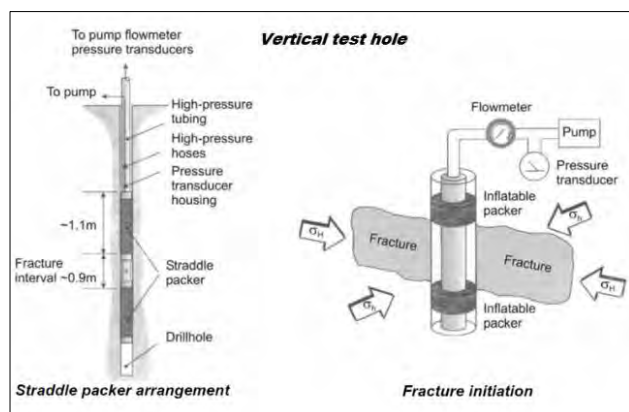
Figur 1.2.7-9: 2D-borehole slotter (Interfels)

4.3 Hydraulisk splitting/jekking

Denne metoden baserer seg på å finne minste motstands vei i bergmassen, dvs. minste hovedspenning, σ_3 . Målingene gjøres i borehull, både hammerborede og kjernehull, og kan gjøres i hull boret i alle retninger.

Fremgangsmåten består i å trykksette en isolert del av et borehull med et fluid. Vanligvis benyttes vann som er et idealfluid, hvilket vil si en inkompressibel væske.

Når trykket blir høyt nok i testseksjonen, som enten etableres med en dobbeltpakker eller mot avstengt innerste del av hull, vil det genereres en ny sprekke i intakt berg (splitting) eller en eksisterende sprekke vil åpnes (jekking).

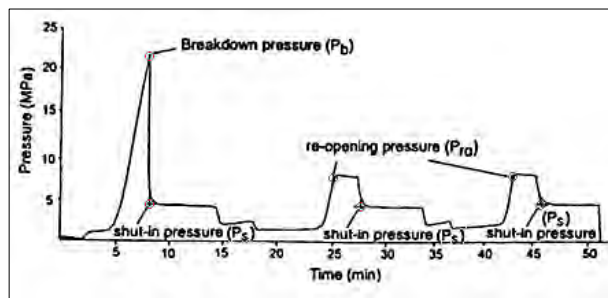


Figur 1.2.7-10: Hydraulisk splitting – dobbeltpakker (SINTEF)

En slik sprekkeåpning er forholdsvis enkel å detektere da væskestrømmen brått går fra null til nærmest lik pumpekapasiteten.

Sprekkeåpningstrykket vil gjerne variere med type åpning (splitting, jekking eller gjenåpning) og gir sjelden en gjentatt lik verdi. For bestemmelse av minste normalspenning som skal til for å holde sprekken åpen, stenges i stedet væsketilførselen av slik at trykket i testseksjonen raskt avtar inntil væskestrømmen igjen brått er null. Dette trykket kalles sprekkelukketrykket (shut-in) og dersom

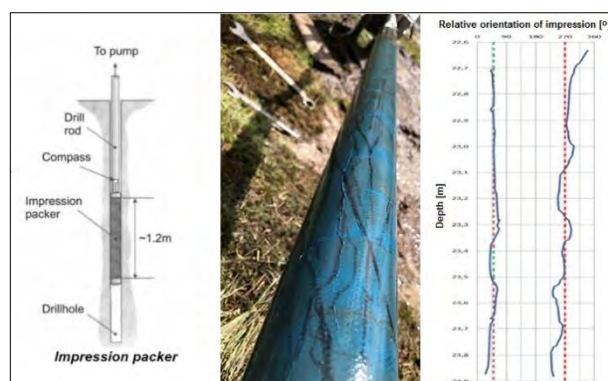
stabil over flere testsykluser, kan dette trykket anses å tilsvare minste hovedspenning, σ_3 .



Figur 1.2.7-11: Typisk trykk-tid kurve for 3 test-sykluser (SINTEF)

Som for doorstoppermålinger er det dog viktig at det måles i hull som er orientert nær parallelt én av hovedspenningsretningene i bergmassen spesielt dersom splitting av intakt bergmasse er testens intensjon. For bestemmelse av minste hovedspenning ved jekking av eksisterende sprekker er det spesielt viktig å vurdere bergmassens anisotrope egenskaper og om sprekkenes orientering faktisk er relatert til hovedspenningsretningene.

Uansett opphav av sprekke må en ta avtrykk av de sprekkenes det er målt på i testseksjonen, slik at disses orientering kan stadfestes og inngå i vurderingen av spenningsretninger og retning på ev. nye hull.



Figur 1.2.7-12: Pakker for sprekkeavtrykk (SINTEF)

5. Resultater

Resultatene er avhengig av valgt metode. Resultater fra bergspenningsmålingene rapporteres i egne rapporter.

5.1 Beregning av bergspenninger

For hydrauliske splittetester gjelder etterfølgende formelverk dersom testhull er boret vertikalt og parallelt hovedspenning, $\sigma_2 \approx \sigma_z$.

Minste hovedspenning:

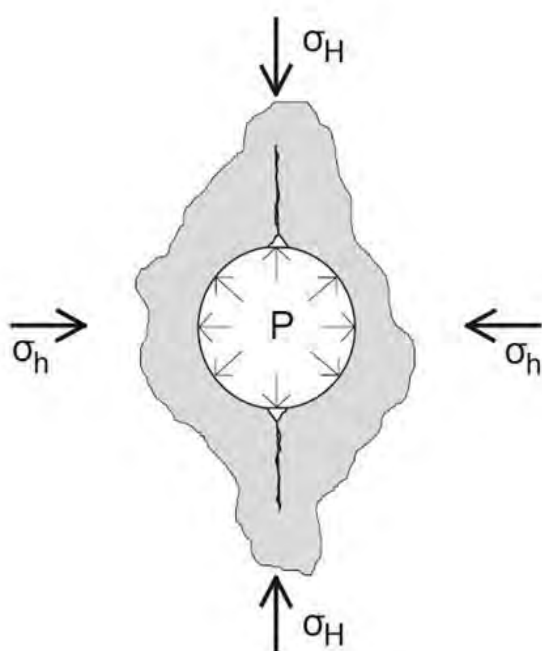
$$\sigma_3 \approx \sigma_h = P_s$$

Strekkfastheten av bergmassen kan utledes enten fra tester på kjerner i lab eller fra målingene slik:

$$T = P_b - P_{ro}$$

Største hovedspenning blir da:

$$\sigma_1 \approx \sigma_H = 3 \times P_s + T - P_b$$



Figur 1.2.7–13: Spenningsretninger

6. Rapportering

Innhold i rapport vil avhenge av metode. Avhengig av metode skal rapporten inneholde/omfatte:

- navn og firma til ansvarlige (saksbehandler og leverandør/entreprenør)
- dato, rapportnummer
- metode, med eventuelle avvik
- kart og profiler som viser plassering. Målestokk på profilene avpasses slik at alle relevante opplysninger er godt synlig på profilet.

- kort beskrivelse av problematikken på stedet. Det bør komme klart fram hvorfor området ble valgt ut
- kotekart av bergoverflaten
- kart som viser tykkelse av løsmasser over berggrunnen
- løsmassetykkelse og -sammensetning
- svakhetssoner i berg, ev. retning
- sprekker, bergartsgrenser og geologiske strukturer
- oppsummering av geologiske forhold
- alle hullplasseringer og profilers plassering skal være dokumentert med innmåling
- eventuelle forslag til videre undersøkelser

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

Statens vegvesen håndbok N520 Tunnelveiledning (2016).

ASTM D4623 (2016): Standard Test Method for Determination of In Situ Stress in Rock Mass by Overcoring Method—Three Component Borehole Deformation Gauge.

ISRM Suggested Methods (2003): Rock stress estimation Part 1: Strategy for rock stress estimation.

ISRM Suggested Methods (2003): Rock stress estimation Part 2: Overcoring methods.

ISRM Suggested Methods (2003): Rock stress estimation Part 3: Hydraulic fracturing (HF) and/or hydraulic testing of pre-existing fractures (HTPF) methods.

ISRM Suggested Methods (2003): Rock stress estimation Part 4: Quality control of rock stress estimation.

ISRM Suggested Methods (2012): Rock stress estimation Part 5: Establishing a model for the in situ stress at a given site.

Draft ISRM Suggested Method (1999): In situ stress measurement using the compact conical-ended borehole overcoring (CCBO) technique.



1.2.8 Punktlastprøving

Februar 2018 (ny)

1. Hensikt

Metoden omfatter måling av bergarters styrke med punktlastprøving. Denne metodebeskrivelsen omfatter diametral og aksial prøving av borkjerner og prøving av håndstykker. Metodebeskrivelsen er basert på ASTM D5761-16.

1.1 Prinsipp

Prøvestykket utsettes for to motsatt rettede punktlaster. Det induseres strekkspenninger i plan vinkelrett på lastretningen. Ved økende belastning vil strekkbrudd bli initiert.

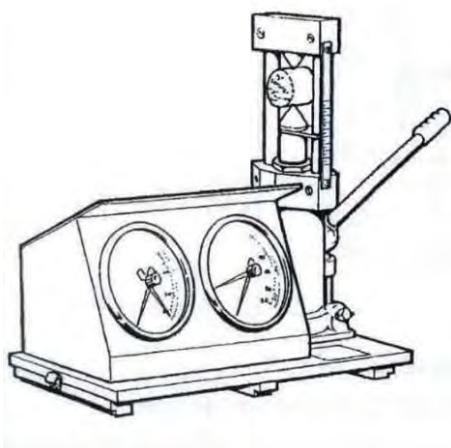
2. Definisjoner

Anisotrop bergart. Bergart med forskjellig styrke avhengig av lastretning, ofte på grunn av foliasjon.

3. Utstyr

- testapparat for punktlastprøving iht. ASTM D5761-16.
- vernebriller
- skyvelære

For vedlikehold og kalibrering av punktlastapparatet henvises det til utstyrets brukermanual.



Figur 1.2.8-1: Skisse av testapparat for punktlastprøving (ELE Int.)

4. Fremgangsmåte

4.1 Prøveserie

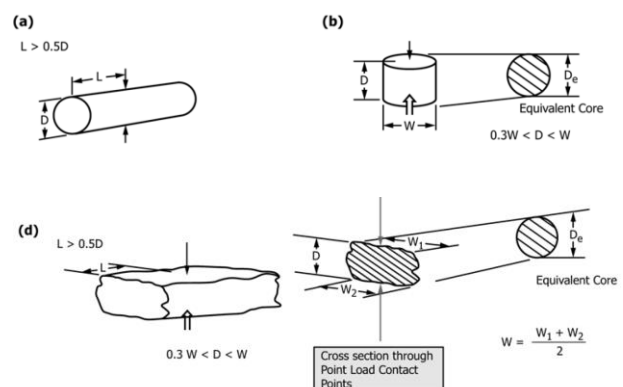
For borkjerner bør en prøveserie bestå av minst 10 prøvestykker. For håndstykker bør prøveserien bestå av minst 20 prøvestykker. I begge tilfeller bør antallet økes hvis prøvene er inhomogene eller anisotrope.

4.2 Størrelse og utforming av prøvestykker

For borkjerner skal diameter ikke være under 30 mm og ikke overstige 85 mm. Diametral prøving kan utføres på borkjerner med et lengde/diameterforhold > 1 . Aksial prøving kan utføres på borkjerner med et lengde/diameterforhold mellom 0,3 og 1.

Kommentar: Lange borkjerner kan testes diametralt for å lage passende lengder for etterfølgende aksial prøving.

Håndstykker skal ha en størrelse på 30 til 85 mm. Krav til utforming av prøvestykker er illustrert i figur 1.2.8-2 (d). D/W -forholdet må være mellom 0,3 og 1, ideelt nært 1.



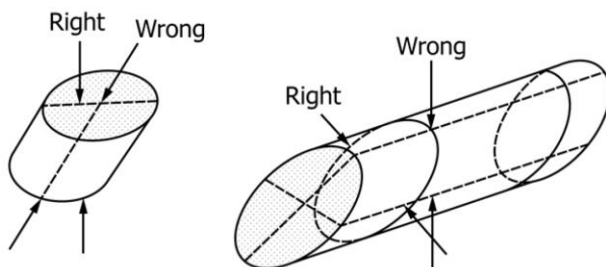
Figur 1.2.8-2: Lastkonfigurasjoner og krav til utforming av prøvestykker for a) diametral prøving b) aksial prøving og d) prøving av håndstykker (ASTM D5761-16)

4.3 Diametral prøving

Fremgangsmåte ved diametral prøving:

- steng trykkavlastningsventilen

- plasser prøvestykket inn i testapparatet mellom belastningskonusene
- jekk opp den nedre belastningskonusen så det er god kontakt mellom belastningskonusene og prøvestykkets langsider
 - for isotropiske prøver skal lastretningen stå vinkelrett på sideflaten (og vinkelrett på kjerneaksen)
 - for anisotropiske prøver skal lastretningen stå vinkelrett på eller parallelt med lagene, se figur 1.2.8-3
- pass på at avstanden mellom kontaktpunktet og nærmeste frie ende er minst lik $0,5 \times D$, se figur 1.2.8-2 (a)
- mål avstand D med nøyaktighet på $\pm 2\%$, se figur 1.2.8-2 (a)
- sjekk at slepeviseren er tilbakestilt i 0-posisjon
- jekk med jevn kraft til borkjernen går i brudd innenfor 10 til 60 sekunder
- noter bruddlasten
- åpne opp trykkavlastningsventilen og trykk den nedre belastningskonusen ned for å gjøre klar til ny prøve
- tilbakestill slepeviseren



Figur 1.2.8-3: Lastretninger for anisotrope prøvestykker (ASTM D5761-16)

4.4 Aksial prøving

Fremgangsmåte ved aksial prøving:

- steng trykkavlastningsventilen
- plasser prøvestykket inn i testapparatet mellom belastningskonusene
- jekk opp den nedre belastningskonusen så det er god kontakt mellom belastningskonusene og prøvestykkets endeflater
 - for isotropiske prøver skal lastretningen stå vinkelrett på endeflatene (parallelt med kjerneaksen)
 - for anisotropiske prøver skal lastretningen stå vinkelrett på eller parallelt med lagene, se figur 1.2.8-3
- mål avstand D med nøyaktighet på $\pm 2\%$, se figur 1.2.8-2 (b)
- mål bredden (W) vinkelrett på lastretningen med nøyaktighet $\pm 5\%$, se figur 1.2.8-2 (b)
- sjekk at slepeviseren er tilbakestilt i 0-posisjon
- jekk med jevn kraft til borkjernen går i brudd innenfor 10 til 60 sekunder
- noter bruddlasten

- åpne opp trykkavlastningsventilen og trykk den nedre belastningskonusen ned for å gjøre klar til ny prøve
- tilbakestill slepeviseren

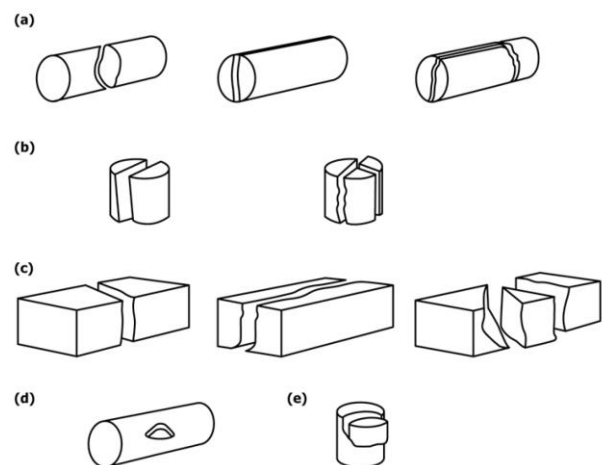
4.5 Prøving av håndstykker

Fremgangsmåte ved prøving av håndstykker:

- steng trykkavlastningsventilen
- plasser prøvestykket inn i testapparatet, så den tynneste delen ligger mellom belastningskonusene, unna kanter og hjørner.
- jekk opp den nedre belastningskonusen så det er god kontakt med prøvestykket
- avstanden L skal være minst lik $0,5 \times W$, se figur 1.2.8-2 (d)
- mål avstand D på prøvestykket med nøyaktighet på $\pm 2\%$, se figur 1.2.8-2 (d)
- mål bredden W vinkelrett på lastretningen. Hvis sidene ikke er parallelle, beregnes W som $(W_1 + W_2) \times 0,5$ som vist på figur 1.2.8-2 (d)
- sjekk at slepeviseren er tilbakestilt i 0-posisjon
- jekk med jevn kraft. Prøvestykket skal gå til brudd innen 10 til 60 sekunder
- noter bruddlasten
- åpne opp trykkavlastningsventilen og trykk den nedre platen ned for å gjøre klar til ny prøve
- Tilbakestill slepeviseren

4.6 Bruddmønster

Prøveresultater er ikke gyldig om bruddet kun går gjennom ett lastpunkt, se figur 1.2.8-4. Typiske bruddmønster er gitt i figur 1.2.8-4.



Figur 1.2.8-4: Typisk bruddmønster for gyldig og ugyldig prøving. (a) gyldig diametral prøving (b) gyldig aksial prøving (c) gyldig prøving på håndstykke (d) ugyldig diametral prøving (e) ugyldig aksial prøving (ASTM D5761-16)

4.7 Anisotrope prøver

Når en prøveserie er skifrig, lagdelt eller ellers observerbart anisotrop, burde den prøves i retningen som gir høyest og lavest styrkeverdi. Dette er vanligvis henholdsvis parallelt og normalt

på det anisotrope planet. For håndstykker kan dette være vanskelig å få til.

Kommentar: For beste resultat bør kjerner bores så vinkelrett på det svake planet som mulig, og ikke avvike mer enn 30°.

5. Resultater

5.1 Registrering

Alle enkeltobservasjoner noteres i et registrerings-skjema. Ved rapportering av beregnede verdier oppgis anvendt kjernediameter / størrelse på prøvestykker og vinkel i forhold til svakhetsplan (\perp = vinkelrett på svakhetsplan, \parallel = parallelt med svakhetsplan).

5.2 Beregninger

5.2.1 Ukorrigert punktlaststyrkeindeks

Ukorrigert punktlaststyrkeindeks (I_s) beregnes for alle gyldige enkeltresultater i en prøveserie.

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \text{ (MPa)}$$

hvor:

P = bruddlast (N)

D_e = ekvivalent kjernediameter (mm)

Ekvivalent kjernediameter (D_e):

$$D_e^2 = D^2 \text{ (mm}^2\text{) for diametral prøving}$$

$$D_e^2 = \frac{4A}{\pi} \text{ (mm}^2\text{) for aksial og håndstykkeprøving}$$

hvor:

$A = WD$ = minimum tverrsnittsareal av et plan gjennom kontaktpunktene

5.2.2 Størrelseskorrigert punktlaststyrke

Punktlaststyrken varierer med D for diametral prøving og med D_e for aksial- og håndstykkeprøving. I Norge er vanlig anvendt referansediameter 32 mm. 50 mm er valgt som internasjonal standard. For sammenligning av resultater oppnådd på prøvestykker med ulik diameter, omregnes disse til en felles referanse ved hjelp av en omregningsformel:

$$I_{(s(50))} = F \times I_s$$

hvor:

F = størrelseskorreksjonsfaktor

Størrelseskorreksjonsfaktor (F):

$$F = \left(\frac{D_e}{50}\right)^{0,45}$$

For omregning fra 32 mm borkjerner til internasjonal standard 50 mm, er F lik 0,82.

Gjennomsnittlig $I_{s(50)}$ beregnes for en prøveserie. Ved beregning av gjennomsnittet for en prøveserie på 10 eller flere prøvestykker ser en bort fra de to høyeste og de to laveste verdiene. Dersom det er vesentlig færre gyldige prøveresultat ser en kun bort ifra den høyeste og den laveste verdien.

5.2.3 Styrke-anisotropiindeksen

Styrke-anisotropiindeksen (I_a) beregnes som forholdet mellom punktlaststyrkeindeksene observert parallelt og vinkelrett på lagdeling i bergarten.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- sted, dato, klokkeslett og ansvarlig for prøvingen
- prøveidentifikasjon inkl. hvordan og av hvem prøven var tatt
- beskrivelse av prøveserien (inkl. type bergart og svake plan)
- modell testapparat
- prøvingsmetode, med eventuelle avvik
- alle registreringer og måleresultater
- alle beregninger

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

ASTM (2016): Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications

ISRM (1985): Suggested Method for determining point load strength, The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974–2006



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.2 Feltmålinger

1.2.9 Setningskontroll av bygg, fundamenter

Februar 2018 (ny)

1. Hensikt

Det er i nærheten av nye tunneler, bergskjæringer og byggegrøper og ved punktering av artesiske overtrykk fare for at terrenget heves/senkes eller forskyves sideveis som følge av inngrepet.

Målinger på innsatte fastmerker på bygg og andre konstruksjoner er nødvendig for å ha kontroll med ev. bevegelser, enten det er senkning av terrenget (grunnet deformasjoner i en nærliggende tunnel, eller setninger i løsmasser), heving av terrenget (pumpe-trykket fra en forinjeksjon) eller sideforflytning og setninger (f.eks. nær spuntgrøper).

Det er vel så viktig å dokumentere at det faktisk *ikke* har vært endringer i løpet av byggeperioden, om det er det som er tilfellet.

Kommentar: Ved forinjeksjon og liten overdekning finnes en risiko for å løfte terrenget, også ved små/moderate trykk (f.eks. 30–50 bar). Det er særlig der injeksjonsmassen går inn på nær flattliggende eller slakt fallende sprekkeflater og dermed kan få et stort areal å trykke på i retning minste motstands veg, dvs. oppover. Flere cm heving er registrert i noen tunnelprosjekter, midlertidig eller permanent.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

Montering av målebolter:

- Drill for boring i f.eks. betongmur
- Målebolter (rustfritt stål eller messing)
- Lim

Målinger:

- Totalstasjon og prismer



Figur 1.2.9–1: Eksempel på målebolt i messing. Boltene i midten plasseres helt inne i hullet slik at den er lite synlig og samtidig beskyttet mot skade. Høyre forlengelse skrues på ved måling.

4. Fremgangsmåte

Området som kan være utsatt for endringer må defineres, deretter må det utarbeides en plan over hvilke bygg, konstruksjoner eller annet som må overvåkes, og hvor ofte det skal kontrollmåles.

4.1 Bestemmelse av influensområde

Det forutsettes tilstrekkelig kunnskap om bygningsmassen (bl.a. fundamenteringsforhold), grunnforhold/løsmasser, grunnvann og hvordan veganlegget kan tenkes å påvirke området.

4.2 Montering målebolter

Avhengig av fundamenterings- og grunnforhold og nærhet til og hvilken type anlegg velges målepunktene ut, og monteres opp. Det må også opprettes referansepunkter, helst på fast berg. Hvis ikke det er mulig kan det brukes konstruksjoner, bygg, e.l. som antas å stå stabilt.

Boltene må settes ut og nullmåles i god tid før anleggsarbeidene starter opp for å registrere før-tilstanden.

Det anbefales at en stikningsingeniør/geomatiker tar seg av både montering og måling, og legger ut resultatene i regneark iht. avtalte måleintervaller.

Kommentar: Det er vanlig å sette måleboltene ved hushjørnene, og som regel flere bolter pr hus, noen ganger på hvert hjørne. En skal også være klar over

mulige skjevsetninger, som er typisk når f.eks. bare deler av et hus står på fast berg.

4.3 Målinger

Målingene gjøres av stikningsingeniør/geomatiker med egnet totalstasjon/kikkert. Måleusikkerheten er avhengig av både type instrument, type prisme og måleopplegget (avstander/vinkler) og må bestemmes i hvert enkelt tilfelle. Det bør velges instrument og prisme som måler med nøyaktighet på minimum $\pm 1,0$ mm.



Figur 1.2.9-2: Øverst en målebolt med forlengelse på et hushjørne, nederst er et prisme klargjort for kontrollmåling (foto: Rune Samnøy)

5. Resultater

Måleresultatene legges fortløpende inn i regneark, sammen med kart/figurer som viser hva det måles på. Det gjør det siden enkelt å generere rapporter.

Tabellene i regnearket skal ha nullmålingen og senere kolonner for jevnlike, daterte målinger. Operatør, utstyr og vær/temperatur noteres også, likeledes måleusikkerheten.

6. Rapportering

Rapporten skal presentere grafer/diagrammer som viser utviklingen plottet mot tid, sammen med kart/figurer for god oversikt. Måleverdiene kan ev. vises i vedlegg.

Rapporten skal inneholde:

- vegprosjekt, kort beskrivelse
- kart med oversikt veg/tunnel og målepunkter
- målemetode/utstyr/usikkerheter
- måleresultatene
- konklusjon
- ansvarlig person/firma
- forfatter/signatur

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

Gjennom standardiseringssekretariatet er Kartverket koordinator, rådgiver og standardiseringsorgan for geografisk informasjon. Sjekk derfor alltid ut gjeldende standard på <https://kartverket.no/geodataarbeid/Standarder/Standarder-for-geografisk-informasjon/>

Standarder geografisk informasjon –
Produksjon av basis geodata V1.0 – mars 2015

Standarder geografisk informasjon –
Geodatakvalitet V1.0 – januar 2015

NS 3580:2015 Bygg- og anleggsnett –
Ansvarsfordeling, kvalitetskrav og metoder

NS-EN ISO 19157:2013 Geografisk informasjon –
Datakvalitet

NS-EN ISO 19109:2015 Geografisk informasjon –
Regler for applikasjonsskjema



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.2 Feltmålinger

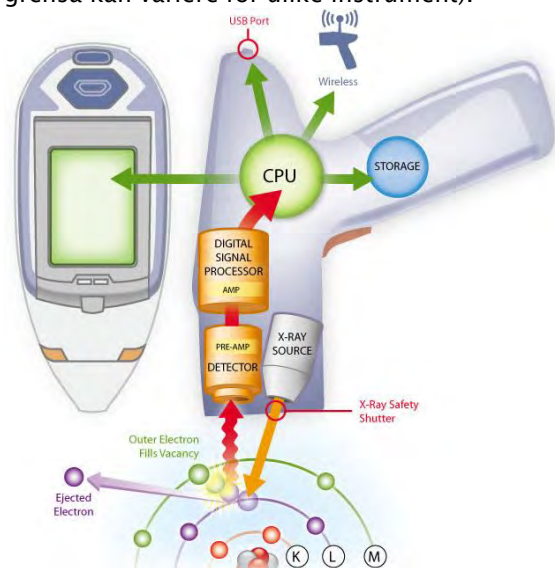
1.2.10 Feltanalyse med XRF

Mars 2018 (ny)

1. Hensikt

XRF er eit måleinstrument, som nyttar røntgenstråler for å analysere kjemisk innhald i ei prøve. XRF gjer det mogleg å få ei rask påvising og kvantifisering av grunnstoff i prøvar, og er mykje brukt innanfor gruvedrift, miljøkartlegging og arkeologi. Instrumentet kan til dømes nyttast for å vurdere miljørisiko frå syredannande bergartar eller frå anna forureina grunn. XRF kan også nyttast til analysar av metall og bygningsmaterialar.

XRF–analysen er hovudsakleg ein overflateanalyse. Instrumentet måler på eit lite, avgrensa område, og har rekkevidde frå nokre μm til mm-skala ned i prøven, avhengig av prøvematriks. Analysetida kan stillast inn avhengig av kor mange grunnstoff ein vil analysere, og ønska nøyaktigheit på analysen. Ei normal analysetid ved full skanning er frå eitt til to minutt. Instrumentet kan ikkje måle dei lettaste grunnstoffa (lettare enn magnesium Mg, men grensa kan variere for ulike instrument).



Figur 1.2.10–1: Modell som skildrar prinsippet for ein XRF–analyse (Thermo Scientific, 2011)

Figur 1.2.10–1 viser ein modell som skildrar prinsippet for ein XRF–analyse (Thermo Scientific, 2011). Den reflekterte strålinga blir registrert i ein

detektor. Bølgelengdene og intensiteten til strålinga dannar grunnlaget for å bestemme innhald og konsentrasjonen av dei ulike grunnstoffa i prøven.

2. Definisjonar

XRF: Forkorting for X–ray fluorescens/Røntgen fluorescens.

3. Utstyr

For analysar direkte i felt treng ein:

- XRF
- geologihamar/slagbormaskin ved bruk på stein
- spade/jordbor ved bruk på jord
- GPS
- fotoapparat
- prøveposar for innsamling av prøver

For prøvepreparering på lab treng ein i tillegg:

- posar til å samle prøvar i
- merketusj
- mortermølle (agatmorter)
- utstyr til å lage prøvekoppar
- stativ til XRF–en

Utstyr for å legge inn resultatata frå analysane til PC:

- PC–en må ha installert programvaren som høyrer til XRF–en
- tilhøyrande Usb–kabel

4. Framgangsmåte

4.1 Analysar direkte i felt

Det krevst lite førebuing for målingar in situ/direkte i felt. Generelt gjeld at fleire analysar gir eit betre utgangspunkt for å vurdere resultatata. Merk prøven med eit namn før du gjer analysen, dette namnet kan du skrive direkte inn på XRF–en.

4.1.1 Analysar på jord

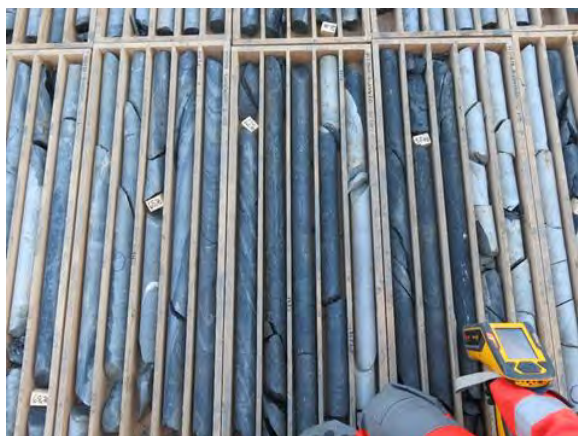
Ved analysar direkte på grunnen bør ein fjerne lauv, kvistar, gras og steinar før ein startar målinga. Det er ein fordel om den øvste delen blir krasa opp og deretter pakka ned (Voie m. fl.

2010). Fuktigheit kan vere ei stor feilkjelde. Den totale feilen er som oftast liten når fuktinnhaldet er lågt (5– 20 %). Er fuktinnhaldet større enn 20% er det anbefalt å tørke prøven (Kalnicky & Singhvi, 2001). Ved analysing direkte på jord, er det anbefalt at laget har ein tjuknad på minst 10 mm (Imanishi, Bando, Komatani, Wada, & Tsuji, 2009). For prøvar djupare ned i jorda kan eit jordbor nyttast for å hente opp prøvar.

4.1.2 Analysar på stein

Den ytste delen av ei bergflate er ofte påverka av forvitring, og dersom ein ikkje vil måle spesifikt på denne forvitningsflata bør ein forsøke å hakke av den ytste delen, eller finne uforvittra andre flater på steinen, der ein kan måle. Det kan vere nyttig å bruke ei slagbormaskin for å framskaffe prøvemateriale djupare ned i berget. Elles nyttast borekaks og borkjerner.

Små og større mineralkorn er ikkje homogent fordelt i ein bergart, og dermed kan ein risikere å treffe tilfeldige korn, som ikkje er representative for resten av steinen. Jo fleire målingar per område, jo sikrare, og meir representative blir målingane.



Figur 1.2.10–2: Analysing med XRF direkte på borkjerner frå tunnel, Rv4 Gran (Fjermestad & Hagelia 2016)

Overflata på prøvematerialet bør helst vere jamn, slik at instrumentet kjem heilt inntil steinen (prøven skal vere nærmast mogleg strålingskjelda). For finkorna skifrige bergartar, særleg svarte leirskifrar (alunskifer m.m.), er det viktig å plassere analyseområdet på tvers av lagdelinga. Svarte skifrar er kjent for stor kjemisk variasjon frå lag til lag på liten skala (< 1 mm). For slike svake bergartar er det om nødvendig ofte lett å file til eit nokså plant område før ein analyserer på flata.

4.2 Analyser ved prøvepreparering

For å minimere feilkjelder som kjem av partikkelstorleik, heterogenitet og overflateforhold kan ein preparere prøvane før analyse. Det finst fleire ulike prepareringsmetodar.

Pulverpreparering er ein enkel metode og blir gjort ved å male ned steinen til fint pulver ved bruk av morter. Ein bør bruke agatmortar fordi denne ikkje avgir sporstoff som kan påverke analyseresultatet. Knusing i mortar er velegna for svake bergartar som svartskifer og kalkstein, medan knusing av hardare bergartar (gneis, granitt etc.) krev knusing i mølle. Stålmøller inneheld ofte Cr, V og Mo, som i knuseprosessen vil smitte over på prøven. Ved bruk av stålmølle er det viktig å kjenne innhaldet av slike sporstoff. Dette kan ein raskt avklare ved å analysere med XRF direkte på godset. Prøvane blir deretter overført til eigne «prøvekoppar» tilpassa XRF-en. Ein annan prepareringsmetode går ut på å presse bergartspulveret til pellets før analyse.

4.3 HMS

Ved analysing med XRF blir det sendt ut høg-energetisk stråling (røntgen) i ei smal stråle inn mot prøven. Det er viktig at personell som skal bruke XRF-en har gjennomgått sikkerhetsrutinane på førehand, slik at instrumentet blir brukt på rett måte. Den viktigaste regelen for sikker bruk er å aldri rette XRF-en mot seg sjølv eller andre medan ein utfører analysar. Ved ein aktiv bruk av XRF gjennom eit heilt år vil stråledosane til kroppen komme godt under anbefalt strålegrense for allmennheita (1 mSv/år).

Når instrumentet ikkje er i bruk, bør det vere låst inne på ein trygg plass.

5. Resultat

Resultatet kjem direkte opp på instrumentet etter kvart som du måler på ein prøve (figur 1.2.10–3). Etter opplasting av data til PC kan ein huke av for å laste ned data til Excel. Det er i dette formatet resultatata best kan distribuerast vidare. Det er også mogleg å lage eigne rapportmalar for resultatata som kan tilpassast dei ulike formåla med prøvetakinga. I excel kan ein også legge til informasjon om GPS-punkt og kommentarar ein har skrive ned per prøve.

Konsentrasjonane kjem direkte opp på skjermen. Raude tall kjem fram her på grunn av grenseverdiar som er lagt inn i instrumentet. Det kan veljast om konsentrasjonar skal visast som % eller ppm. Rekkefølga på grunnstoff kan også endrast.

5.1 Kalibrering av instrument

Kalibrering av instrumentet må utførast etter fast rutine frå leverandøren. Det er likevel anbefalt å legge inn *kalibreringskorreksjonar* basert på eigne prøvar med kjent kjemi.

Ele	ppm	±2σ
S	20.3K	0.2K
Ca	7184	507
U	41	6
Zn	271	15
As	35	10
Ni	92	29
Mo	126	3
Pb	20	7
Cr	135	33
Th	15	4

Figur 1.2.10-3: Resultat frå analyse av svartskifer

Dette gjer ein ved å sende inn prøvar av det aktuelle materialet som skal prøvetas til kjemisk analyse ved akkreditert laboratorium. Pulver frå desse prøvane kan sendast tilbake frå laboratoriet, og ein får då moglegheit til å sjekke korleis XRF-målingar på pulveret samsvarer med lab-analyser. På bakgrunn av analysane lagar ein kalibreringskurver som kan brukast til å justere kalibreringa til instrumentet, dersom XRF-verdiane har eit tydeleg/signifikant avvik frå lab-verdiane.

Instrumentet har ein eigen intern kalibrering som bør gjennomførast kvar dag (på NITON-instrument – System check).

5.2 Usikkerheit

XRF-analyse er ein overflateanalyse, derfor må ein vere bevisst når ein vel ut prøvemateriale. Ved behov for sikrere analysar er preparering av prøven i plastholderar eit godt alternativ

Ei analyse vil alltid ha ei usikkerheit knytt til seg. Feilmarginen vil vere oppgitt etter analyseresultatet, og er normalt gitt som to gangar standardavviket (2σ).

Usikkerheita til ein analyse kan vere relatert til (Shaffer, 2012):

- prøveprepareringsmetode
- effekt av kornstorleik (som ideelt bør vere under $50\ \mu\text{m}$)
- mineralogiske effektar
- linjeinterferens på grunn av overlapp av energiar
- matriks-effektar (Absorpsjon eller forsterking av strålinga i prøven)
- fukt

5.3 Deteksjonsgrenser

Deteksjonsgrenser vil variere frå ulike instrument, og er avhengig av analysetid, interferens/matriks og statistisk konfidensintervall (Thermo Scientific, 2010). Generelt har dei tunge grunnstoffa med høge atomnummer ein betre deteksjon enn grunnstoffa med låge atomnummer.

6. Rapportering

Rapporten skal innehalde:

- liste over alle metall som er nødvendige for rapporteringa med tilhøyrande usikkerheit
- foto av prøvane kan vere ein fordel
- GPS-punkt per prøve og merknad over kor prøven er tatt t.d. forvitra eller uforvitra

7. Referansar

Fjermestad, H.; Hagelia, P. (2016) Bruk av XRF på bergartar for vurdering av miljørisiko. Eksempel frå Rv4 Gran og E18 Grimstad-Kristiansand. Statens vegvesen rapport nr 516.

Imanishi, Y., Bando, A., Komatani, S., Wada, S.-I., & Tsuji, K. (2009). Experimental Parameters for XRF Analysis of Soils. *Advances in X-ray Analysis Vol. 53*, pp. 248–255.

Kalnicky, D. J., & Singhvi, R. (2001). Field portable XRF analysis of environmental samples. *Journal of Hazardous Materials 83*, s. 93–122.

Shaffer, C. (2012). Sample Preparation and Calibrations: Getting the best results using XRF (Thermo Fisher Scientific). Henta 04 15, 2015, frå http://www.xraynorway.no/empty_30.html

Thermo Scientific. (2010). Thermo Scientific Niton XL3t GOLDD+ Series Mining Analyzers, Elemental Limits of Detection in SiO₂ and SRM Matrices using Mining Analysis. Henta 04 14, 2015, frå <http://nexxis.com.au/wp-content/uploads/2015/10/Niton-XL2-GOLDD-Mining-LODs-AA44822-2010Jul13.pdf>.

Thermo Scientific. (2011). Thermo Scientific Niton XRF Analyzers. Henta frå NITON: http://www.niton.com/docs/literature/nitonperiodictable_fxl_2011jan24.pdf?sfvrsn=2

Voie, Ø.; Strøseng, A.; Johnes, A. Rossland, H.K.; Karsrud, T. og Longva, K. (2010). Veileder for undersøkelse, risikovurdering, opprydning og avhending av skytebaner og øvingsfelt. FFI-rapport 2019/00116



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.3 Prøvetaking i løsmasser

1.3.0 Prøvetaking

April 2017 (ny)

1. Hensikt

For å bestemme sammensetning og styrke- og setningsegenskaper av løsmasser er det nødvendig å hente opp prøver av jordlagene for å klassifisere og undersøke prøvene ved laboratorieanalyser. Avhengig av formål benyttes ulike prøvetakingsmetoder. Kvalitetsmessig deles metodene inn i følgende kategorigrupper i samsvar med NS-EN ISO 22475-1 og NS-EN 1997-2:2007+NA:2008 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering, Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver:

Kategori A	Uforstyrret, uendret lagrekke og intakte mekaniske egenskaper.
Kategori B	Forstyrret, uendret lagrekke, men endrede mekaniske egenskaper.
Kategori C	Omrørt, endret lagrekke og endrede mekaniske egenskaper.

Hvilken prøvetakingsmetode som skal anvendes bestemmes ut fra formålet med undersøkelsen og jordartene og grunnvannsforholdene på stedet. Er det tilstrekkelig kun å identifisere og klassifisere jordartene, kan omrørt eller forstyrret prøvetaking anvendes. For bestemmelse av fasthets- og deformasjonsegenskaper må uforstyrret prøvetaking anvendes. I friksjonsjordarter er det ikke mulig å ta opp uforstyrrede prøver.

NS-EN 1997-2:2007+NA:2008 setter krav til prøvene ved å dele dem inn i prøve kvalitetsklasser, se tabell 1.3.0-1. Sammenhengen mellom prøve kvalitetsklasser og prøvetakingskategori er vist i tabell 1.3.0-2. Prøve kvalitetsklasse 1 og 2 er såkalte uforstyrrede prøver hvor det må benyttes prøvetakingsutstyr i kategori A for å oppnå tilfredsstillende kvalitet i laboratoriet. Prøve kvalitetsklasse 2 og 3 er forstyrrede prøver hvor det som minimum må benyttes prøvetakingsutstyr i kategori B for å oppnå tilfredsstillende kvalitet, mens prøve kvalitetsklasse 5 er omrørte prøver hvor det er tilstrekkelig å benytte

prøvetakingsutstyr i kategori C for å oppnå tilfredsstillende kvalitet i laboratoriet.

Til de ulike prøvetakingsmetodene anvendes forskjellig utstyr. For opptak av uforstyrrede prøver benyttes i hovedsak stempelprøvetakere. Det kan også anvendes stempelprøvetaker eller ramprøvetaker for opptak av forstyrrede prøver i friksjonsmasser. For opptak av omrørte prøver kan, skovlbor, naverbor, gjennomstrømningsprøvetaker og/eller graving benyttes. I torvmasser anvendes kannebor. Prøvetakingsmetodene er beskrevet i det etterfølgende. Se oversikt tabell 1.3.0-1 og metodene 1.3.1 - 1.3.4.

For spesielle formål er det utviklet to typer blokkprøvetakere for opptak av større prøvemengder (Sherbrooke og Miniblokkprøvetaker) bl.a. i sensitive leirmasser. For detaljer se metode 1.3.2.

For hulltaking og boring gjennom faste masser benyttes spesielt boreutstyr og foringsrør slik at prøvetaking i underliggende masser kan foretas.

2. Definisjoner

Prøvetaker: Utstyr som benyttes for å hente opp jordprøver fra undergrunnen

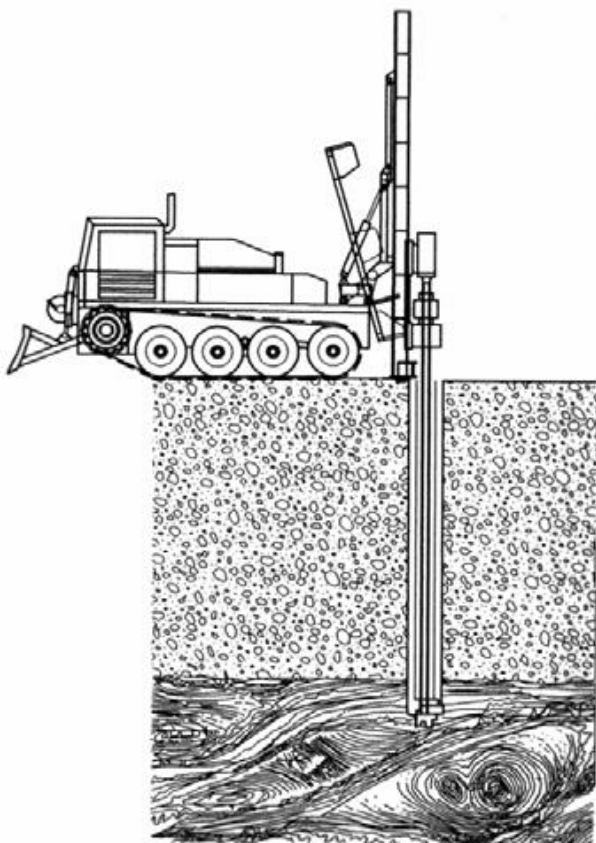
3. Utstyr

Tilgjengelig prøvetakingsutstyr og anvendelse er vist i tabell 1.3.0-1.

3.1 Hulltaking og foringsrør

En ofte benyttet hulltakingemetode er boring med eksenterkrone. Dette muliggjør at et foringsrør kan føres ned samtidig som hullet bores (Figur 1.3.0-1). Ved boring svinges eksenterskjæret ut og borer et hull som er større enn foringsrørets ytterdiameter slik at foringsrøret kan skyves ned. Når ønsket dybde er nådd, roteres borstrengen motsatt veg og eksenterkronen svinger inn til pilotkronens diameter og borstrengen kan tas opp gjennom foringsrøret.

Det eksisterer også andre metoder for nedboring av foringsrør hvor det ikke benyttes eksenterkrone.



Figur 1.3.0-1: Boring med eksenterkrone

Utstyret kan bore gjennom avsetninger av nær sagt alle typer løsmasser og/eller berg. De vanligste typer grunnboringsrigger har imidlertid begrenset bevegelse av tårnet ut fra vertikal stilling og kan følgelig ikke bore horisontalt.

Hulltakingsmetoden egner seg til:

- boring gjennom vanskelige toppmasser for videre vanlig prøvetaking eller vingeboring
- vekselvis boring og prøvetaking i friksjonsmasser og morener
- boring av hull for installasjon av måleutstyr, f.eks. inklinometer, ekstensometer etc.
- forankring og injeksjonsboring
- permeabilitets- og vanntapsmålinger i løsmasser og/eller berg.

4. Fremgangsmåte

Før prøvetaking utføres skal det foreligge sonderboringer som både indikerer løsmasse-typer og -dybder på borstedet. Ut fra slike opplysninger og formålet med prøvetakingen kan valg av prøvetakingsutstyr gjøres med støtte i tabell 1.3.0-1.

4.1 Nødvendige prøvemengder

Nødvendig prøvemengde avhenger av hvilken laboratorieundersøkelse som skal utføres på prøven. For nødvendige prøvemengder henvises det til Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser. Uforstyrrede prøver tatt med stempelprøvetaker eller blokkprøvetaker vil normalt gi nødvendig prøvemengde til å kunne undersøke materialets styrke og konsistensegenskaper. Ved forstyrret eller omrørt prøvetaking angir nedenstående tabell egnet prøvemengde for de vanligste laboratorieanalysene på slike prøver. Prøvevolumet må være stort nok til uttak av gjennomsnittsprøve i laboratoriet, se tabell 1.3.0-3.

5. Resultater

Opptatte prøver skal håndteres med forsiktighet og slik at jordartens egenskaper ikke endres etter prøvetakingen. Prøvene skal derfor klassifiseres visuelt og merkes og deretter pakkes og forsegles på prøvestedet. Borkort skal føres for hvert prøvепunkt med angivelse av prøvепunktets plassering, prøvedybde, dato og navn på den som har utført prøvetakingen.

Borkortet skal følge prøvene til laboratoriet.

5.1 Oppbevaring

Uttørring av prøver må unngås. Sommerstid bør prøvene oppbevares på et skyggefullt sted og eventuelt pakkes inn med omslag av våte/fuktige filler. Alle prøver skal oppbevares kjølig og ikke utsettes for frost.

Forstyrrede og omrørte prøver legges i plastpose som tømmes for luft og forsegles. Denne legges i ny plastpose sammen med etikett som identifiserer prøven. Uforstyrrede prøver forsegles i prøve-sylinderen de er tatt opp med og etikett med prøveidentifikasjon legges inne i cylinderen over stampelet. Egnе innpakkingsmåte og forsegling er angitt under beskrivelse av de ulike prøvetakingsmetodene.

5.2 Transport

Prøvene skal transporteres til laboratoriet så raskt som mulig idet jordartens egenskaper kan forandres med tiden. Prøvene må også skjermes mot uttørring, høy varme eller frost under transport. Uforstyrrede prøver må heller ikke utsettes for støt eller vibrasjoner. Prøvesylindere med spesielt sensitive og/eller kvikke leirmasser skal transporteres i spesiallagede transportkasser med bil og ikke sendes med offentlig transport.

Tabell 1.3.0-1: Oversikt over tilgjengelig prøvetakingsutstyr og anvendelse

Prøvetaker/metode	Jordart	Normal (mulig) dybde m	Prøvetakings kategori	Normal prøveval-tetsklasse
Poseprøver				
Graving	Leire, silt, sand, grus, morene	6 (8)	C	5
Skovlboring for hånd	Leire, (silt, sand over grunnvannstand)	5 (8)	C	5
Kanneboring for hånd	Organiske jordarter, bløt leire	5 (10)	C	3-5
Naverboring	Leire, (silt, sand over grunnvannstand)	5 (15)	C	5
Ramprøvetaking				
Ø 30 mm/dreieborstenger	Leire, silt, sand, fin grus	10 (15)	B-C	3-5
Ø 30 mm/R-32 geostenger	Leire, silt, sand, fin grus under fylling	15 (25)	B-C	3-5
Gjennomstrømningsprøvetaker	fastere sand, grus og morenemasser	15 (25)	C	3-5
Ø 25 - 97 mm åpne prøvetakere	Leire, silt, fast sand (over gr.vannstand)	15 (25)	C	3-5
Sylinderprøver ¹				
Ø 54 mm modifisert (stålsyl.)	Løs - middels fast lagret sand og grus	15	B	3
Ø 54 mm stål eller plastysylinder	Leire $I_p > 30\%$	30 (50)	A	1-2
Ø 54 mm stål eller plastysylinder	Sensitive, siltige leirer og fin silt	30 (50)	A - B	1-3
Ø 54 mm stål eller plastysylinder	Organiske materialer	30	A - C	2-5
Ø 54 mm stål eller plastysylinder	Løst lagret sand og grov silt	20	B	3-4
Ø 75 mm stålsylinder	Sensitive leirer	30	A	1-2
Ø 95 mm stål eller messingssyl.	Sensitive leirer	15	A	1
Blokkprøvetaker				
Sherbrooke Ø 250 mm	Leire, magre sensitive leirer $I_p < 30\%$	15 (25)	A	1
Miniblokkprøvetaker Ø 160 mm	Leire, magre sensitive leirer $I_p < 30\%$	15 (30)	A	1

¹ Alle sylinderprøvetakerne kan benyttes der en ønsker permeabilitets-, styrke- og deformasjonsparametere.

Tabell 1.3.0-2: Prøvevaltettsklasser for jordprøver og egenskaper som bestemmes i laboratoriet (ref. NS-EN 1997-2:2007+NA:2008)

Jordegenskaper	Prøvevaltettsklasser				
	Uforstyrret		Forstyrret		Omrørt
	1	2	3	4	5
Uforandrede egenskaper					
Kornstørrelse	*	*	*	*	
Vanninnhold	*	*	*		
Densitet, densitetsindeks, permeabilitet	*	*			
Kompressibilitet, skjærfasthet	*				
Egenskaper som kan bestemmes					
Jordartssekvenser	*	*	*	*	*
Jordlagsgrenser - grov	*	*	*	*	
Jordartsgrenser - fin	*	*			
Konsistensgrenser, korndensitet, humusinnhold	*	*	*	*	
Vanninnhold	*	*	*		
Densitet, densitetsindeks, porøsitet, permeabilitet	*	*			
Kompressibilitet, skjærfasthet	*				
Prøvetakingskategori i hht. NS-EN ISO 22475-1	A				
	B				
				C	

Tabell 1.3.0-3: Nødvendig prøvemengde ved forstyrret eller omrørt prøve

Laboratorieanalyse	Jordart ^{1 2}			
	Leire	Silt	Sand	Grus/Morene ³
Vanninnhold Kornfordelingsanalyse	Ca. 0,5 kg	Ca. 1 kg	Ca. 2 kg	Ca. 10 kg

¹ Se Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser, ved innhold av stein > 63 mm) må prøvestørrelsen økes

² Ved naverboring bør det benyttes minimum Ø 100 mm naver

³ I grus og morene bør naver med større diameter enn Ø 100 mm benyttes

6. Rapportering

Når prøvetaking er utført og prøvene sendes til laboratoriet for analyser, skal det alltid medfølge opplysninger om dato for prøvetakingen og ansvarlig person, prosjektnavn, prøvested, prøveopptakingsmetode og prøvedybde samt en vurdering av jordartstype etter visuell klassifisering.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN ISO 22475-1, Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser – Prøvetakingsmetoder og grunnvannsmålinger – Del 1: Tekniske utførelsesprinsipper (ISO 22475-1:2006)

NS-EN 1997-2:2007+NA:2008 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver

NGF Melding nr. 11, Veiledning for prøvetaking, Revidert 2013.

V222 Geoteknisk felthåndbok – råd og metodebeskrivelser, Vegdirektoratet, 2009.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.3 Prøvetaking i løsmasser

1.3.1 Uforstyrret prøve: 54 mm og 75 mm

April 2017 (erstatte metode 15.231, 15.232 og 15.233, mai 1997)

1. Hensikt

Prøvetakeren har som formål å ta opp uforstyrrede prøver av leire, silt og organiske jordarter fra undergrunnen. Hensikten er å kunne undersøke jordartens sammensetning og egenskaper i laboratoriet i en tilstand som er mest mulig lik situasjonen i bakken med minst mulig endringer under prøvetakingen, oppbevaring og transport til laboratoriet.

Utstyret kan også benyttes i løst lagret sand, men da må noe prøvforstyrrelse forventes.

For spesielle prosjekter hvor fastsettelse av riktige fasthets- og setningsparametere har stor teknisk og økonomisk betydning, vil bruk av blokkprøvetaker kunne være et alternativ til stempelprøvetaker, se metode 1.3.2. For valg av prøvetakingsutstyr se også metode 1.3.0

2. Definisjoner

Prøvesylinder: sylinder av rustfritt stål eller glassfiberarmert epoxy med innvendig diameter \varnothing 54 mm eller \varnothing 75 mm for opptak av jordprøver og transport til laboratoriet. Vanlig sylinderlengde er 880 mm, men kortere versjoner finnes også (480 og 680 mm).

Merknad: Det finnes også prøvesylindere med innvendig diameter $> \varnothing$ 75 mm, men dette utstyret omtales ikke nærmere her.

Borhode: Styringshode i 3 deler (med innlagt kulelås og pakninger) for sammenkopling av prøvesylinder, stempel med stempelrør og forlengelsesstenger og -rør.

Stempel: Sylindrisk del av bronse- eller nylonkjerne med vulkanisert neoprenkappe utenpå og konet spiss som under nedsenkning av prøvetakeren dekker enden av prøvesylindren. Under prøvetakingen holdes stempelet i fiksert posisjon når prøvesylindren presses videre ned og inn i jordmassene det skal tas prøve av. Ved opptak av fylt prøvesylinder bidrar stempelet til at jordprøven følger med opp og ikke faller ut.

3. Utstyr

I tillegg til en stødigg borerigg (vekt ca. 5000 kg, matelengde ca. 2,3 m, matekraft ca. 40 kN, løftekraft ca. 70 kN, dreiemoment ca. 1500 kNm) trengs følgende utstyr:

- prøvetaker (54 mm eller 75 mm)
- tomme prøvesylindere
- borstenger med diameter \varnothing 16 mm
- forlengerrør med diameter \varnothing 36 mm
- foringsrør stål/plast ofte \varnothing 115 mm utv./ \varnothing 75 mm innv. (ved behov)
- kasser for frakt av prøvesylindere

3.1 54 mm stempelprøvetaker

Det benyttes standard NGI 54 mm stempelprøvetaker som består av en prøvesylinder, et borhode i 3 deler, innerstang med stempel og forlengelsesstenger og -rør. Prøvesylindren kan bestå av rustfritt stål eller av glassfiberarmert epoxy inne i en dekkysylinder av stål med påskrudd egg.

Oppbyggingen av prøvetaker med stålsylinder og plastsylinder er vist i henholdsvis figurene 1.3.1–6 og 1.3.1–7 i 8. Tillegg.

3.2 75 mm stempelprøvetaker

Denne prøvetakeren er bygd opp på samme måte som NGI 54 mm stempelprøvetaker, men finnes bare i utgave med rustfrie stålsylindere.

4. Fremgangsmåte

4.1 Forboring og stabilisering av borhullet

Forut for enhver prøvetaking skal det foretas en sonderboring, f.eks. dreietrykk- eller totalsondering. Prøvetakingen foretas ca. 2 m til side for sonderborhullet.

Det må forbores igjennom tørrskorpa og vanligvis brukes naverbor med min. \varnothing 75 mm. I sand og sandige masser, og ved prøvetaking til store dyp i leire og silt, kan borhullet om nødvendig stabiliseres med vann eller tung væske. I fyllmasser, i vann og hvor toppen av borehullet er

ustabilt, kan det være nødvendig å sette ned foringsrør.

4.2 Klargjøring av prøvetaker før bruk

Se etter at alle innvendige deler er rengjort. Fjern eventuell skitt med børste eller pussegarn. Påse særlig at spindelen med tilhørende muttergjenger i borhodet er rengjort så disse deler kan skrus ut og inn uten nevneverdig motstand. Disse gjengene, samt pakningen på stampelet gis et tynt lag olje (ikke fett eller vaselin). Påse at alle pakninger er på plass og i god stand. Skadede pakninger skal skiftes ut.

Kontroller at kulelåsen for stempelstangen fungerer. Slitt bøsning og stempelstang med spor må byttes.

Det er spesielt viktig at ytre o-ring på nedre borhode er fri for skade slik at ikke jordpartikler trenger inn bak pakningen.

Ettersynet foretas for hvert nytt borehull. Lett tilgjengelige deler rengjøres dessuten for hver prøvetaking.

4.3 Prøvetaker med stålsylinder

Denne benytter en stålsylinder med egg til å skjære ut prøven. Det stilles strenge krav til eggens utforming fra produsent og det er derfor viktig å kontrollere at sylinder og egg ikke er skadet (se 5 Resultater). Stålsylinderen monteres direkte på borhodet med tre festeskruer, se figur 1.3.1–6 i punkt 8. Tillegg for NGI 54 mm prøvetaker. Den større 75 mm prøvetakeren er bygd på tilsvarende måte.

Prøvesylinderen skal være av rustfritt stål og ha en sylinderlengde på 880 mm.

4.3.1 Montering av prøvetaker

Sett sammen borhodets tre hoveddeler med innlagt kulelås og pakninger. Påse at leppepakningene går hver sin veg for at massene ikke skal trenge inn til kulelåsen.

Sett sammen stampelet og monter det på stempelstangen.

Prøvetakeren monteres så hengende i borryggen.

Kuleklemmen løses ut og stempelstangen føres ned. Dette må gjøres forsiktig fordi innerstengenes vekt hviler på stempelstangen.

Innerstengene låses til prøvetakeren ved å rotere stempelstangen til høyre (mot urviseren) til gjengene bunner.

Festeskrues skrues forsiktig til.

Stempelstangen roteres nå til venstre (med urviseren) til gjengene bunner.

Låseskrue skrus inn. Ved å vri stempelrøret en halv omdreining til høyre (mot urviseren) samtidig som skruen skrus inn, vil det lett føles at skruen entrer utsparingen i stempelrøret.

Støttering for stempelstang posisjoneres.

For å redusere mulig vakuumdannelse under prøvetakeren ved opptrekk kan det i noen tilfeller ved sensitive leirer være en fordel å montere slangeklemmer utenpå prøvsylinderen ca. 110 mm over eggen. I spesielle tilfeller kan det være nødvendig å føre vann ned til undersiden av prøven ved hjelp av en tynn slange.

4.3.2 Montering av prøvesylinder (for hver prøve)

Skrus spindelen med påsatt innerstang helt inn i borhodet.

Skrus stempelstangen inn i spindelen.

Innstill stanglengden ved å holde sylinderen ved siden av prøvetakeren og skru stempelrøret ut eller inn (venstre-gjenger). Kanten av stampelet skal stikke ca. 10 mm utenfor eggen på sylinderen.

Sylinderen settes på. Det kan være nødvendig å skylle sylinderen innvendig med vann for at den skal gli lettere på. Unngå vridning ved påsettingen. Sylinderen festes med tre skruer som skrues ut ved montering og inn ved demontering.

Prøvetakeren er nå klar til å ta prøve.

4.4 Prøvetaking med plastsylinder

Snitt gjennom prøvetakeren er vist i figur 1.3.1–7 i 8. Tillegg.

4.4.1 Skjæregg

Prøvetakeren kan benytte to typer skjæregger: en tynnvegget slank type med skarp egg og en tykkvegget med butt egg. Den slanke typen er beregnet for uforstyrrede prøver i finkornige masser. Den kraftige eggen kan benyttes i masser der sannsynligheten for å treffe på stein er stor. Prøvefanger, se figur 1.3.1–3, skal kun anvendes sammen med grov egg.

4.4.2 Yttersylinder

Yttersylinderen er festet til nedre del av borhodet med tre sylinder-skruer. Ved å skru disse inn i borhodet og rotere yttersylinderen 90°, kan hele nedre del av prøvetakeren adskilles fra borhodet. Dette er muliggjort ved at koblingen mellom stempelrør og stempel er utført som en bajonettkobling. Denne adskillelsen kan utføres uavhengig av stampelets posisjon i prøvesylinderen.

4.4.3 Prøvesylinder

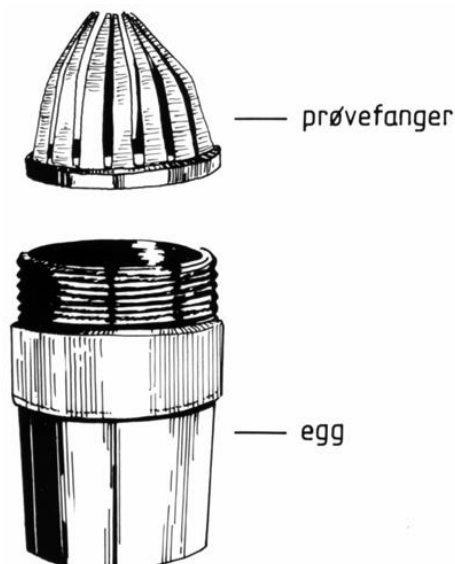
Prøvesylinderen er produsert av glassfiberarmert epoxy. Den skal ha en glatt innvendig overflate og

være uskadet. En kvalitetskontroll kan utføres visuelt ved å se etter sprekker og slitt innvendig sylindervegg. Er innerflaten ru og håret og endekanter skadet skal cylinderen kasseres.

4.4.4 Prøvefanger

Prøvefangeren består kun av én del, se figur 1.3.1-1. Den plasseres inne i ytterrøret og presses inn mot prøve-sylinderen når eggen skrus på plass. Når prøvefanger benyttes, må prøvetakeren ikke roteres. Prøvefangerens blad vil i så fall bli utsatt for vridning og vil kunne rives av.

Prøvefanger må ikke benyttes ved opptak av uforstyrret prøve.



Figur 1.3.1-1 Prøvefanger og egg

4.4.5 Stempel

Stempelet er bygd opp av en bronsekjerne eller nylonkjerne med en vulkanisert neoprenkappe (gummi) utenpå. Stempelets topp er tilpasset stempelrørets bajonettthylse. Utvendig er gummikappen utformet med tre tetningsringer for å sikre god tetning mellom stempel og prøvesylinder.

I tillegg fungerer stemplet som forsegling av den øvre enden av prøven. Dette innebærer at både prøvesylinderen og stempel skiftes ut etter hver prøve som hentes opp.

4.4.6 Stempelrør

Utknekking av stempelrøret kan være et problem ved nedpressing gjennom harde jordlag. Utknekkingslengden på stempelstangen reduseres ved å montere en støttering på stempelstangen. Ringen holdes på plass av en innvendig o-ring og kan forskyves langs stempelstangen med håndkraft (9). Under utskjæring av en prøve vil støttingen forskyves ned mot stempelet.

4.5 Nedføring av prøvetakeren

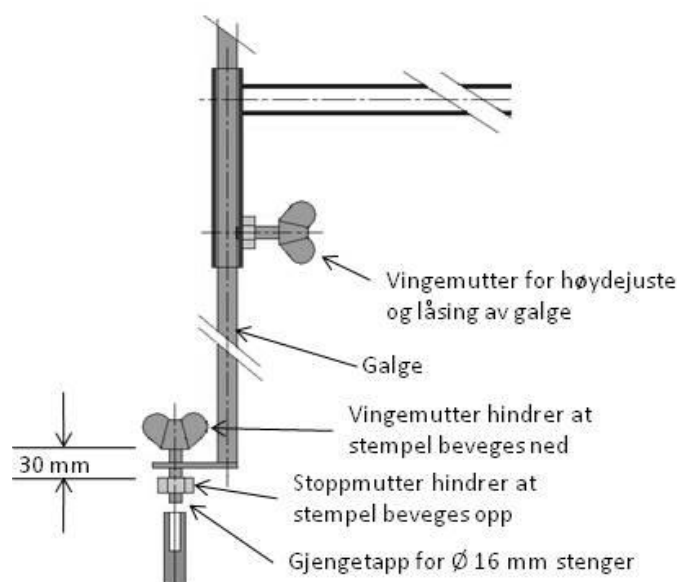
Nødvendige innerstenger og ytterrør skrues på for å nå ned til ønsket dybde.

Nedpressingen til ønsket dybde må kun foregå med kraft på ytterrørene, ikke på innerstengene. Ved nedpressingskraft større enn 5 – 6 tonn kan sylindere og innerstang deformeres.

Benyttes foringsrør føres prøvetakeren ned til underkant av foringsrøret, eller dypere. Dybden til underkant av foringsrøret skal noteres på borkortet.

4.6 Utskjæring av prøve

Når prøvetakeren er ført ned til ønsket dybde, sikres først innerstengene slik at de kun kan beveges ca. 3 cm oppover. Dette skal gjøres med en galge som festes til boreriggen, se figur 1.3.1-2. Gjengetappen på galgen skrues ned i innerstangen ved hjelp av vingemutteren og galgens posisjon justeres slik at underkant av vingemutteren hviler mot galgens overkant. Ukontrollert siging av prøvetaker må ikke forekomme.



Figur 1.3.1-2 Galge for fiksering av innerstang

Prøvetakeren frigjøres så fra stempelstangen (og innerstengene) ved å rotere innerstengene 7 – 8 hele omdreininger i retning med urviseren. Innerstengene beveger seg da de nevnte 3 cm oppover. Utover dette må det ikke forekomme noen bevegelse av innerstengene.

Prøven skjæres ut med sammenhengende, rolig nedpressing av ytterrørene. Skjærehastigheten skal være 20 – 30 mm / sek., dvs. ca. 30 sek. for en 800 mm prøve. Skjærelengden skal være lik sylindrelengden, dvs. vanligvis 780 – 800 mm, ytterligere nedpressing skal ikke forekomme. Bruk av slag eller rykkvis utskjæring må ikke

forekomme. Hvis motstanden er for stor til utskjæring av full prøve, noteres den faktiske nedtrykkingen.

4.7 Kontroll under prøvetaking

Det er viktig at hele prøven skjæres ut under ett, uten stopp. Stopper utskjæringen underveis, kan det oppstå svake soner i prøven.

I lagdelte masser bør det etterstrebes å starte prøveskjæringen i de bløte lag og avslutte i de faste. Omvendt, ved å starte utskjæringen i faste lag kan det lett dannes "propp" i sylindere, spesielt i sand og silt, slik at underliggende prøver blir forstyrret. I verste fall oppnås ikke prøve i det hele tatt idet leirmassene presses til side.

Etter utskjæring kan det i meget sensitive og kvikke masser være nødvendig å la prøvetakeren stå i ro en halv time eller mer før opptrekk.

I sensitive masser må opptrekk skje meget forsiktig. I første omgang kun 2 – 3 cm for å gi mulighet for utligning av vakuum som oppstår. Etter noen minutter kan videre opptrekk fortsette.

4.8 Opptrekking

Fikseringsstativet for innerstenger (galgen) fjernes.

Før prøvetakeren trekkes opp, vris den 1 – 2 omdreininger med urviseren. Deretter løftes prøven 1 – 2 mm for å få atskilt prøven fra den underliggende jordmasse.

Opptrekk gjøres langsomt og forsiktig. Unngå rykk og slag på rørene, det fører lett til tap av prøver. Dette er spesielt viktig ved prøvetaking i bløte og kvikke leirer.

I sensitive og kvikke masser bør prøven stå i ro i noen minutter etter avridning og før videre opptrekk.

Innerstengene og rørene skrues fra hverandre hver for seg, i korte eller lange lengder.

Ved kraftig vind bør lengden av sammenhengende borstreng ikke stikke høyere enn toppen av borstødet.

Prøvetakeren med prøvesylinder tørkes av mens den henger i bortårnet.

4.9 Demontering av prøvesylinder

4.9.1 54 mm prøvetaker med stålsylinder

Stålsylinderen presses oppover og de tre feste skruene øverst på dekkørret skrues inn.

Stålsylinderen roteres 90° til venstre og løftes bort.

Sylinderen snus opp ned slik at enden der stempelet sitter vender nedover.

4.9.2 54 mm prøvetaker med plastsylinder

Eggen løsnes omtrent én omdreining.

Dekkrøret presses oppover og de tre festeskruene øverst på dekkørret skrues inn.

Dekkrøret roteres 90° til venstre og løftes bort.

Eggen skrues av og prøvesylinderen tas ut. (Pass på at den enden av prøvesylinderen der stempelet sitter, vender nedover.)

Eggen renses for prøvematerialet. Dette presses ut og gir muligheter for en visuell inspeksjon av jordarten.

4.10 Kontakt med saksbehandler

Ved prøvetap på grunn av sensitive masser eller andre forhold er det viktig at det tas kontakt med geoteknisk saksbehandler for å avklare behov for eventuelle supplerende prøver slik at disse kan tas før prøvestedet forlates.

4.11 Forsegling og merking

Enden av prøven trimmes til å flukte med enden av sylindere. Dette utføres forsiktig med trådsag. En metallskive legges på prøven og en gummikopp tres over prøvesylinderen og skyves inn til kontakt med metallskiven. Gummikoppen festes til sylindere med slangeklemme.

Hvis prøvesylinderen ikke er helt full, benyttes et ekstra stempel uten kjerne som tres forsiktig inn i sylindere til kontakt med enden av prøven. Dette gjøres for å redusere prøveforstyrrelse under lagring og transport.

Prøvesylinderen endevendes så en gang til slik at enden med stempelet vender opp. Utfylt merkelapp med visuell beskrivelse av prøven og angivelse av sted, profil nr. og utmål eller hull nummer, dato og dybde, se figur 1.3.1–3, legges så over stempelet og en merket gummikopp med identifikasjonsnummer tres over prøvesylinderen og festes til sylindere med slangeklemme.

STATENS VEGVESEN	
Veglaboratoriet, Gaustadalleen 25, Blindern, Oslo 3	
Sted: <i>Fregn</i>	Dybde: <i>30-30</i>
.....	Jordart: <i>Leire</i>
Oppdrag nr.: <i>C-101</i>
Hull: <i>Profil 1050E</i>	Dato: <i>12/12-81</i>
Pel:	Sign.: <i>NH</i>

Blankett nr. 458. Merkelapp for sylindereprøver

25.000 10/92 Vilco Trykkeri

Figur 1.3.1–3 Merkelapp for prøver

4.12 Klargjøring av prøvetaker etter bruk

Det er viktig ved avsluttet prøvetaking for dagen at prøvetakeren adskilles og rengjøres. Dette må

gjøre for å hindre at prøvetakeren tørker fast og de enkelte delene ikke lar seg adskille.

Kun i helt spesielle tilfeller kan det aksepteres at prøvetakeren blir stående nede i bakken til neste dag for å fortsette prøvetakingen.

4.13 Oppbevaring og transport av prøvesylindere

Prøvene må oppbevares frostfritt og ikke i sterk varme eller direkte sol.

Prøvesylindrene pakkes i godt forede, isolerte kasser, og de må ligge fast og stødig. Slag, støt og vibrasjoner må unngås.

Kassene må merkes omhyggelig med mottakers navn og adresse, dessuten "Forsiktig", "Varmegods", og "Haster".

Prøver av masser som antas å være sensitive, bør ikke sendes med vanlige transportmidler. Slike prøver skal transporteres i spesialkasser med sylindrene i vertikal posisjon, se figur 1.3.1–4.



Figur 1.3.1–4 Transportkasse for skånsom frakt av prøver

Oppbevaring av prøvene i felten krever omtanke og forsiktighet. En kvikkleireprøve kan forstyrres (dvs. ødelegges fullstendig) om den utsettes for små vibrasjoner over noe tid.

4.14 Avslutning og sikring av borhull

Når prøvetakingen er avsluttet er det viktig at forholdene på prøvestedet gjenoprettes og at det ikke etterlates faremomenter som kan skade personer, miljøet eller dyr. Tilbakefylling skal utføres i samsvar med nasjonale forskrifter, tekniske eller offentlige krav og ta hensyn til lagdeling, forurensning av grunnen og dens bæreevne.

Med mindre et borhull må holdes åpent for et spesielt formål, så skal det fylles, konsolideres og

tettes på en slik måte at det ikke vil oppstå etterfølgende synkning av terrengoverflaten.

Borhull skal vanligvis fylles med materialer med lik eller mindre permeabilitet enn omkringliggende jord, det vil si for å hindre forurensning av grunnvannsreservoarer. Spesielt viktig er det at borhullet prlugges med en gang ved forekomst av artesisk overtrykk slik at ikke masse fra undergrunnen vaskes ut.

Prøvestedet skal forlates i en sikker, ren og ryddig stand.

5. Resultater

Ved riktig utført prøvetaking som beskrevet ovenfor, vil resultatet være et ønsket antall fylte sylindere med så uforstyrrede prøver i som utstyret muliggjør (prøvekategori A i henhold til NS-EN ISO 22475-1). Det er derfor spesielt viktig at alle utstyrsdeler er godt vedlikeholdt og i god stand under bruk.

For prøvetakere med stålsylindere er det spesielt viktig at eggen har riktig form (diameter og eggvinkel) og er uskadd. Dette kontrolleres i utgangspunktet visuelt. For eggen vil slik kontroll lett avdekke eventuelle skader på grunn av stein eller andre harde gjenstander. Slike skader noteres på borkortet.

Før gjenbruk av stålsylindere skal i tillegg til kontroll av eggen også eventuelle avvik fra sirkulært tverrsnitt kontrolleres. Dette kan gjøres ved bruk av sirkulær tolk med korrekt diameter. Hvis tolken ikke lar seg føre inn i sylindren, tyder dette på deformert tverrsnitt og sylindren skal da kasseres. Det samme gjelder ved synlig skade på eggen.

For plastsylindere skal innvendig glatthet kontrolleres. Hvis tidligere bruk har medført oppriping av innersiden slik at denne ikke lenger er glatt, så skal sylindren kasseres.

6. Rapportering

6.1 Registrering

Borkort for prøvetaking (figur 1.3.1–5) fylles ut for hvert borhull. "Sylinder nr." er nummeret på den nummererte gummikoppen som blir festet på toppen av prøvesylindren. I rubrikken "Merknad" noteres antatt jordart og eventuelle spesielle forhold ved prøvetakingen som kan ha betydning for laboratoriearbeidet. Hver prøvesylinder skal i tillegg inneholde merkelappen i figur 1.3.1–3 med de samme opplysningene. Merkelappen plasseres i toppen av prøvesylindren mellom forseglingsproppen og den nummererte gummikoppen.

STATENS VEGVESEN		PRØVETAKING	
Blankett nr. 439			
Sted <i>Frogn</i>	Prøvetaker <i>30 mm</i>		
Oppdragsnr. <i>C-101</i>	Grunnvannst.		
Hull <i>Profil 1050 E</i>	Terrengkote <i>18.2</i>		
Dato <i>12/12-81</i>	Sign. <i>NN</i>		
Dybde i meter	Prøve dybde	Sylinder nr.	Merknad
1	<i>1.0-1.8</i>	<i>150</i>	<i>Tørrskorpeleire</i>
2	<i>2.0-2.8</i>	<i>196</i>	<i>Leire med noe silt</i>
3	<i>3.0-3.8</i>	<i>405</i>	<i>Leire</i>
4			

Figur 1.3.1-5: Borkort for prøvetaking

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN ISO 22475-1, Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser – Prøvetakingsmetoder og grunnvannsmålinger – Del 1: Tekniske utførelsesprinsipper (ISO 22475-1:2006)

NS-EN 1997-2:2007+NA:2008 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver

NGF Melding nr. 11, Veiledning for prøvetaking, Revidert 2013.

8. Tillegg

Snitt gjennom Ø 54 mm prøvetaker med stålsylinder er vist i figur 1.3.1-6 og tilsvarende er vist i figur 1.3.1-7 for Ø 54 mm prøvetaker med plastsylinder. Dimensjoner for prøvetakerne er ellers vist i tabell 1.3.1-1 og figur 1.3.1-8.

Tabell 1.3.1-1 Dimensjoner for aktuelle typer prøvesylindere

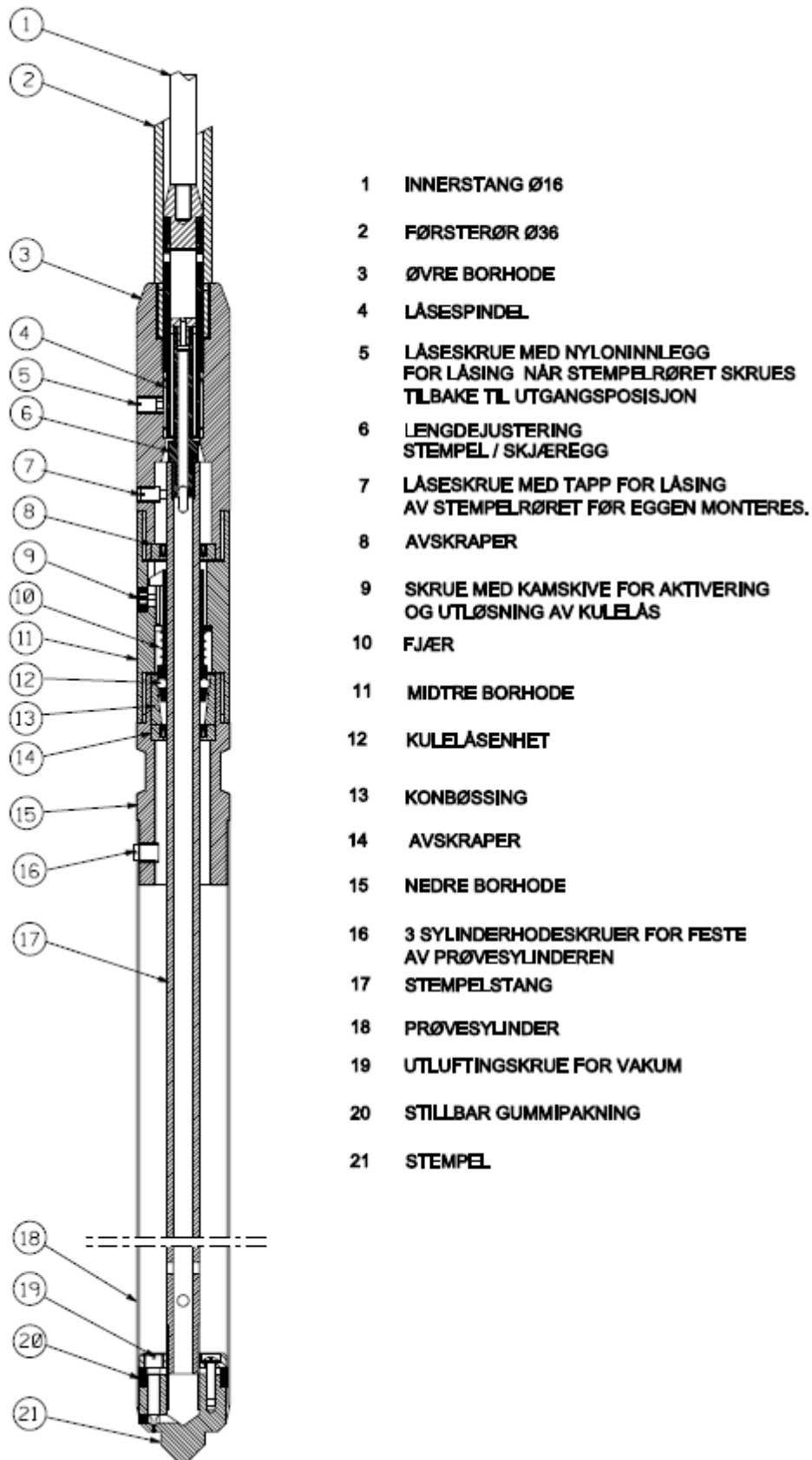
Størrelse	Ø 54 mm prøvetaker stålsylinder	Ø 54 mm prøvetaker plastsylinder	Ø75 mm prøvetaker stålsylinder
Indre diameter (D ₁), (mm)	54	54	75
Ytre diameter (D ₂), (mm)	57	67	80
Prøvelengde (l), (mm)	77	67	67
Eggvinkel (α), (°)	9	10	9
Arealforhold (C _a), (%)	11	54	14
Indre klaring (C _i), (%)	0-0,9	0,9	0
Ytre klaring (C _o), (%)	0	5	0

Arealforholdet C_a: $C_a = 100 * (D_2^2 - D_1^2) / D_1^2$ i %

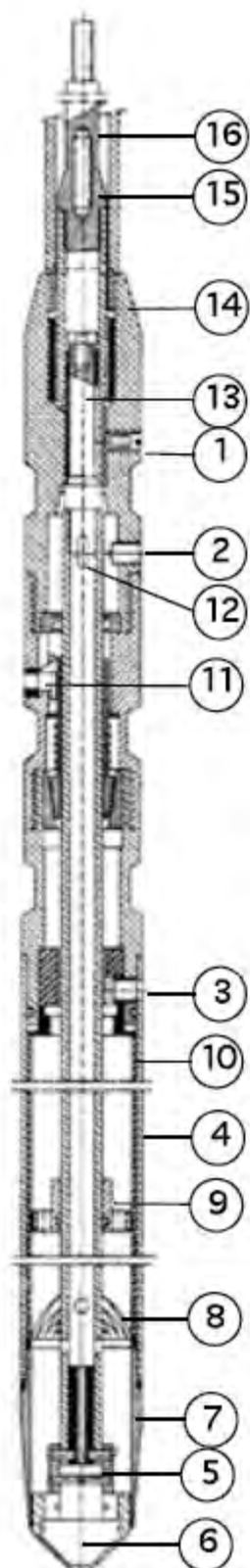
Indre klaring C_i: $C_i = 100 * (D_3 - D_1) / D_1$ i %

Ytre klaring C_o: $C_o = 100 * (D_2 - D_4) / D_4$ i %

For tegnforklaring se figur 1.3.1-8.

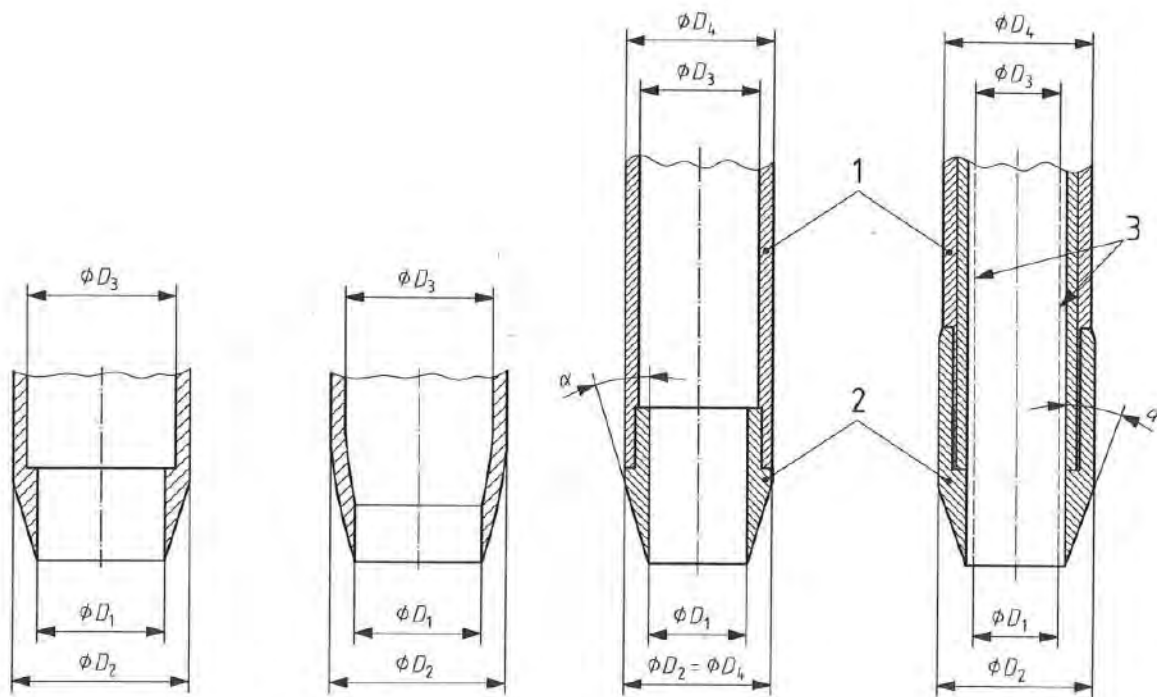


Figur 1.3.1-6: Snitt gjennom NGI 54 mm prøvetaker med stålsylinder



1. Låseskrue med nyloninnlegg for låsing av spindel når stempelrøret skrues tilbake til utgangsposisjon.
2. Låseskrue med tapp for låsing av stempelrøret før eggen monteres.
3. Tre sylinder-skruer for feste av dekk-sylinder til borhodet.
4. Dekkrør av stål.
5. Bajonettlås for sammen kobling av stempelrør og stempel.
6. Gummibelagt stempel.
7. Egg (to typer: slank/grov).
8. Prøvefanger.
9. Støttering for stempelrør.
10. Innersylinder (prøvesylinder) av glassfiberarmert epoxy.
11. Skrue for aktivering/utløsning av kuleklemme.
12. Entringsspor for låseskrue 2.
13. Låsespindel. Innerstengene låses til prøvetakeren ved å rotere stempelstangen.
14. Overgang til 36 mm forlengelsesrør.
15. Forlengelsesrør (Ø 36 mm).
16. Innerstang.

Figur 1.3.1-7: Snitt gjennom NGI 54 mm prøvetaker med plast-sylinder



der:

D_1 = indre diameter av kuttetsko
 D_2 = største utvendig diameter av kuttetsko
 D_3 = innvendig diameter av prøvesylinder
 D_4 = utvendig diameter av prøvetaker

α = eggvinkel
 1 = prøvesylinder
 2 = kuttetsko
 3 = innerør (alternativt)

Figur 1.3.1-8 Terminologi for prøvesylindergeometri (ref. NS-EN ISO 22475-1)



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.3 Prøvetaking

1.3.2 Blokkprøvetaker

April 2017 (ny)

1. Hensikt

Prøvetakeren har som formål å kunne hente opp prøver av leirjordarter fra undergrunnen i en så intakt og uforstyrret tilstand som mulig. Hensikten er å kunne undersøke jordartens sammensetning og egenskaper i laboratoriet i en tilstand som er mest mulig lik situasjonen i bakken med minst mulig endringer under prøvetakingen og transport til laboratoriet.

Blokkprøvetakeren er et spesialverktøy for prøvetaking i tilknytning til spesielle prosjekter hvor fastsettelse av riktige fasthets- og setningsparametere har stor teknisk og økonomisk betydning. For mange prosjekter vil prøvetaking med stempelprøvetaker være dekkende for formålet, se metode 1.3.1.

2. Definisjoner

Blokkprøve: sylindrisk leirprøve med diameter \varnothing ca. 27 cm og høyde 35–40 cm tatt med Scherbrooke blokkprøvetaker, eller \varnothing 16 cm diameter og 30 cm høyde tatt med Miniblokkprøvetaker.

Blokkprøvetaker: utstyr for å ta opp blokkprøver. Se figur 1.3.2-1 (Miniblokkprøvetaker) og 1.3.2-2 (Scherbrooke blokkprøvetaker).

Jordskrue: naverbor med \varnothing 45 cm eller \varnothing 23 cm diameter og skruehøyde ca. 50 cm brukes til å forbore hull for blokkprøvetaker ned til det nivå blokkprøven skal tas. Skruen har ca. 3 cm høye karmen og mothaker som hindrer leiren i å gli av. Se figur 1.3.2-3.

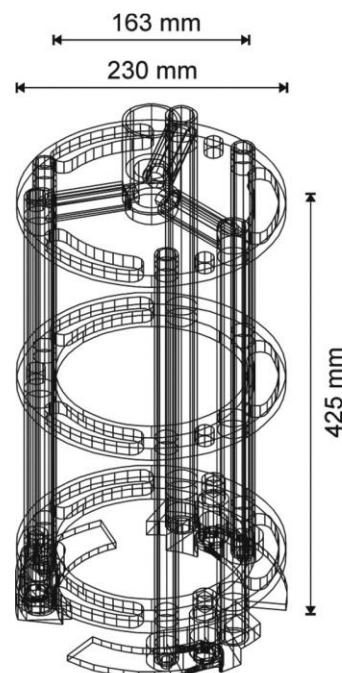
Flatbunnshøvel: sylinder ca. 20 cm høy, med innover skråstilt øvre kant og med to radielle slisser i bunnen der det er montert skjær. Høvelen brukes til å rense hullet for omrørt leire eller borkaks rett før ny blokkprøve skal tas. Se figur 1.3.2-4.

3. Utstyr

I tillegg til en stødig borerigg (vekt ca. 5000 kg, matelengde ca. 2,3 m, matekraft ca. 40 kN,

løftekraft ca. 70 kN, dreiemoment ca. 1500 kNm) trengs følgende utstyr:

- blokkprøvetaker med utløserlodd
- borstenger med diameter \varnothing 46 mm og hule koniske API gjenger
- jordskrue med spylespiss
- flatbunnshøvel
- foringsrør stål/plast \varnothing 500 mm (ved behov)
- vanntilgang
- topp borstang med roterende slangetilkopling
- slange for vanntilførsel
- arbeidsplattform (flere Europaller)
- plattform for borerigg for å heve denne over terreng slik at prøvetaker med borstreng kan løftes minst 600 mm over bakkenivå (ved behov)
- dekkplate (over borhull) min. 75 x 80 cm
- prøvesokler (rikelig antall)
- utstyr for å pakke inn og skjerme prøven under transport



Figur 1.3.2-1: Perspektivskisse av Mini-blokkprøvetaker



Figur 1.3.2-2: Sherbrooke blokkprøvetaker



Figur 1.3.2-3: Jordskrue



Figur 1.3.2-4: Flatbunnshøvel med skjær

4. Fremgangsmåte

4.1 Forberedende arbeider

Valg av borested forutsettes gjort på bakgrunn av tidligere grunnundersøkelser. Hvis ytterligere undersøkelser viser avvik fra tidligere resultater, må behov for revurdering av borested undersøkes.

Ved befaring må eventuelt behov for oppstillingsplattform for boreriggen vurderes. Likeledes må tilgang på vann kartlegges. Hvis det ikke er vannkilder i egnet nærhet, må vann tilkjøres (tankbil/lagringstank).

I bymessige strøk må det tilrettelegges for bruk av utfellingscontainer for leirslam som kommer opp med borevannet.

Eventuelt behov for foringsrør må vurderes ut fra fare for at grove sandige eller siltige masser kan falle inn eller vasket ut i hullet.

Ved lang transportveg til laboratoriet må det tilrettelegges for midlertidig lagringsplass for prøvene – hindre frost og uttørking.

4.2 Forboring

Ut boring av stabilt og rent borhull kan gjøres på tre måter som forklart nedenfor 4.2.1 – 4.2.3.

Ved behov settes foringsrør enklest ned ved først å fjerne jordmasse ved bruk av jordskruen. Deretter drives foringsrøret ned ved hjelp av riggens tyngde. Flatbunnshøvelen kan godt settes ned i bunnen av hullet for å fange opp jordmateriale som faller ned under nedpressingen. Stein i hullet kan gnage i stykker prøven under utskjæring.

4.2.1 Med jordskrue

Bruk jordskruen, og løft massen ut i lengder på ca. 50 cm. Hold hullet vannfylt, men bruk ikke spylevannet fram til skruens spiss under nedskruingen, da dette kan redusere friksjonen mellom massen og skruen slik at massen glir av. Spylevannet settes først på når skruen skal løftes opp. Dette reduserer mulig sug under prøven, og bidrar til løft. Før prøvetaking må hullet loddes opp og renses for slam som uvegerlig faller ned. Bruk flatbunnshøvelen til dette.

4.2.2 Kontinuerlig prøvetaking

Ta prøve på prøve kontinuerlig med blokkprøvetakeren og rens opp av og til med flatbunnshøvelen hvis nødvendig for å unngå opphopning av omrørt masse. Dette kan gi et stort utvalg av prøver hvis de lagres midlertidig.

4.2.3 Oppslemming av leimasse

Oppslemming av leirmassen kan gjøres med en "visp" (se figur 1.3.2–5), som roteres raskt. Med en slange koblet til en sugepumpe og som senkes til overkant av "vispen", kan oppslemmet masse pumpes ut. Metoden krever at det bores med meget liten mating slik at oppslemming til pumpbar suspensjon er vellykket. Vanntilgangen må være tilstrekkelig slik at hullet hele tiden kan holdes vannfylt. Oppslemmet leire bidrar til å stabilisere hullet. Metoden har vært prøvd med blandet resultat. Forutsetning er at leiren lar seg suspendere lett og at vanntilgang og utstyret ellers er tilpasset.



Figur 1.3.2–5: Visp for omrøring av leire

Metodene 4.2.1 og 4.2.2 har vært brukt om hverandre. Metoden med kontinuerlig prøvetaking kan synes raskere hvis det ikke brukes tid på å mellomlagre prøver til senere utvelgelse. Begge metodene løfter masse greit ut etappevis og begge krever bruk av flatbunnshøvel til rensing før prøvetaking.

4.3 Kontroll av dybder og rensing av hull

Det bør defineres et praktisk nullnivå for alle målinger. Ut fra dette holdes nøyaktig kontroll med dybder ut fra antall borstenger og det verktøyet som brukes på borstrengen. Feilmåling her utløser mer ekstra arbeid enn under vanlig prøvetaking! Bruk også loddsnor og lodd dybden til bunnen av utboret hull. Forskjell i dyp målt på borstrengen og loddedybden viser hvor mye omrørt masse som må forseres før uforstyrret jord nås. Den omrørte massen fjernes med flatbunnshøvelen.

Behov for rensing av hullet før prøvetaking ansees som helt nødvendig. Det sikrer vellykket transport av oppslemmet materiale ut av det ringformede hullet som dannes under utskjæringen av prøven. Ellers vil bunnslam kunne presse mot prøven inne i prøvetakeren, samt legge til unødvendig ekstra vekt opppe på prøven når den skal løftes opp.

Med flatbunnshøvelen kan løst slam og nedfall fra borhullsveggene tas opp gjennom slissene i bunnen der det er montert skjær. Innholdet hentes opp etappevis ca. 20 cm pr gang. Høvelen må ikke brukes som boreredskap fordi bunnflaten gir vridning og trykk mot bunn av hullet noe som kan forstyrre prøvematerialet like under. Videre kan bunnen av høvelen suge seg fast og gi så stor dreiemotstand at stengene knekker i gjengepartiet.

4.4 Prøvetaking

4.4.1 Klargjøring

Prøvetakeren kommer i en kasse som inneholder prøvetakeren, en borstangsforlengelse, som gjør at enheten måler nøyaktig 1 m, samt et utløserlodd som kan falle langs borstrengen.

Oppspenning kan gjøres enten mens enheten er løs eller festet til borstrengen. Tre låsemekanismer på toppen av enheten skal holde knivene, som brukes til å kutte prøve løs fra bunnen av hullet i "åpen" oppspent posisjon. Knivene står da vendt langs periferien av den sirkelformede slissen som skaves ut. Start med å sette knivene i "åpen" posisjon langs periferien og lås dem med de vertikale stengene som passer ned i hullet på knivene. Bruk en lang fastnøkkel til å spenne opp torsjonsfjærene ca 2 – 2,5 hakk på kranshjulet. Momentet på knivenes torsjonsfjærer er målt til ca. 23 – 28 Nm. Dette spennet anses som passende kraft til å skjære av prøven i bunn etter utskaving til riktig dybde. Kontroller at oppspenning og utløsermekanismen virker.

Kontroller også at vannspylingen gjennom prøvetakerens tre dyser gir sterke nedadrettede spylestråler. Stråler som spylar innover, vil ødelegge prøven.

4.4.2 Utskjæring av prøve

Borhullet må være vannfylt hele tiden. Senk prøvetakeren ned i borhullet mens det spyles gjennom dysene. Disse kan tettes under nedsenkingen hvis prøvetakeren kommer bort i borhullsveggen.

Justering av rotasjons- og mate-hastighet utføres ca. 10 – 20 cm over bunnen av borhullet. Boreriggen må arbeide rolig og uten rykk og hopp. Borhastigheten vurderes ut fra kjennskap til leirtypen på stedet, men et godt utgangspunkt kan være 30 sek. pr. omdreining av prøvetakeren og 1 cm mating pr. omdreining, dvs. en nedtrengning på 2 cm pr. minutt. Med en maksimal prøvehøyde på henholdsvis 40 cm (Sherbrooke) eller 30 cm (Miniblokkprøvetaker) vil det si at det tar opptil 20 eller 15 minutter å skjære ut en prøve.

Når rotasjon og mating er justert, føres prøvetakeren ned til bunnen av hullet og denne posisjonen merkes av på borstangen. Utskjæring av prøven kan så starte.

Selve skjæringen foregår ved at tre skråttstilte skjær i forkant av dysene skaver leiren opp, samtidig som vann fra dysene blander leiren til en slurry som vaskes opp og ut av den ringformede åpningen rundt prøven. Stein og skjell i leira kan gnage på prøvesidene og gi en trådsnelleformet prøve av dårlig kvalitet.

Prøvetakeren føres vanligvis ned til litt under maksimal prøvehøyde. Dersom leiren er bløt og sensitiv, kan selve vekten av prøven bli så stor at prøven siger. Den kan anta kjegleform mot bunnen og bæreflaten mot knivene kan bli for liten totalvekten tatt i betraktning. Løsningen kan være å skjære ut en mindre prøvehøyde, si 25 cm. Det er bedre med god kvalitet på få prøver, enn mange dårlige prøver.

4.4.3 Avskjæring av prøven

Ved ferdig utskåret dybde stanses boringen. Deretter festes utløserloddet rundt borstrengen og senkes sakte ned til prøvetakeren. Loddet løftes så opp ca. 1 m og slippes fritt 2–3 ganger slik at det er rimelig sikkert at knivene er frigjort (Husk at mekanismen kan bankes i stykker ved for ivrig bruk av falloddet).

Avskjæring av prøven i bunnen skjer nå ved samme rotasjonshastighet som før, men ved uendret dybde. Etter utløsning presser torsjonsfjærene knivene innover under rotasjonen og kutter prøven fri fra bunnen. Avskjæringstid: 3–5 min avhengig av leirens styrke. Spylingen kan stanses under

avskjæringen hvis det er fare for utvasking av sandlag. Etter 3–5 minutter dreies prøven langsomt opp og ut av borhullets nedre del, mens spylingen settes på igjen for å hindre sug. Vel ute av den smale delen av hullet, ca. 60 cm, kan prøven heises raskt opp. Legg dekkeplaten over hullet og hold sokkelen på plass under prøvetakeren. Senk prøven og sokkelen ned på platen uten at det blir press mot platen (se figur 1.3.2.6).



Figur 1.3.2-6: Opptatt prøve

Frigjør låsemekanismen slik at knivene kan dreies ut uten at de river med seg biter av prøvens bunn. Støtt med hendene der knivene dreies ut. Om leire rives ut, lapp etterpå med uforstyrret leire hvis mulig, slik at prøven står rett eller aller helst, sett inn plastkiler som må foreligge i ulike størrelser. Toppen og sidene av prøven renses umiddelbart for løst slam og overflødig vann.

Løft prøvetakeren opp over prøven uten at den skrapet og drar i prøven. Trekk sokkelen unna og flytt prøven til et sted der innpakking kan foregå. To mann bør bære. Prøven veier 35–40 kg for Sherbrooke prøvetaker noe mindre for Miniblokkprøvetaker. Prøvem må ikke presses eller skli på sokkelen. Husk å rense prøvetakeren etter bruk og kontrollere at spyledysene er åpne. Å stake ut tørket leire fra innsiden av prøvetakeren koster tid. Dussj mekanismen med sprayolje.

Sikring av borhullet må gjøres etter avsluttet arbeid hver dag. Hullet fremstår som en liten dam, men er en livsfarlig vannfylt sjakt. Legg en dekkende plate over og lås denne med boreriggen.

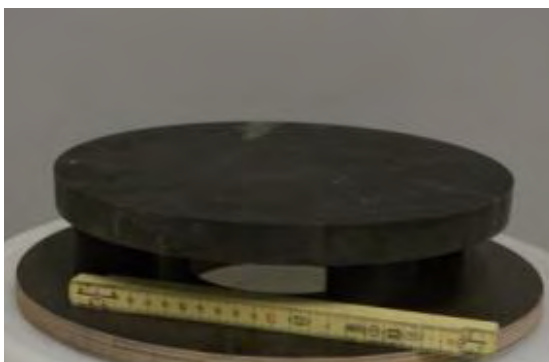
4.5 Klargjøring av prøven for transport

Prøven står nå på en "treetasjes" sokkel med diameter som er tilpasset bunn av prøvetakeren (se figur 1.3.2-8). Sokkelen er laget av to lag ca. 2 cm tykke plastplater med 4 stk. avstandsstykker imellom slik at sokkelen med prøven kan løftes både for hånd og med en løfteinnretning. Prøven står direkte på øvre plastplate slik at prøven ikke

kan avgi vann. En sokkel av tre trekker vann ut av prøven.



Figur 1.3.2-7: Prøve tatt med Sherbrooke prøvetaker



Figur 1.3.2-8: Prøvesokkel

Litt forskjellige metoder har vært benyttet for innpakning og transport av blokkprøver, men første trinn er å pakke prøven inn i plastfolie på en slik måte at folien sitter stramt rundt prøven, tetter godt og fester til sokkelen. Det benyttes minst 5 – 10 runder til plastfolien dekker hele prøven inkludert toppen. Dette gjøres umiddelbart etter at prøven er frigjort.

Prøven merkes så med sted, borhull nr. og dybde ved å angi nøyaktig dybde for avsluttet skjærdyp og så regne prøvehøyden oppover fra dette nivået. Borkort med beskrivelse av prøve kvalitet fylles også ut.

4.5.1 Sherbrooke prøvetaker

Før prøver tatt med Sherbrooke prøvetaker har det vært vanlig å stive opp ved hjelp av flere runder med tykk aluminiumsfolie før flere runder med plastfolie ble påført. Det er også mulig å stive av prøven ytterligere ved å legge glassfiberstrie inn mellom folielagene. Bred pakketape kan også benyttes.

Etter innpakning (se figur 1.3.2-9) ved hjelp av en løfteanordning (se figur 1.3.2-10) over i et 50 liters plastspann.



Figur 1.3.2-9: Innpakket prøve



Figur 1.3.2-10: Løfteanordning med svingbare armer

Løfteanordningen er påkrevet for å få prøven ned i plastspannet. De svingbare armene sørger for at armene får feste i hulrommet mellom sokkelens topp- og bunnplate. To personer løfter og en tredje hjelper til med å støtte prøven.

Med prøven på plass i plastbøtten fylles hulrommet omkring prøven med bobleplast som legges ned i strimler og pakkes rundt prøven som transportstøtte. Fuktet papir legges under lokket for å hindre uttørking. Fest lokket godt før prøven løftes. Lokket stiver av spannet. Prøven er nå klar til

transport eller lagring. Må prøven lagres i felt, må det gjøres tiltak så den ikke ødelegges av frost.



Figur 1.3.2-11: Splittet og hengslet PVC-rør

4.5.2 Miniblokkprøvetaker

For prøver tatt med miniblokkprøvetaker pakkes også prøven inn i flere lag med plastfolie umiddelbart etter at den er frigjort. I stedet for å benytte aluminiumsfolie og glassfiberstrie til å stive opp prøven, omsluttet den med et splittet og hengslet PVC-rør (se figur 1.3.2-11) med innvendig diameter 187 mm.

Gapet mellom prøven og røret fylles så med poreplastkuler for å stabilisere prøven (se figur 1.3.2-12). PVC-røret har også hull for feste av bærehåndtak i toppen og feste til sokkelen i bunnen. Røret låses med noen runder med plasttape i minst to høyder.

4.6 Transport av prøver

Transporten må være silkemyk for å sikre at prøvens egenskaper påvirkes under vegs til laboratoriebenken. Forsering av grøfter, fartsdumper og rundkjøringer bør tilpasses. Forsendelse med speditører er risikabelt da det ikke er kontroll med håndtering og lagring selv om prøveforsendelsen merkes godt.

4.7 Avslutning og sikring av borhull

Ved avsluttet prøvetaking må området ryddes, leirslam fjernes og borhullet sikres ved gjenfylling. Ved eventuell bruk av sand/grus må det vurderes om dette kan føre til en form for vertikaldren som kan forårsake drenasje og forårsake/fremskynde setninger.

For å oppnå tett hull kan betongmasse som pumpes ned i hullet benyttes.

Tilbakefylling med oppgravede leirmasser er ikke tilrådelig da disse som regel vil henge seg fast i borhullsveggen uten at massene når ned til bunnen av hullet. Etter en tid(uker/måneder) vil leirmassene kanskje likevel sige ned til bunnen av hullet som da vil stå åpent på ny.



Figur 1.3.2-12: Transportrør fylt med poreplastkuler

4.8 Bemanning og tidsforbruk

For bruk av Sherbrooke prøvetaker er et mannskap på tre ideelt, en maskinkjører, en som står for prøvetakingen og pakking og i tillegg en hjelpemann som hjelper til på riggen og med håndtering av prøvene. Det er også mulig med en bemanning på to personer, men det går vesentlig langsommere.

Ved bruk av Miniblokkprøvetaker er det tilstrekkelig med et mannskap på to.

Normalt vil det gå med en dag til opprigging og boring ned til første prøvedyp og en dag til nedrigging og rydding. Trengs foringsrør brukes

ekstra tid. To borhull til 12–15 m med 3–4 prøver i hvert hull kan ta 3 dager med Sherbrooke prøvetaker. Det vil si en ukes feltarbeid for et standard prosjekt.

Erfaringer med Miniblokkprøvetaker viser at det er mulig å ta 3 – 4 blokkprøver pr. time for dybder mindre enn 8 m ved kontinuerlig prøvetaking. For dybder mellom 8 og 15 m vil det være mulig å ta 2 – 4 prøver pr. time ved kontinuerlig prøvetaking.

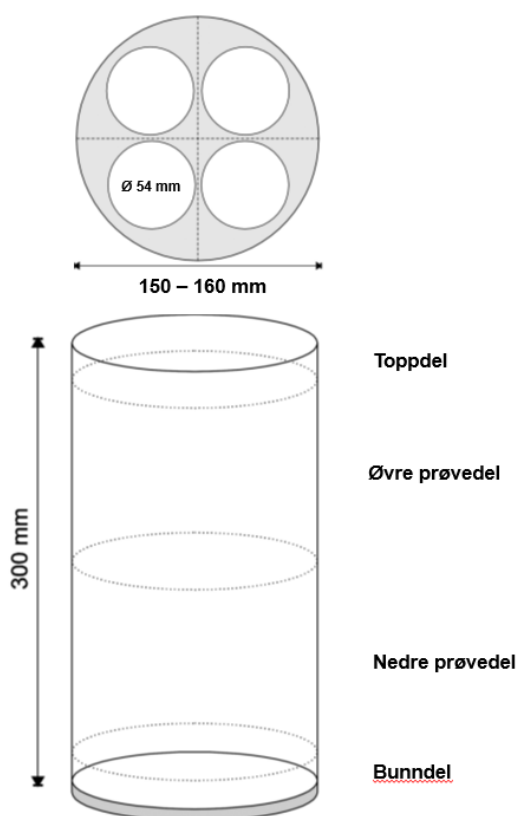
4.9 Begrensninger

Boringen skal utføres vertikalt. Det er ingen avstivning av borstrengen under "klemma" på riggen så borstrengens vertikalitet må følges nøye. Boring i skråninger begrenser seg til muligheten til oppretting av tårnet til vertikal posisjon.

Boring fra flåte har vært forsøkt, men det er svært vanskelig å holde posisjonen fast nok selv uten vind og strøm. Tidevann kompliserer ytterligere. "Jack up" plattform bør være løsningen.

5. Resultater

Med blokkprøver tatt med Sherbrooke prøvetaker vil det være mulig ved gode prøver å utføre flere laboratorieforsøk på prøver fra en blokk idet hver blokk kan deles opp i flere \varnothing 54 mm og 100 mm høye prøvestykker.



Figur 1.3.2–13: Underinndeling av blokkprøve

Dette er også mulig med prøver fra Miniblokkprøvetaker. Med intakte blokkprøver med 300 mm høyde vil det normalt kunne tas ut i alt 8 prøvestykker for treaksialforsøk og andre forsøk (se figur 1.3.2–13).

Toppdel, bunndel og mellomliggende materiale som skjæres bort kan anvendes til måling av vanninnhold, flyte- og utrullingsgrense etc.

6. Rapportering

Borkort med angivelse av borhull, forboring og antall blokkprøver i gitte dybder sendes til geoteknisk saksbehandler og til laboratoriet som skal utføre laboratorieforsøkene sammen med blokkprøvene.

På borkortet skal det i tillegg til ovennevnte data noteres eventuelle spesielle hendelser under prøvetakingen:

- prøveforstyrrelse og årsak
- prøvetap
- avvik fra forventede grunnforhold
- avvik fra vertikal boring

7. Referanser

NIFS Rapport 41/2013, State-of -the -art: Blokkprøver

(De fleste bildene vist i denne metoden er hentet fra ovenstående rapport)

Emdal, A., Gylland, A., Amundsen, H.A., Kåsin, K., Long, M., Mini-block sampler, Canadian Geotechnical Journal, 2017.

(Noen av bildene vist i denne metoden er hentet fra ovenstående publikasjon)



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.3 Prøvetaking

1.3.3 Forstyrret prøve – ram- og SPT-prøvetaker

November 2017 (erstatte metode 15.233, 15.244 og 15.246, mai 1997)

1. Hensikt

Metoden har som formål å ta opp representative, prøver av materialer fra undergrunnen med fraksjoner fra leirige materialer til finere grusmasser. Hensikten er å undersøke jordartens lagrekke og sammensetning, men metoden medfører endringer i prøvens mekaniske egenskaper.

Nedtrengningsevnen er avhengig av jordartenes fasthet og anvendt rammeutstyr. Det er tatt prøver ned til 25 m dyp i løst lagret sand og silt, men 10 m må anses som en normal praktisk oppnåelig prøvetakingsdybde med slikt utstyr.

I denne metoden omtales to typer utstyr:

- ramprøvetaker
- SPT-prøvetaker (Standard Penetration Test)

Felles for disse prøvetakerne er at prøvene rammes inn i en prøvesylinder. For SPT registreres også motstanden N mot nedtrengning av prøvetakeren.

Opptak av prøver med \varnothing 54 mm stempelpøvetaker med butt egg (se metode 1.3.1) resulterer også i forstyrret prøve.

2. Definisjoner

Forstyrret prøve: Opptatt jordprøve vil ha uendret sammensetning og lagrekke, men endrede mekaniske egenskaper.

3. Utstyr

3.1 Ramprøvetaker

En ramprøvetaker består av en stålsylinder som rammes ned i grunnen slik at prøven føres inn i cylinderen.

Det er to utgaver av prøvetakeren som i prinsippet er like:

- 30 mm prøvetaker beregnet for lettere rammeutstyr (Pionjär, Cobra, Wacker). Figur 1.3.3-1 viser sammensetningen og utrustning

i posisjon for nedramming og prøvetaking. Prøvetakeren forlenges med \varnothing 25 mm borstenger.

- 30 mm ramprøvetaker beregnet for prøvetaking med hydraulisk drevet borrhull og kraftigere ramming. Dette er en forsterket utgave som i prinsippet er lik den lettere utgaven med hensyn til oppbygging og bruk. Prøvetakeren forlenges med \varnothing 45 mm borstenger (geostenger). Se figur 1.3.3-2.

3.2 SPT-prøvetaker

Selve prøvetakeren består av en stålsylinder med \varnothing 51 mm (2") utvendig diameter med avtagbar egg, delbar prøveoppsamler og styringshode (se figur 1.3.3-3). For opptak av prøver kreves i tillegg:

- 3 m lange borstenger \varnothing 32 mm med glatte skjøter og innvendig løse tapper
- fallodd med masse 63,5 kg
- system for automatisk løfting og frislipp av loddet
- ambolt for feste til borstenger
- foringsrør, hullnaver eller annet utstyr som kan etablere borrhull ned til prøvetakingsnivå fortrinnsvis med indre diameter mindre enn \varnothing 150 mm

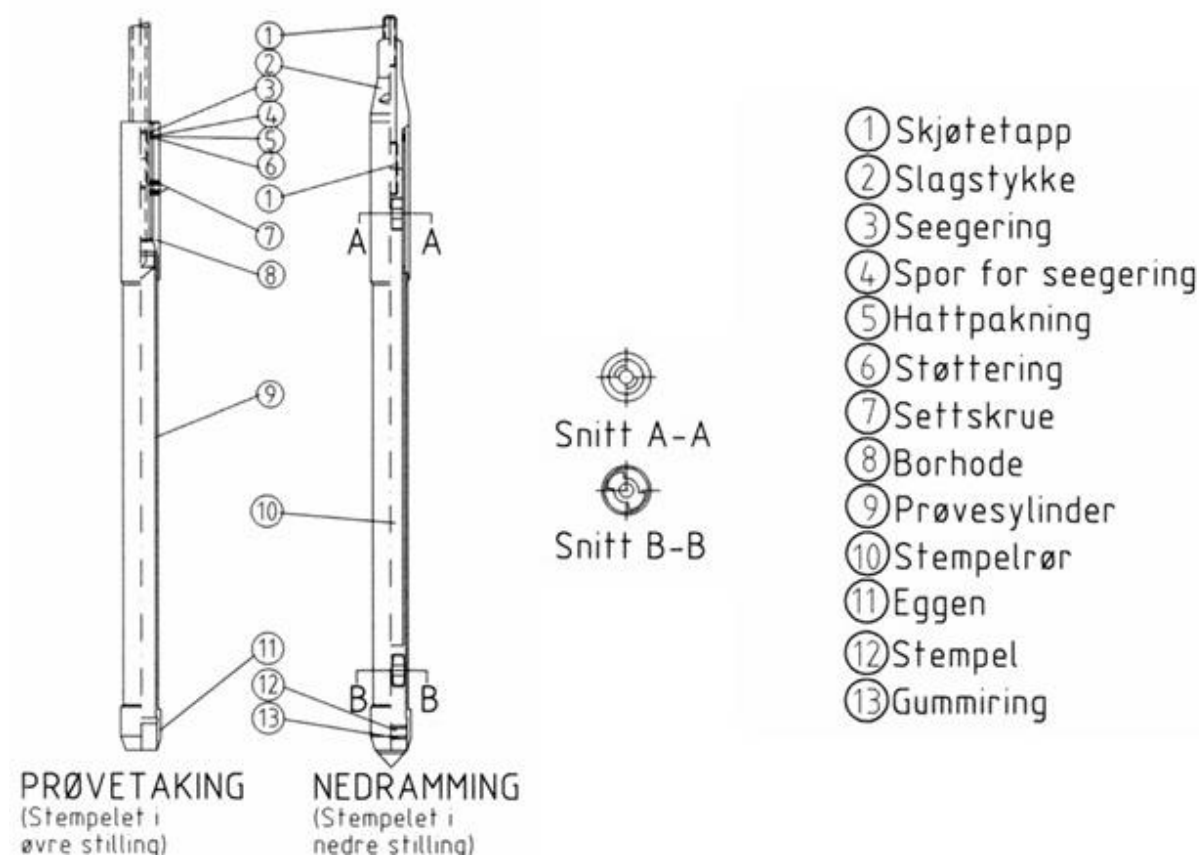
For borpstilling se figur 1.3.3-4.

4. Fremgangsmåte

4.1 Ramprøvetaker

4.1.1 Kontroll av prøvetaker før bruk

- at stempelpakningen er i orden. Dette kontrolleres ved at prøvetakeren henger på stempelpakningen når den holdes i slagstykket med spissen ned. Det forutsettes at det ikke er fett eller olje på pakningen
- at stampelet går lett i lås. Trekk stampelet opp i borrhodet og vri 80° med solen
- at alle gjengeforbindelser, stempel – stempelstang – slagstykke er fast sammenskrudd
- at borstenger er skrudd fast sammen slik at de bryster



Figur 1.3.3-1: Ramprøvetaker for lett rammeutstyr

4.1.2 Nedramming

Stempelet står nå i nedre posisjon og stenger åpningen til prøvesylinderen. Ved nedramming av prøvetakeren er det nødvendig å variere hastigheten på slagene inntil det registreres at prøvetakeren går lettest ned (dette varierer med forskjellige masser).

Under nedramming må borstrengen roteres med solen for at borstengene ikke skal løsne i skjøtene. Slagenergien overføres gjennom slagstykket (2) (se figur 1.3.3-1) til såvel prøvesylinderen (9), eggen (11), stempelrøret (10) og stempelet (12). En pakning, gummiring (13), hindrer vann og jord i å trenge inn i sylinderen under nedrammingen.

4.1.3 Prøvetaking

Når prøvetakeren står i posisjon for prøvetaking, trekkes skjøtestangen opp til motstand merkes.

Skjøtestangen vris så ca. 80 grader med solen slik at brystningene ligger an mot tilsvarende brystninger i borhodet (8). Se snitt A-A og B-B.

Den åpne sylinderen rammes så ned ca. 0,5 m, inntil den er fylt med materiale. I leire, bør det ikke rammes lengre enn prøvesylindrens lengde. I silt, sand og finere grusmasser kan det rammes 2 – 3 ganger prøvesylindrens diameter for å få pakket massene så godt sammen i prøvesylinderen at prøvene henger med opp.

For å være sikker på at stempelet ikke hopper ut av stilling, er det nødvendig å dreie borstrengen rundt med solen (2-3 omdreininger i minuttet), samtidig som prøven rammes inn i sylinderen.

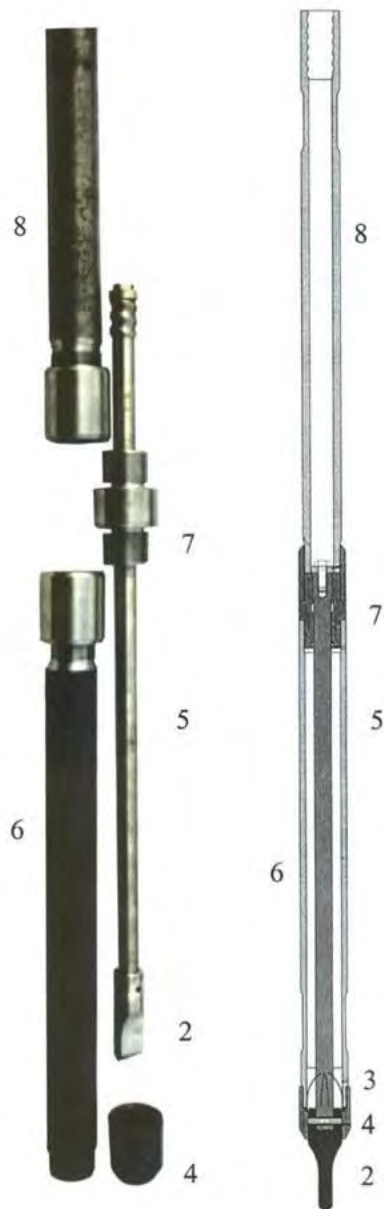
Kommentar: Gjengene har lett for å løsne under nedrammingen, og dette kan forårsake tap og ødeleggelse av prøvetakeren. For å minske risikoen for dette kan noen forbindelser i prøvetakeren festes (limes) med loctite. Det gjelder forbindelsen mellom: stemplet (12) og skjøtetappene (1), slagstykket (2) og begge skjøtetappene (1), settskruene (7). Disse delene kan da kun demonteres ved at de varmes opp til ca. 200 °C.

4.1.4 Opptrekking

Opptrekkingen skjer ved hjelp av boropptrekker eller med borryggen. Opptrekkingen av prøvetakeren må foregå jevnt.

Når prøvetakeren er tatt opp, skrur prøvesylinderen av borhodet (pos. 9 skrur fra pos. 8), og prøven kan som regel skyves ut med en passende stokk eller et dertil egnet stempel. Eventuell lagdeling i materialet registreres og lagdelt materiale skilles ut og pakkes separat for transport til laboratoriet.

Sandprøver må ristes eller bankes ut.



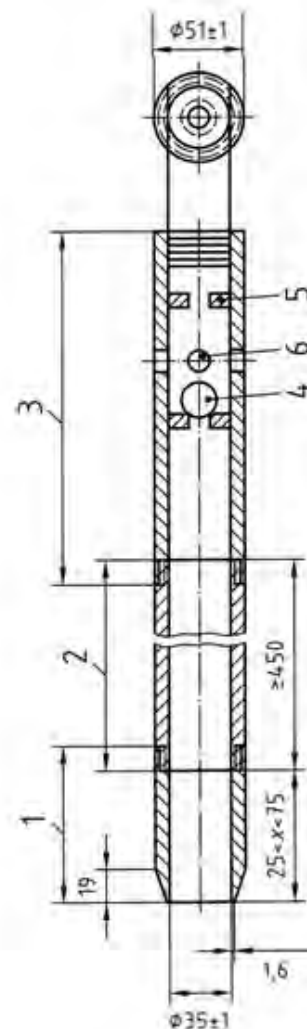
Forklaring

- 2 spiss (kort/lang)
- 3 prøvefanger
- 4 egg
- 5 stempel m/stempelstang
- 6 prøvesylinder
- 7 låserør
- 8 skjøterør

Figur 1.3.3-2: Ramprøvetaker for borrhigg

4.1.5 Lagring av prøvetaker etter bruk

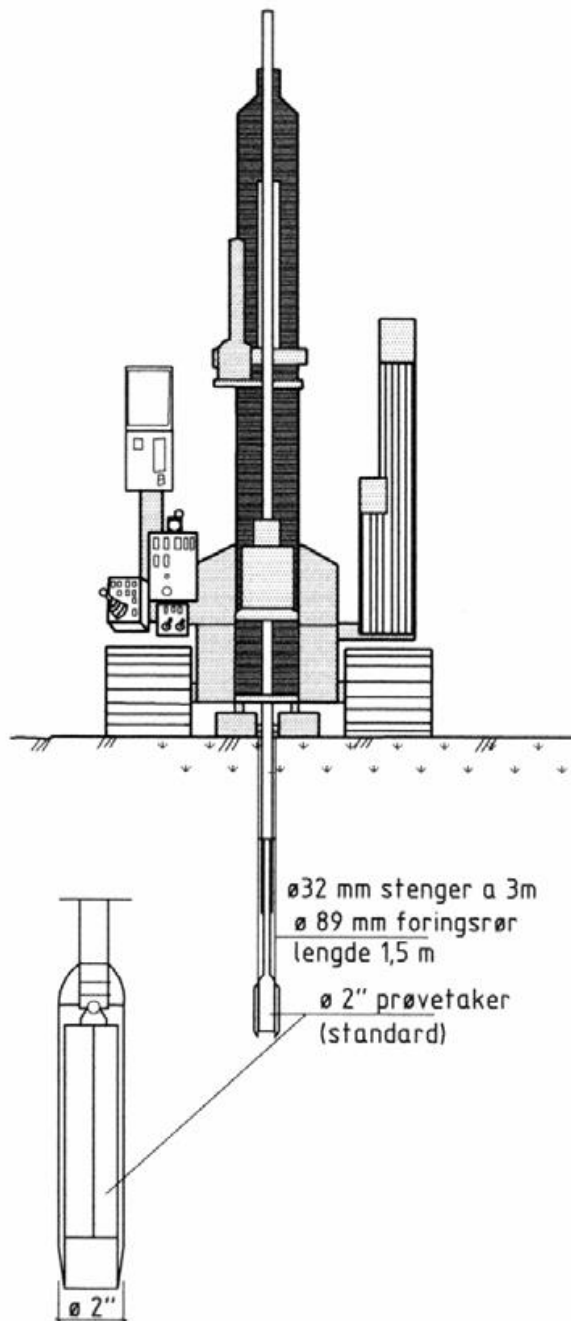
- når prøvetakeren skal lagres, må den gjøres omhyggelig ren og fuktes med olje og antirustmiddel.
- såfremt gjengene på skjøtetappene og stempelstang er blitt for romme, må disse delene skiftes ut med nye.
- når deler festet med loctite må skiftes ut, må oppvarmingen for løsgjøringen ikke drives så langt at det oppstår fargetoning eller flammning.
- når de nye delene monteres, påse at gjengene er frie for fett og ellers rene før de igjen festet med loctite.



Forklaring

- 1 egg
- 2 delbar prøveoppsamler
- 3 styringshode
- 4 enveisventil (anbefalt kulediameter 25 mm)
- 5 styringspinner
- 6 fire luftehull
- x lengde egg

Figur 1.3.3-3: SPT-prøvetaker



Figur 1.3.3-4: Oppstilling og utstyr for SPT-prøvetaking

4.2 STP-prøvetaker

4.2.1 Kontroll av prøvetaker før bruk

For hvert prøveopptak skal prøvetakeren kontrolleres for eventuelle skader. Likeledes skal det kontrolleres at borstengene er rette og dette gjentas for minst hvert 20. prøveopptak. Videre skal loddets fallhøyde kontrolleres og at utløsmekanismen fungerer tilfredsstillende samt at ambolten er riktig festet til borstangen.

4.2.2 Etablering av borchull

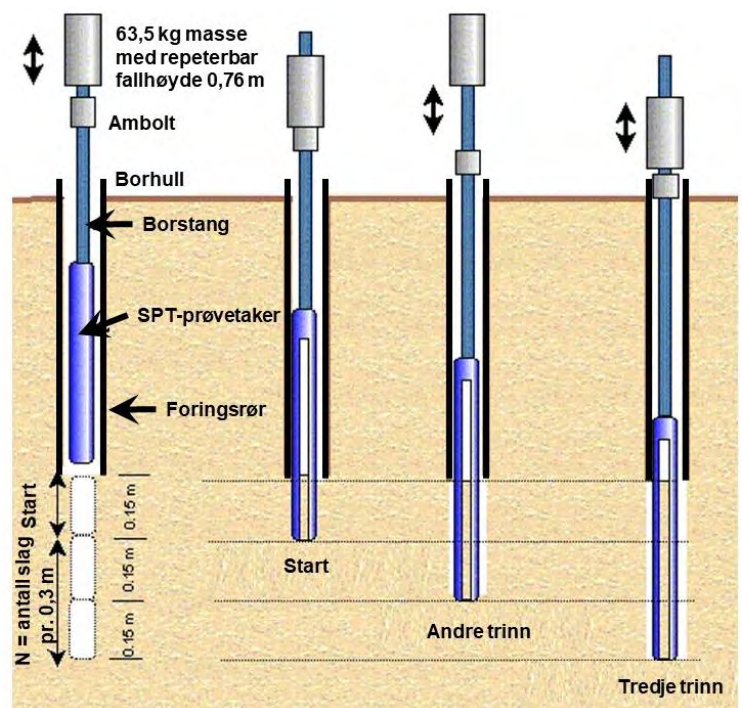
Ved etablering av borchull for nedsetting av prøvetakeren til ønsket prøvedybde kan det for grunne forhold benyttes naver hvis løsmassene er av en slik karakter at hullet forblir åpent for nedsetting av prøvetakeren. Dette kan fungere i

siltige og leirige materialer over grunnvannstanden. I friksjonsmasser og for dype hull vil det i de fleste tilfeller være behov for foringsrør enten i form av hullnaver eller vanlige foringsrør.

For installering av foringsrør kan det benyttes Odex eller Symmetrix utstyr som beskrevet i metode 1.3.5. Ved nedboring av foringsrøret må det imidlertid benyttes borkrone som i minst mulig grad forstyrrer materialene under borenivået for eks. ved bruk av Elemex borkrone.

4.2.3 Prøvetaking

Ved prøvetaking føres prøvetakeren ned til bunnen av etablert borchull i ønsket nivå. Eventuell synk av prøvetakeren med borstenger og lodd under bunnen av borchullet noteres. Deretter rammes prøvetakeren 150 mm ned i løsmassene med fallloddet på 63,5 kg og fallhøyde 760 mm og antall slag for å oppnå dette N_0 noteres eller neddrivingen stoppes ved 25 slag avhengig av hva som opptrer først. Prøvetakeren rammes så videre fra dette nivå ned minst 300 mm i minst to omganger med 150 mm hver og antall slag noteres for hver omgang N_n og N_{n+1} . Alternativt kan det rammes i fire omganger med 75 mm synk hver og antall slag noteres for hver omgang.



Figur 1.3.3-5: Illustrasjon av de tre trinnene ved nedramming av SPT-prøvetakeren

Penetrasjonsmotstanden i jordmassene noteres som $N = N_n + N_{n+1}$ dvs. summen av N -verdiene for de siste to 150 mm nedtrengning eller $N = N_n + N_{n+1} + N_{n+2} + N_{n+3}$ dvs. summen av de fire

siste 75 mm nedtrengning. Hvis N overskrider 50 slag kan prøvetakingen avsluttes.

4.2.4 Opptak av prøvetaker

Eter avsluttet måling av nedtrengningsmotstand løftes prøvetakeren opp til terreng og egg og styringshode skrus av. Deretter deles prøvesylinderen og opphentet materiale behandles videre som beskrevet i pkt. 5. I friksjonsmasser kan det være fordelaktig å utstyre prøvesylinderen med en sandfanger som vil kunne hindre at materiale renner ut under opptak av prøvetakeren.

4.2.5 Videre boring

For ny prøvetaking på et dypere nivå bores foringsrøret vider ned i undergrunnen. Hvis en kommer under eksiterende grunnvannsnivå, må det påses at vann ikke trenger opp i foringsrøret nedenfra da dette kan føre til lagringsendring i massene. For å forhindre at så skjer, må det påses at væsknivået i foringsrøret er høyere enn omkringliggende grunnvannsnivå.

4.3 Opprydding

Når boroperasjonen er utført, er det viktig at det ryddes opp på plassen slik at området tilbakeføres til tilstanden som forelå før boringen startet. Dette innebærer at borhull skal fylles igjen og tettes med materialer med lik eller mindre permeabilitet enn lokale masser slik at ikke senere skader kan oppstå. Dette er spesielt viktig i områder der det er registrert artesisk overtrykk. Her må det sørges for at overtrykket gjenopprettes for eks. ved hjelp av injisering.

Ved bruk av vann som spylevæske så skal borslammet samles opp og sedimenteres for senere fjerning. Luftspylt borkaks skal også fjernes.

5. Resultater

Prøvematerialet fylles over i plastposer som presses tomme for luft og forsegles. Der det er lagdeling legges materiale fra ulike lag i separate poser. Blankett nr. 458 – Merkelapp for prøver (figur 1.3.3-6), fylles ut med en visuell beskrivelse av massene. Plastposen med prøvematerialet og merkelapp legges inn i en ny plastpose som også presses tom for luft og forsegles. Beskrivelsen av prøven påføres også på prøvekortet (figur 1.3.3-7).

Målt nedtrengningsmotstand med SPT-prøvetaker noteres med angivelse av prøvedybde og antall slag N_0 og N .

6. Rapportering

Prøvene vedlagt prøvekort (blankett nr. 439), figur 1.3.3-7, med beskrivelse av massestype og

prøvedybde sendes laboratoriet til undersøkelse. For oppbevaring og transport se metode 130.

STATENS VEGVESEN	
Veglaboratoriet, Gaustadalleen 25, Blindern, Oslo 3	
Sted: <i>Frogn</i>	Dybde: <i>3,0 - 3,8</i>
Oppdrag nr.: <i>C-101</i>	Jordart: <i>Leire</i>
Hull: <i>Profil 1050 R</i>	Dato: <i>12/12-81</i>
Pel:	Sign.: <i>NIV</i>

Blankett nr. 458. Merkelapp for sylinderprøver 25.000 10/92 Vilco Trykkeri

Figur 1.3.3-6: Merkelapp for prøver, blankett 458

STATENS VEGVESEN		PRØVETAKING	
Blankett nr. 439			
Sted <i>Frogn</i>	Prøvetaker <i>30 mm</i>		
Oppdragsnr. <i>C-101</i>	Grunnvannst.		
Hull <i>Profil 1050 R</i>	Terrengkote <i>18.2</i>		
Dato <i>12/12-81</i>	Sign. <i>NIV</i>		
Dybde i meter	Prøve dybde	Sylinder nr.	Merknad
1	<i>1,0-1,5</i>		<i>Leirig silt</i>
2	<i>2,0-2,5</i>		<i>Sandig silt</i>
3	<i>3,0-3,5</i>		<i>Siltig sand</i>
4			

Figur 1.3.3-7: Prøvekort, blankett nr. 439

I tillegg skal følgende rapporteres:

- prosjektnavn
- borsted
- borpunkt nr. og posisjon (x, y, z)
- formål med boringen
- anvendt utstyr
- dato
- navn på operatør
- type løsmasser og eventuell lagdeling
- antall slag N_0 og N for SPT måling
- spylemedium hvis relevant
- bordybde
- grunnvann og eventuelt artesisk trykk
- spesielle observasjoner under boring hvis relevant
- oppryddingstiltak

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN ISO 22475-1, Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser – Prøvetakingsmetoder og grunnvannsmålinger – Del 1: Tekniske utførelsesprinsipper (ISO 22475-1:2006)

NS-EN ISO 22476-3, Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser, Feltundersøkelser, Del 3: Standard nedtrengningsprøving (standard penetration test) (ISO 22476-3:2005)

NS-EN ISO 22476-3:2005/A1:2011, Endringsblad A1, Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser, Feltundersøkelser, Del 3: Standard nedtrengningsprøving (standard penetration test) (ISO 22476-3:2005/Amd 1:2011)

NS-EN 1997-2:2007+NA:2008 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver

NGF Melding nr. 11, Veiledning for prøvetaking, Revidert 2013.

V222 Geoteknisk felthåndbok – råd og metodebeskrivelser, Vegdirektoratet, 2009.

8. Tillegg

8.1 SPT korreksjonsfaktorer

8.1.1 Energitas i loddsystemet

Ved prøvetaking med SPT vil det oppstå energitas på grunn av friksjon og andre effekter knyttet til bruk av fallodd. For dimensjonering og sammenlignende forhold i sand så bør N -verdiene justeres til et energiforhold på 60 % ved bruk av følgende formel:

$$N_{60} = \frac{E_t}{60} \cdot N$$

hvor

N = antall registrerte slag

E_t = energiforholdet for det anvendte utstyret

Hvis det er utarbeidet dimensjoneringsmetoder i sand for et energiforhold forskjellig fra 60 %, så bør korresponderende korrigerede N -verdi bestemmes basert på følgende ligning som angir at antall registrerte slag N i sand er omvendt proporsjonal med utstyrets energiforhold E :

$$N_a \cdot E_{ta} = N_b \cdot E_{tb}$$

8.1.2 Energitas i borstenger

Hvis lengden av borstenger er mindre enn 10 m så kan korreksjonsfaktorer vist i tabell 1.3.3-1 anvendes for registrerte slag i sand. For lengder større enn 10 m bør det ikke foretas korreksjoner.

8.1.3 Andre korreksjonsfaktorer

Hvis det benyttes delbar prøveoppsamler som med eller uten innersylinder har en innvendig diameter lik eggens innvendige diameter, er det ikke behov for å foreta korreksjoner. Det kan likevel være behov for korreksjoner hvis innersylinderen skades under neddriving. Også hvis det ikke benyttes innersylinder slik at innvendig diameter

prøveoppsamler er større enn eggens indre diameter, kan dette føre til mellom 10 og 20 % lavere N -verdier i sand.

Tabell 1.3.3-1: Korreksjonsfaktor relatert til lengden av borstenger

Lengde av borstang under ambolt m	Korreksjonsfaktor λ
> 10	1,0
6 – 10	0,95
4 – 6	0,85
3 – 4	0,75

8.1.4 Virkning av overlagingstrykk i sand

Virkingen av overlagingstrykk på N -verdien i sand kan tas hensyn til for eks. ved å benytte korreksjonsverdien C_N angitt i tabell 1.3.3-2 med referanse til type konsolidering og densitetsindeks I_b .

Tabell 1.3.3-2: Korreksjonsfaktor for vertikalt overlagingstrykk

Konsolidering	Densitetsindeks I_b %	Korreksjons- Faktor C_N
Normal- konsolidert	40 – 60	$\frac{200}{100 + \sigma'_v}$
	60 – 80	$\frac{300}{200 + \sigma'_v}$
Over- konsolidert		$\frac{170}{70 + \sigma'_v}$
$(\sigma'_v$ i kPa)		

Et annet eksempel på korreksjon i normalkonsolidert sand er å benytte C_N som angitt i følgende ligning:

$$C_N = \sqrt{\frac{98}{\sigma'_v}}$$

Verdier av C_N større enn 2,0 og fortrinnsvis 1,5 bør ikke anvendes.

Antall slag korrigeret til et energiforhold E_t på 60 % og normalisert for effektivt overlagingstrykk $\sigma'_v = 100$ kPa blir da:

$$(N_1)_{60} = \frac{E_t \cdot N \cdot C_N}{60}$$

8.1.5 Bruk av korreksjonsfaktorer

Flere korreksjonsfaktorer er omtalt i de foregående punkter. Siden foreliggende metoder for fundamentdimensjonering basert på SPT er empiriske, så bør bare de korresponderende korreksjonsfaktorene benyttes hvis ikke annet kan påvises.

Hvis alle korreksjonsfaktorene anvendes for en dimensjoneringsmetode basert på et energiforhold på 60 %, så kan følgende verdi for korrigert antall slag N beregnes (uten å inkludere faktorer nevnt i 8.1.3):

$$N_{60} = \frac{E_t}{60} \cdot \lambda \cdot C_N \cdot N$$

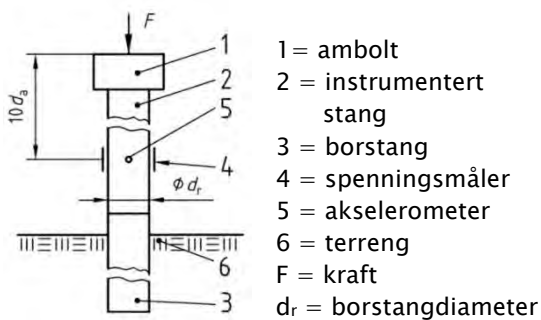
hvor

- λ = korreksjonsfaktor for energitap i sand på grunn av stanglengde
- C_N = korreksjonsfaktor for vertikalt overlagingstrykk i sand

8.2 SPT – anbefalt metode for måling av energioverføring

8.2.1 Prinsipp

Måling av energien som overføres til borstrengen kan foretas ved hjelp av en instrumentert borstang i en posisjon større enn 10 ganger borstangens diameter under punktet der loddet slår an mot ambolten (se figur 1.3.3–8).



Figur 1.3.3–8: Eksempel på instrumentert borstang

8.2.2 Utstyr

Måleutstyret består av avtagbar instrumentert borstang som settes inn mellom ambolten og øvrige borstenger. Dette inkluderer:

- system for å måle vertikal akselerasjon med lineær nøyaktighet opp til 5000 g
- system for å måle aksial deformasjon i borstang
- måleapparat med måleoppløsning bedre enn $1 \cdot 10^{-5}$ s for observasjon, registrering og forbehandling av signaler
- databehandlingssystem (datalogger og datamaskin)

Når strekkklapper anvendes for måling av aksial deformasjon, så skal disse være jevnt fordelt rundt den instrumenterte borstangen.

8.2.3 Målinger

For hvert loddanslag kontrolleres at måleutstyret og målesensorer fungerer normalt ved visning av måleresultater.

Det skal bekreftes at signaler fra akselerometre og strekkklapper er null før og etter anslaget.

For måling av akselerasjon og deformasjon så skal nøyaktigheten være bedre enn 2 % av målte verdier.

8.2.4 Beregninger

8.2.4.1 Kraft

Kraften som overføres til borstrengen beregnes som vist:

$$F(t) = A_a \cdot E_a \cdot \epsilon_m(t)$$

hvor

- $\epsilon_m(t)$ = målt aksial tøyning av den instrumenterte borstangen
- A_a = tverrsnittsarealet av den instrumenterte borstangen
- E_a = elastisitetsmodulen for den instrumenterte borstangen

8.2.4.2 Bevegelseshastighet

Bevegelseshastigheten til den instrumenterte borstangen $v(t)$ beregnes ved integrering av akselerasjonen $a(t)$ i forhold til tiden t .

8.2.4.3 Energioverføring

Den generelle ligningen for energioverføring til borstrengen er:

$$E(t') = \int_0^{t'} F(t) \cdot v(t) dt$$

hvor

- $E(t')$ = neddrivingsenergien som overføres til den instrumenterte borstangen opp til en tid t' etter anslaget

Ulike andre metoder for å utvikle ovenstående ligning kan finnes i litteraturen.

8.2.4.4 Loddenergi

Loddenergien som kan benyttes er gjennomsnittsverdien for minst fem målinger:

$$E_{meas} = \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n E$$

8.2.4.5 Energiforhold

Loddets energiforhold karakteristisk for hvert utstyr, er gitt ved:

$$E_t = \frac{E_{meas}}{E_{theor}} \leq 1$$

hvor

- $E_{theor} = m \cdot g \cdot h$
- h = loddets fallhøyde
- m = loddets masse
- g = tyngdens akselerasjon



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.3 Prøvetaking

1.3.4 Omrørt prøve

April 2017 (erstatte metode 15.241, 15.242, 15.243 og 15.247, mai 1997)

1. Hensikt

For opptak av representative, omrørte prøver kan det benyttes graving og sjakting, skovlbor, naverbor eller gjennomstrømningsprøvetaker. For opptak av omrørte prøver i organiske jordarter som torv benyttes vanligvis kannebor. Felles for disse prøvemetodene er at prøvene som oppnås kan ha både endret lagrekke og endrede mekaniske egenskaper.

1.1 Graving og sjakting

Prøvetaking ved graving og sjakting brukes ved undersøkelse i leire, sand, grus eller morene når det er vanskelig å få tatt opp representative prøver med annet prøvetakerutstyr. Ved graving/sjakting vil det kunne oppnås større prøver, og derved et bedre bilde av avsetningene enn ved andre prøvetakingsmetoder. Prøvene tas opp for å bestemme jordart og kornfordeling. Som regel vil det også være behov for å bestemme utstrekning og mektighet av avsetningen. Til dette brukes sonderboringer, eventuelt seismiske målinger.

1.2 Skovlboring

Skovlboret brukes til opptak av omrørte prøver i finkornige materialer uten vesentlige innhold av stein (figur 1.3.4-1). Metoden egner seg ikke til prøvetaking i friksjonsmasser under grunnvannstanden. Skovlboret kan også benyttes til forboring for andre prøvetakingsmetoder og sonderboringer.

1.3 Naverboring

Naverboret brukes til opptak av omrørte prøver i finkornige materialer uten vesentlige innhold av stein (figur 1.3.4-2). Metoden egner seg ikke til prøvetaking i friksjonsmasser under grunnvannstanden. Naverboret kan også benyttes til forboring for andre prøvetakingsmetoder og sonderboringer.

1.4 Gjennomstrømningsprøvetaker

Prøvetakeren er egnet for opptak av omrørte prøver i fastere sand, grus og morenemasser (figur 1.3.4-3).

1.5 Kannebor

For opptaking av omrørte prøver i organiske jordarter og bløt leire er torvkanneboret et praktisk redskap (figur 1.3.4-4), og da særskilt under grunnvannstanden. Boret er lett i konstruksjonen og passer derfor godt ved inspeksjonsboring og ved kartlegging av lagdelingen i myr. Prøvene tas ofte kontinuerlig slik at det blir sammenhengende kjerne. Utstyret er laget for manuell bruk.

2. Definisjoner

Omrørt prøve: Opptatt jordprøve vil ha endret lagrekke og endrede mekaniske egenskaper.

3. Utstyr

3.1 Graving og sjakting

For opptak av prøver ved graving og sjakting kreves følgende:

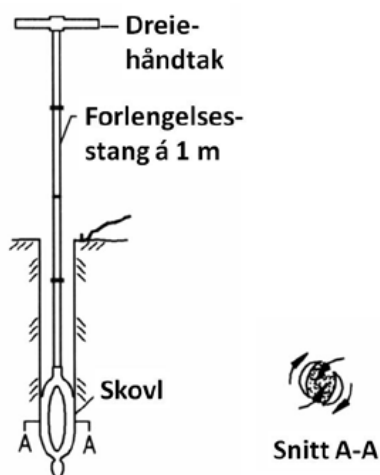
- graveutstyr som gravemaskin, evt. hakke/spade
- evt. materialer for stempeling av gravevegg/sjakt
- spade for prøvetaking
- plastposer, ca. 10 liter
- målebånd, meterstokk

For graving benyttes vanligvis gravemaskin og mulig gravedybde kan være 7 – 8 m avhengig av maskintype.

For graving av sjakt/grøft foreligger det bestemmelser fra Arbeidstilsynet når det gjelder krav til avstivning og geoteknikk vurdering av stabilitet for gravedybder over 2 m.

3.2 Skovlbor

Skovlboret finnes i dimensjoner mellom 40 mm og 200 mm. Valg av dimensjon avhenger av arbeidets art. Mest vanlig er 50 – 100 mm diameter. Boret forlenges med stenger i lengder à 1,0 m. På den siste stangen skrues det på et håndtak, se figur 1.3.4-1.

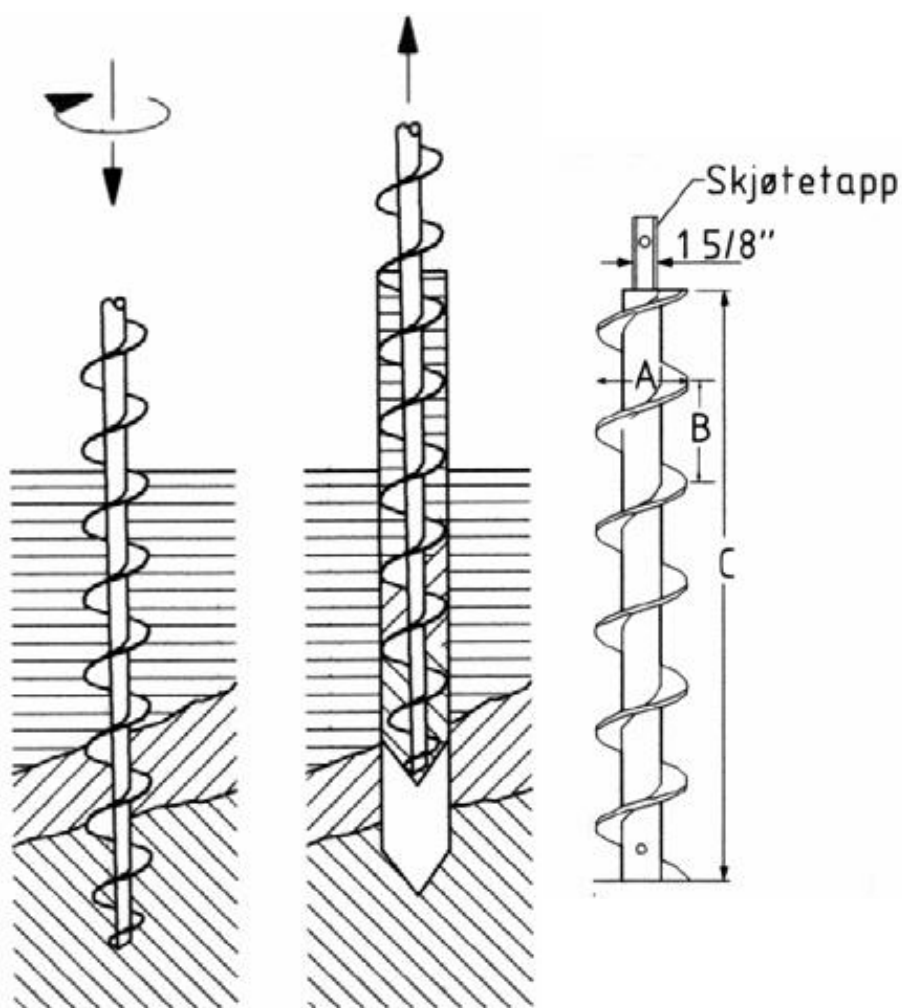


Figur 1.3.4-1: Skovlbor

3.3 Naverbor

Et naverbor er i prinsippet et skrubor med brede gjengeflater og med en borespiss i enden for penetrering gjennom faste lag/masser, se figur 1.3.4-2:

- borestrengen kan bestå av bare sammenkoblede naverbor som danner en kontinuerlig spiral, eller en passende lengde med naverbor forlenget med glatte rør som skjøtes til overflaten (Ø 32 – 36 mm stenger).
- nederst er borestrengen utrustet med en borespiss. Borespisser leveres i forskjellige utførelser, med utskiftbare tenner for undersøkelser i veg og spesialkonstruert for anvendelse i forskjellige typer jordarter.
- stang med overgang fra 6-kant skjøl til andre stangtyper. Skjøting og låsing av naverborene utføres med en låsesplint. Ved demontering benyttes en spisshammer til å slå ut splinten.



Figur 1.3.4-2: Prinsip og spisser for naverboring (fingerborespiss og fiskehalespiss)

Ved forboring for vingebor og 54 mm prøvetaker benyttes 100 mm naver. Denne type naver brukes også til forboring for foringsrør. Brukes 100 mm foringsrør kan det bores gjennom dette med 75 mm naver.

3.3.1 Fingerborspiss

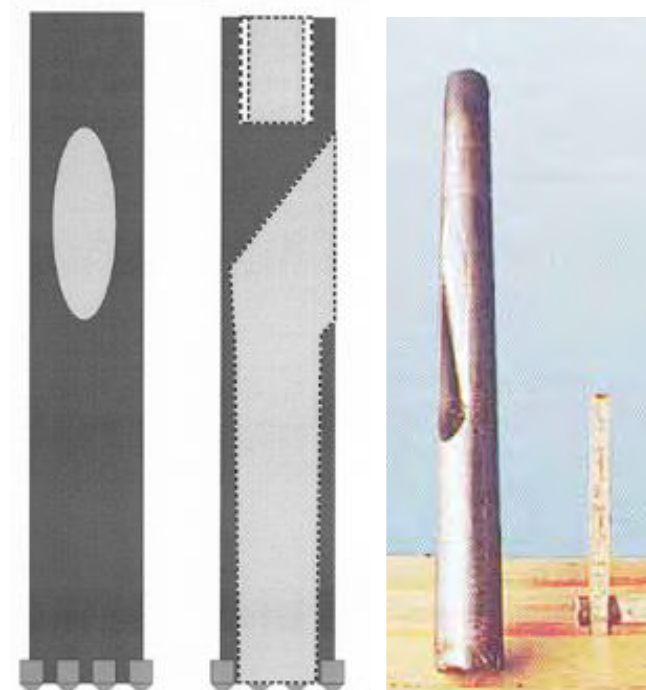
Vanlig størrelse for undersøkelser i veg er 9¼", men den kan leveres fra 3 til 12" diameter og har utskiftbare hardmetallfingre. Fingerborspissen er spesielt egnet for boring i harde homogene lag som asfalt og frossen mark. Spissen leveres i flere utgaver og varianter.

3.3.2 Fiskehalespiss

Vanlig størrelse er 4½" for bruk sammen med 4" naverbor. Den kan skaffes med diameter opp til 10" og borer rene rette hull i halvharde masser og er godt egnet i leire og silt.

3.4 Gjennomstrømningsprøvetaker

Prøvetakeren er utstyrt med en ringborkrone og et hull i øvre del av sideveggen. Det benyttes Ø 45 mm skjøtestenger med R 32 gjenger. Prøvetakeren har en ytre diameter Ø 63 mm og indre diameter Ø 39 mm. Se figur 1.3.4-3.



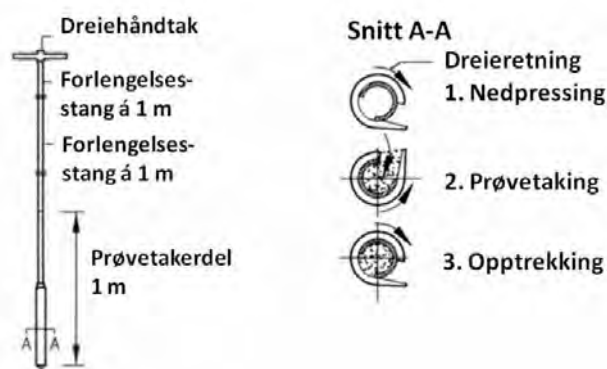
Figur 1.3.4-3: Gjennomstrømningsprøvetager.

3.5 Kannebor

Prøvetakeren består i prinsippet av 2 hylser plassert inni hverandre. Den ytterste hylsen har en leppe og den innerste hylsen har en langsgående åpning hvor materialet kan komme inn. Prøvetakeren er nederst forsynt med en spiss som er skrueformet slik at boret trenger lettere ned i materialene. Kannen har lengde 500 mm og

diameter Ø 30 mm. Forlengelsesrørene er 1 m lange og Ø 15 mm. Skjøten er utformet slik at rørene kan dreies begge veier.

Prinsipp for kannebor fremgår av figur 1.3.4-4.



Figur 1.3.4-4: Prinsipp for kannebor

4. Fremgangsmåte

4.1 Graving/sjaktning

Prøvetaking utføres vanligvis i utgravet vegg eller fra bunnen av gravegropa etter hvert som en går ned eller fra gravemaskinskuff. Hvis avsetningene er lagdelt, tas prøver fra de enkelte lag. Så vel lagtykkelse som nivået for hver prøve måles inn i forhold til terrengnivået som nivelleres.

4.2 Skovlboring

Skovlboret skrues ned i bakken. Hver gang skovlene er fylt med masse (ca. 200 mm nedtrengning) tas boret opp og tømmes. Materialene legges ut i en "streng" som viser grunnens sammensetning i prøvehullet. Lengden av strengen skal tilsvare prøvehullets dybde.

4.3 Naverboring

4.3.1 Hulltaking

Borespissen skal rive løs massen og naverspiralen skal transportere materialet til overflaten. Naverboret føres derfor ned i bakken med en mindre hastighet enn boretets naturlige stigning tilsier. Rotasjonshastighet og mating velges ut fra materialene. Ofte lønner det seg å øke rotasjonshastigheten med jevne mellomrom for å tømme hullet for masse.

Ved boring av dype hull kan det være en fordel å starte med en stor dimensjon og sette ned plastrør før mindre dimensjoner navere bores ned (teleskopboring).

4.3.2 Prøvetaking

Den vanligste metoden for prøvetaking med naverbor består i å skru naveren ned i massen, stoppe rotasjonen og trekke boret opp til overflaten. Prøvematerialet samles fra skruen (se figur 1.3.4-2). Mest benyttet er en 1 m lang naver

med diameter (150 – 175 mm) og liten stigning. Dette gir tilstrekkelig med prøvemateriale. Liten stigning forhindrer at materialet sklir (trekkes) av skruen under opptrekk.

Ved prøvetaking av eksisterende overbygningssmasser tas prøver ved å skrape i hullveggen.

Tabell 1.3.4-1 Valg av naverspiss

Jordtype	Spiss	Hulltaking	Prøvetaking	
		Naverdim.	Dim.	Anbef.
Leire/silt	Fiskehale	2 – 10"	4 – 7"	5½"
Sand/grus	Fingerbor	3 – 7"	7"	
Tørrskorpe	Fiskehale	3 – 7"	7"	
Tele/Asfalt	Fingerbor	3 – 7"	7"	

4.4 Gjennomstrømningsprøvetaker

Før nedramming av prøvetakeren starter, må det kontrolleres at prøvetakeren er fullstendig tømt slik at det ikke er materialer igjen inne i sylindere som kan sperre for opptak av eller infisere nye prøver.

4.4.1 Nedboring

Prøvetakeren bores ned i løsmassene og borkronen bidrar til at større partikler knuses ned. Under nedtrengningen passerer løst materiale gjennom prøvetakeren og ut gjennom sideåpningen.

I stenrike løsmasser kan bunnåpningen i prøvetakeren bli blokkert og antatt prøvedybde for opptatte materialer kan da bli feil.

4.4.2 Prøvotaking

Når ønsket dybde er nådd, trekkes prøvetakeren opp og det materialet som befinner seg i sylindere vil normalt følge med opp.

4.4.3 Tømming

Når prøvetakeren har kommet opp, tømmes sylindere ved hjelp av borrhjems hammer og/eller ved å skyve prøvematerialet ut ved hjelp av en stang som føres gjennom sidehullet. Eventuell lagdeling i materialet registreres og lagdelt materiale skilles ut og pakkes separat for transport til laboratoriet.

4.4.4 Lagring etter bruk

Når prøvetakeren skal lagres, må den gjøres omhyggelig ren og fuktes med olje og antirustmiddel.

4.5 Kannebor

Neddriving av kanneboret gjøres ved å dreie med urviseren. Åpningen for innerhylsen er da stengt av den ytre hylsen. Når ønsket prøvenivå er nådd, åpnes kannen ved å vri boret mot urviseren ca. ¼

omdreining. Åpningen av kannen står nå udekket, og når dreiningen fortsetter mot urviseren (min. 1½ omdreining), føres prøven inn i kannen.

Etter at prøven er trengt inn i kannen, vris boret med urviseren (min.1 omdreining) slik at kannen stenges av den ytre hylsen. Kanneboret kan nå trekkes opp i lukket posisjon slik at massene ikke glir ut.

4.6 Nødvendige prøvemengder

Nødvendig prøvemengde avhenger av hvilken laboratorieundersøkelse som skal utføres på prøven. For nødvendige prøvemengder henvises det til metode 130

5. Resultater

Prøvematerialet som er hentet opp med de ulike prøvetakingsmetodene, fylles over i plastposer som presses tomme for luft og forsegles.

Blankett nr. 458 – Merkelapp for prøver (figur 1.3.4-5), fylles ut med en visuell beskrivelse av massene. Plastposen med prøvematerialet og merkelapp legges inn i en ny plastpose som også presses tom for luft og forsegles. Beskrivelsen av prøven påføres også på prøvekortet.

STATENS VEGVESEN	
Veglaboratoriet, Gaustadalleen 25, Blindern, Oslo 3	
Sted: <i>Frogn</i>	Dybde: <i>3,0 - 3,8</i>
Oppdrag nr.: <i>C-101</i>	Jordart: <i>Leire</i>
Hull: <i>Profil 1050 R</i>	Dato: <i>12/12-81</i>
Pel:	Sign.: <i>NV</i>

Blankett nr. 458. Merkelapp for sylinderprøver 25 000 10/82 Vilco Trykkes

Figur 1.3.4-5: Merkelapp for prøver, blankett 458

Uttørring av prøver må unngås. Sommerstid bør prøvene oppbevares på et skyggefullt sted og eventuelt pakkes inn i et omslag av våte/fuktige filler. Alle prøver skal oppbevares kjølig og ikke utsettes for frost.

Prøvene vedlagt prøvekort (blankett nr. 439), figur 1.3.4-6, sendes så raskt som mulig til laboratoriet for undersøkelse.

STATENS VEGVESEN		PRØVETAKING	
Blankett nr. 439			
Sted <i>Frogn</i>		Prøvetaker <i>30 mm</i>	
Oppdragsnr. <i>C-101</i>		Grunnvannst.	
Hull <i>Profil 1050 €</i>		Tørrekote <i>18.2</i>	
Dato <i>12/12-81</i>		Sign. <i>NW</i>	
Dybde i meter	Prøve dybde	Sylinder nr.	Merknad
1	<i>1,0-1,5</i>		<i>Leirig silt</i>
2	<i>2,0-2,5</i>		<i>Sandig silt</i>
3	<i>3,0-3,5</i>		<i>Siltig sand</i>
4			

Figur 1.3.4-6: Prøvekort, blankett nr. 439

6. Rapportering

Prøvene vedlagt prøvekort (blankett nr. 439), figur 133-4, med beskrivelse av massetype og prøvedybde sendes laboratoriet til undersøkelse. For oppbevaring og transport se metode 130.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN ISO 22475-1, Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser – Prøvetakingsmetoder og grunnvannsmålinger – Del 1: Tekniske utførelsesprinsipper (ISO 22475-1:2006)

NS-EN 1997-2:2007+NA:2008 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver

NGF Melding nr. 11, Veiledning for prøvetaking, Revidert 2013.

V222 Geoteknisk felthåndbok – råd og metodebeskrivelser, Vegdirektoratet, 2009.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.3 Prøvetaking

1.3.5 Hulltaking med foringsrør

November 2017 (erstatte metode 15.245, mai 1997)

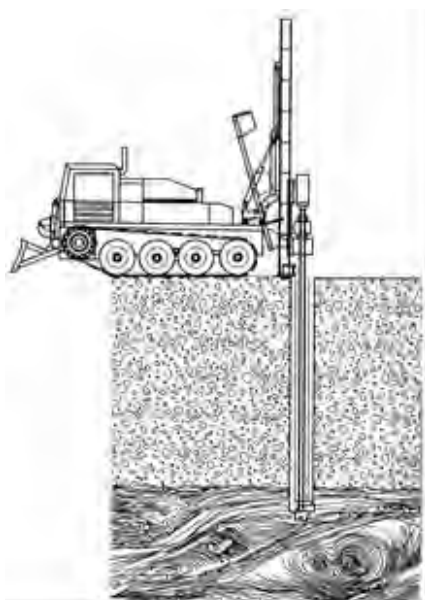
1. Hensikt

Ved grunnboring i lagdelte og grove løsmasser vil det i noen tilfeller være behov for å benytte foringsrør for å komme igjennom faste lag og støtte opp borhullet. Det finnes flere systemer som muliggjør nedboring av foringsrør. I denne metoden omtales Odex og Symmetrix/Elemex borsystemer.

Utstyret kan bore gjennom avsetninger av nær sagt alle typer løsmasser og/eller berg. De vanligste typer grunnboringsrigger har imidlertid begrenset bevegelse av tårnet ut fra vertikal stilling og kan følgelig ikke bore horisontalt.

Bormetoder omtalt i denne metoden egner seg til:

- boring gjennom vanskelige toppmasser for videre vanlig prøvetaking eller vingeboring
- vekselvis boring og prøvetaking i friksjonsmasser og morener
- boring av hull for installasjon av måleutstyr, f.eks. inklinometer, ekstensometer etc.
- forankring og injeksjonsboring
- permeabilitets- og vanntapsmålinger i løsmasser og/eller berg



Figur 1.3.5-1: Odex-boring

Denne type boring medfører stor slitasje på vanlige grunnboringsrigger og det vil derfor normalt være riktig å anvende spesialrigg til slike formål.

2. Definisjoner

Foringsrør: rør, vanligvis av stål, som bores ned i grunnen for å støtte opp et borhull og muliggjøre at annet utstyr kan føres gjennom røret for å utføre andre oppgaver.

3. Utstyr

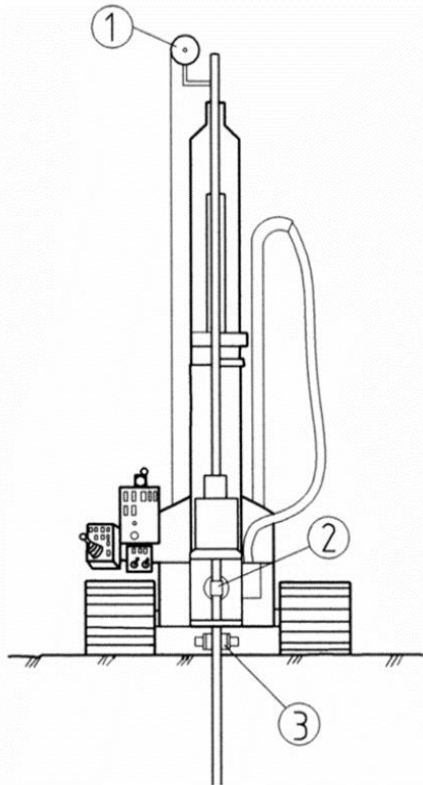
3.1 Odex utstyr

Odexboring utføres med hydraulisk borerigg eller luftdrevne fjellbormaskiner. Bruk av hydraulisk borerigg er nå mer vanlig, og en beskrivelse av dette utstyret er gitt her (se figur 1.3.5-2 og 1.3.5-3):

- vinsj for manøvrering av åk (1)
(Åk anbefales for stenger og rør med lengde over 1,2 m.)
- åk med sleide (2)
- borstøtte med bunnklemme (3)
- topphammer (4)
- slagadapter (5)
- distansehylse med tallerkenfjærer (6)
- slaghatt (7)
- adapterhylse (8)
- borstang med nøkkelgrep (9)
- foringsrør (10)
- vingehylse (11)
- transportskrue for borkaks (12)
- styring (13)
- eksenterkrone (14)
- pilotkronens gjengedel (15)
- akseltapp for eksenterkrone (16)
- pilotkrone (17)

Kommentar: Matelengden er avhengig av rørlengde. Den er vanligvis 1,4 m eller 2,4 m. Bruk av åk forenkler monteringsarbeidet, spesielt ved rør lengre enn 1,2 m.

Topphammeren har slag og rotasjonsmotor i én enhet festet til materbjelken på sleiden. Borstenger, skjøtehylser og borkroner er venstregjenget, og borstrengen roteres mot urviseren under boring. Mellom slagadapteret og slaghatten ligger en distansehylse som må fjernes for å komme til nøkkelgrepet på borstangen.



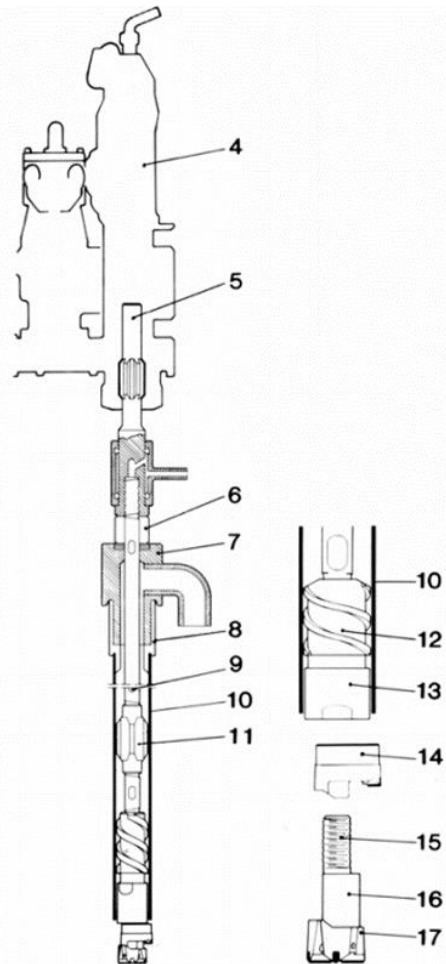
Figur 1.3.5-2: Matebjelke med utstyr

Odex-kronen (figur 1.3.5-4) består av tre deler, pilotkrone, eksenterkrone og styring. Pilotkronen borer et sentrisk styrehull (den leveres nå vanligvis som stiftkrone). Eksenterkronen svinges ut under boring og borer opp hulldiametere til et større mål enn foringsrøret. I utslått stilling stopper eksenterkronen mot en skrå anleggsflate på pilotkronen og presses opp mot en rett flate. Eksenterkronen må dreies 180° for å bringes fra den ene stillingen til den andre.

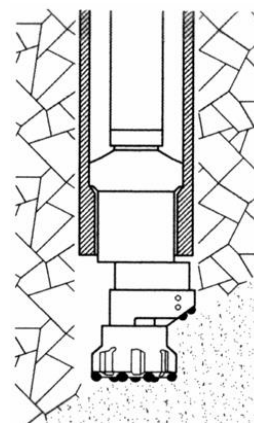
Foringsrørene for 3" (76 mm) utstyr skjøtes ved glatte gjengeforbindelser (høyre-gjenger) og leveres i de samme lengdene som borstengene. På det første foringsrøret skal hungjengene i den nederste enden kappes av for å få full godstykkelse rundt styringen og riktig lengde av rør i forhold til borstrengen.

3.2 Symmetrix/Elemex utstyr

Med dette systemet finnes utstyr for både installasjon av permanente foringsrør og opptrekkbare foringsrør avhengig av formålet med nedsetting av foringsrøret. I denne metoden omtales utstyr for opptrekkbare foringsrør.



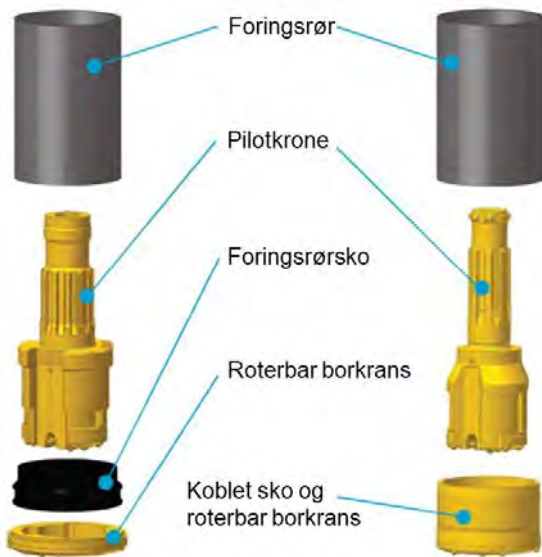
Figur 1.3.5-3: Odex-utstyr



Figur 1.3.5-4: Odex-borkrone

På samme måte som for Odex-utstyr forgår boringen med hydraulisk bormaskin. Forskjellen fra Odex er at det benyttes roterbar borkrans på foringsrøret og pilotborkrone på borstrengen symmetrisk inne i foringsrøret. En foringsrørsko er sveiset til foringsrøret og en kopling gjør at slaget fra borkronen overføres til foringsrøret og borkransen slik at foringsrør og borkrone følger hverandre nedover. For den roterbare borkransen på foringsrøret finnes to typer. En offerkrans som blir igjen i bakken for permanente rør eller når foringsrøret trekkes opp og en borkrans som kan

følge med foringsrøret når det trekkes opp. Begge typer er vist på figur 1.3.5-5 hvor bildet til venstre viser offerkransen som blir igjen i bakken.



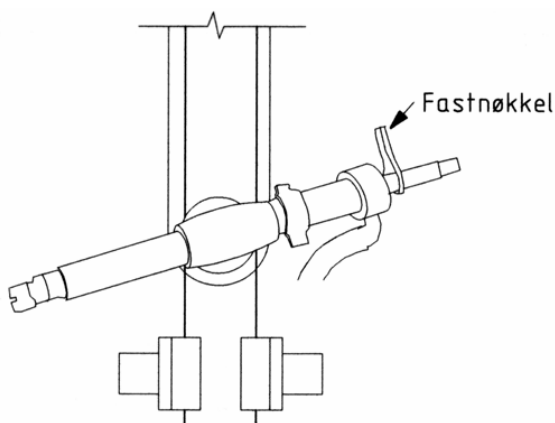
Figur 1.3.5-5: Symmetrix borutstyr

Ved bruk av luft som spylemiddel under boringen, kan det benyttes Elemex borkrone som styrer luftstrømmen med borkaks opp i foringsrøret og reduserer faren for at lufttrykket fører til skader på omkringliggende terreng.

Systemene kan benyttes både med topphammer og bunnhammer (DTH - down the hole). Toppammer benyttes gjerne for mindre bordybder og leveres med foringsrør i dimensjoner 3" - 5½". For dype hull benyttes gjerne bunnhammer (DTH) med foringsrør i dimensjoner 4½" - 48".

4. Fremgangsmåte

4.1 Odex utstyr

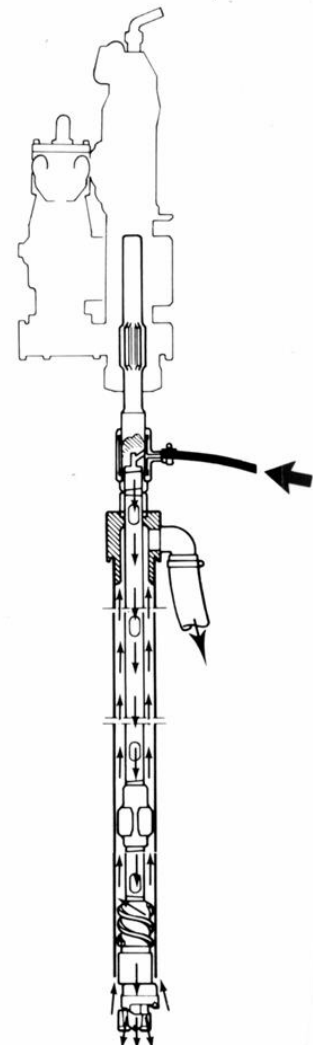


Figur 1.3.5-6: Skjøting av rør og stenger ved bruk av åk

4.1.1 Montering

- åket senkes og vris i horisontal posisjon.
- foringsrøret føres gjennom åket, og slaghattens festes til toppen av røret.
- borstang med Odex-kronen føres gjennom røret, tallerkenfjærer og distansehylse tres over enden av borstangen som låses med en stangnøkkel.
- utstyret heises opp ved hjelp av åk og vinsj og svinges i vertikal posisjon for sammenskruing til borehammeren.

Ved skjøting av rør og stenger reverseres rotasjonsmotoren, og borstrengen løftes noe for å komme til nøkkelgrepet. Nøkkelen settes i sporet og vris helt over mot anlegget til venstre før rotasjonsmotoren brukes til å skru stangen fra slagadapteret. Påskjøting av foringsrør og stenger utføres som ved første montering. 3" foringsrør skrues sammen ved hjelp av kjedetang. Ved demontering kan også odexchocks og bunnklemme benyttes.



Figur 1.3.5-7: Spyleprinsipp for transport av borkaks og kjøling av borkronen

Kommentar: Det er viktig at stangnøklene alltid legges mot den riktige siden av matebjelken før rotasjonsmotoren brukes til av- og påskruing av stenger. Husk at borstrengen har venstregjenger.

4.1.2 Boring

- spyling startes. Spylemedium kan være vann, skum eller luft.
- borstrengen senkes til kronen kommer i kontakt med bunnen av borehullet og rotasjonen startes.
- kntrroller at spylingen er kommet skikkelig i gang før slag og mating startes.

Kommentarer:

- *rotasjonshastighet og mating avpasses etter de massene man borer i.*
- *i masser med mye finstoff (leire), tettes lett borkronen. Bruk liten mating og løft ofte borkronen litt opp for ikke å miste spylingen.*
- *løft foringsrøret med jevne mellomrom under boring for å kontrollere at boret ikke setter seg fast.*
- *spyling er nødvendig for transport av borkaks og for kjøling av borkronen (figur 1.3.5–7). Skumspyling anbefales ved boring i sand og grus, og ved boring for prøvetaking. En doseringspumpe må benyttes for å blande luft og skumvæske før den pumpes inn i borstrengen. Skumvæsken består av skumkonsentrat, stabiliseringsvæske og vann.*

Er det kun tilgang på kaldt vann ned mot 0 °C, lettes skumdannelsen ved å øke doseringen av skum og stabiliseringsvæske. Vannet kan også med fordel varmes noe. Ved bruk av skum må kompressor med kapasitet på minimum 7 m³ / min. benyttes.

4.1.3 Opptaking av borstrengen

Innslåing av eksenterkronen skal utføres med en kort intensiv bevegelse. Maskinkjørereren må være klar over at han ved denne manøveren kan skru av hele borkronen og miste denne. De vanligste årsaker til at eksenterkronen ikke lar seg slå inn, er tilstopping av borkaks eller at hullveggen ikke gir nok friksjon.

Kommentarer: Dersom eksenterkronen ikke lar seg slå inn:

- *la spylingen stå på et par minutter, gjerne med øket trykk, og gjør et nytt forsøk.*
- *løft borstrengen litt opp, til eksenterkronen kommer i kontakt med underkanten av foringsrøret, og reverser borkronen forsiktig.*
- *fortsett evt. boringen til borkronen kommer ned i gunstigere materiale.*

4.1.4 Spesielt ved prøvetaking

Ved boring for prøvetaking er det viktig å være klar over to vesentlige forhold:

- spyling rundt og under borkronen kan fjerne finstoffet i massen.
- borkakset i foringsrøret må fjernes mest mulig.

Disse forholdene ivaretas ved bruk av skum som spylemedium, og en spesiell prosedyre når borstrengen trekkes opp:

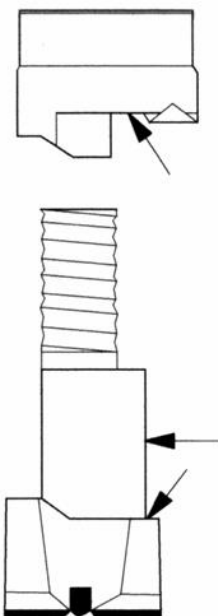
- etter boring til ønsket dybde stoppes rotasjonen, og borkronen trekkes ca. 1 m opp i foringsrøret.
- fortsett spylingen noen minutter. Ved grunne hull fortsettes det til det oppspylte skummet blir hvitt.
- løft borstrengen sakte ut av foringsrøret. Spylingen skal hele tiden være påsatt.
- har masse trengt opp i foringsrøret etter en prøvetaking, løftes foringsrøret noe opp samtidig som det slås lett på borstrengen. Dette er nødvendig for å bringe eksenterkronen ned under foringsrøret før rotasjonen settes i gang.
- dersom massene ikke inneholder større stein, kan en eventuelt forsøke å presse og slå røret forsiktig ned og tømme det ved hjelp av en sandpumpe før en ny prøve skjæres ut. Ved denne framgangsmåten sparer en noe boring, men det er en fare for at foringsrøret kan bulkes nederst.
- på store dyp med høyt trykk kan opptrengningen av masse i foringsrøret forhindres ved å fylle røret med tungt boreslam.

4.1.5 Opptrekking av foringsrøret

Vanligvis kan foringsrøret løftes opp ved hjelp av åk og/eller odexchocks. Dersom foringsrøret er vanskelig å trekke opp, kan opptrekkskraften økes ved samtidig å benytte borhammeren i tillegg til åket. Dette gjøres ved at en rørløfter skrues på rørene og det benyttes en kort borstang mellom borhammeren og rørløfteren. Et alternativ kan være at det forsøkes med forsiktig ramming på rørene samtidig som det løftes med åket. En annen metode som også kan være effektiv, er at det trekkes med borhammeren nedenfra og samtidig løfter med åket. Dette gjøres ved at borstrengen føres ned i foringsrøret og eksenterkronen slås ut. Ved denne metoden overføres krefter både til toppen og nedre delen av foringsrøret. Faren med denne metoden er at det nederste foringsrøret lett kan skades. Låsing av borstrengen inne i foringsrøret kan være et alternativ for å unngå skade på røret. Det gjøres ved at borkronen kiles fast ved bruk av fuktig sand. Denne sanden må da helles i røret etter at borstrengen er ført ned.

4.1.6 Slitasje av Odex-kronen

Eksenterkronen er sterkt utsatt for slitasje. Grovt regnet forbrukes to eksenterkroner for hver pilotkroner som slites ut. Slitasjen er viktig å kontrollere på akseltappen som styrer eksenterkronen, og på pilotkronens smaleste anleggskant for eksenterkronen (se figur 1.3.5–8). 3" (76 mm) utstyr er spesielt følsomt for slitasje som lett kan føre til vanskeligheter med å få eksenterkronen fullt utslått under boring.



Figur 1.3.5–8: Slitasjeområder

Ved sterk slitasje, og spesielt ved boring i blokkrik grunn, blir hullet stadig mindre, og foringsrøret kan lett kile seg fast og eventuelt deformeres, slik at borkronen ikke kan trekkes opp.

4.2 Symmetrix utstyr

4.2.1 Montering

Både for utstyr med koblet foringsrørsko og borkrans og foringsrørsko med løs borkrans (offerkans) sveises foringsrørskoene fast til nederste foringsrør. Borstrengen med pilotborkronen tres så gjennom foringsrøret og for utstyr med offerborkrone tres denne på foringsrørskoene før utstyret settes an mot terreng.

4.2.2 Boring

Som spylevæske kan benyttes luft, skum eller vann.

Før boringen starter kobles pilotkronen til foringsrørskoene med en liten motsols vridning. Dette gjør at slag fra pilotkronen overføres til foringsrøret og den roterende borkransen slik at denne lager rom foran foringsrøret og muliggjør at dette kan trenge ned i grunnen sammen med pilotkronen.

Det kan benyttes både topphammer eller bunnhammer (DTH) for boring. For grunne borhull benyttes vanligvis topphammer, mens det for dypere hull gjerne benyttes bunnhammer.

Når det gjelder forhold som det bør tas hensyn til under boring vises det til pkt. 4.1.2.

Ved bruk av luft som spylemiddel, finnes det borkroner som er utformet for å lede luft og borkaks direkte opp i foringsrøret (Elemex). Dette kan redusere faren for at lufttrykket fører til skader på omkringliggende terreng.



Figur 1.3.5–9: Borkrone med spesielle luftstyringskanaler (Elemex)

4.2.3 Opptrekk av borstreng

Ved opptrekk av borstreng frigjøres pilotkronen fra foringsrøret og foringsrørskoene ved en liten medsols vridning. Borstrengen kan så trekkes opp for utførelse av for eks. prøvetaking fra bunnen av borhullet. I denne sammenheng vises det til tiltak beskrevet i pkt. 4.1.4.

4.2.4 Opptrekk av foringsrør

Etter at borstrengen er trukket opp som beskrevet i pkt. 4.2.3, kan foringsrøret trekkes opp. Ved bruk av utstyr med offerborkrans vil denne borkransen bli sittende igjen i bakken når foringsrøret trekkes opp. Med koblet foringsrørsko og borkrans vil hele utstyret kunne trekkes opp for gjenbruk i neste borhull. For tiltak som kan lette opptrekkingsarbeidet, vises det til pkt. 4.1.5.

4.3 Opprydding

Når boroperasjonen er utført, er det viktig at det ryddes opp på plassen slik at området tilbakeføres til tilstanden som forelå før boringen startet. Dette innebærer at borhull skal fylles igjen og tettes med materialer med lik eller mindre permeabilitet enn lokale masser slik at ikke senere skader kan

oppstå. Dette er spesielt viktig i områder der det er registrert artesisisk overtrykk. Her må det sørges for at overtrykket gjenopprettes for eks. ved hjelp av injisering.

Ved bruk av vann som spylevæske så skal borslammet samles opp og sedimenteres for senere fjerning. Luftspylt borkaks skal også fjernes.

5. Resultater

Avhengig av formål vil en når boringen er avsluttet ha etablert hull for etablering av pumpebrønner, pelefundamenter, forankringer og lignende, eller oppnådd å ta prøver av løsmasser eller berg.

6. Rapportering

Log fra boringen skal inneholde minst følgende:

- prosjektnavn
- borsted
- borpunkt nr. og posisjon (x, y, z)
- formål med boringen
- anvendt utstyr (type, diameter etc.)
- dato
- navn på operatør
- type løsmasser og eventuell lagdeling
- spylemedium
- bordybde
- helning på borhull hvis relevant
- spesielle observasjoner under boring hvis relevant
- oppryddingstiltak

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN ISO 22475-1, Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser – Prøvetakingsmetoder og grunnvannsmålinger – Del 1: Tekniske utførelsesprinsipper (ISO 22475-1:2006)

NS-EN 1997-2:2007+NA:2008 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver

V222 Geoteknisk felthåndbok – råd og metodebeskrivelser, Vegdirektoratet, 2009.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser

1.4.1 Geologisk kartlegging av berg

April 2018 (erstatter metode 15.251, november 1997)

1. Føremål

Metoden omfatter berggrunnsgeologisk kartlegging og framstilling av berggrunnsgeologiske kart til bruk for planlegging av vegprosjekt.

Dokumentasjonen er viktig for gjennomføring og kostnadsanalyse av enkeltprosjekt og grip inn i arealplanlegging, ressurs- og miljøforvaltning. Geologisk kartlegging utførast på alle plansteg i samband med veg- og tunnelprosjekt og gir grunnlag for representativ prøvetaking, tolking av geologien i undergrunnen og optimalisering av veglinja.

1.1 Prinsipp

Undersøkinga omfatter kartlegging av bergartar med registrering av bergartsvariasjonar, strukturar, foldar, forkastingar og svakheitssoner, oppsprekking, svelleleire, omvandling og forvitring.

2. Definisjonar

Statens vegvesen legg til grunn definisjonane i følgjande dokument:

Bergartsklassifisering: Bergartsnamn og ordbruk følgjer definisjonar i Norges geologiske undersøkelse (1995).

Bergmasseklassifisering: Q-verdiar og underliggende parametarar følgjer definisjonar i Norges geotekniske institutt (2015).

Ingeniørgeologiske termar er gitt i Norsk Bergmekanikkgruppe (1985).

Vedlegg 2 Bergartsklassifisering

3. Utstyr

Utstyr merka med * er alltid nødvendig.

- geologhammar *
- topografiske kart og planteikningar *
- flyfoto *
- klinometerkompass (360°/90°) *
- fotoutstyr *
- tommestokk



Figur 141-1 Geologisk kartlegging bygger på systematiske undersøkingar av berg og bergmasse

- lupe (10x)
- GPS
- pH-meter/pH-papir
- handheldt XRF

3.1 Kart, flyfoto og planteikningar

Grunnlagsmaterialet skal vere oppdatert og vise alle tema som er nødvendige for prosjektet og skal tilpassast det aktuelle plansteget i samsvar med krav i Handbøkene N200 og N500 og rutiner i V220 og V520.

4. Framgangsmåte

4.1 Forarbeid

Arbeidet planleggast i samsvar med det aktuelle plannivå og lokal problematikk. Det er nødvendig at ein gjer seg kjend med:

- plangrunnlaget frå Statens vegvesen
- geologiske berggrunnskart, lineamentkart og flyfoto og geologiske rapportar
- særlege forhold i området, for eksempel forvitring, miljøskadelege bergartar, drikkevatt, naturvernområde og fornminner
- georessursar med tanke på næringsutvikling, forskning og undervising (kontakt NGU, DMF, ev. geolog i fylket, universitet m.m.)

Kommentar: Berggrunnsgeologiske temakart frå Norges geologiske undersøkelse (NGU) er nyttige og nødvendige for oversikt, men det er alltid behov for meir detaljert geologisk kartlegging, fortrinnsvis i målestokk 1:1000.

4.2 Geologisk feltkartlegging generelt

Kommentar: Geologisk overflatekartlegging bygger på systematisk undersøkingar av blottlagd berg. Det er nødvendig med jamt fordelte observasjonar og hyppige strukturgeologiske målingar av strøk og fall med klinometerkompass. Geologisk feltkartlegging utførast slik at alle observasjonspunkt, inklusive bergartstype, sprekkeorienteringar, svakheitssoner, forkastingar, forvittringsfenomen og bergartsgrenser blir nøyaktig plasserte (blotningskart). Bergartsgrenser, svakheitssoner og forkastingar teiknast inn på feltkartet fortløpande ved å skilje mellom sikre og stipulerte forløp.

Hyppig bruk av geologhammar er nødvendig for å dokumentere bergartsvariasjonar og for å avdekke forvittringsomfang og svak bergmasse.

Det er mest naturleg å utføre geologisk kartlegging av berg samtidig med geologisk kartlegging av lausmasser (R211-1.4.2).

Geologisk kartlegging av berg er ofte supplert med bergkontrollboringar med opptak av borekaks (R211-1.4.3), kjerneboringar (R211-1.4.6) og geofysiske målingar (R211-1.2.6). Det er nødvendig å framstille alle registreringar som profilar eller 3D modellar.

Tema og omfang av det geologiske feltarbeidet er avhengig av:

- lokale problemstillingar
- kompleksitet knytta til dei lokale geologiske forholda
- eventuelle konflikhtar med georessursar og omsyn til miljø
- formelle krav til nøyaktigheit

På reguleringsplan og byggeplan er det behov for detaljert kartlegging og relevant talfesting av variasjonar i bergmassen i samsvar med handbøkene N200, V220, N500 og V520.

4.3 Geologisk feltkartlegging for vegtraséar i dagen

Føremålet med feltkartlegginga er å skaffe fram eit samla geologisk grunnlagsmateriale som:

- gjer det mogleg å optimalisere veglina og nytte lokale georessursar på best mogleg måte
- viser ingeniørgeologiske forhold med vekt på stabilitet av skråningar, skjeringar og fundamentområde
- viser eventuelle førekomstar av bergmasse som krev handtering i samsvar med Forurensningsloven

Arbeidet utførast av geolog eller ingeniørgeolog. I tidlege planfasar bør hovudvekta av kartlegginga leggest til vegskjeringar og andre område med masseuttak.

Kommentar: Geologiske forhold langs alternative traséar vil verke ulikt inn på massebalanse, vertikalkurvatur og andre kostnadsrelatererte forhold.

Optimalisering av vegtraséar med tanke på geologiske forhold bygger på ei samla vurdering av geologiske registreringar, -målingar og laboratorieresultat frå representative prøver. Geologisk kartlegging og feltregistreringar for vegtraséar i dagen legg vekt på:

- steinmaterialkvalitetar langs heile traséen med tanke på bruk i veg eller som tilslag (4.4)
- lokalisering av lausmassar med behov for vidare undersøkingar (sjå R211-1.4.2)
- lokalisering av rasmasse og område med fare for utløyning av ras, steinsprang m.m.
- stabilitetsforhold i skjeringar og fundamentområde (R211-1.4.8)
- lokalisering av område med hydrologiske og hydrogeologiske utfordringar (R211-1.4.2, V220)
- spesiell miljøgeologisk kartlegging der dette er nødvendig (4.6)
- eventuelle konflikhtar med framtidige georessursar

Kommentar: Miljødirektoratet legg til grunn at det bør utførast tidleg kartlegging for å unngå at det oppstår overskottsmasse, og at ein skil mellom forureinande masse og masse som kan brukast som råstoff.

4.4 Feltkartlegging for vurdering av steinmaterialkvalitet

Føremålet er å skaffe fram eit best mogleg grunnlag for representativ prøvetaking (R211-1.4.3) og laboratorietesting av steinmaterialkvalitet (R210) inklusive betongtilslag. Feltarbeidet omfattar:

- nøyaktig kartlegging av hovudbergartane langs vegtraséar som grunnlag for seksjonering av steinmaterialkvalitetar
- systematiske feltregistreringar innan kvar hovudbergart med vekt på variasjonar som påverkar steinmaterialkvaliteten:
 - mineralsamansetning
 - mineralkornstorleik og -kornbinding
 - omfang av forvitring og omvandling
 - sprekkefrekvensar og svakheitssoner
- dokumentasjon av delstrekningar med djupforvitring

Det er viktig at variasjonane blir knytta til pelnummer. Det er behov for nøyaktige observasjonar i felt. Det er ein fordel å samle inn feltprøver for enkle forstudiar i binokularlupe (R210-112).

Kommentar: NGU sine «Aksomhetskart for tunnelplanlegging» viser område med sannsynleg djup forvitring.

4.5 Geologisk feltkartlegging for tunnelprosjekt

Handbok N500 gir detaljerte krav til geologiske kartleggingstema og målestokk. Handbok V520 er rettleiande for utføringa. Omfanget av forundersøkingane skal tilpassast det aktuelle plannivået med grundig vurdering av resultatata før neste planfase. Utførast av geolog eller ingeniørgeolog.

Føremålet er å komme fram til sikre tolkingar av stabilitet, lekkasje og sikringsomfang på tunnelnivået og avklare behovet for prøvetaking, grunnboringar, kjerneboringar, geofysiske undersøkingar og eventuelle pumpetestar.

Framgangsmåten følger generelle rutinar for geologisk feltarbeid (4.2 og 4.3) og omfattar:

- regional strukturgeologi og tektonikk med vekt på ingeniørgeologisk betydning av lineament, storskala foldestruktur og skyvedekker
- påhoggssområde og forskjeringar undersøkast spesielt med vekt på lokalisering og dokumentasjon av bergoverflata, kartfesting av lausmasse (rasmasse, større stein, lause blokker m.m.) og nøyaktig oppmåling av sprekkesoner og sprekkesett
- det er nødvendig å innhente informasjon om isforhold, skredfare og drivsnø
- bergoverdekning på kritiske stader ved geotekniske, geofysiske og geologiske undersøkingar, inklusive djupforvitring. Det er sett særskilde krav til bergoverdekning i undersjøiske tunnelar (N500)
- kartlegging av svakheitssonar, slepper og forkastingar med nøyaktige målingar av strøk og fall fleire stader for sikker lokalisering av svak bergmasse på tunnelnivå
- systematiske registrering av bergmasse-kvalitetar inklusive detaljoppsprekking, sprekke materiale og estimering av Q-verdiar med kommentarar om innverknaden av overflateforvitring (dagberg)
- systematiske og nøyaktige målingar av bergartsgrenser, foliasjon og skifrigheit (strøk og fall) for å avdekke store foldestruktur og skyvesoner med betydning for tolking av geologien på tunnelnivå
- bergmasse som ved sprenging kan gi stor grad av fragmentering (inklusive «sukkerberg»). Ein bør særleg fokusere på svarte skifrar, charnockitt, bergmasse med tetsittande kalkspatårer og djupforvittra berg generelt
- bergartar med teikn på forvitring registrerast med tanke på mogleg førekomst av svelleleire på tunnelnivå. Svelleleire er gjerne knytta til

svakheitssonar, men også til feltspatrike bergartar i djupforvittra område

- bergartar som gir høg borslitasje (kvartsitt m.m.)
- avdekke eventuelle aggressive grunnforhold
- avdekke eventuell asbestproblematikk
- eventuelle deponipliktige bergartar med tolking av førekomst og volum på tunnelnivå (sjå 4.6)
- hydrogeologiske feltregistreringar med tanke på tunnellekkasje og ytre miljø med lokalisering av område med behov for vasstaps- eller resistivitetsmålingar

Kommentar: Stive bergartar, særleg kvartsitt, kan gje svært store lokale tunnellekkasjar.

4.6 Miljøgeologisk kartlegging og registrering

Statens vegvesen har ansvar for handtering av massar i samsvar med Forurensningsloven. Føremålet med miljøgeologisk kartlegging er å vise utbreiinga av bergartar og bergartsvariantar som ved sprenging og massehandtering kan føre til sur avrenning, giftig metallmobilisering, strålefare og skadeleg partikkelavrenning. Det er også nødvendig å påvise førekomst av korttransportert lausmasse danna frå slik berggrunn (sjå R211-1.4.2) og eventuelle førekomstar av karst og andre naturtypar som står på raudlista (Artsdatabanken, Lindgaard og Henriksen, 2011).

Feltkartlegging og registreringar i forureinande bergmasse gir saman med analysar grunnlag for å:

- bestemme totalvolumet og krav til deponiløysingar
- etablere klassifiseringskriterier
- planlegge for best muleg praktisk handtering tilpassa anleggslogistikken, inklusive transport og behov for mellomlagring
- sette i verk tiltak for å avgrense miljøskadeleg avrenning i anleggs- og driftsfasen, i lys av krav til ytre miljøstandard (Fylkesmannen, Miljødirektoratet, Statens strålevern, EU sitt rammedirektiv for vatn)

Arbeidet skal gje fagleg grunnlag for søknader til Fylkesmannen, Miljødirektoratet og Statens strålevern. Kartlegginga utførast av miljøgeolog eller geolog under rettleiing av miljøkoordinator.

Kommentar: Resistivitetsmålingar og geofysiske målingar frå helikopter og i borehol er nyttige for å finne utbreiinga til sulfidrikt og strålefarleg berg under lausmassar

Faren for miljøskadeleg avrenning er avhengig av fleire forhold i bergmassen:

- kjemisk innhald av tungmetall, inklusive uran og thorium

- det prosentvise innhaldet av syregjevande og tungmetallførande mineral
- forvittringsgrad og omvandling
- finstoffproduksjon ved sprenging

Framgangsmåte og føremål for kartlegging, registreringar og uttak av representative prøvetaking er:

- detaljert feltundersøkingar med vekt på geologiske variasjonar som grunnlag for relevante geokjemiske og mineralogiske undersøkingar
- utføre fjellkontrollboringar med opptak av borekaks og kjerneboringar i omfang står i forhold til lokal geologisk kompleksitet
- avklare behovet for geofysiske undersøkingar (resistivitet, gammamålingar m.m.)
- fokus på alunskifer og andre svarte skifrar, rustforvittra svovelførande bergartar og granittiske bergartar med dokumentert strålefare
- undersøke fragmenteringsegenskapane til forureinande bergmasse ved aktiv bruk av hammar i felt, samt hente inn opplysningar frå eventuelle tidlegare anleggsarbeid i området
- identifisere muleg skadelege skarpkanta partiklar der det kan vere fare for avrenning til fiskevatn, elvar eller oppdrettsanlegg
- definere nedslagsfelta og dei viktige dreneringsmønster i områda med forureinande bergmasse med tanke på representative prøvetaking av vatn (R211–1.4.5) frå bekker og resipient (elvar, vatn)
- under feltarbeidet bør ein bruke handheldt XRF for totalkjemisk analyse (R211–1.2.10) som grunnlag for representativ prøvetaking av bergmasse (R211–1.4.3) for mineralogisk og kjemisk analyse, utlekkingsstestar og eventuelt vidare testing av fragmenteringsegenskaper
- vurdere eventuelt behov for biologiske forundersøkingar i særleg verdifulle resipientar
- kartfeste eventuelle verneverdige naturtypar i influensområdet

5. Resultat

5.1 Generelt

Resultata frå geologisk kartlegging av berg er nært knytta til planarbeidet og går inn som del av grunnlaget for utarbeiding av optimale og kostnadseffektive løysingar.

Resultata skal dokumentere relevant geologisk kompleksitet innan kvart enkelt vegprosjekt i samsvar med lovar, forskrifter og vegnormalar.

Det er viktig å gje ei vurdering av usikkerheit for å sikre seg at resultata på kvart plansteg er i samsvar med krava til kostnadsoverslaga.

5.2 Spesielle tema

5.2.1 Kartlegging for vegtraséar i dagen

Resultata frå kartlegging ved planlegging av vegtraséar i dagen skal samsvare med krava i Handbok N200 og rutinar i Handbok V220.

5.2.2 Kartlegging for tunnelprosjekt

Resultata frå geologiske prosjektering av tunnelar skal samsvare med krava i Handbok N500 og rutinar i Handbok V520.

5.2.3 Miljøgeologisk kartlegging og registrering

Resultata og omfanget varierer frå prosjekt til prosjekt. Det er særleg viktig å dokumentere at undersøkingane reflekterer den geologiske kompleksitet i kvart område og er utførte i tverrfagleg samarbeid mellom geofagleg og miljøfaglege kompetanse.

6. Rapportering

6.1 Generelt

Geologiske kart og profilar rapporterast alltid saman med feltmålingar og borerresultat, og skal omtale resultat frå laboratorieundersøkingar, relevante geotekniske rapportar og geofysiske målingar.

Rapportane skal dokumentere førekomst av berg med potensiell fare for forureining eller om dette er avkrefta. Eventuell konflikt med georessursar skal også omtalast.

6.2 Spesielle tema

6.2.1 Kartlegging for veg i dagen

Geologiske rapportar frå veglinjer i dagen utførast i samsvar med krava i Handbok N200 og rutinar i Handbok V220.

Rapportane omtalar steinmaterialkvalitet, rasfare stabilitetsproblematikk, hydrologi/hydrogeologi og eventuelle særlege problemstillingar (miljø, konfliktområde m.m.)

Geologiske kart, profilar og 3D-modellar skal vere ei samanstilling av borerresultat, geotekniske, geofysiske undersøkingar og vise feltmålingar og prøvelokalitetar.

6.2.2 Kartlegging for tunnelprosjekt

Rapportar for geologiske undersøkingar for tunnelprosjekt utførast i samsvar med krava Handbok N500 og rutinar i V520.

Rapportane omtalar bergtekniske forhold, hydrogeologiske forhold og område med setningsfare med tanke på stabilitetssikring, sprengbarheit, injeksjon og vassikring.

Geologiske kart, profilar og 3D-modellar skal vere ei samanstilling av borerresultat, geotekniske,

geofysiske undersøkingar og vise feltmålingar og prøvelokalitetar.

6.2.3 Miljøgeologisk kartlegging og registrering

Rapportar frå miljøgeologiske undersøkingar er spesialrapportar med særlege krav til nøyaktig kartlegging og registrering, med vekt på muleg rangering av miljøfare i ulike variantar av bergmassen. Resultata frå miljøgeologiske undersøkingar går inn som eige kapittel saman med andre tema i geologiske rapportar.

Rapportane omtalar eigenskapane i bergmassen som fører til miljøskaeleg avrenning med vekt på det forskjellige potensialet i forvitra og uforvitra berg. Det leggast fram grunnlag for klassifisering av masse og forhold som vil påverke anleggs- og driftsfasen. Rapporten omtalar også forholdet til resipientar og problematikk knytta til sårbarheit og verdirangering.

Geologiske kart og profilar skal vere ei samanstilling av boreresultat, geotekniske og geofysiske undersøkingar med innteikna prøvelokalitetar.

7. Referansar

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016
Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler.

ISO/FDIS 14689-1 (2018): Geotechnical investigation and testing — Identification and

classification of rock —Part 1: Identification and description.

EUs direktiv for vann. Direktiv 2000/60/EF
<http://www.vannportalen.no/regelverk/vanddirektivet/>

Artsdatabanken
(www.artsdatabanken.no/rodlistefornaturtyper/)

Statens vegvesen, Handbok N200 Vegbygging.

Statens vegvesen, Handbok V220 Geoteknikk i vegbygging.

Statens vegvesen, Handbok N500 Vegtunneler.

Statens vegvesen, Handbok V520
Tunnelveiledning

Norges geologiske undersøkelse (www.ngu.no)

Direktoratet for mineralforvaltning (DMF)
(www.dirmin.no)

Norges geologiske undersøkelse (1995),
Bergartsklassifisering og kartsammenstilling. S.
Gjelle, E.M.O. Sigmond: Skrifter 113
(<https://www.nb.no/>)

NGI (2015): Bruk av Q-systemet.
Bergmasseklassifisering og bergforsterkning.

Norsk Bergmekanikkgruppe (1985).
Ingeniørgeologi Berg. Håndbok. Tapir, Trondheim.
(<https://www.nb.no/>).

Lindgaard, A. og Henriksen, S. (2011). Norsk
rødliste for naturtyper. Artsdatabanken,
Trondheim.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser

1.4.2 Geologisk kartlegging av lausmassar

April 2018 (erstatter metode 15.252, november 1997)

1. Føremål

Metoden omfattar kvartærgeologisk feltkartlegging og framstilling av lausmassekart til bruk i planlegging av vegprosjekt. Dokumentasjonen er viktig for gjennomføring og kostnadsanalyse av enkeltprosjekt og arealplanlegging, ressurs- og miljøforvaltning. Kartlegginga utførast på alle plansteg i samband med veg- og tunnelprosjekt og gir grunnlag for optimalisering av geotekniske boreprogram og representativ prøvetaking.

Kommentar: Utførast av kvartærgeolog, geolog eller ingeniørgeolog i samarbeid med geoteknikar.

1.1 Prinsipp

Undersøkinga omfattar kartlegging av lausmassar med vekt på grunnforhold, materialeigenskapar hydrogeologiske forhold og rasmasse.

2. Definisjonar

Statens vegvesen legg til grunn definisjonar i følgjande dokument:

Jordartsklassifisering: Vedlegg 1, Jørgensen mfl. (2013) og Handbok V220.

Bergartsklassifisering: Vedlegg 2, Namnsetting på bergartar i lausmassar følgjer Norges geologiske undersøkelse (1995).

3. Utstyr

Utstyr merka med * er alltid nødvendig.

- geologhammar
- topografiske kart og planteikningar*
- flyfoto *
- klinometerkompass (360°/90°)*
- fotoutstyr *
- stikkstang *
- spade *
- lupe
- GPS
- pH-meter/pH-papir



Figur 1.4.2-1: Lagdelt grusførekost med mørkt leirlag

3.1 Kart, flyfoto og planteikningar

Grunnlagsmaterialet skal vere oppdatert og vise alle tema som er nødvendige for prosjektet og skal tilpassast det aktuelle plansteget i samsvar med krav i handbøkene N200 og N500 og rutiner i V220 og V520.

4. Framgangsmåte

4.1 Forarbeid

Arbeidet planleggast i samsvar med det aktuelle plannivå og lokal problematikk. Det er nødvendig at ein gjer seg kjend med:

- plangrunnlaget frå Statens vegvesen, med eventuelle alternative traséar
- kvartærgeologiske kart
- kvartærgeologisk utviklingshistorie
- tidlegare geotekniske undersøkingar
- særlege forhold i området, for eksempel forvitring, drikkevatt, naturvernområde, fornminner, georessursar, vassføring m.m.
- georessursar med tanke på næringsutvikling, forskning og undervising (kontakt NGU, DMF, ev. geolog i fylket, universitet m.m.)

Kommentar: Kvartærgeologiske kart frå Norges geologiske undersøkelse (NGU) er nyttige for oversikt, men det er nødvendig med meir detaljert kartlegging i økonomisk målestokk med vekt på tema som er relevante for vegprosjektet.

4.2 Kartlegging

4.2.1 Generelt

Kvartærgeologi er omtala i Handbok V220 og Jørgensen mfl. (2013). Kvartærgeologisk kartlegging og registrering omfattar:

- overflatekartlegging
- undersøking av opne snitt og massetak
- feltregistreringar som grunnlag for representativ prøvetaking og/eller geoteknisk boreplan

Lokale forhold avgjer kor detaljert ein må gå fram. Kartlegginga tar sikte på plassering av grenser mellom ulike lausmassar og typiske variasjonar innan kvar lausmassestype.

Ein tar utgangspunkt i publiserte kvartærgeologiske kart og rapportar, og verifiserer om grenser mellom ulike avsetningstypar er tilstrekkeleg nøyaktige sett i lys av behov definert i plangrunnlaget. Det er hensiktsmessig å avklare om tilsynelatande faste massar dekker over mindre stabile massar. Gode kvartærgeologiske registreringar gir grunnlag for god plassering av fundamentområde og endeleg val av trasé.

4.2.2 Kartlegging for vegtraséar i dagen

Føremålet med kvartærgeologisk kartlegging er å skaffe fram eit samla grunnlagsmateriale som:

- gjer det mogleg å optimalisere veglina og nytte lokale georessursar på best mogleg måte
- dokumentere lausmassar som vil kunne påverke stabilitet av skråningar, skjeringar, underbygning og fundamentområde
- viser lausmasser som er underlagt vern, andre miljøkrav eller moglege georessursar

Kvartærgeologisk kartlegging og registrering legg vekt på følgjande:

- førekomst av marin leire opp til øvre marine grense
- førekomst av morene, sand, grus og torvmyr
- førekomst av rasmasse, inklusive tallus i dalsider
- eigenskapane til lausmassane og eventuelle endringar i kontakt med vatn (sensitivitet m.m.)
- hydrologiske og hydrogeologiske forhold (sjå pkt. 4.2.3)

Kommentar: Øvre marine grense er ikkje presist kartlagt i alle landsdelar og bør alltid verifiserast ved eigne undersøkingar. Morene, sand og grus dekker over marin leire fleire stader.

Kvartærgeologiske undersøkingar i samband med planlegging av geotekniske undersøkingar (boreprogram, poretrykksmålingar m.m.) legg vekt på følgjande:

- kartlegging av humusrike lausmassar
- kartlegging av marin leire og silt

- registrering av influensområdet til bekkar og elvar som drenerer gjennom marine avsetningar
- registrering av eventuelle tidlegare elveløp
- kartlegging av andre lausmassestypar som kan vere sensitive eller ustabile (mjøsmorene, rasmasse m.m.)

Kommentar: Utvasking av salt i marin leire er ein kvartærgeologisk prosess som har verka i tusenvis av år. Det er av betydning å kartfeste områda omkring eksisterande og gamle elveløp for å etablere risikoområde med tanke på mogleg sensitiv leire.

Det er alltid viktig å kjenne til lagdelinga i dei lokale lausmassane. Ein undersøker representative vertikale snitt. Prøvegraving kan vere nyttig som tillegg til geotekniske undersøkingar (totalsondering, opptak av sylindrar mm). Lausmasse-kartlegging supplert med geotekniske boringar utførast i tett samarbeid med geoteknisk kompetanse.

Geofysiske målingar (refraksjonsseismikk og resistivitet) gir svært nyttig informasjon i område med mektige lausmassar. Geofysiske profiler plasserast i lys av kvartærgeologisk overflatekartlegging.

4.2.3 Hydrologiske og hydrogeologiske forhold

Hydrologiske og hydrogeologiske forhold verkar inn på fundamenteringsforhold, sikring mot flaum, avrenning frå veg og brønner (private, energibrønner m.m.) og er også relevant for innlekkasje til tunneler. Feltarbeidet legg vekt på:

- kartlegging av nedbørsfelt og våte område i marka
- bekker og elvar med årstidsvariasjon, både med tanke på dimensjonering av drenering og avrenning frå veg i anleggs- og driftsfasen
- avdekke eventuell førekomst av artesiske vatn frå dalsider. Typiske teikn er bekker som forsvinner inn i tallus og andre permeable lausmassar og oppkommer av vatn nedstrøms. Opne snitt i dalsider vil i blant vise vatn på sprekker i lausmassane
- tilrettelegging for observasjonsbrønner og pumpestar

Det kvartærgeologiske kartet bør vise alle brønner i prosjektområdet som grunnlag for meir detaljerte undersøkingar av influensområda.

Kommentar: Det er i fleire samanhengar nødvendig å utføre pumpestar for å avdekke dei reelle vassvegane i undergrunnen (Handbok V220).

Isforhold og vassføring i elvar verkar inn på dimensjonering for sikring av veg og utforming av fundament. Fokusområda bør definerast i lys av

statistikk over historisk vassføring og meteorologiske data.

4.2.4 Steinmaterialkvalitet

Føremålet er å skaffe fram eit best mogleg grunnlag for representativ prøvetaking (R211–1.4.4) og laboratorietesting av steinmaterialkvalitet (N200, R210). Feltarbeidet omfattar:

- geologisk kartlegging av lausmassar med vekt på førekomstar av grus og sand
- registrering av sterke og svake bergartar, inklusive effektar av forvitring
- identifikasjon av bergartstypar
- innhald av sand og silt
- humusinnhald

Kartlegging og registrering gir grunnlag for uttak av representative prøver. Krav til steinmaterialar i veg er gitt i Handbok N200.

4.2.5 Miljø, verneinteresser m.m.

Der det er aktuelt skal kvartærgeologiske undersøkingar avklare førekomstar og eigenskapar til:

- lausmassar underlagt vern eller annan klausul (esker, viktige akviferar m.m.) (Artsdatabanken, Lindgaard og Henriksen, 2011)
- lausmasser med påvist innslag av forureinande bergartar

Miljøgeologisk feltmetodikk er gitt i R211–1.4.1. Ein legg vekt på korttransporterte lausmassar og forvittringsjord med potensial for:

- sur avrenning og metallmobilisering (alunskifer inklusive «mjøsmorene», forvittringsjord i område med svovelførande gneis m.m.)
- radioaktiv forureining

Måling av pH i vatn er nyttig for tidleg indikasjon knytt til syrepotensial. Kartlegging og registrering gir grunnlag for representativt uttak av materialprøver og vatn for kjemisk analyse.

Kartlegginga bygger på systematisk beskriving av delmateriala i lausmassane assistert med totalkjemisk analyse av tungmetall inklusive uran og thorium med handheldt XRF (R211–1.2.10).

Kommentar: Forvitring fører ofte til auka forureiningspotensial.

5. Resultat

5.1 Generelt

Resultata frå kvartærgeologisk kartlegging er nært knytta til planarbeidet og går inn som del av grunnlaget for utarbeiding av optimale og kostnadseffektive løysingar.

Resultata skal dokumentere relevant kvartærgeologisk kompleksitet i kvart enkelt vegprosjekt i samsvar med lovar, forskrifter og vegnormalar.

Det er viktig å gje ei vurdering av usikkerheit for å sikre seg at resultata på kvart plansteg er i samsvar med krava til kostnadsoverslaga.

5.2 Spesielle tema

5.2.1 Kartlegging av vegtraséar i dagen

Resultata frå kartlegging av lausmassar skal samsvare med krav i Handbok N200 og Handbok V220.

5.2.2 Hydrologiske og hydrogeologiske undersøkingar

Grunnleggande fagstoff er gitt i Handbok V220. Resultata frå kvartærgeologiske og geotekniske undersøkingar må vere detaljerte nok til å få fram variasjonar med tanke på hydraulisk konduktivitet, vise nedbørsfelt og resultat frå eventuelle pumpestar.

5.2.3 Steinmaterialkvalitet

Resultata skal samsvare med krav gitt i Handbok N200 utført etter metodar i Handbok R210.

5.2.4 Miljø, verneinteresser m.m.

Resultat og omfang varierer frå prosjekt til prosjekt, Det er særleg viktig å dokumentere den kvartærgeologiske kompleksiteten i kvart område og at arbeidet er utføre i tverrfagleg samarbeid mellom geofagleg og miljøfagleg kompetanse.

6. Rapportering

6.1 Generelt

Kvartærgeologiske kart og profilar rapporterast saman med feltregistreringar, geotekniske undersøkingar og andre analysar og målingar. Det leggast vekt på ei klar tematisk inndeling av rapportane. Alle data skal koordinatfestast og knyttast til pelnummer.

Rapportane skal gi ei tolking av betydninga av lausmassane i forhold til vegbygging og anleggsproblematikk.

Det må gå fram av rapportane om miljøgeologisk problematikk er dokumentert og eventuelt er avkrefa. Eventuell konflikt med georessursar skal også omtalast.

6.2 Spesielle tema

6.2.1 Kartlegging av vegtraséar i dagen

Rapportering utførast i samsvar med krav i Handbok N200 og rutinar i Handbok V220.

Rapportane omtalar kvartærgeologiske forhold og eigenskapar med vekt på alle relevante problemstillingar knytt til vegbygging og anlegg innan reguleringsområdet.

Kvartærgeologiske kart og profiler presenterast saman med boreresultat, geotekniske og ev. geofysiske målingar, samt vise prøvelokalitetar og lokalitetar der feltmålingar er utført.

6.2.2 Hydrologiske og hydrogeologiske undersøkingar

Resultat frå hydrologiske og hydrogeologiske undersøking i lausmassar går inn som eige kapittel i geologiske eller geotekniske rapportar. Kapittelet diskuterer eventuelle samanhengar med hydrogeologiske forhold i oppsprukke berg.

Resultat frå dreneringsbrønner, pumpetestar, hydraulisk konduktivitet og eventuelle vasskjemiske analysar rapportererast saman med geotekniske data (bl.a. poretrykksmålingar, kornfordelingsanalysar).

Rapporten gir også grunnlag for utarbeiding av tiltak i samband med t.d. førekomst av artesiske vatn, flaumfare eller andre naturfarar.

6.2.3 Steinmaterialkvalitet

Resultat frå undersøking av steinmaterialar går inn som eige kapittel i geologiske rapportar.

Steinmaterialkvalitet rapportererast i samsvar med krav i Handbok N200.

6.2.4 Miljø, verneinteresser m.m.

Resultata frå miljøgeologiske undersøkingar eller klausulerte område går inn som eigne kapittel saman med andre tema i geologiske rapportar. Rapportar frå miljøgeologiske undersøkingar er spesialrapportar med særlege krav til nøyaktig kartlegging og registrering, med vekt på muleg rangering av miljøfare i variantar av lausmassane.

Rapportane omtalar eigenskapane i lausmasse som kan føre til miljøskadeleg avrenning med vekt på potensialet i ulike deler av massen. Det leggst fram grunnlag for klassifisering av masse og forhold som vil påverke anleggs- og driftsfasen. Rapporten omtalar også forholdet til resipientar og problematikk knytta til sårbarheit og verdirangering.

Geologiske kart og profiler skal vere ei samanstilling av boreresultat, geotekniske og geofysiske undersøkingar med innteikna prøvelokalitetar.

7. Referansar

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016
Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler.

Artsdatabanken
(www.artsdatabanken.no/rodlisefornaturtyper)

Statens vegvesen, Handbok N200 Vegbygging.

Statens vegvesen, Handbok V220 Geoteknikk i vegbygging.

Statens vegvesen, Handbok N500 Vegtunneler.

Statens vegvesen, Handbok V520
Tunnelveiledning

Statens vegvesen, Handbok R210
Laboratorieundersøkelser.

Norges geologiske undersøkelse (www.ngu.no)

Direktoratet for mineralforvaltning (DMF)
(www.dirmin.no)

Norges geologiske undersøkelse (1995),
Bergartsklassifisering og kartsammenstilling. S.
Gjelle, E.M.O. Sigmond: Skrifter 113
(<https://www.nb.no/>).

P. Jørgensen, R. Sørensen, O. Prestvik (2013).
Norske jordarter.
http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/114780/Norske_jordarter.pdf

Lindgaard, A. og Henriksen, S. (2011). Norsk
rødliste for naturtyper. Artsdatabanken,
Trondheim.



- 1. Geotekniske og geologiske undersøkelser
- 1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser

1.4.3 Prøvetaking av berg

April 2018 (erstattar metode 15.253, mai 1997)

1. Føremål

Metoden omfattar all geologisk prøvetaking frå berg og bergmasse (inklusive sprekkemateriale, leirsoner og forvittringsprodukt). Prøvene samlast inn i marka, i vegskjeringar og i tunnelar (vegger eller stuff) eller frå borekaks og ved uttak frå borekjernar.

Prøvene samlast inn i samband med geologiske forundersøkingar for vegtraséar i dagen, fundamentområde og tunnelprosjekt for vurdering av steinmaterialkvalitet, bergmassekvalitet, forvittringsomsfang og miljøgeologiske problematikk.

Prøvetakinga utførast av geolog eller i samarbeid med geolog. Den som tar ut prøvene må ha grunnleggande kunnskap om berggrunnen i området, problematikken som skal undersøkast og vere informert om kva for testar som skal utførast på prøvematerialet. I komplekse og krevjande prosjekt skal prøvetakinga utførast av geolog med relevant spesialkunnskap.

1.1 Prinsipp

Det er ein grunnleggande samheng mellom observerte variasjonar i berggrunnen og prøveuttaket. Omfanget av prøvetakinga må vere representativt i forhold til den aktuelle problemstillinga. Representativ prøvetaking bygger på kjennskap til lokale geologiske forhold. Antal prøver aukar i takt med aukande kompleksitet.

2. Definisjonar

Definisjonar er gitt i metodane 1.4.1 og 1.4.2.

3. Utstyr

Nødvendig utstyr er avhengig av kor prøvene er samla inn (i marka, i tunnel eller frå boreprøver).

Utstyr merka med * er alltid nødvendig:

- geologiske registreringar teikna inn på planteikningar, tunnelkart eller boreloggar for nøyaktig lokalisering av prøveuttaka *

- geologhammar/murhammar eller slegge *
- kniv *
- lupe (10x) *
- prøveposar tilpassa prøvestorleik *
- spraymåling for merking av prøvestader i marka eller tunnel *
- fotoutstyr *
- vernebriller
- lett boreutstyr og sprengstoff
- GPS



Figur 1.4.3-1: Prøvetaking av berg for undersøking av steinmaterialkvalitet. Det er viktig å unngå svake delprøver med overflatenær forvitring.

4. Framgangsmåte

4.1 Forarbeid og generelle råd

Prøvetaking av berg omfattar systematisk planlegging tilpassa dei ulike planstega (sjå Handbøkene N200 og N500). Planlegging for uttak av representative prøver bygger på kjennskap til:

- det aktuelle vegprosjektet, inklusive reguleringsplanar, ytre miljø, verna område med meir
- geologien i planområdet, i lys av geologiske oversiktskart, publikasjonar
- vurdering av nødvendig omfang med vekt på forhold som kan påverke massebalanse, stabilitetsforhold og miljø

Ein legg vekt på å samle inn prøver som reflekterer typiske variasjonar innan kvar kartlagde bergart i

lys av detaljert geologisk kartlegging (metode 1.4.1). Det er nødvendig å bruke hammar og lupe for å avdekke typisk variasjon.

Kommentar: Kornbinding, forvittringsomfang og fragmenteringsegenskapar verkar inn på steinmaterialeigenskapar, bergmassekvalitet i vegskjeringar, stabilitet i fundamentområde og tunnelar, samt potensialet for avrenning av partiklar og vatn frå forureinande berggrunn.

4.2 Orienterande og detaljert prøvetaking

Det utførast orienterande prøvetaking med 1–2 stikkprøver frå kvar kartlagd hovudbergart innan prosjektområdet.

Kommentar: Innsamling av prøver etter rutenett er også muleg, men det er alltid nødvendig med ei geologisk vurdering.

Detaljert prøvetaking bygger på resultatane frå orienterande prøvetaking. Omfanget må vurderast i lys av den lokale geologiske kompleksiteten og behov eller krav i kvart enkelt vegprosjekt. Føremålet er å avdekke alle variasjonar som kan verke positivt eller negativt inn på anleggslogistikk og kostnader, inklusive miljøkostnader.

Det er generelt viktig å:

- forklare føremålet med prøvetakinga, korleis prøvene blei samla inn (hammar, sprenging, borekaks, borekjerne) og kva for analysar som skal utførast
- fotografere alle prøvestader
- beskrive kva dei enkelte prøvene representerer (hovudvariant, undervariant, farge, forvitring m.m.)
- oppgi nøyaktig lokalisering av prøvestadane ved x–y og z–koordinatar og knytte dette til pelnummer for dokumentasjon av eigenskapar i ulike nivå (input for 3D modellar m.m.)

4.3 Prøvetaking i ulike samanhengar

4.3.1 Representativ prøvetaking av berg for undersøking av steinmaterialkvalitet

Grundige undersøkingar av steinmaterialkvalitet gir grunnlag for redusert transportbehov ved optimal utnytting av lokale ressursar. Steinmaterialkvaliteten verkar inn på massebalanse og val av trasé.

Prøvetaking for undersøking av steinmaterialkvalitet legg vekt på strekkingar med sannsynleg behov for store masseuttak (vegskjeringar, tunnelar). Det er nødvendig å utføre orienterande prøvetaking i tidlege planfasar for å sikre god prosjektøkonomi og riktig bruk av lokale ressursar. Detaljert prøvetaking bør utførast i samband med utarbeiding av reguleringsplan og byggeplan. Det er ofte behov for innsamling av prøver også under bygging av vegen.

Ved uttak av prøver er det nødvendig å ta omsyn til forvitring:

- prøvene skal ikkje innehalde svak ytre forvitring
- det er likevel nødvendig å samle inn prøver av berg med meir gjennomgripande og djup forvitring. Forvitring er i slike tilfelle eit representativt trekk som påverkar bruksområdet til utsprengt masse

Norges geologiske undersøkelse (1999) har vist at forvitring kan påverke steinmaterialkvaliteten negativt ned til 2–3 meter under overflata i marka. I nokre landsdelar strekker forvitringa seg endå djupare (Norge geologiske undersøkelse, 1999) Prøvetaking føregår normalt på følgjande måte:

- ein undersøker forvittringsfenomen ved aktiv bruk av hammar
- boring og sprenging med minst muleg ladning til minst 2 meter under synleg overflateforvitring
- undersøking av utsprengt masse med hammar og lupe for å unngå ikkje-representativt innslag av forvitring
- innsamling av delprøver: i område med påvist djupforvitring bør ein samle inn ein prøvepose med uforvittra materiale og ein med forvittra materiale
- fotodokumentasjon og notat frå prøvestadane

Krav til prøvestorleik er gitt i Handbok R210.

Det er fordelaktig å undersøke utvalde feltprøver i binokularlupe (R210–112). Dersom ein planlegg å bruke steinmateriala for betongformål kan det vere behov for meir detaljerte undersøkingar av mineralinnhald i tynnslip (R210–113).

4.3.2 Prøvetaking for undersøking av bergmasse inklusive svelleleire i samband med tunnelprosjekt

Feltundersøkingar i samband med geologisk forprosjektering og driving av tunnelar utførast i samsvar med Handbok N500 og Handbok V520. Ein samlar inn prøver i samband med vurderingar av stabilitet. I nokre prosjekt samlast også prøver for undersøking av borbarheit og sprengbarheit. Ein samlar inn prøver i felt, frå tunnelstuff og borkjerner i samband med kjernelogging (metode 1.4.7). Prøvetakinga utførast på bakgrunn av geologisk kartlegging og registreringar, inklusive målingar av Q-verdiar, og omfattar:

- leirførande soner
- leirinfisert bergmasse
- sprekkemateriale elles
- typiske bergprøver

Antal prøver og omfang varierer avhengig av geologisk kompleksitet og behov for dimensjonering av bergsikring.

Prøvestorleik for testing av svelleleire (frisvelling og svelletrykk) er gitt i Handbok R210. Prøver på

10–100 gram er tilstrekkeleg for identifikasjon av leirmineral ved røntgenanalyse (XRD). For undersøking av borbareheit og sprengbarheit bør ein samle inn småblokker à 0,5–1 kg og til saman 15–20 kg for kvar prøvestad. Alternativt uttak frå borekjernar bør vere på minst 10 kg og kjernediameteren bør vere minst 32 mm.

4.3.3 Prøvetaking i samband med miljøgeologi

Miljøgeologisk prøvetaking krev spesialkunnskap og utførast av miljøgeolog eller geolog i nært samarbeid med miljøfagleg utdanna personell.

Føremålet med prøvetakinga er å dokumentere:

- forureiningspotensialet i område der det er konstaterert forureinande bergartar (alunskifer, syregivande gneisvariantar, strålefare)
- variasjonar langs planlagde vegtraséar, og avklare sannsynlege effektar på resipientane
- metodikk for relevant klassifisering av berggrunn med tanke på å skilje ut masse som må deponerast særskild
- mulege tiltak mot forureinande avrenning inklusive vurderingar av deponiløysingar og sikring av deponi
- korleis handtering av forureinande masse vil påverke anleggslogistikk
- behov for og omfang av monitorering under anlegget og i driftsfasen

Kommentar: Prøveuttaket baserer seg på kunnskap om hydrogeokjemi og praktisk erfaring med forureinande berg.

Uttak på bakgrunn av detaljert kartlegging og feltmålingar med XRF (metode 1.2.10).

Uttak for laboratorieanalyse av:

- mineral ved røntgendiffraksjon (XRD) for å identifisere innhaldet av forureinande mineral i både forvitra og uforvitra soner
- totalkjemisk analyse av tungmetall, svovel m.m.
- strålefare ved analyse av antal Becquerel per gram (Bq/g)
- utlekkingsstestar og tilhøyrande kjemisk analyse av vatn
- analyse av vatn oppstrøms og nedstrøms forureinande bergmasse

Det er nyttig å bruke handheldt XRF i felt for å skilje mellom potensielt forureinande berg. Prøveuttaket omfattar delprøver av både uforvitra og forvitra bergmasse. Det er nødvendig å legge opp ein prøvingsstrategi på bakgrunn av

grunnleggande kunnskap om bergartane, og strategien for karakterisering må tilpassast lokale geologiske forhold (Statens vegvesen, 2016).

5. Resultat

Prøveresultata for steinmaterialkvalitet skal vere utført i samsvar med krav i Handbok N200 og utført etter metodar i Handbok R210.

Prøveresultat for tunnelprosjekt skal vere utført i samsvar med krav i Handbok N500. Ytterlegare bakgrunn er gitt i Handbok V520.

Prøveresultat frå miljøgeologiske undersøkingar skal utførast i samsvar med Forurensningsloven og utsleppsløyve frå Fylkesmannen, Miljødirektoratet og Statens strålevern.

6. Rapportering

Rapportering og dokumentasjon av prøvetaking presenterast saman med analysedata og målingar i geologiske rapportar som er tilpassa aktuelt plannivå.

7. Referansar

Forurensningsforskriften.

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931>

Statens vegvesen, Handbok N200 Vegbygging.

Statens vegvesen, Handbok N500 Vegtunneler.

Statens vegvesen, Handbok V520 Tunnelveiledning

Statens vegvesen, Handbok R210 Laboratorieundersøkelser

Norges geologiske undersøking (1999): Påvirkningar av mekaniske eigenskapar ved prøvetaking i dagfjellssonen. NGU rapport nr 99.060.

Statens vegvesen (2016): Bruk av XRF på bergartar for vurdering av miljørisiko: Eksempel frå Rv 4 Gran og E18 Grimstad–Kristiansand.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser

1.4.4 Prøvetaking av lausmassar

April 2018 (erstatter metode 15.254, mai 1997)

1. Føremål

Metoden omfattar prøvetaking frå overflater, opne snitt i naturlege av lausmassar eller frå geotekniske boreprøver. Føremål og metodar for geotekniske prøvetaking er gitt i R211 underkapittel 1.3 og i Handbok V222.

Prøvene samlast fortrinnsvis inn av geolog eller geoteknikar, alternativt av anna personell i samarbeid med personar med geofagleg bakgrunn. Den som tar ut prøvene må ha grunnleggande kunnskapar om kvartærgeologien i området, problematikken som skal undersøkast og vere informert om kva for testar som skal utførast. I komplekse prosjekt bør prøvetakinga utførast av geolog eller geoteknikar med relevant spesialkunnskap.

1.1 Prinsipp

Det er ein grunnleggande samanheng mellom observerte variasjonar i lausmassane og prøveuttaket. Omfanget av prøvetakinga må vere representativt i forhold til den aktuelle problemstillinga og bygger på kunnskap om lokale kvartærgeologiske forhold. Antal prøver aukar i takt med kompleksitet.

2. Definisjonar

Definisjonar er gitt i metodane metode 1.4.1 og 1.4.2.

3. Utstyr

Nødvendig utstyr er avhengig av kor prøvene skal samlast inn (i marka, i opne snitt eller frå boreprøver).

Utstyr merka med * er alltid nødvendig.

- geologiske eller geotekniske registreringar teikna inn på planteikningar, lausmassekart eller boreloggar for nøyaktig lokalisering av prøveuttaka *
- geologhammar/murhammar eller slegge *
- spade *

- kniv *
- lupe (10x) *
- fotoutstyr *
- måleband
- prøveposar tilpassa krav til prøvestorleik *
- spraymåling for merking av prøvestader *
- vernebriller
- GPS



Figur 1.4.4-1: Tverrsnitt av glasifluvial avsetning med lag av sand og grus.

4. Framgangsmåte

4.1 Forarbeid og generelle råd

Prøvetaking av lausmassar omfattar systematisk planlegging tilpassa dei ulike planstega (sjå Handbøkene N200, V220 og N500). Planlegging for representativt prøvetaking bygger på:

- kjennskap til det aktuelle vegprosjektet, inklusive reguleringsplanar, ytre miljø, verna område med meir
- kunnskapar om lausmassane i området, med vekt på studiar av kvartærgeologiske oversiktskart og publikasjonar
- vurderingar av nødvendig omfang med vekt på forhold som kan verke inn på stabilitetsforhold, grunnvatn eller vassforsyning og miljø

4.2 Orienterande og detaljert prøvetaking

Ein legg vekt på å samle inn prøver som reflekterer typiske variasjonar innan kvar lausmassestype i lys av meir detaljert lausmassekartlegging utført for prosjektet (metode 1.4.2). Prøver samlast inn frå naturlege opne snitt, prøvegraving og boreprøver.

Det utførast orienterande prøvetaking etter behov, med stikkprøver frå kvar lausmassestype.

Detaljert prøvetaking bygger på resultat frå orienterande prøvetaking. Omfanget må vurderast i lys av geologisk og geoteknisk kompleksitet, samt behov og krav i kvart enkelt vegprosjekt. Føremålet er å avdekke alle variasjonar/forhold som kan verke positivt eller negativt inn på anleggslogistikk og kostnader, inklusive miljøkostnader.

Det er generelt viktig å:

- forklare føremålet med prøvetakinga, korleis prøvene blei samla inn og kva for analysar som skal utførast
- fotografere alle prøvestadane
- beskrive kva dei enkelte prøvene representerer
- oppgi nøyaktig lokalisering av prøvestadane ved x, y og z- koordinatar og knytte desse til pelnummer for dokumentasjon av eigenskapar i ulike nivå (input for 3D-modellar m.m.).

Kommentar: Innsamling av prøver etter rutenett omkring planlagd vegline er ofte ein fordel. Ein bør alltid ta omsyn til terrengformer og grenser mellom ulike lausmassestypar.

4.3 Prøvetaking for ulike føremål

4.3.1 Prøvetaking langs vegtraséar

Prøver samlast inn for ulike føremål og samanhengar slik det går fram av metode 1.4.2, og er ofte nært knytta til geotekniske problemstillingar.

4.3.2 Hydrologi og hydrogeologi

Representativ prøvetaking av forskjellige lag i lausmassar gir grunnlag for å bestemme hydraulisk konduktivitet ved kornfordelingsanalyse (Handbok R210).

Prøver bør samlast inn ved prøvetaking med metodar vist i underkapittel 1.3 og Handbok V222 på ein slik måte at heile tverrsnittet er godt representert. Ein bør samle inn minimum ei prøve frå kvart lausmasselag for å sikre seg pålitelege estimat av hydraulisk konduktivitet. Handbok V220 gir detaljert fagleg bakgrunn og gode rutinar.

Prøvetaking for hydrologiske føremål er viktige i samband med påverknad på fundamentområde frå artesiske vatn, i samband med pumpetestar og vil også vere nyttige med tanke på vurdering av vassbalanse og injeksjonsbehov i tunnelar.

4.3.3 Steinmaterialkvalitet

Prøveuttak for vurdering av steinmaterialkvalitet fokuserer på førekomstar av grus og sand. Representative prøver samlast inn enkeltlag i avsetningane eller frå heile tverrsnittet av førekomsten.

Kommentar: I nedrast masse er grovfraksjonane alltid overrepresentert i nedre delar medan finare graderingar er overrepresentert i øvre delar. For å sikre representativt uttak er det nødvendig å samle inn prøver langs vertikale striper (manuelt ved gravemaskin).

4.3.4 Miljø og verneinteresser m.m.

Prøveuttak i samband med miljøgeologiske undersøkingar tar sikte på å avdekke eigenskapar i lausmasser som kan føre til avrenning av tungmetall, forsuring mv. Fokuset leggst på korttransporterte avsetningar med tydeleg innslag av materiale frå berggrunn som representerer miljøproblematikk (for eksempel skredjord og forvittringsjord i område med alunskifer, svovelførande gneis, mjøsmorene m.m.).

Prøver samlast inn i opne snitt, eller frå prøvetaking med metodar vist i underkapittel 1.3 og Handbok V222. Handheldt XRF (metode 1.2.10) er nyttig med tanke på innsamling av representativt prøvemateriale. Det er nødvendig å samle inn prøver av finstoff og grøvre materiale.

Det er ofte behov for mineralogisk undersøking ved røntgendiffraksjon (XRD), og utlekingstestar av typiske prøver for å skilje ut variantar som kan føre til problematisk avrenning til ytre miljø.

5. Resultat

Prøveresultat knytta til geotekniske undersøkingar bør legges vekt på å vise samanhengen mellom geotekniske måleresultat i ein kvartærgeologisk kontekst (Handbok V220).

Prøveresultata for steinmaterialkvalitet skal vere utført i samsvar med krav i Handbok N200 og utført etter testmetodar i Handbok R210.

Prøveresultat for hydrologiske og hydrogeologiske undersøkingar skal vere utført i samsvar med krav i Handbok N200, og utført etter testmetodar i Handbok R210 og faglege kriterier i Handbok V220. Verdier for hydraulisk konduktivitet leggst inn i hydrologiske modeller, for eksempel i samband med undersøkingar av vassbalanse.

Prøveresultata i samband med miljøgeologiske undersøkingar skal utførast i samsvar med Forurensningsloven og utsleppløyve frå Fylkesmannen og eventuelle spesielle krav frå Miljødirektoratet og Statens strålevern.

6. Rapportering

Rapportering og dokumentasjon av prøvetaking presenterast saman med analysedata og målingar i geologiske og geotekniske rapportar tilpassa problematikk på dei ulike plannivåa (sjå Handbøkene N200 og N500).

7. Referansar

Forurensningsforskriften.

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931>

Statens vegvesen, Handbok N200 Vegbygging

Statens vegvesen, Handbok V220 Geoteknikk i vegbygging

Statens vegvesen, Handbok V222 Geoteknisk felthåndbok

Statens vegvesen, Handbok N500 Vegtunneler.

Statens vegvesen, Handbok R210
Laboratorieundersøkelser

Statens vegvesen (2016): Bruk av XRF på bergartar for vurdering av miljørisiko: Eksempel frå Rv 4 Gran og E18 Grimstad–Kristiansand



1 Geotekniske og geologiske undersøkelsetr
1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser

1.4.5 Prøvetaking av vatn

April 2018 (ny)

1. Føremål

Metoden omfattar prøvetaking av vatn i samband med undersøkingar av ytre miljø generelt, miljøgeologiske undersøkingar, avrenning etter tunnelvask og for dokumentasjon av kjemiske miljø som påverkar byggematerialar og installasjonar.

1.1 Prinsipp

Metoden skildrar grunnleggande rutinar for prøvetaking av vatn og eventuell suspenderte partiklar for kjemisk analyse ved akkreditert eksternt laboratorium. Prøvetakinga utførast i ulike samanhengar og det er derfor nødvendig med god dokumentasjon av kva prøvene representerer.

Kommentar: Statens vegvesen har som byggherre eit sjølvstendig ansvar for miljømessig riktig bygging og drifting av veg.

2. Definisjonar

Det er ingen definisjonar.

3. Utstyr

- flasker med tette lokk eller skrukork som er tilpassa det aktuelle analyserepertoaret
- fotoutstyr
- pH-meter (fortrinnsvis for samtidig måling av temperatur, leiingsevne og redoksforhold)

Plastflasker nyttast for analyse av uorganiske forbindelsar. For organisk kjemisk analyse og H₂S nyttast syrevaska glasflasker. Prøvevolumet varierer frå omkring 0,2 til 1,5 liter, avhengig av analyseomfanget.

Kommentar: Ein bør alltid nytte prøveflasker frå utførande laboratorium etter nærmare konsultasjon. Bruk av annan emballasje (brukte brusflasker m.m.) vil kunne påverke analyseresultata og er ikkje tilrådd.

Det er viktig at den som bruker pH-meter kjenner rutinar for kalibrering av instrumentet.



Figur 1.4.5-1: Prøvetaking av vatn for undersøking av ytre miljø

4. Framgangsmåte

4.1 Generelt om prøvetaking

Innsamling av vassprøver utførast fortrinnsvis av personell med miljøfagleg bakgrunn.

I samband med prøvetaking i felt eller tunnelar bør ein også måle pH direkte (eventuelt redoksforhold), fordi pH kan forandre seg ved lagring av prøva.

Prøvetaking utførast ved å senke flaska godt under overflata til flaska er heilt full. Dette er særleg viktig i stillestående vatn. I bekker er det viktig å samle prøvene ein stad det renner godt (ikkje i bakevjer). Ein må unngå å trække ut i bekken/vatnet på prøvestaden fordi det kjem med suspendert materiale som vil påverke prøva. Under vanskelege forhold bør ein bruke prøvetakingsstang (teleskopstang).

Prøveflasker må oppbevarast mørkt og kjøleg og leverast til laboratorium innan kortast muleg tid.

4.2 Ordinær prøvetaking av bekkar og vatn i samband med ytre miljø

Føremålet er å samle inn vassprøver frå bekker, elvar og vatn for å dokumentere tilstanden og muleg påverknad på resipientar i området. Formell saksgang er oppsummert i Handbok V220.

Prøvetakingsstrategien tar utgangspunkt i kjennskap til nedslagsfelt og dreneringsmønster i prosjektområdet i lys av eventuell oversikt over sårbarhet, vernestatus og verdirangeringar av resipientar. Prøvetakinga skal dokumentere tilstanden på ein representativ måte før og etter anleggsverksemd i samsvar med EU sitt vassdirektiv.

Vassprøver samlast inn frå bekker, elvar, vatn og evt. monitorbrønner og pumpebrønner. Det er ofte behov for tidsseriar for å avdekke endringar.

Fylkesmannen gir utsleppsløyve og setter krav til analyseparameterar og grenseverdier for avrenning til miljøet. Dette gjeld oftast i tilfelle der ein har utsleppsløyve.

4.3 Prøvetaking av drikkevatt

Avrenning frå veg kan påverke drikkevatt (særleg på grunn av tinesalt m.m.) og føre til erstatningsansvar. Ein samlar inn vassprøver frå tappekraner, brønner og eventuelt vatn som renner inn mot private drikkevassbrønner. Det er viktig med god dokumentasjon av området, samt kor og korleis prøvene blei samla inn.

Prøver blir samla inn på følgjande måte:

- tappekraner: ein bør først tappe nokre minutt, for å få representativ prøve, og notere eventuell lukt, smak og utfellingar
- brønner: ein samlar opp vatn eit godt stykke under overflata og registrer lukt, utfellingar i og utanfor brønnen
- vatn som eventuelt renn direkte frå veg og førekomst av vatn mellom veg og brønner: prøver samlast opp etter behov; lukt og utfellingar registrerast saman med dreneringsmønster og om det er dyrehald på staden.

Handbok V220 gir oversikt over fleire relevante problemstillingar og hensiktsmessige analyseparameterar.

4.4. Prøvetaking for miljøgeologiske undersøkingar

Føremålet med prøvetakinga er å dokumentere innverknaden av sprenging, massetransport og eventuell deponering av forureinande bergmasse (syregivande berg med tungmetallpotensiale eller strålefare).

Prøvetakinga utførast på grunnlag av miljø-geologisk kartlegging og registreringar (metode 1.4.1 og 1.4.2). Ein samlar inn vassprøver frå bekker som drenerer gjennom potensielt forureinande berg, lausmasse og fyllmasse før-, under- og etter anleggsarbeidet. I område med forureinande avrenning er det særleg fokus på å etablere tidsseriar.

Statens vegvesen har ansvar for å skaffe fram nødvendig fagleg bakgrunnsdokumentasjon i samband med søknad til Fylkesmannen evt. også Miljødirektoratet og Statens strålevern). Analyseparameterane definerast på bakgrunn av kjennskap til geologi og mineralogi (metode 1.4.1, 1.4.2 og 1.4.3): vanlegvis pH, suspendert stoff, turbiditet, sulfat, bufferevne (alkalinitet) og tungmetall. Uran og thorium må analyserast når det er påvist radioaktiv bergmasse.

4.5 Prøvetaking av tunnelvatn

Føremålet med prøvetakinga i tunnel er:

- analyse av drensvatt for eksempel etter tunnelvask, eller
- dokumentasjon av kjemisk aggressivitet overfor konstruksjonsmaterialar og installasjonar

Prøvetaking av grøftevatn representerer ei blanding av innlekkasje og trafikkbelastning. Prøvetaking av lekkasjevatn frå sprekker i berg på tunnelvegg representerer vatn som kan påverke byggematerialar og installasjonar.

Kommentar: Det tar ofte lang tid å samle opp tilstrekkeleg volum av lekkasjevatn.

Betongstandarden (NS- EN 206) definerer kjemiske eksponeringsklassar for vatn (samt jord) og analyseparameterar.

4.6 Bestilling av analyse

Ved bestilling av analysar nyttast laboratoriets registrerings skjema. Ein spesifiserer type vatn, så som saltvatn, ferskvatt, partikkelinnhald m.m., og ønska analyseparameterar. Det er vanlegvis hensiktsmessig å be om filtrering av prøvene og separate analyse av partiklar og oppløyse komponentar/ion.

Kommentar: Grenseverdier for metall i Vannforskriften er basert på oppløyse forbindelsar.

5. Resultat

Resultata dokumenterer variasjon og kompleksitet knytta til vassmiljøet og samanhengar mellom vasskjemisk og påverknad på miljø eller materialar.

6. Rapportering

Rapporteringa går inn som eigne kapitler i andre prosjektrapportar. Rapporten legg vekt på ei samanstilling av vasskjemiske data og moglege effektar på materialar som vatnet er i kontakt med. Rapporten skal innehalde:

- innleiing om behovet og samanhengen for undersøkinga
- beskrive forholda omkring prøvestadane og kva vatnet representerer, inklusive fotodokumentasjon
- dato for prøveuttaka

- tabellar og diagram som illustrerer analyseresultata (for eksempel tidsseriar)
- vurderingar av effekt frå anleggsverksemd og avbøtande tiltak i resipient i forhold til grenseverdiar, eller alternativt vurdere innverknad på brønnar, byggematerialar (betong, stål, aluminium m.m.)
- originale analyserapportar frå det akkrediterte laboratoriet bør leggest ved

7. Referansar

EUs direktiv for vann. Direktiv 2000/60/EF
<http://www.vannportalen.no/regelverk/vanndirektiv-et>

NS-EN 206: Betong – Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar

Forurensingsforskriften.
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931>

Vannforskriften.
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446>

Direktoratsgruppa for vanndirektivet. (2015).
Veileder 02:2013 – revidert 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. www.Vannportalen.no

Statens vegvesen, Handbok V220 Geoteknikk i vegbygging



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser

1.4.6 Kjerneboring

Februar 2018 (erstatter metode 15.255, mai 1997)

1. Hensikt

Denne metoden omfatter utsetting av borpunkter, kjerneboring og opptak av borkjerner. Hensikten er å skaffe informasjon om bergarter, bergartsgrenser og oppsprekking i berggrunnen ved å ta ut en bergartssøyle/bergartskjerne over et bestemt antall meter.

Kjerneboring utføres i forbindelse med geologisk prosjektering av tunneler, fundamentering på berg og ved undersøkelse av materialforekomster i berg. Boringen utføres der det er behov for detaljerte geologiske beskrivelser som ikke kan fremskaffes ved geologisk overflatekartlegging. Borhullet kan også benyttes til andre formål som lekkasjemålinger, og geofysiske målinger, se metode 1.2.6.

1.1 Prinsipp

Kjerneboring er vannavkjølt rotasjonsboring hvor det benyttes diamantbesatt rørfremmet krone og kjernerør som under boring omslutter borkjernen. Borkjerner tas vanligvis ut som 3 meters lengder ved hjelp av kjernefangerutstyr, og de legges i spesialkasser. Kjernene logges av geolog/bergkyndig, se metode 1.4.7. Ved behov er det mulig å ta ut orienterte kjerner. Styrt boring kan benyttes.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

Kjerneboring utføres av firma med spesialkompetanse for kjerneboring. Firmaet stiller med alt nødvendig utstyr.

- tre- eller plastkasser tilpasset kjernelengder på 1 m, med adskilte rom som er avpasset etter kjernediameteren
- utstyr for vanntapsmålinger

Eventuelt tilleggsutstyr:

- utstyr for retningsorientering/styrt boring

Totalt dekker nødvendig utstyr et areal på minst 50 m². Tilgang til vann er nødvendig. Om det ikke er vann på stedet, må vanntank fraktes dit.

Kommentar: Kjerneboringsutstyr finnes i en rekke varianter alt etter bruksområde. Utstyret er mobilt i terrenget og kan flyttes med bil, beltevogn, slede, helikopter eller fartøy.

4. Fremgangsmåte

4.1 Forarbeid

Beregn arbeidets omfang.

Studer tilgjengelige geologiske arbeider fra området, og om nødvendig utfør supplerende kartlegging.

Innhent nødvendige tillatelser vedrørende borstedets utslipp m.m.

Sett borpunkter ut i terrenget, og koordinatbestem dem før boring igangsettes. Ta hensyn til utstyrets plassbehov og geologiske og terrengmessige forhold ved plassering av borpunktene. I forbindelse med vanskelig terreng må alternative borpunkter vurderes i samarbeid med borentreprenør.

Bestem bordimensjoner (56/76 mm) borretning, intervaller for eventuelle målinger (vanntapsmåling osv.), eventuell orientering av kjerner og eventuelt hvor retningsstyrt boring skal utføres.

Kontrakt med utførende entreprenør skal inneholde pris på alle ytelser, utgifter til mannskap, tidsramme, eventuelt flytting, forhold som kan medføre heftelser, avtale om rydding, samt byggherres ansvar (f.eks. strøm- og vanntilførsel). Tilleggsarbeider som avtales underveis, prises separat.

4.2 Boring av kjerner

Under arbeidet ta hensyn til at:

- matetrykk, spylevannstrykk og rotasjonshastighet avpasses etter bergkvaliteten
- hvis borhullet raser igjen, må hullveggen forsterkes, enten ved foringsrør (nær overflaten), ved støping og gjennom boring eller ved injeksjon
- vanntapsmålinger utføres ved 10 kg overtrykk over avtalt lengde og sted langs borhullet

Bormannskapet er ansvarlig for:

- systematisk registrering av boredata
- loggbok over borearbeidet
- listeføring av tidsforbruk
- kontakt med oppdragsgiver – løpende eller etter nærmere avtale
- det som ellers er avtalt i kontrakten

Saksbehandler fra Statens vegvesen bør:

- ha god kontakt med boremannskapene under arbeidet
- oppholde seg på borestedet under viktige faser av arbeidet, særlig når det påtreffes soner som er viktige for prosjektet, og når viktige beslutninger må fattes underveis

4.3 Uttak av kjerner

Uttak av kjerner fra prøverørene må utføres forsiktig uten unødige oppbrekninger av prøvene.

Kjernene legges fortløpende i kasser:

- fordeles ca. 1 m lengde i hvert rom i kassene
- alle orienterte kjernebiter merkes med tusj slik at riktig retning opp er tydelig merket
- kjernene legges fra venstre mot høyre i hvert rom ovenfra og nedover i kassen, og slik at orienteringsmerker vender opp mot lokket
- det gjøres påskrifter slik at det vises nøyaktig fra hvilke borhull og dyp de forskjellige kjernebiter kommer fra.
- hvert opptak markeres spesielt med angivelse av borløpemeter
- ved opptak markeres kjernetap ved å legge inn trelister med samme lengde som kjernetapet
- teknisk bortboring merkes spesielt
- det er meget viktig at finere materiale kommer med i kjernekassen. Dette skriver seg fra svakhetssoner i berget, og har betydning for tolkingen av resultatene. For at materialet ikke skal spre seg, må det legges i plastposer på riktig sted i kassen
- ombytting av kjernebiter skal ikke forekomme

- knekkes kjernene ved legging, skal kunstige brudd merkes på kjernen. Andre friske brudd som kan tilskrives boringen merkes også, men separat
- for å unngå forkyvninger under transport fylles eventuelle tomrom mellom kjerneendene og endevegg med twist, treklosser e.l.

Kommentar: Det er viktig at kjernebiter behandles skånsomt og at unødvendig omlasting og flytting unngås. Det fører til skade på kjernematerialet.

4.4 Avslutning og opprydding

- hullet bør avviksmåles, slik at hele strengen er bestemt med x-, y- og z-koordinater
- dersom borhullet skal benyttes til geofysiske målinger, bør det forlates med propp og ev. plastrørsforing av egnet diameter i hele hullets lengde, for å hindre gjentetting, sikre stabiliteten og lette nedføring av kabel
- foringsrør bør sikres med lokk
- borplassen må ikke forlates før opprydding er foretatt

5. Resultater

Følgende registreres under borearbeidet:

- borhullets orientering angis med retning og fall
- nøyaktig hulldyp ved opptak, og kjernelengde ved hvert opptak noteres
- iakttagelser under boringen – som vanninnbrudd, tap av spylevann, rykkende bevegelser, tap av sleppemateriale, fargen på boreslammet og endringer i fargen
- matetrykk, spylevannstrykk, rotasjonshastighet og borsynk
- kronetype, og antall bormeter ved eventuelt kronebytte
- mulige årsaker til kjernetap (rotasjon av kjernen, slepper etc.).
- boravvik (etter avtale)
- vanntapsmålinger (etter avtale)

6. Rapportering

Resultater fra kjerneboring rapporteres i egne rapporter. Rapporten skal omfatte:

- navn og firma til ansvarlige (saksbehandler og entreprenør)
- dato, rapportnummer
- bormetode, med eventuelle avvik
- kart og profiler som viser borpunkter/retning
- kort beskrivelse av problematikken på stedet
- nøyaktig borlogg med registrerte boravvik
- alle borpunkter måles inn



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser

1.4.7 Ingeniørgeologisk logging av borkjerner

Februar 2018 (erstatter delvis metode 15.255, mai 1997)

1. Hensikt

Denne metoden omfatter logging (visuell analyse) av borkjerner i kjerneborede. Hensikten er å skaffe informasjon om bergarter, bergartsgrenser og oppsprekking i berggrunnen ved å analysere borkjernene og bestemme parameterne som brukes til å fastsette bergmasseskvaliteten (Q-verdi) i området som er kjerneboret.

Kjerneboring utføres i forbindelse med geologisk prosjektering av tunneler, fundamentering på berg og ved undersøkelse av materialforekomster i berg. Boringen utføres der det er behov for detaljerte geologiske beskrivelser som ikke kan fremskaffes ved geologisk overflatekartlegging. Se også håndbok V520 Tunnelveiledning.

1.1 Prinsipp for kjerneboring

Kjernene logges av geolog/bergkyndig. For hver meter bestemmes parametrene i Q-systemet slik at Q-verdien og dermed bergmasseskvaliteten kan bestemmes. Vanligvis beskrives de 4 første parametrene i Q-systemet ut fra borkjernen (RQD, J_n , J_r og J_a). Sprekkevannsfaktoren J_w og Spenningsfaktoren SRF kan ikke bestemmes ut fra kjernene, men legges inn ved den videre tolkning av undersøkelsen. I registreringskjemaet settes J_w og SRF til 1.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

For kjerneboring: Metermål, skjema for Q-parametrene, saltsyre (for bestemmelse av kalkinnhold), kniv (for bestemmelse av mineralenes hardhet), vinkelmåler, transportør (for bestemmelse av strukturers vinkel til borkjernen), egnet fotoapparat.

4. Fremgangsmåte

4.1 Forarbeid

Kjerneboring bør foretas innendørs med godt lys. Unntaksvis kan kjerneboring utføres ved borplassen, men dette krever godt vær.

4.2 Logging av kjerne

Kjernene logges meter for meter slik at hver meter får sin egen Q-verdi.

Knusningssoner av forskjellig karakter beskrives og bestemmes på cm-nivå.

Leirinnhold på soner og sprekker er det spesielt viktig å få registrert.

Bergartsgrenser noteres på cm-nivå. Foliationsretning noteres med vinkelen til kjernen. Det noteres om det er langsgående sprekker i kjernen.

Dersom det er orienterte kjerneborede tilgjengelig beregnes også sprekkeretningen og fallet på sprekken. Dette er det normalt ikke plass til i loggeskjemaet og det lages eget skjema for dette.

Ved registrering av RQD i dårlige soner brukes verdien 0 dersom ingen kjernebiter er over 10 cm. Ved utregning av Q forhøyes verdien til 10. Som tilleggsopplysning kan det opplyses om lengden på største kjernebit innenfor den aktuelle meteren.

Kommentar: Det er viktig at kjerneborede behandles skånsomt og at unødvendig omlasting og flytting unngås. Det kan føre til skade på kjernematerialet.

Kjerneborede er tunge og en må være minst 2 personer slik at skader ved løfting av kjerneborede unngås.

4.3 Kjerner diameter

Under styring av borhullet vil en få kjerneborede med mindre diameter. Q-verdier for disse strekningene vil bli lavere enn om full kjerner diameter oppnås.

Q-verdien er likevel viktig, men det må klart avmerkes om dette er fra områder med redusert kjernediameter.

5. Resultater

Kjernene logges og data som registreres føres over i kjernelogg, se eksempel i 8. Tillegg.

Følgende noteres/regnes ut:

- bergart
- vanntap – som Lugeon
- sprekkefrekvens (naturlige brudd/m)
- parametere for Q-verdi: RQD, J_n, J_r, J_a (J_w og SRF settes lik 1)
- sprekke materiale
- knusningssoner med karakteristikk
- problemer og/eller spesielle observasjoner
- områder med mindre kjernediameter

Kjernerokassene skal fotograferes, helst fra stativ for å unngå fortegning.

Kommentar: I spesielle tilfeller kan det være aktuelt med mer avanserte undersøkelser. Det kan være XRF-analyse eller spektralanalyse. Resultatet fra disse undersøkelsene rapporteres separat.

6. Rapportering

Resultater fra kjerneboring rapporteres i egne rapporter. Rapporten skal omfatte:

- navn og firma til ansvarlige (saksbehandler og entreprenør)
- dato, rapportnummer
- bormetode, med eventuelle avvik
- kart og profiler som viser borpunkter/retning sammen med geologi og byggeplaner. Målestokk på profilene avpasses slik at alle relevante opplysninger er godt synlig på profilet.
- kort beskrivelse av problematikken på stedet. Det bør komme klart fram hvorfor borstedene ble valgt ut.
- oppsummering av ingeniørgeologiske forhold
- tabell over Q-verdier med grunnlagsparametere
- foto av alle kjernekassene
- kjernelogg
- eventuelle forslag til videre undersøkelser
- nøyaktig borlogg med registrerte boravvik i vedlegg





7. Referanser

Statens vegvesen håndbok V520 Tunnelveiledning (2016)

Norges geotekniske institutt: Håndbok Bruk av Q-systemet (2015)

8. Tillegg

Eksempel på kjernelogg er vist i figur 1.4.7-1.

Kjernelogg		Sotrasambandet				SWECO 										
Bergartstype  Øyegneis		Borhull nr.: 1B	Kjemedi.[mm]: 76 Total lengde[m]: 30,8	Inkl. ifht hor.: 77	Logget av: SASK											
		Sprekkemateriale fe: rust si: silt le: leire kl: kloritt ka: kalsitt		Soner  - Oppsprukket  - Knust		RQD Oppsprekningsgrad 100 - 90 Meget lav 90 - 75 Lav 75 - 50 Moderat 50 - 25 Stor > 25 Meget stor		Lugeon Vanntap 0 - 1 Lavt 1 - 10 Moderat 10 - 100 Høyt > 100 Meget høyt								
Boret lengde	Høyde over havet	Bergartstype	Soner	Q-verdi (SRF=1) Ekstremt dårlig Dårlig Ekstremt god Eksepsjonelt god		Bergmassekl.	Sprekkemateriale	RQD Meget lav Moderat Meget stor		Vanntap Lugeon	Merknader					
				0,01	1	100	1000	0	25	50	75	90	100	1	10	



Figur 1.4.7-1 Eksempel på kjernelogg



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser

1.4.8 Fundamentering på berg

Februar 2018 (erstatte deler av metode 15.258, mai 1997)

1. Hensikt

Metoden omfatter kartlegging i forbindelse med stabilitetsundersøkelser av fundamentområder på berg.

Metoden går ut på å kartlegge og måle oppsprekking og andre ingeniørgeologiske parametere som har betydning for stabiliteten til fundamenter. Hensikten er å sikre riktig kvalitet av fundamentstabilitet og fundamenteringsarbeider.

Brufundamenter forsøkes å plasseres lengst mulig ut mot vann/sjø for å få kortest mulig bru av økonomiske hensyn. Generelt vil dette være knauser og nes som stikker ut i sjø/vann. Normalt vil berget her være av god kvalitet da slike gjenstående terrengformer indikerer god motstand mot forvitring og erosjon. Berget i disse områdene vil normalt ha trykkfasthet som tåler alle aktuelle konstruksjoner. Kritisk parameter vil som oftest være sprekker eller slepper med kritisk vinkel som kan føre til utglidninger ved fundamentet. Det viktigste formålet med undersøkelsen vil være å få avkreftet at slike kritiske sprekker finnes/ikke finnes. Dersom kritiske sprekker dokumenteres må plasseringen av fundamentet justeres eller nødvendig stabilitetssikring av fundamentområdet utføres. Undersøkelsen må også inkludere vurdering av stabiliteten av landskapet på oversiden av fundamentet.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- utstyr for geologisk kartlegging, se metode 1.4.1, gjerne digitale registreringsverktøy
- topografisk kart målestokk 1:1000 eller bedre og ekvidistanse 1 m – med eventuelle planer inntegnet
- eventuelt sjøbunnskart med profil utenfor fundament
- eventuelt egnet tilkomstutstyr

Kommentar: I spesielle tilfeller kan det være aktuelt med bruk av Schmidhammer type L for måling av trykkfasthet (JCS – Joint Compression Strength), profilometer for måling av ruhet eller annet spesialutstyr.

Kommentar: Helikopter/drone kan benyttes der det er behov for oversikt over et større område, for å skaffe tilstrekkelig informasjon om bergvegger som ellers er utilgjengelige, eller for å spare tid.

4. Fremgangsmåte

Undersøkelsen omfatter:

- detaljert ingeniørgeologisk undersøkelse med vekt på å lokalisere kritiske sprekkeretninger i forhold til terrengoverflaten, samt svakt og forvitret berg
- beskrivelse av oppsprekkingens karakter med hensyn til orientering, utholdenhet, ruhet, sprekke materiale og sprekkefrekvens
- stabilitetsvurdering med stereoplott/Swedgedataprogram eller tilsvarende
- løsmassemekktighet
- hydrogeologiske forhold
- fare for ras/skred i fundamentområdet
- dykkerundersøkelse av brattheng for brufundamenter ved behov, eventuelt bruk av undervannsdroner eller ROV
- vurdering av bergartsstyrke/bæreevne
- ev. kjerneboring, gjerne med orienterte kjerner
- ev. andre boringer eller geofysiske metoder (se metode 1.2.6)
- ev. enaksial trykkfasthetsmåling av borkjerner eller prøvestykker (se metode 1.2.8)
- ev. direkte skjærfasthetsforsøk på sprekkeplan fra borkjerner

Kommentar: Dokumenter ved hjelp av tegninger, profiler, foto og ev. 3D-modell. Ved undervannsundersøkelser blir det ofte gjort videoopptak. Legg på forhånd ut en synlig (hvit) senterlinje sammen med eventuelle andre fastpunkter etter behov. Dykker eller operatør bør

ha lang erfaring og praktiske kunnskaper om sammenheng mellom oppsprekking og fundamentstabilitet. Geolog skal kunne kommunisere med dykkeren.

5. Resultater

- geologi, oppsprekking og sprekkekarakter tegnes inn på plantegninger og profiler, eventuelt i 3D-modell
- illustrasjoner som viser oppsprekkingen i forhold til terreng- eller bergoverflate, med vekt på sammenhengen mellom kritiske sprekkeretninger, stabilitet og foreliggende byggeplaner
- stabilitetsberegninger
- bæreevnevurderinger
- vurdering av forankringer

6. Rapportering

Rapporten omfatter:

- beskrivelse av i hvilken sammenheng undersøkelsen ble utført: bru-fundament etc.
- når og under hvilke værforhold undersøkelsen ble utført
- beskrivelse av de geologiske forholdene: regionalgeologi, bergarter
- stereografisk analyse: analyse av sprekker, svakhetssoner, bruddsoner, potensielle glideblokker
- vurdering av bergmassens egenskaper, inngangsparametere til stabilitetsanalyser (trykkfasthet, skjærfasthetsparametere, deformasjonsegenskaper med mer)
- stabilitetsanalyser, ev. numeriske analyser
- fundamentenes bæreevne, se håndbok N400 og V220
- forankringer, se håndbok N400 og V220
- diskusjon av usikkerhet i datagrunnlag, kartlegging, kart og profiler
- dokumentasjon av topografi og geologi: kart, profiler, ev. 3D-modell, og diagrammer som viser måleresultater
- fotodokumentasjon og referanse til eventuelt arkivert videoopptak
- forslag til tiltak (f.eks. flytting av fundament, behov for peling eller andre sikringsarbeider)
- forslag til videre undersøkelser

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211

NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016
Eurokode 7, Geoteknisk prosjektering, Del 1: Allmenne regler. 2016, Standard Norge

Norsk Bergmekanikkgruppe (2011): Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering.

NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014
Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning – Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger. 2014, Standard Norge

NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner. (Eurokode 0). 2016, Standard Norge

Forskrift 1357/2011 Forskrift om utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav

Statens vegvesen (2018): Vegbygging, Håndbok N200, Oslo

Statens vegvesen (2014): Geoteknikk i vegbygging, Håndbok V220, Oslo

Statens vegvesen (2015): Bruprosjektering, Håndbok N400 Bruprosjektering

Intern rapport nr. 2360 Fundamentering på berg (2004)

Statens vegvesen (2000): Fjellbolting, Håndbok V224, Oslo

Statens vegvesen sine digitale plangrunnlag med programmer og analyseverktøy for stabilitetsvurderinger



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser

1.4.9 Kartlegging og geologiske undersøkelser i tunnel under driving

Februar 2018 (erstatter delvis metode 15.257, mai 1997)

1. Hensikt

Kartlegging og andre geologiske undersøkelser i tunnel skal gi grunnlag for vurdering av geologi og behov for permanent sikring av tunnel. Dokumentasjonen danner grunnlaget for ingeniørgeologisk sluttrapport og er dokumentasjon for forvaltning, drift og vedlikehold av tunnelen etter åpning. Metoden benyttes også ved rehabilitering av eksisterende tunnel der det er aktuelt.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- kartleggings skjema, ev. på nettbrett
- fotoapparat
- klinometerkompass
- hammer
- prøveposer
- tommestokk

4. Fremgangsmåte

Geologisk oppfølging under bygging av vegtunneler inkluderer geologisk kartlegging i tunnelen, inkludert registrering og vurdering av vannlekkasje og bergspenningsytringer (sprak og bergslag), prøvetaking for laboratorietester, sonderboring og kjerneboring foran stoff, seismiske undersøkelser foran stoff (se metode 1.2.6), deformasjonsmålinger (se metode 1.4.10 og 1.4.11) og borparametertolkning.

Se også håndbok V520 Tunnelveiledning og R761 Prosesskode 1.

4.1 Geologisk kartlegging

Geologisk kartlegging under driving utføres i hele tunnelens lengde og i hele tunnelprofilen før påføring av sprøytebetong. Kartlegging skal fortrinnsvis skje i høyden fra godkjent

arbeidsplattform. Under kartlegging benyttes kartleggings skjema med utbrett av riktig tunnelprofil og profilnummer, enten i papirformat eller digitalt. Registreringene skal legges inn i egnet digitalt system og gi en sammenhengende oversikt over geologien i tunnelen.

Som et ledd i kartleggingen skal en kartlegge også stofflaten og ev. gjøre en tolkning av geologien i sålen av tunnelen.

Bergart, oppsprekking (orientering, tetthet, karakter), slepper/svakhetssoner (orientering, bredde og karakter) og andre strukturer skal kartlegges. Avløste blokker som krever ekstra sikring skal tegnes inn. Bergspenningsytringer og vannlekkasjer skal registreres.

Det skal velges verdier for beregning av Q-verdi for bergmassen. Den kartlagte Q-verdien gir grunnlaget for bestemmelse av permanent sikring gjennom ulike bergmasseklasser og sikringsklasser, definert i håndbok N500 Vegtunneler. Omfang og plassering av sikring i tunnelen må likevel vurderes mot andre geologiske observasjoner i tunnelen, som for eksempel sprekkorienteringer, spesielt ved geometriendringer.

Som en del av kartleggingen bør det tas foto av hele tunnelprofilen.

Under kartleggingen skal det tas nødvendige materialprøver etter metode 1.4.3.

Aktuelle laboratorieundersøkelser er beskrevet i håndbok R210.

4.2 Borparametertolkning

Borparametertolkning blir et stadig viktigere redskap for kartlegging og dokumentasjon av geologien under tunneldriving. Dataene gir en kalibrert tolkning av bergmassens hardhet, oppsprekking og vanninnhold. Dokumentasjonen

brukes til planlegging av videre driving samt inngår i sluttdokumentasjonen for geologi i tunnelen.

4.3 Nye metoder

Det er for tiden en rivende utvikling av forskjellige analysemetoder for registreringer på stoff, for eksempel med radarskanning, fotospektral analyse og fotogrammetri. Bruk av slike metoder kan endre innhenting av data og forbedre datagrunnlaget, men kan ikke erstatte den fysiske undersøkelsen på stoff.

5. Resultater

5.1 Bergmasseklassifisering

Metodebeskrivelse for fastsetting av verdiene for Q-verdi er gitt i NGIs håndbok "Bruk av Q-systemet".

6. Rapportering

Alle resultater skal presenteres i en felles digital løsning og arkiveres etter krav i N500. Registreringene presenteres på et utbrettskart over tunnelen og oppsummeres i en ingeniørgeologisk sluttrapport.

Utbrettskartet skal omfatte resultater fra:

- geologisk kartlegging
- borparametertolkning (BPT)
- laboratorieundersøkelser
- vannlekkasjemålinger
- sonderboringer
- kjerneboringer
- deformasjonsmålinger
- seismiske undersøkelser
- ev. andre undersøkelser
- foto

Det skal sammenstilles en rentegnet digital presentasjon av den geologiske kartleggingen av hele tunnelens lengde. Resultater fra lab og

målinger legges ved som dokumenter i den geologiske presentasjonen, stedfestet i tunnelen. I tillegg skal foto legges ved og være stedfestet.

Dokumentasjonen skal etter N500 lagres og arkiveres i Statens vegvesens databaseløsning, per i dag en Quadriserver for tunnel. Det anbefales å bruke Novapoint for sammenstilling av data. Beskrivelse av hvordan legge inn registreringer i Novapoint Tunnel er gitt i Statens vegvesens rapport 193: *Etatsprogrammet moderne vegtunneler 2008–2011. Kartlegging under driving med Novapoint Tunnel.*

Etter at tunnelprosjektet er ferdig skal det skrives en egen ingeniørgeologisk sluttrapport med bakgrunn i undersøkelsene gjort i tunnelen. Krav til ingeniørgeologisk sluttrapport er gitt i håndbok N500 Vegtunneler.

7. Referanser

Statens vegvesen-rapport 193 (2013):
Etatsprogrammet moderne vegtunneler 2008–2011. Kartlegging under driving med Novapoint Tunnel

Statens vegvesen håndbok R210
Laboratorieundersøkelser (2016)

Statens vegvesen håndbok N500 Vegtunneler (2016)

Statens vegvesen håndbok V520 Tunnelveiledning (2016)

Statens vegvesen håndbok R761 Prosesskode 1 (2015)

Norges geotekniske institutt: Håndbok Bruk av Q-systemet (2015)



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser

1.4.10 Konvergenstmålinger i tunnel

Mars 2018 (ny)

1. Hensikt

Ved sprengning/uttak av berg for tunneler og bergrom vil alltid bergmassen rundt respondere ved at den nye overflaten deformerer/beveger seg. Deformasjonene ytrer seg som regel ved en reduksjon av hulrommet inntil berget alene eller med hjelp av stabilitetssikring har oppnådd en ny stabil tilstand (konvergens). Dersom konvergens ikke oppnås (divergens/divergerende utvikling) er den installerte stabilitetssikringen utilstrekkelig.

Hvor mye deformasjon som oppstår vil avhenge av formen og størrelsen på bergrommet, bergmassekvaliteten og spenningsforholdene. Konvergenstmålinger utføres i praksis etter utført bergsikring for å avgjøre om bevegelsene avviker eller ikke avviker fra det som forventes, og om de gjør det: gi et grunnlag for å bestemme hvilke tiltak som må iverksettes.

Det måles også på tunneler i driftsfasen dersom det er mistanke om deformasjoner av bergrommet.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

For måling av deformasjoner i tunneler og bergrom finnes flere muligheter, her omtales to forholdsvis enkle metoder som bare trenger korte festebolter i vegg/heng:

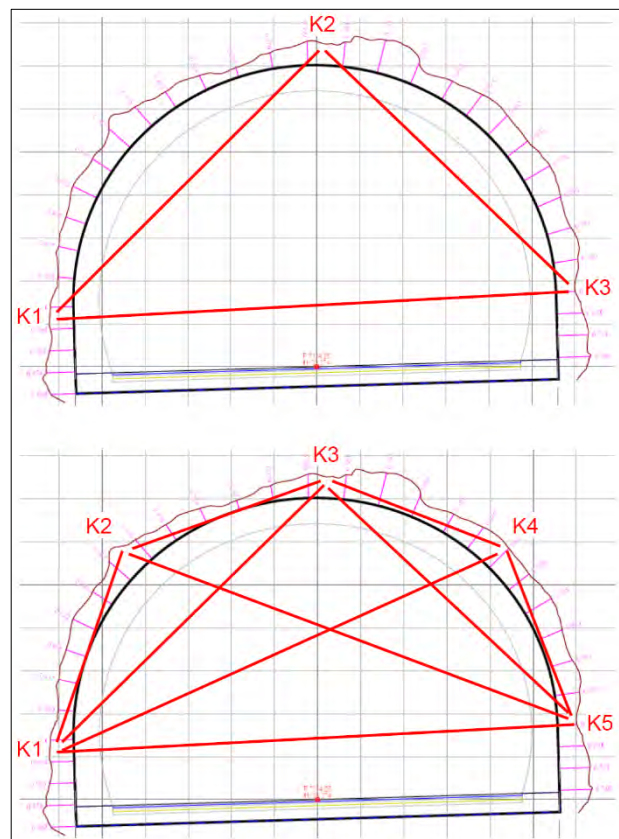
- totalstasjon og prismer,
- eller tape-ekstensometer
- drill for boring i betong/berg
- festebolter for ekstensometer eller prismer
- lim

En tredje målemetode er borehullsekstensometre og tøyningssensorer o.l., se metode 1.4.11.

4. Fremgangsmåte

Målepunktene – uansett metode – kan i prinsippet plasseres hvor som helst i det utsprengte bergrommet, avhengig av hva en ønsker å overvåke.

Geometri, spenningsforhold og geologi vil være bestemmende for plassering i haller, nisjer, tunnelkryss o.l., men i rene tunneltverrsnitt benyttes det som regel 3–5 punkter, ev. flere om tverrsnittet er spesielt stort. Ventilasjonen bør slås av under måling og andre installasjoner kan bli en utfordring, og målepunktene plassering bør på forhånd planlegges så godt det lar seg gjøre.



Figur 1.4.10-1: To eksempler på plassering av målepunkter i en tunnel med tverrsnitt T9,5

Dersom det skal brukes tape-ekstensometer er det fordelaktig at veggboltene kan nås uten lift.

Ved bruk av totalstasjon må en stikningsingeniør/ geomatiker stå for målingene, og følgelig også montering av bolter og behandling av prismer.

Tape-ekstensometer (eller ekstensjonsmålebånd) har lav brukerterskel. Det er et kompakt, bærbart og forholdsvis enkelt verktøy for å måle avstanden mellom fastmonterte boltepar, enten øyebolter eller krokbolter. Eldre systemer med gjengede bolter bør unngås da tilskruiingsprosessen fort blir en feilkilde selv med momentnøkkel. Selve instrumentet festes på den ene bolten og et rustfritt stålmålebånd integrert i instrumentet til den andre bolten vha. karabinkrok/krok, avhengig av type ekstensometer. Båndet strammes opp med en gitt kraft og avstanden avleses.



Figur 1.4.10-2: Eksempel på tape-ekstensometer

Målepunktene må plasseres tilstrekkelig beskyttet mot skader som kan oppstå som følge av sprengning, lasting, påkjørsler, etc., spesielt nær tunnelstuff i drivefasen. Særlig prismer er sårbare, festebolter for tape-ekstensometer er noe mer robuste.

Prismer kan i prinsippet klikkes av og på ved hver måling, men bør stå fastmontert, ev. med en egnet beskyttelse når de ikke måles på. Stadige opp- og nedmontering kan påvirke målenøyaktigheten.



Figur 1.4.10-3: Prisme montert og beskyttet inne i et kort grovhull på lesiden (ift. stuff) av en sprøytebetongbue. Råtunnelen, E39 Bergen-Os



Figur 1.4.10-4: Nærbilde av prismefeste, uten prisme montert

Normalt måles det oftere i begynnelsen og sjeldnere etter hvert *dersom* en ser at bevegelsene minsker over tid, eller det ikke registreres bevegelser.

Hvis bevegelsene derimot ikke bremser opp (eller akselerer), men går over en på forhånd satt grenseverdi, må det gjøres tiltak i form supplerende bergsikring. Nytt måleprogram startes opp for å kontrollere effekten av denne.

5. Resultater

Måleresultatene legges fortløpende inn i regneark iht. avtalte måleintervaller, det gjør det siden enkelt å generere rapporter med kurver/diagrammer. Regnearket skal også ha en illustrasjon som viser hvordan boltene er plassert i bergrommet.

Tabellene i regnearket skal ha 1.gangsmålingen og senere kolonner for jevnlig, daterte målinger. Operatør, utstyr, temperatur (tape-ekstensometeret må korrigeres for temperatur), ev. andre relevante forhold (som støv, vinddrag fra fifter) noteres også, likeledes måleusikkerheten.

5.1 Måleusikkerheter

Målenøyaktigheten avhenger av valgt metode, men repeterbare målinger er uansett viktig, og ved hver måling tas minst 3 paralleller, selv ved tidspress. Lav brukerterskel på tape-ekstensometeret krever at bruksanvisningen leses grundig og følges nøye.

Type totalstasjon og type prisme er bestemmende for den målenøyaktigheten som oppnås. Det bør derfor kreves utstyr som oppnår en nøyaktighet på ± 1 mm.

6. Rapportering

Det kan enten utarbeides egen rapport, eller – som det vanligvis gjøres ved tunneldriving – resultatene legges fortløpende inn i regneark uten at de samles i rapporters form. Regnearkene blir da et «levende» dokument som brukes i byggeperioden for å holde oversikt over og kontroll med ev. deformasjoner.

Er det utført konvergensmålinger i driveperioden, skal de omtales i prosjektets sluttrapport, uansett om det har vært målbare deformasjoner eller ikke.

Dersom det utarbeides egen rapport for målingene skal følgende være med:

- tunnelprosjekt, kort beskrivelse/bakgrunn for deformasjonsmålingene, firma/saksbehandler
- kart med oversikt tunnel og målepunkter vist sammen med tunneltverrsnittet, ev. annen situasjonsbeskrivelse
- ingeniørgeologisk beskrivelse (bergart, bergmassekvalitet, vann, spenningsforhold, etc.), samt installert bergsikring
- målemetode og utstyr (inkl. type festebolter)
- måleresultater, med kurver/diagrammer
- måleusikkerheter
- konklusjon, anbefalinger
- forfatter/signatur

7. Referanser

Rikard Gothäll (2011): «Analys av konvergensmåtninger». BeFo Rapport 109. Stockholm.

Pierpaolo Oreste (2009): «The Convergence-Confinement Method: Roles and Limits in Modern Geomechanical Tunnel Design». American Journal of Applied Sciences 6 (4): pp. 757–771.

Quanhong Feng and Kennert Röshoff (2015): «A Survey of 3D Laser Scanning Techniques for Application to Rock Mechanics and Rock Engineering». I R. Ulusay (ed.), The ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 2007–2014 (Orange book), Springer, pp. 265–293.

Mahdi Moosavi and Saeid Khazaei (2003): «Absolute Deformation Profile Measurement in Tunnels Using Relative Convergence Measurements». Proceedings, 11th FIG Symposium on Deformation Measurements, Santorini, Greece.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser

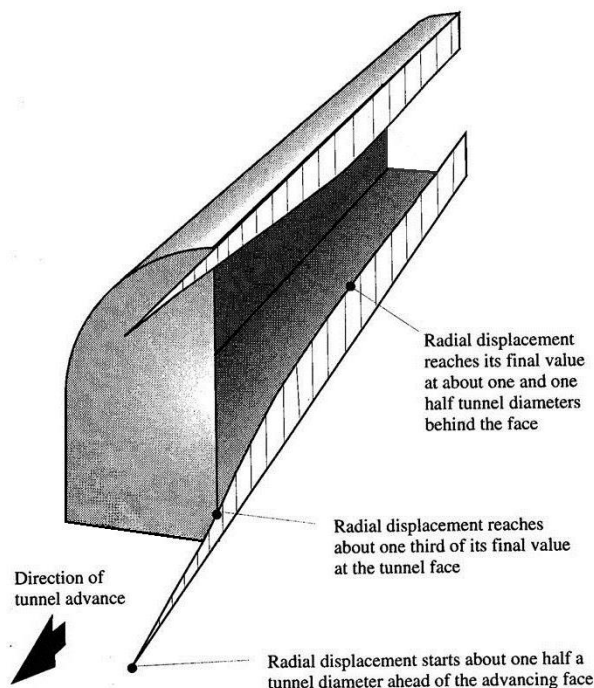
1.4.11 Deformasjonsmålinger i tunnel

Februar 2018 (ny)

1. Hensikt

Ved sprengning/uttak av berg for tunneler og berg-rom vil alltid bergmassen rundt respondere ved at den nye tunnelperiferien deformerer/beveger seg pga. den endrede spenningstilstanden rundt åpningen i berget.

Vanligvis vil den radiære deformasjonen starte ca. $\frac{1}{2}$ diameter foran stoffen. I selve stoffen vil ca. $\frac{1}{3}$ av den totale radiære deformasjonen være utløst. I kompetente bergarter vil mesteparten av deformasjonen være utløst ca. $1\frac{1}{2}$ diameter bak stoffen. Ved høye bergtrykk eller skvisning kan imidlertid deformasjon fortsatt skje flere km bak stoff.



Figur 1.4.11-1: Deformasjonsutvikling nær stoff ved tunneldriving

Ved ugunstige geologiske forhold eller storblokkig berg kombinert med ugunstige sprekemønstre, kan de opptredende deformasjonene medføre at berget blir ustabilt eller deler av periferien

mangler innspenning slik at bergmassepartier eller blokker raser ut.

Stabilitetssikring på stoff har derfor den viktige funksjonen at den bidrar til å forsterke bergets evne til å motstå destabiliserende deformasjon. Det er derfor svært ofte ønskelig å kunne observere og ha kunnskap om sikringens virkning på de opptredende deformasjonene i bergmassen.

Slik kunnskap oppnås ved måling av de opptredende deformasjonene in-situ.

For å kunne observere hele deformasjonsforløpet må slike målinger startes opp før bergmassen tas ut. Slike totaldeformasjonsmålinger er ikke alltid like enkelt å få til da det innebærer grunne underjordsanlegg med mulighet for instrumentering fra dagen eller at det eksisterer bergrom i nærheten av det planlagte nye anlegget som kan benyttes.

Er ikke slike forutsetninger til stede, må målinger gjøres så tett inn mot stoff som mulig i den samme tunnelen som ønskes overvåket. Denne type måling betegnes da gjerne som restdeformasjonsmåling og har gjerne som hensikt å verifisere funksjonen til den installerte stabilitetssikringen og overvåking av stabiliteten.

Det er mange metoder som kan benyttes for å måle deformasjoner i berg, men i hovedsak skilles det mellom målinger som gjøres perifert ute i berget rundt tunnelen, da i instrumenterte borehull, og målinger som gjøres i tunnelkonturen gjerne integrert i bergsikringen.



Figur 1.4.11-2: Såkalte «søsterjern» og «bikkjebein» i sprøytebetongbue i Lørentunnelen

I det etterfølgende gis en oversikt over aktuelle metoder for norske vegprosjekter. Metodene utføres ikke av Statens vegvesen, men anskaffes fra leverandør av slike måletjenester.

2. Definisjoner

ER-sensor: Electrical Resistance Strain Gauge – en elektrisk motstand-tøyningssensor, også kalt «strekkapp», som består av en elektrisk leder med den grunnleggende egenskapen at motstanden endres i direkte forhold til endring i lengde. Det finnes fem undertyper.

LVDT-sensor: Linear Variable Differential Transformer – en LVDT-tøyningssensor (vekselstrøm-basert) som består av en bevegelig magnetisk kjerne som passerer gjennom én primær og to sekundære spoler.

DCDT-sensor: Direct Current Differential Transformer – en DCDT eller DC-LVDT-tøyningssensor (likestrøm-basert) som består av en LVDT med miniaturisert elektrisk krets i primærspolen.

LP-sensor: Linear Potentiometer – en lineær potensiometer-tøyningssensor som består av en bevegelig glidebryter (visker) som har elektrisk kontakt langs en motstandsstrimmel forsynt med likestrøm. Potensiometeret kan brukes til måling av lineær deformasjon når forholdet mellom viskerposisjon og utgangssignal er proporsjonalt.

VRT-sensor: Variable Reluctance Transducer – en variabel reluktans-tøyningssensor (vekselstrøm-basert) som består av en midtstilt spole, plassert rundt en bevegelig armatur som er magnetisk gjennomtrengelig.

VW-sensor: Vibrating Wire Transducer – en svingende streng-tøyningssensor som består av en tynn ståltråd som er fastspent i begge ender slik at den vibrerer ved sin naturlige frekvens (resonans). Frekvensen vil variere med trådspenningen, som vil endre seg ved små relative bevegelser mellom de to endeklemmene.

PDT-sensor: Pneumatic Diaphragm Transducer – en pneumatisk trykk giver som brukes til å måle forskyvningen av en elastisk membran grunnet forskjell i trykket over membranen. Koblet til en egnet elektrisk kilde vil giveren produsere et elektrisk utgangssignal (spenning – mV eller V, strøm – mA eller frekvens – Hz) som er proporsjonal med trykket.

MEMS-sensorer: Mikro-elektromekanisk systemteknologisensorer kan med høyere presisjon måle de samme deformasjonsparametrene som de klassiske måleteknologiene.

FO-sensorer: Fiber Optic Sensors – fiberoptiske sensorer som enten er basert på to optiske fibre som er nøyaktig justert i et mikro-kapillært rør for å danne et optisk Fabry-Perot interferometer, eller

fiberoptikk kombinert med MEMS-teknologi. Optiske sensorer fås for alle relevante deformasjonsparametre som tøyning, trykk og forskyvning, og er temperaturuavhengige samt upåvirket av elektromagnetisk interferens (EMI) og lynnedslag.

3. Utstyr

Entreprenør og leverandør av måletjenester stiller med alt nødvendig utstyr.

4. Fremgangsmåte

4.1 Målinger i berget rundt og utenfor tunnelen

4.1.1 Borehullsekstensometer

Deformasjon i berget umiddelbart rundt tunnelen kan måles ved å registrere den relative forskyvningen mellom faste målepunkter på forskjellige dyp i et borehull. Antall mulige målepunkter varierer med type ekstensometer, boret dybde og hull diameter. Enkelte systemer med tett plassering mellom punkter kan ha opptil 20 målepunkter. De vanligste multi-punkt (MP) ekstensometrene har inntil 6 målepunkter.



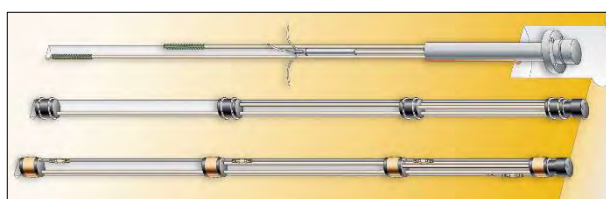
Figur 1.4.11-3: Eksempel på 6-punkt ekstensometer (RocTest)

Borehullsekstensometre finnes i mange ulike typer basert på ulike kombinasjoner av måleteknologi, dataakquisisjon og instrumenterings-prinsipper.

4.1.1.1 Stang-ekstensometer

Med et stang-ekstensometer måles relativ endring i avstand over tid mellom fastpunkter i hullet og et målehode plassert i starten av hullet (anboringen).

Stengene er enten laget av rustfritt stål, glassfiber eller karbonkomposittmateriale. Materialvalget er noe avhengig av ønsket innfestingslengde og nøyaktighetskrav relatert til temperaturendring. Stengene ligger beskyttet inne i plastrør for å sikre at de relative forskyvningene er nær friksjonsløse.



Figur 1.4.11-4: Fire ulike typer ankere (GEOkON)

Det kan benyttes forskjellige typer ankere for målepunktene. I berg er de mest vanlige innstøpt kamstålbitter, mekaniske snappingankere og hydraulisk oppspente ankere. For målepunkt i

løsmasse brukes «borros»-ankere som er en type ankere med utstikkere som ligger skjult inne i en sonde under innføring i hullet. Valg av ankertype er noe avhengig av om hullene er oppad- eller nedadrettet.

Selve målingen gjøres enten manuelt med en måleklokke/-ur, et mikrometer eller automatisk med elektronisk overføring fra et målehode som transformerer signaler fra VW-sensorer, lineære potensiometre, DC-LVDT'er eller ER-sensorer (strekklapper).

4.1.1.2 Fleksibelt ekstensometer

Med et fleksibelt ekstensometer måles relativ endring i avstand over tid mellom fastpunkter i hullet og et målehode plassert i starten av hullet (anboringen).

Den fleksible strengen som kobler målepunkt med målehode er laget av glassfiber og er kontinuerlig. Innfestingslengden bestemmes derfor på forhånd før ekstensometeret settes i produksjon.



Figur 1.4.11-5: Fleksibelt ekstensometer (RST Instruments)

Ankere og måleopsjoner er de samme som for stang-ekstensometre.

4.1.1.3 Gjenbruksekstensometer

Når deformasjonene har stabilisert seg rundt en tunnel, kan det i noen tilfeller være ønskelig å kunne demontere ekstensometre etter endt måleperiode for så å gjenbruke disse på en annen lokalitet.



Figur 1.4.11-6: Eksempel på gjenbruksekstensometer (GEOkON)

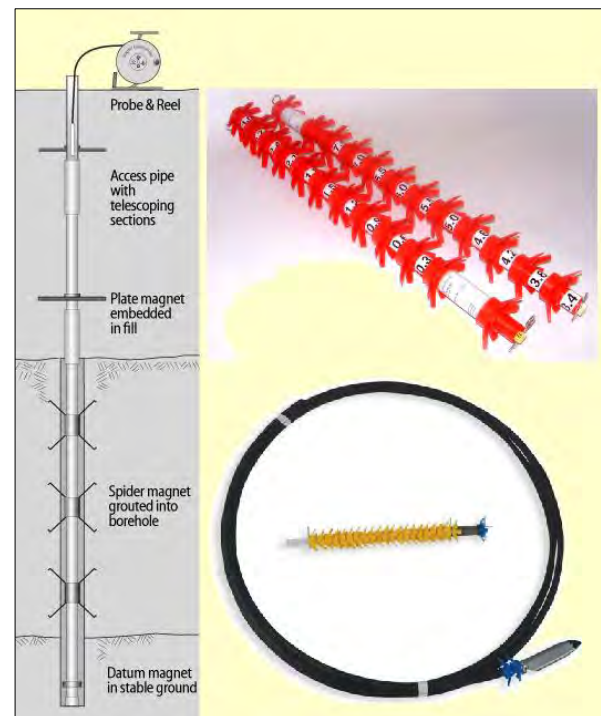
Slike gjenbrukbare ekstensometre er konstruert med elektroniske forskyvningssensorer som er koblet sammen i en rekke ved hjelp av forlengelsesstenger. Sensorene låses fast i hullet med enten pneumatisk ekspanderbare ankre eller med stempelskoankere som aktiveres ved å skru ekstensometeret. Den relative forskyvningen mellom ankerene måles av sensorene som enten er VW, potensiometer eller DCDT.

Antall mulige ankere på ett ekstensometer varierer med leverandør, men det finnes systemer med opptil 10 ankerpunkter. Ankerene er laget av rustfritt stål, mens stengene, i tillegg til stål, også kan leveres i glassfiber eller grafitt.

4.1.1.4 Magnet-ekstensometer

Med et magnet-ekstensometer måles eksakt posisjon til magnetiske ankere med en sonisk sonde som føres inn i borehullet ved avlesning.

Hullengden er gjerne begrenset til 7-8 m, men med tett plassering av ankere fås en svært nøyaktig observasjon av hvor og hvordan deformasjonene opptrer. Systemer hvor den soniske sonden er koblet til en kabel er kun beregnet for måling i vertikale nedadrettede hull, mens andre systemer med stiv innføring av sonden kan måle i alle retninger.

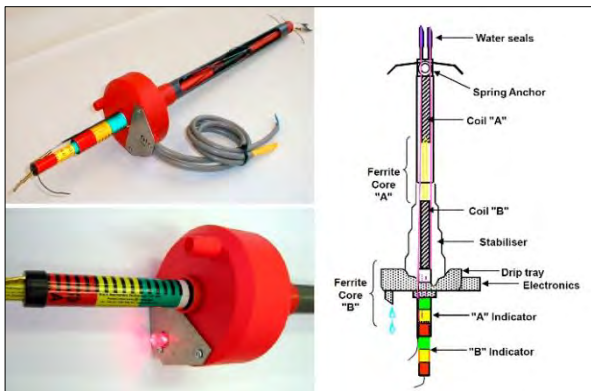


Figur 1.4.11-7: Ulike oppsett for magnetekstensometer (Slope Indicator, RTM Trolex, og SCT)

4.1.1.5 Telltales

En annen type sensorer som også er en type ekstensometre, er såkalte «Telltales» eller «sladrere». Disse «sier fra» når deformasjoner

nærmer seg kritiske nivåer i form av en alltid synlig visuell indikasjon på selve måleren, noe som særlig er aktuelt i gruvesammenheng. Systemet kan også kobles opp mot varselamp og sirener.



Figur 1.4.11-8: Telltales med og uten varselampe, samt prinsipp for montering (D. Bigby, RTM Trolex)

4.1.2 Instrumenterte bergbolter

Spesialkonstruerte stabilitetssikringsbolter som kan måle trykk, strekk, bøyning og endringer i tøyning er viktige verktøy for overvåking av installert bergsikring i tunneler og bergrom. Dersom instrumenterte bolter integreres i det ordinære boltemønsteret, kan informasjonen de gir på fordelingen av boltebelastninger kunne brukes til å optimalisere plassering og boltemønstre.

Bolter instrumentert med tøyningssensorer leveres gjerne med nok sensorområder til at aksiale belastninger og bøyingsbevegelser kan måles langs hele lengden av bolten. Sensorene sitter som regel enten i et sentralt hull eller i diametralt motsatte maskinfreste spor langs bolten.



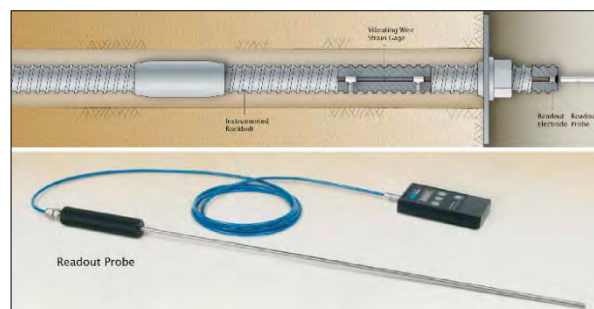
Figur 1.4.11-9: Maskinfreste slisser i kamstålbolt (B. Forbes)

Instrumenterte bergbolter baserer seg i all hovedsak på VW-teknologi (svingende streng) og ER-sensorer (streklapper).

Ordinære helstangsbolter kommer sjelden i større lengder enn 5 m. Noen leverandører som leverer instrumenterte korte (1-1,5 m) kamjern, kan ved skjøting med ekstensjonsjern i samme stålqualität, levere opp mot 25 m lengder.

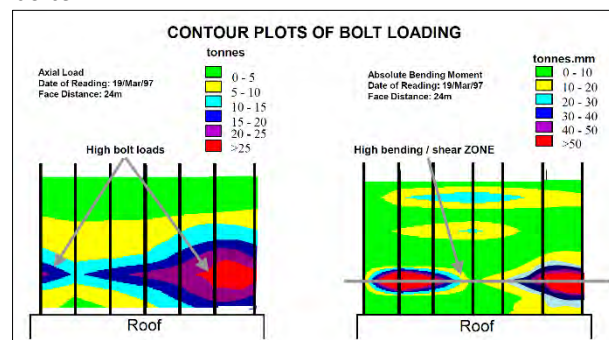


Figur 1.4.11-10: Instrumentert bolt med 9 fordelte par ER-sensorer i slisser og avlesningsapparat (RTM Trolex)



Figur 1.4.11-11: Instrumentert bolt med sentriske VW-sensorer og avlesningsapparat (GEOKON)

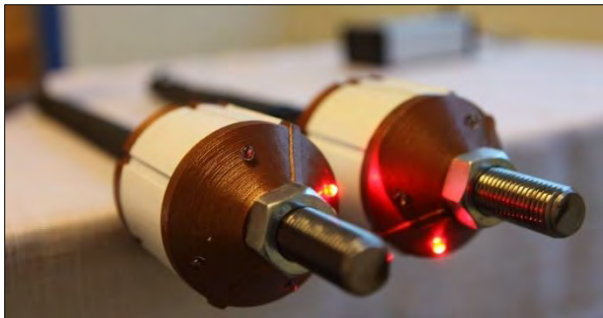
Det er også mulig å kombinere slissede bolter eller rørbolter med den nyeste fiberoptikk-teknologien, hvilket gir mulighet for kontinuerlig måling av deformasjon i hvert eneste punkt langs bolten.



Figur 1.4.11-12: Output fra manuelt avleste målebølter (D. Bigby, RTM Trolex)

Begrepet «tingenes internett», også kjent som Internet of Things (IoT), har selvfølgelig også kommet til deformasjonsmålerens verden. Siden 2015 har instrumenterte bergbolter, som er såkalt smarte, kommunisert med hverandre trådløst. I et system hvor hver bolt har sin egen IP-adresse vil data fra et stort geografisk område kunne bearbejdes hurtig og sammenstilles.

Farlig høy boltebelastning i et område eller kritiske nivåer av seismisk aktivitet, vil automatisk generere optiske alarmer ved bruk av multi-fargede høyeffektdioder samt sende trådløse alarmer ut i kontrollsystemene til overvåkede underjordsanlegg.

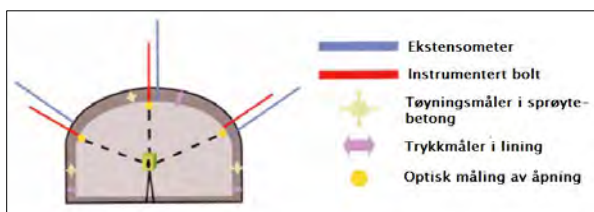


Figur 1.4.11–13: LED-lys tent på smarte bolter (ThingWave)

4.2 Målinger i tunnelkonturen

Ved måling av deformasjoner i tunnelkonturen er det i hovedsak snakk om målinger i den installerte bergoverflatesikringen eller liningen. For norske vegtunneler vil det si målinger i betong. Betongen er da som oftest sprøytet direkte på berget eller i noen tilfeller kontaktstøpt mot berget.

Sammen med konvergenzmåling som omhandles i metode 1.4.10, så framgår det av figur 1.4.11–14 at måling av deformasjon i tunnelkonturen utgjør den siste brikken i det totale deformasjonsbildet rundt en tunnelåpning.

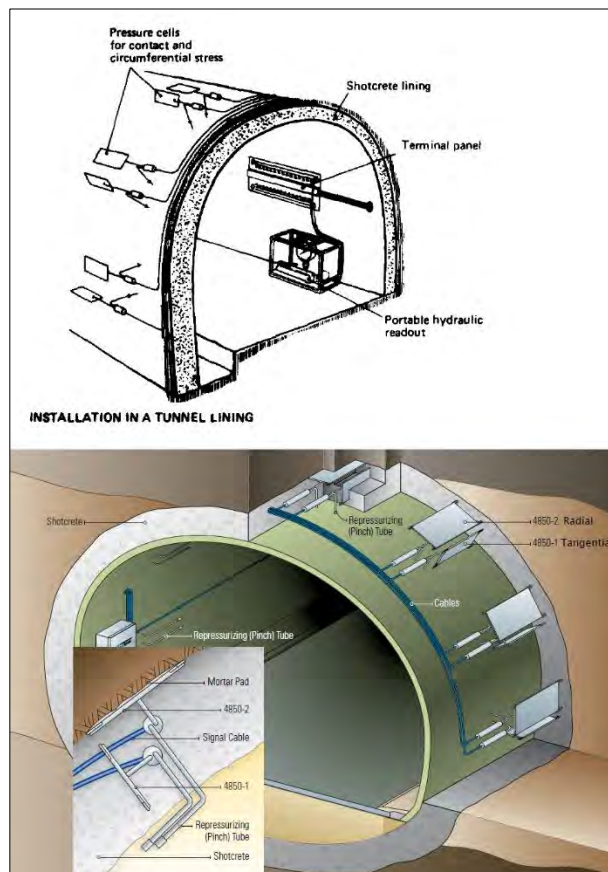


Figur 1.4.11–14: Målinger av restdeformasjon i og rundt en tunnel

4.2.1 Trykceller

For måling av radial- og tangentialspenning rundt en tunnelåpning brukes trykceller i kombinasjon med andre tøyningsmålere. Cellene monteres enten i kontakten mellom sprøytebetong og berg, inne i sprøytebetongen, i kontakten mellom sprøytebetong og støp, eller inne i betongstøpen. Totaltrykceller er utført i rustfritt stål og består

som regel av en «flatjack» utformet som plate, blære eller sylinder og en PDT-sensor.

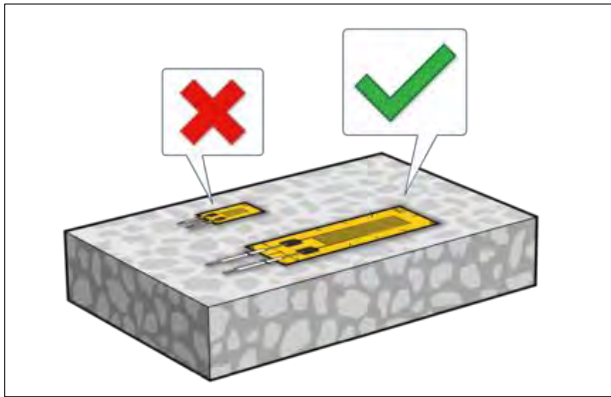


Figur 1.4.11–15: New Austrian Tunnelling Method – NATM–trykceller for måling av radial- og tangentialspenning, – nå og da. Øverst, hydraulisk oppsett fra 1980 (ISRM SM). Nederst VW–oppsett fra 2018 (GEOkON)

De fleste leverandørene av geotekniske instrumenteringssystemer har trykceller i sitt sortiment, hvorav de fleste er basert på VW-sensor-systemer. Noen produsenter leverer i tillegg elektriske og pneumatiske systemer mens enkelte også tilbyr fiberoptiske og MEMS. NATM-celler leveres av de fleste store instrumentprodusentene.

4.2.2 Tøyningsmåler for sprøytebetong

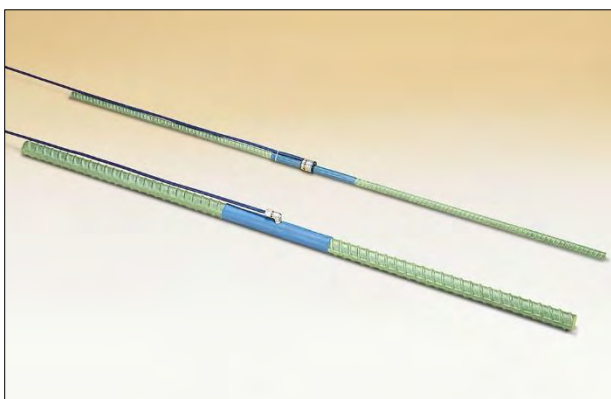
For måling av tøyninger i sprøytebetonglining er det et stort spekter av sensorer som kan benyttes. Det skiller i hovedtrekk mellom innsprøytede-/støpte sensorer, overflatemonterte sensorer og sensorer festet til armering. Alt fra direktemonterte strekkklapper på betongflate, såkalte bikkjebein med endepunktsforankring, søsterjern i armering og kryssarrangerte sylindriske måleceller som monteres slik at både radial- og tangential-tøyning fanges opp. De målte tøyningene kan omregnes til spenning ved bruk av en konverteringsfaktor og sprøytebetongens E-modul.



Figur 1.4.11–16: Eksempel på ER-sensor (strekkklapp) montert med superlim direkte på betong. Strekkklappen må ha et sensorområde minst 5 ganger større enn største tilslagspartikkel (HBM).



Figur 1.4.11–17: Eksempler på VW-sensorer for innsprøyting med betong, såkalte «bikkjebein» (ACE Instrument)



Figur 1.4.11–18: Eksempler på VW-sensorer for montering i armering, såkalte «søsterjern» (GEOKON)



Figur 1.4.11–19: Eksempler på kryssmontert tøyingsmåler for sprøytebetong (Geogage)

5. Resultater

Resultatene er avhengig av valgt metode. Resultater fra deformasjonsmålingene rapporteres i egne rapporter.

6. Rapportering

Innhold i rapport vil avhenge av metode. Avhengig av metode skal rapporten inneholde/omfatte:

- navn og firma til ansvarlige (saksbehandler og leverandør/entreprenør)
- dato, rapportnummer
- metode, med eventuelle avvik
- kart og profiler som viser plassering. Målestokk på profilene avpasses slik at alle relevante opplysninger er godt synlig på profilet.
- kort beskrivelse av problematikken på stedet. Det bør komme klart fram hvorfor området ble valgt ut
- kotekart av bergoverflaten
- kart som viser tykkelse av løsmasser over berggrunnen
- løsmassetykkelse og -sammensetning
- svakhetssoner i berg, ev. retning
- sprekker, bergartsgrenser og geologiske strukturer
- oppsummering av geologiske forhold
- alle hullplasseringer og profilers plassering skal være dokumentert med innmåling
- eventuelle forslag til videre undersøkelser

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

Statens vegvesen håndbok N520 Tunnelveiledning (2016).

ISRM Suggested Methods (1978): Monitoring Rock Movements using Borehole Extensometers.

ISRM Suggested Methods (1980): Pressure Monitoring using Hydraulic Cells.

ISRM Suggested Methods (1979): Determining In Situ Deformability of Rock

ISRM Suggested Methods (1986): Deformability Determination Using a Large Flat Jack Technique.

ISRM Suggested Methods (1987): Deformability Determination Using a Flexible Dilatometer.

ISRM Suggested Methods (1996): Deformability Determination Using a Stiff Dilatometer.

ISRM Suggested Methods (1977): Monitoring Rock Movements Using Inclometers and Tiltmeters.

ISRM Suggested Methods (1984): Surface Monitoring of Movements across Discontinuities.

ISRM Suggested Methods (2012): Measuring Rock Mass Displacement Using a Sliding Micrometer.

ISRM Suggested Methods (2012): Rock stress estimation Part 5: Establishing a model for the in situ stress at a given site.

J. Dunnycliff (1993): Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance

ACE Instrument	www.aceinstrument.com
Campell Scientific	www.campbellsci.com
Daedong Instruments	geogage.koreasme.com
Fiso	www.fiso.com
GeoData	www.geodata.at
Geogage	www.geogage.com
GEOkON	www.geokon.com
Geosense	www.geosense.co.uk
HBM	www.hbm.com
Geovan	www.geovan.com
Interfels	www.interfels.de
Kyowa Electr. Instr.	www.kyowa-ei.com
Opsens solutions.com	www.opsens-solutions.com
RocTest	www.roctest.com
rst Instruments	www.rstinstruments.com
RTM Trolex	www.trolex.com
Sisgeo	www.sisgeo.com
Slope Indicator	www.slopeindicator.com
Soil Instruments	www.soil.co.uk
Strata Control Tech.	www.sct.gs
ThingWave	www.thingwave.eu



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser

1.4.12 Prøvetrekking av endeforankrede bolter

Mars 2018 (ny)

1. Hensikt

Prøvetrekking er en ikke-destruktiv metode som benyttes for å kontrollere innfestingen av endeforankrede bolter og stag i borehull (såkalt «co-axial test»). Metode for kontroll av lokal kapasitet av kombinasjonen berg og forankring (såkalt «remote test») er ikke beskrevet.

Metoden kan i prinsippet gjøres på alle bolter og stagforankringer, uansett innfestingsmetode.

Prøvetrekking beskrevet her er bare i forbindelse med kontroll av bolter til berg- og nettsikring, normalt Ø 16 mm til Ø 25 mm, endeforankret med lim (epoxy/polyester).

2. Definisjoner

AQL eller *Acceptance Quality Limit*: den maksimale feilprosent (eller maksimalt antall feil pr 100 enheter) som kan aksepteres som tilfredsstillende.

Aksepttall: akseptabelt antall underkjente bolter.

Tilbakevisningstall: Uakseptabelt antall underkjente bolter.

3. Utstyr

- nødvendig verneutstyr, inkl. beskyttelsesbriller
- lift/krankorg/renskeplattform for adkomst
- hydraulisk jekk/testverktøy (på luft eller olje)
- distanserør, skjøtehylse/gjengestag (dersom bolteenden skulle være for lang eller for kort)
- verktøy for å feste/løsne jekken fra halvkule/gjengepart (det skal ikke være nødvendig å demontere mutter/halvkule/plate)
- papir/penn/nettbrett, fotoapparat/mobiltilf.
- Trekkingen foregår med en spesiell hydraulisk jekk konstruert for eller tilpasset formålet. Hvis mulig benyttes en jekk som ikke krever at skive/halvkule/ mutter må demonteres.

4. Fremgangsmåte

Prøvetrekkingen kan enten utføres som *stikkprøve-kontroll* (punkt 4.3) eller en *100%-inspeksjon* der alle boltene testes (punkt 4.2).



Figur 1.4.12-1: Prøvetrekking med manuell, trykk-luftdrevet jekk (foto: Statens vegvesen)

Boltene trekkes til en gitt øvre grense, vanligvis 50–70 % av boltens karakteristiske flytefasthet (styrke). For en Ø 20 mm B500NC bolt vil denne øvre grensen tilsvare 60–80 kN (6–8 tonn).

4.1 Arbeidsprosessen

Boltene skal trekkes aksielt med boltestammen (co-aksialt). Det anbefales å bruke jekk som settes an mot boltens halvkule slik at bolten ikke må skrues fra hverandre (tidkrevende, og bolten mister dess-uten sin funksjon). Det blir dermed også lettere å trekke i riktig vinkel.

Hvis mulig velges det ut bolter som står mest mulig normalt på bergoverflaten, ev. sprøytebetongen. Det er særlig viktig dersom jekken er av en type som må ha anlegg mot skiva eller skivas underlag. Da benyttes solide stålskiver mot berget eventuelt betongen rundt bolten som underlag for jekken/ adapteret. Vanligvis må skiva rettes inn ved hjelp av stålkiler («shims») slik at den blir liggende mest mulig vinkelrett på boltestammen.

Testutstyret må skrus godt inn på gjengene slik at forbindelsen til bolten ikke glipper. Om nødvendig må det skjøtes på en forlengelse (skjøtehylse og gjengestag), om det ikke følger med eget tilleggsutstyr for nettopp dette, eller utstyret er slik laget at bolten går gjennom jekken.

Stikker bolteenden på den annen side for langt ut må det benyttes solide distanserør av stål. Det må være ulike lengder tilgjengelig under testingen, og stålskiver som mellomlegg.



Figur 1.4.12-2: Solide distanserør i ulike lengder (foto: Wimo)

En korrekt montert limforankret bergbolt skal ikke ha behov for verken stålrør eller forlengelse, mens det ved trekking av f.eks. festebolter for vann-/frosstsikring kan være helt nødvendig (avhengig av type jekk)



Figur 1.4.12-3: Lange distanserør for trekking av festebolter for vann-/frosstsikring (foto: Statens vegvesen)

4.2 100% inspeksjon

Alle boltene trekkes til en på forhånd bestemt kraft. For Statens vegvesen gjelder dette for:

- limforankrede bergbolter i bergskjæring
- opphengsbolter for betonghvelv i tunnel
- forankringsbolter ifm fanggjerd

Kommentar: En mye benyttet metode for kontroll av opphengsbolter i tunnel er å henge et lodd i bolten, som f.eks. betongklosser eller «big bag» med stein.

4.3 Stikkprøvekontroll

Omfang av stikkprøver bestemmes ved hjelp av NS-ISO 2859-1 Prosedyre for prøvetaking for attributtkontroll - Del 1: Prøvetakingsplan etter AQL-grenser ved partivis kontroll.

Utvelgingen av stikkprøvene skjer tilfeldig ut ifra et kontrollparti med installerte bolter. Partistørrelsen velges ut fra praktiske hensyn, månedsproduksjon eller et gitt antall bolter. Kontrollpartiene skal ikke være overlappende. Dvs. at når det er tatt stikkprøver fra ett parti skal bolter fra dette partiet ikke inkluderes i et annet parti.

For Statens vegvesen gjelder stikkprøvekontrollen for:

- limforankrede bergbolter i tunneler
- opphengsbolter for steinsprangnett og issikringsnett i bergskjæring
- forankringsbolter for vann/frosstsikringshvelv i tunneler (brannsikret duk eller PE-skum)

NS-ISO 2859-1 beskriver en prøvetakingsplan etter AQL-grenser ved partivis kontroll. AQL (Acceptance Quality Limit) er den maksimale grensen for ikke-samsvar som kan aksepteres over tid. Standarden tar utgangspunkt i normalt kontrollnivå, men åpner for skjerpet kontroll dersom kvaliteten ikke er tilfredsstillende, eller redusert kontroll hvis kvaliteten er god nok over tid.

AQL-grenser deles inn i tre klasser avhengig av hvor stor konsekvensen er av ikke-samsvar med de gitte kravene (ANSI/ASQ Z1.4-2003 (R2013)):

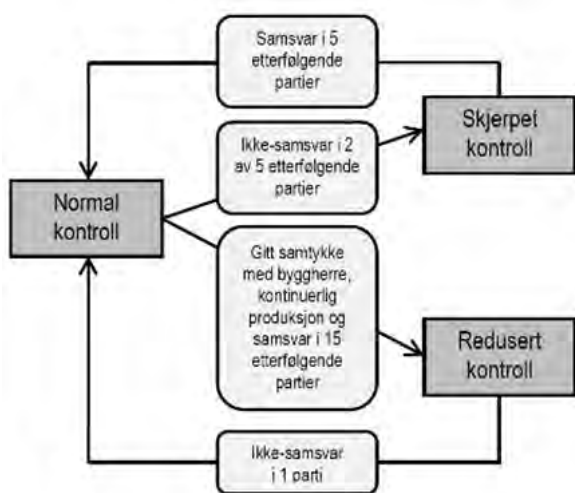
- Klasse A - kritisk ($0,01 \% \leq AQL \leq 0,04 \%$) Ikke-samsvar vil føre til farlige og usikre forhold
- Klasse B - stor ($0,04 \% \leq AQL \leq 4 \%$) Ikke-samsvar vil sannsynlig føre til svikt
- Klasse C - liten ($4 \% \leq AQL$) Ikke-samsvar vil, hvis det ikke er store overskridelser, sannsynlig ikke føre til svikt

Ikke-samsvar ved prøvetrekking av endeforankrede bolter vil si at bolten siger (deformasjon ved lavere belastning). For endeforankrede bolter til stabilitetssikring anbefales en AQL i klasse B lik 1,5 %. For endeforankrede opphengsbolter til brannsikret PE-skum anbefales det å velge en AQL i klasse C. For betong takelementer benyttes derimot klasse A - her skal alle bolter holde.

Stikkprøvekontroll skal alltid starte med *normal kontroll*. Det vil være hensiktsmessig å utføre prøvetrekking på minst de 50 første boltene, for å

kunne avdekke åpenbare prosedyrefeil. Stikkprøvekontroll har bare hensikt etter at en har kommet i jevn produksjon, og alle ev. oppstartsfeil er luket ut.

Ved kontinuerlig produksjon kan en gå over til *redusert kontroll* etter avtale med byggherre, når det er oppnådd 15 etterfølgende kontroller med samsvar til de gitte kravene. Ved ikke-samsvar i ett parti, eller ved lengre opphold i produksjonen, skal en gå tilbake til normal kontroll. Dette gjelder også hvis det foreligger andre spesielle forhold som berettiger normal kontroll.



Figur 1.4.12-4: Flytskjema for stikkprøvekontroll av endeforandrede bolter

Hvis to av fem etterfølgende partier viser ikke-samsvar skal en gå over til skjerpet kontroll. Når en har oppnådd fem etterfølgende partier med *skjerpet kontroll* med samsvar til de gitte kravene, kan en gå tilbake til normal kontroll.

Prøvingsomfang for normal, redusert og skjerpet kontroll med AQL = 1,5 %, med tilhørende verdier for akseptabelt antall underkjente bolter (aksepttall) og uakseptabelt antall underkjente bolter (tilbakevisningstall) finnes i tabell 1.4.12-1.

Samsvar er oppnådd når en ligger innenfor aksept-tallet for den gitte kontrollen. Tilsvarende tabell med AQL = 4 %, som kan være aktuell for opphengsbolter til brannsikret PE-skum, finnes i Tabell 1.4.12-2.

Dersom antall feilenheter er lik eller større enn tilbakevisningstallet, skal partiet avvises, dvs. alle boltene i partiet skal trekkes.

Her må det imidlertid skilles på kritisk feil og større eller mindre feil. Anses feilen som kritisk kan hele partiet måtte undersøkes for denne feilen. Dersom det er en større eller mindre feil, holder det at de tilbakeviste enhetene blir

erstattet. Årsaken til feilen må finnes og rutinene eventuelt endres.

5. Resultater

Ved prøvetrekking til 60–80 % av boltens karakteristiske flytefasthet (styrke) vil bolten enten løsne (ev. sige) eller holde uten å bevege seg ut av hullet. En bolt som begynner å sige, selv om det er først ved maksimal last, skal underkjennes.

6. Rapportering

Rapport/skjema skal tilpasses prosjektet og inneholde:

- anlegg (veg, parsell, tunnel, etc.)
- dato
- hvem var tilstede
- utstyr benyttet
- kort beskrivelse (type bolt, valgt trekraft (kN), partistørrelse, ev. tegning/kart/foto, mm)
- antall bolter testet, antall OK, antall underkjent (og ev. årsak), feilprosent
- signatur

Valgt prøvingsomfang klargjøres ved skjemaer som vist i tabellene nedenfor.

Det er vesentlig å finne årsaken til at forankringen ikke holder, og at feilen rettes opp.

Mulige feilkilder ved limforankrede bolter er:

- borhullsdybde
- borhulldiameter
- innføringretning limpatron
- temperatur limpatron og bolt
- rotasjonstid

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-ISO 2859-1 (1999): Prosedyre for prøvetaking for attributtkontroll – Del 1: Prøvetakingsplan etter AQL-grenser ved partivis kontroll.

ISRM Suggested Methods (1985): Rock anchorage testing.

ISRM Suggested Methods (1974): Rock bolt testing.

Li, Charlie.C. (2017): Rockbolting. Principles and applications. Butterworth-Heinemann, Elsevier. ISBN 978-0-12-804401-8

8. Tillegg

8.1 Sikkerhet

ADVASEL: Prøvetrekking av bolter er en farlig arbeidsprosess, det er store krefter i sving og må kun utføres av kyndig personell som er godt kjent med utstyret. NB! Ingen må oppholde seg for nær

bolten som testes. Ved brudd i bolten kan fragmenter skytes ut i stor hastighet. Bruk vernebriller!

Tabell 1.4.12-1: Prøvingsomfang, AQL = 1,5 % (med inspeksjonsnivå II og enkel utvalgsplan) etter NS-ISO 2859-1

Kontrollnivå	Partistørrelse*	Stikkprøve kode	Antall stikkprøver	Aksepttall	Tilbakevisningstall
Normal	2 til 1200	J	80	3	4
	1201 til 10 000	L	200	7	8
	10 001 til 35 000	M	315	10	11
Redusert	2 til 1200	J	32	2	3
	1201 til 35 000	M	125	6	7
Skjerpet	2 til 1200	J	80	2	3
	1201 til 35 000	M	315	8	9

* Hvis antall stikkprøver er lik eller overstiger partistørrelsen, skal hele partiet kontrolleres

Tabell 1.4.12-2: Prøvingsomfang, AQL = 4 % (med inspeksjonsnivå II og enkel utvalgsplan) etter NS-ISO 2859-1

Kontrollnivå	Partistørrelse*	Stikkprøve kode	Antall stikkprøver	Aksepttall	Tilbakevisningstall
Normal	2 til 1200	J	80	7	8
	1201 til 10 000	L	200	14	15
	10 001 til 35 000	M	315	21	22
Redusert	2 til 1200	J	32	5	6
	1201 til 35 000	M	125	10	11
Skjerpet	2 til 1200	J	80	5	6
	1201 til 35 000	M	315	18	19

* Hvis antall stikkprøver er lik eller overstiger partistørrelsen, skal hele partiet kontrolleres

Tabell 1.4.12-3: Prøvingsomfang, AQL = 6,5 % (med inspeksjonsnivå II og enkel utvalgsplan) etter NS-ISO 2859-1

Kontrollnivå	Partistørrelse*	Stikkprøve kode	Antall stikkprøver	Aksepttall	Tilbakevisningstall
Normal	2 til 1200	J	80	10	11
	1201 til 10 000	L	200	21	22
	10 001 til 35 000	M	315	21	22
Redusert	2 til 1200	J	32	6	7
	1201 til 35 000	M	125	10	11
Skjerpet	2 til 1200	J	80	8	9
	1201 til 35 000	M	315	18	19



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser
1.4 Ingeniørgeologiske undersøkelser

1.4.13 Inspeksjon av berg og bergsikring i tunnel

Februar 2018. (ny, erstatter deler av metode 15.257, mai 1997)

1. Hensikt

Registrering og vurdering av berg og bergsikring/sikringstiltak i vegtunneler i driftsfasen, med hensyn til tilstand og tilstandsendringer som kan ha betydning for stabilitetssikring av berget i tunnel.

Kommentar: Metoder for inspeksjon fra trafikkrommet er til fots og i lift/arbeidsplattform også med bruk av kamerautstyr gjennom luker. Inspeksjon bak hvelv foregår til fots langs sålen. Arbeid i høyden bak hvelv foregår kun ved spesialinspeksjon. Se håndbok R512.

2. Definisjoner

Spesialinspeksjon: Nærmere undersøkelser av skader og andre avvik i bestemte områder, basert på funn/resultat fra annen inspeksjon (hovedinspeksjon iht. håndbok R610).

3. Utstyr

3.1 Tunneldokumentasjon, grunnlagsmateriale

Oversikt over geologi og bergsikring i tunnel. Oversikt over tunnelen inkl. merking/pelnr, plassering og typer av vann- og frostsikringshvelv, plassering av inspeksjonsluker, tilkomst bak hvelv, merking av strekninger med tung sikring, brannseksjonering av hvelv, punkter registrert for oppfølging.

Rapport og oversikt over vedlikehold og reparasjoner av hvelv eller bergsikring etter siste hovedinspeksjon inntegnet på tunnelkart.

Oversikt over nødutganger, tverrforbindelser og andre bergrom, for ev. tilgang bak hvelv, og der disse inngår i inspeksjon av berg og bergsikring.

3.2 Krav til utstyr og opplæring

Krav til HMS-utstyr og opplæring fremgår av håndbok R512.

4. Fremgangsmåte

Registrering på tunnelkart/skjema med inndeling for hver 20. meter, ev. hver 10. meter (bak hvelv), se punkt 5. Fotodokumentasjon av funn.

Fremgangsmåte avhenger av valgt rutine for inspeksjon (se punkt 4.1, 4.2, 4.3).

4.1 Inspeksjon fra trafikkrommet

4.1.1 Visuell inspeksjon

Tunneltak og vegger observeres i godt lys. Bruk lift/arbeidsplattform. Bruk av hammer/spett for å kartlegge bom.

Registrering av funn (se punkt 5). Prøvetaking av vann/leire hvis aktuelt.

For undersjøiske tunneler, i tillegg registrere bakterievekst og biologisk utfelling (biofilm).

Vurdere behov for oppfølging, overvåking.

Vurdere behov for spesialinspeksjon.

4.1.2 Kamerautstyr gjennom luker

Fotografi eller videoopptak. Registrere nedfall, deformasjoner.

Vurdere behov for oppfølging, overvåking.

Vurdere behov for spesialinspeksjon.

4.2 Inspeksjon bak hvelv

Utføres langs sålen, på begge sider så langt det er tilkomst.

Tunnelveggen observeres i godt lys, så høyt opp det er mulig. Bruk av hammer for å kartlegge bom.

Registrering av funn (se punkt 5). Prøvetaking av vann/leire/utfelling hvis aktuelt.

For undersjøiske tunneler, i tillegg registrere bakterievekst og biologisk utfelling (biofilm).

Vurdere behov for oppfølging eller overvåking, f.eks. nedfall og utvikling, gipsmarkering, eller

merking, lab-analyser, og med plan for oppfølging.

Vurdere behov for spesialinspeksjon.

4.3 Spesialinspeksjon

Registrere funn/skade i godt lys (se punkt 5). Bruk av hammer. Spesielt se etter svelleleire, dypforvitring. Prøvetaking av vann/leire/utfelling hvis aktuelt.

I tillegg der det er nødvendig:

- observasjon på tunnelhvelv,
- oppfølging av skadested, og/eller
- skanning av tunnelhvelv.

Vurdere tiltak, alvorlighetsgrad.

5. Resultater

5.1 Tunnelkart med registreringer

Registrering av følgende – eksponert i trafikkrommet eller bak hvelv:

Berg:

- nedfall, < 0,3 m³ eller > 0,3 m³
- avløste blokker
- bom
- avskalling og bergslag
- dypforvitring – desintegrasjon av bergarter
- utpressing pga. svelleleire, alunskifer, bergspenninger
- vanddrypp, fukt, vanninntrengning
- iskjøving

Sprøytebetong til bergsikring:

- nedfall
- sprekker
- bom
- avskalling
- utpressing pga. svelleleire, alunskifer, bergspenninger
- vanddrypp, fukt, vanninntrengning
- iskjøving
- nedbrytning (vannkjemi, bakterier)

Bolter til bergsikring:

- korrosjon
- vrakbolt
- utpressing
- deformasjon av bolt, skive, mutter eller kule

Øvrige skader/mangler:

- skader på hvelv eller støp, f.eks. deformasjoner eller utbuling
- mangler ved utført bergsikring eller rensk
- korrosjon, skader på bånd, nett o.a.

5.2 Fotodokumentasjon med kort beskrivelse

Fotografier: posisjon (pelnr/kilometrering/profilnummer) høyde over såle/skulder, målestokk, type objekt. Type skade/avvik.

5.3 Prøvetaking (vann, leire)

Se metode 1.4.3 og 1.4.5.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- innledning: rapportnummer, dato
- utført av: navn, firma
- på bakgrunn av: bestilling, hovedinspeksjon, eller annet
- metode for inspeksjon
- oversiktskart over tunnel med geologi og bergsikring
pelnr/kilometrering/profilnummer).

Funn fra utført inspeksjon:

- tunnelkart med registreringer.
- stedfestet funn med foto, kort beskrivelse, og mulig årsak til avvik/ending.
- generelt om tilstand av berg og bergsikring, tilstandsendringer.
- prøvetakinger og analyser utført og tolket.

Vurdering av ulike typer tilstandsendringer, feil, skader/avvik (punkt. 5.1). inkl. omfang (enkeltpunkter eller område).

Vurdering av vann-/frostsikringshvelv for skader/korrosjon som kan ha betydning for hvelvets funksjon til å motstå vann/is, mindre nedfall, m.m.

Utsjekk/vurdering av funn og markeringer fra foregående inspeksjon av berg og bergsikring.

Oversikt over områder som ikke er inspisert, pga. tilgang, blokkerte luker e.a.

Vurdere behov for videre undersøkelser, oppfølging, overvåking eller spesialinspeksjon. Anbefalinger av tiltak eller oppfølging innen 5 år; neste hovedinspeksjon. Usikkerheter.

Anbefalte tiltak og oppfølging skal oppsummeres, gjerne i tabellform.

6.1 Rapport fra spesialinspeksjon

- notat.
- tunnel, posisjon (pølnr/kilometrering/profilnummer).
- type avvik/skade (foto, beskrivelse).
- omfang.
- opphav til skade (nedfall, avskalling, vann, svelleleire, dypforvitring).
- vurdering basert på visuell nær (f.eks. hammer, prøvetaking) eller avstand/kamera/målinger.

Anbefalt tiltak, oppfølging. Usikkerheter.

7. Referanser

Statens vegvesen håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger (2012)

Statens vegvesen håndbok R512 HMS ved arbeid i vegtunneler (2012)

Statens vegvesen håndbok N500 Vegtunneler (2016)

Statens vegvesen håndbok R210 Laboratorieundersøkelser (2016)



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.5 Geosynteter

1.5.1 Prøvetaking av filterduk, armeringsduk og –nett

Oktober 2017 (ny)

1. Hensikt

Filterduk benyttes i mange sammenhenger for å separere ulike materialtyper og hindre at strømmende vann forårsaker utvasking og infiltrasjon av finstoff i grovere materialer. Armeringsduk og armeringsnett benyttes i armert jord og til forsterkning av ulike lag i overbygning og undergrunn.

Denne metoden beskriver hvorledes kontroll og prøvetaking av filterduk, armeringsduk og armeringsnett skal foretas i felt.

Prosedyrer for måling av strekkfasthet og bruddtøyning er angitt i Håndbok R210.

1.1 Sertifikater

Produsentens sertifikater for levert vare skal kontrolleres

2. Definisjoner

Prøvestykke: del av duken/armeringen i full bredde for videre uttak av prøvelegemer

Prøvelegeme: del av prøve tatt ut fra prøvestykke for videre testing.

Arealvekt: masse av materialet pr. arealenhet (g/m^2), i tørr tilstand.

Strekkfasthet: maksimal kraft ved brudd (kN/m).

Bruddtøyning: maksimal tøyning ved brudd (%).

Produktsertifikat: produktinformasjon fra produsent eller utstedt av NorGeoSpec.

2.1 Symboler

- l : lengde av prøvestykke i m
- b : produktbredde i m
- d : produkttykkelse i mm

3. Utstyr

- målebånd med lengde min. 5 m og gradering i mm

- tommestokk med gradering i mm
- vinkelhake
- stållineal
- skarp saks, kniv eller annet egnet skjæremiddel

4. Fremgangsmåte

4.1 Sertifikater

Det kontrolleres at leverandør, produktnavn, produkttype og annen produktinformasjon er i samsvar med bestilt vare.

4.2 Prøvemengde og antall prøver

Anbefalt prøvemengde er vist i tabell 1.5.1–1.

Med unntak av prøver tatt i forbindelse med reklamasjoner så skal hver rull som velges ut være uskadet og innpakningen, hvis relevant, skal være intakt.

4.3 Valg og tilskjæring av prøver

For prøvelengder og antall prøver se tabell 1.5.1–1.

Det skal ikke tas prøver av de første to lagene på prøverullen.

Merk av skjærelinjer på duken/nettet normalt på produksjonsretningen (produksjons–lengden) og i nødvendig avstand for å oppnå tilstrekkelig antall prøvestykker fordelt som angitt nedenfor. Prøvestykkene klippes eller skjæres ut etter de markerte skjærelinjer.

Siden prøvestykkene ikke skal inneholde skadede deler som angitt nedenfor, så skal slike områder av duken unngås ved valg av prøvestykker eller det skjæres ut store nok stykker for å oppnå ønsket antall akseptable prøvelegemer.

Både under og etter prøvetaking skal det påses at prøvens fysiske tilstand forblir uendret før prøving foretas. For eks. så skal det påses at prøver av geosyntetiske bentonittmembraner opprettholder det samme vanninnhold som forelå da prøven ble tatt.

Tabell 1.5.1-1: Anbefalt prøvemengde og antall prøver

Kontroll av	Referanser	Prøvestykke- lengde (m) ^a	Antall prøvelegemer ^b	Prøvelegeme- størrelse
Tykkelse	NS-EN ISO 9863-1	1 *	10	
Arealvekt	NS-EN ISO 9864	1 *	10	100 cm ² ± 5%
Strekfasthet	NS-EN ISO 10319	2 *	10	200 ± 1 mm ^c
Statisk gjennomlokking	NS-EN ISO 12236	2 *	10	150 ± 0,5 mm
Dynamisk gjennomlokking	NS-EN ISO 13433	2 *	10	tilpass prøveap.
Karakteristisk vevsåpning	NS-EN ISO 12956	2 *	5	
Perpendikulær permeabilitet	NS-EN ISO 11058	1 *	5	tilpass prøveap.

^a lengde målt langs full produksjonsbredde.
^b dette er minimumsverdier. Enkelte prøvemetoder kan kreve flere prøvestykker.
^c nominell bredde 200 ± 1 mm, nødvendig lengde for å sikte minst 100 mm mellom festepunktene i prøveapparatet.
* NorGeoSpec spesifiserer 5 m for filterduk og 2 m for armeringduk/nett grunnet produktvariasjoner

Hvis prøvestykkene ikke skal skjæres videre opp i prøvelegemer med det samme, så skal de oppbevares på et tørt, mørkt og støvfritt sted ved stedlig temperatur og beskyttes mot kjemiske og fysiske endringer.

Kommentar: Prøvestykkene kan rulles sammen men fortrinnsvis ikke brettes.

GBR-R prøver skal hverken rulles eller brettes.

For hver forsøkstype så skal nødvendig antall prøvelegemer skjæres fra posisjoner som fordeles jevnt over den fulle bredden og lengden av prøvestykket, men ikke nærmere enn 100 mm fra kantene.

Med unntak av prøver som tas i forbindelse med reklamasjoner, så skal prøvestykkene ikke være tilsmusset, ha irregulær fasong eller folder, hull eller synlige skader forårsaket av ulike årsaker etter produksjonen.

Hvis ikke annet er angitt i en forsøksstandard, så skal samme posisjonen langs eller på tvers av rullens lengderetning for to eller flere prøvelegemer unngås for samme type forsøk.

Med unntak av forhold der tilleggsprøver kreves, så skal prøvelegemer skjæres langs og på tvers av produktets lengderetning. Når forsøksprosedyren krever at prøvelegemet skal merkes med produksjonsretningen så skal markeringer som angir produksjonsretning overføres til prøvestykket eller prøvestykket oppbevares på en slik måte at det ikke er fare for misforståelser.

Prøvestykkene identifiseres i samsvar med EN-NS ISO 10320 og det markeres hvilke forsøk disse er tiltenkt. Ved forsøk hvor dimensjonsnøyaktighet er spesielt viktig, kan prøvelegemet først skjæres for

stort for deretter å bli skåret eller oppfiltret til riktig størrelse etter kondisjonering.

Hvis tilskjæringen forårsaker at deler av en duk blir løs, eller utilsiktet oppfiltring forekommer, så skal alle løse fragmenter følge prøvelegemet inntil forsøket utføres. Hvis løse fragmenter ikke kan unngås og dette kan påvirke prøveresultatet, så skal forholdet angis i prøvetakingsrapporten så vel som i forsøksrapporten.

5. Resultater

5.1 Sertifikater

Hvis sertifikatene ikke stemmer med bestilt vare skal produktet returneres til leverandør/produsent.

5.2 Prøvestykker

Disse skal være merket med:

- produktnavn og type
- produksjonsretning
- rull nummer og prøvetakingsdato
- signatur til den som har utført prøvetakingen

Uttatte prøvestykker og/eller prøvelegemer skal oppbevares på et tørt, mørkt støvfritt sted ved omgivelsestemperatur og beskyttet mot kjemiske og fysiske forandringer til forsøk kan utføres.

6. Rapportering

Prøvetakingsrapporten skal inneholde følgende:

- bekreftelse på at prøvetakingen med utskjæring av prøvestykker og prøvelegemer er utført i henhold til denne metoden.
- produsentnavn og fabrikk
- sted hvor prøvetaking er utført
- produktnavn og type

- detaljer om spesielle observasjoner gjort under valg, utskjæring og bearbeiding av prøvene slik som:
 - antall og type skader
 - oppløsning av fragmenter fra produktet
- behov for å velge prøvelegemer for samme type forsøk i bare en langsgående eller tverrgående posisjon.
- detaljer om ethvert avvik fra prøvetakingsmetodene beskrevet i denne metoden.
- dato for prøvetakingen og referansenummer(re) til utvalgte produktruller.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 9862 (2005): Geosynteter, Prøvetaking og tillaging av prøvelegemer

NS-EN ISO 10320 (1999): Geotekstiler og geotekstilrelaterte produkter, Identifisering på byggeplassen.

Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser, Vegdirektoratet 2012.

Håndbok N200 Vegbygging, Vegdirektoratet, 2014.

Håndbok R761, Prosesskode 1, Vegdirektoratet 2015.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.5 Geosynteter

1.5.2 Prøvetaking av EPS-blokker

Oktober 2017 (ny)

1. Hensikt

Ekspandert polystyren EPS er et lett materiale produsert ved å smelte luftfylte kuler av polystyren sammen til en sammenhengende, homogen cellestruktur. Dette gir et lett og samtidig relativt trykkfast materiale som benyttes både til isolasjon og som lette fyllmasser i byggeprosjekter.

Bruk av store EPS-blokker til byggeprosjekter er regulert i NS-EN 14933:2007. Her er det angitt krav til trykkfasthet, dimensjonsavvik og retthet. Typiske dimensjoner for slike blokker er 0,5 x 1,0 x 2,5 m. Denne metoden beskriver hvorledes kravene i NS-EN 14933:2007 kan følges opp og kontrolleres i felt ved måleopplegg og prøvetaking når det gjelder dimensjoner, jevnhet og trykkfasthet i henhold til prosesskoden R761 og prosjektkontrakten. For andre kontrollmålinger refereres det til standarden.

Prosedyrer for måling av trykkfasthet er angitt i Håndbok R210.

1.1 Dimensjoner og jevnhet

Dimensjonsavvik kontrolleres med målebånd, tommestokk, vinkelmål og rettholdt.

1.2 Trykkfasthet

For kontroll av trykkfasthet skjæres det ut mindre prøvestykker av materialet. Metoden angir hvorledes valg av blokker for kontroll skal foretas og hvor og hvordan prøvene skal skjæres ut.

1.3 Sertifikater

Produsentens sertifikater for levert vare skal kontrolleres

1.4 Avretting

For å sikre at fyllingen blir lagt i riktig nivå skal også høyden av avrettingslaget kontrolleres før første lag av blokker legges ut.

2. Definisjoner

Dimensjonsavvik: Avvik i lengdemål fra spesifisert lengde.

Retthet: Avvik fra rett vinkel i hjørner.

Jevnhet: Avvik fra en jevn plan flate målt med rettholdt.

2.1 Symboler

- *l*: lengde av blokk i m
- *b*: bredde av blokk i m
- *d*: tykkelse av blokk i m
- σ_5 : trykkfasthet i kPa ved 5 % tøying

3. Utstyr

- målebånd med lengde min. 5 m og gradering i mm
- tommestokk med gradering i mm
- vinkelhake med lange vinkelben, 0,5 og 1 m
- rettholdt med lengde 3 m
- elektrisk bajonettsag med bladlengde min. 0,3 m

4. Fremgangsmåte

4.1 Sertifikater

Fabrikkens sertifikater gjennomgås for å kontrollere at bestilt kvalitet er levert.

4.2 Dimensjoner og jevnhet

Det skal foretas kontroll av 1 blokk pr. 25 blokker.

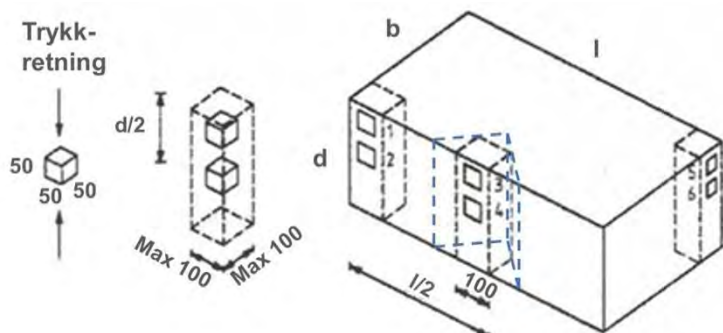
Lengden *l*, bredden *b* og tykkelsen *d* måles med målebånd og tommestokk.

Blokkenes retthet måles med vinkelhake. Vinkelhaken holdes mot alle blokkens hjørner og avvik i mm registreres med tommestokk per 1 m overflatelengde.

Blokkens overflatejevnhet måles med rettholdt ved å holde rettholdten mot alle blokkens overflater og registrere største avvik i mm over overflatens lengde med tommestokk.

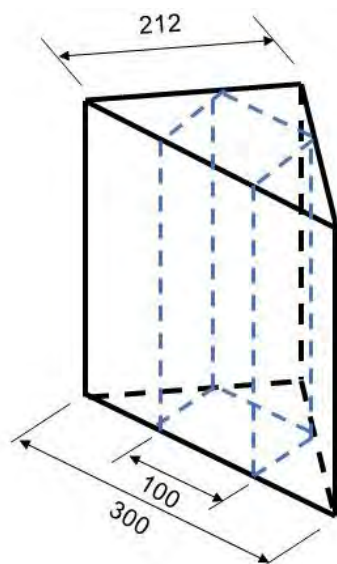
4.3 Prøvetaking

Prøvestykker for tilpassing og testing skjæres ut med bajonettsag. Det tas ut tilstrekkelig prøvemateriale til å kunne skjære til 6 kuber med dimensjon 50 x 50 x 50 mm som vist på figur 1.5.2-1. Videre bearbeiding til angitt kubestørrelse foretas med båndsgag i laboratoriet.



Figur 1.5.2-1: Uttaking av prøvestykker for kontroll av trykkfasthet (mål i mm)

For utskjæring av prøvestykke i midten av blokkens langside kan dette gjøres ved å dele blokken i to og så skjære ut fra den nye blottlagte hjørnekanten.



Figur 1.5.2-2: Alternativ utskjæring av rettvinklet trekantprisme (mål i mm)

Alternativt kan det skjæres ut et rettvinklet trekantprisme med lengste sidekant langs blokkoverflaten på 300 mm (se figur 1.5.2-1 og 1.5.2-2).

Eksempler på utskjæring av prøvestykker er vist på figurene 1.5.2-3 og 1.5.2-4. Husk prøvestykkene skal merkes med posisjon i blokken (hjørne og midt) samt dato for uttak av prøvestykke.

Eksempel på utskåret trekantprisme fra midtsiden av blokk er vist i figur 1.5.2-4.



Figur 1.5.2-3: Eksempel på utskjæring av firkantprisme med bajonettsag fra blokkhjørne



Figur 1.5.2-4: Eksempel på utskåret trekantprisme fra blokkside

4.4 Dokumentasjon og merking av prøvestykker

All nødvendig dokumentasjon og informasjon om leveransen til anlegget må følge prøvestykkene slik som:

- prosjektidentifikasjon
- CE-merking i samsvar med NS-EN 14933 (2007)
- produksjonsdato
- prøvetakingsdato
- prøvestykkeidentifikasjon

Hvert prøvestykke merkes slik at blokken prøvestykket er tatt fra, kan identifiseres og gjenfinnes, herunder blokkens trykkstyrke (definiert ved 5 % tøyning CS(5)). Videre merkes prøvestykkene slik at det fremgår hvor på blokken prøvestykket er skåret ut (se figur 1.5.2-5).

5. Resultater

5.1 Sertifikater

Det kontrolleres at sertifikatene fra produsenten stemmer med bestilt vare.

5.2 Dimensjoner og jevnhet

Blokkenes dimensjoner og jevnhet skal tilfredsstillende krav i håndbok R761 Prosesskode 1 og N200 Vegbygging.

5.3 Trykkfasthet

Krav til trykkfasthet er beskrevet i håndbok N200 Vegbygging. Måling av trykkfasthet er beskrevet i håndbok R210. Blokker skal avvises dersom de ikke tilfredsstillende angitte krav.

6. Rapportering

Avvik målt i henhold til pkt. 5 rapporteres til anleggsledelsen for videre oppfølging.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 14933 (2007): Varmeisolering og produkter til lette fyllinger til anleggsformål – Fabrikkmproduserte produkter av ekspandert polystyren (EPS) – Krav

Håndbok N200 Vegbygging, Vegdirektoratet.

Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skrånninger, Vegdirektoratet 2012

Håndbok R761, Prosesskode 1, Vegdirektoratet 2015

8. Tillegg

Eksempel på sjekkliste for kontroll ved utlegging av EPS-blokker, se tabell 1.5.2-1.



Figur 1.5.2-5 Eksempel på merking av prøvestykker

Tabell 1.5.2-1: Eksempel på sjekkliste for utlegging av EPS-blokker

Sjekkliste for utlegging av EPS – blokker.

Prosjekt: Dronning Eufemias gate		240685			
Prosedyre for legging gjennomgått		Dato:30/07-2012			
Tilstede: (navn) J. Sellevold og E. Nouri					
Profil: (fra – til)					
Kontroll punkter:		OK	Tilke OK	Tiltak:	Sign:
Sjekk av tele/frost i traubunn.		X			
Kontroll av jevnhet og høyde traubunn		X			
Kontroll av utlagt fiberduk, og har rett klasse 4		X			
Kontroll av jevnhet, tykkelse avrettingslag.				Regnet har vasket ut avrettingslaget (se bilder)	
Blokker lagt ut i forband iht. leggeplan, lag 1.		X			
Kontroll av jevnhet lag 1.					
Kontroll av sprekker lag 1.					
Blokker lagt ut i forband iht. leggeplan, lag 2.					
Kontroll av jevnhet lag 2.					
Kontroll av sprekker lag 2.					
Utlegging av støttefylling.				Noe utvasking (se bilder)	
Blokker lagt ut i forband iht. leggeplan, lag 3.					
Kontroll av jevnhet lag 3.					
Kontroll av sprekker lag 3.					
Blokker lagt ut i forband iht. leggeplan, lag 4.					
Kontroll av jevnhet lag 4.					
Kontroll av sprekker lag 4.					
Utlegging av støttefylling.					

Merknad: Noen av EPS-blokkene var merket iht. kravet, og noen blokker hadde sorte basiskuler.

Krav til EPS:

Trykkfasthet: > 100 kN/m² ved 5 % deformasjon (i snitt)

Maks helning: 2:1 i sidekanter uten gjennomgående skjøter

Sprekker: Ingen sprekker skal normalt overstige 10 mm. I kurver gjelder 50 mm

Totalt avvik fra prosjekttert nivå: ± 50 mm

Nivåforskjeller mellom to naboblokker i fyllingen: > 5 mm

Ujevnheter: < 5 mm målt med 3 m rettholt

Avvik i lende-/bredde-/høydemål: < ± 1 %

Materialalder for EPS: > 3 uker før utlegging

Plastmembran: Tykkelse > 1 mm, må være motstandsdyktig mot bensin og andre petroleumsprodukter. Beskyttes med fiberduk klasse 4. Plasseres 0,5 m under betongplaten over EPS, med 0,5 m overlapp.

Driftskontroll:

EPS: 5 prøver av trykkfasthet pr. 1000 m³ EPS.



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.5 Geosynteter

1.5.3 Prøvetaking av XPS-plater

November 2017 (ny)

1. Hensikt

Ekstrudert polystyren XPS er et lett materiale produsert ved at smeltet polystyren tilsettes en ekspansjonsgass (som HFC, CO₂ eller C₅H₁₂). Når polystyrenmassen ekstruderes gjennom en dyse, foregår en trykkavlastning og massen ekspanderer. Materialet produseres i sammenhengende platelengder som kuttes opp etter avkjøling. XPS har lukket porestruktur og gjerne en tynn plasthud på overflaten. Dette gir et lett og samtidig relativt trykkfast materiale som i hovedsak benyttes til isolasjon i byggeprosjekter.

Bruk av XPS-plater til byggeprosjekter er regulert i NS-EN 14934:2007. Her er det angitt krav til trykkfasthet, dimensjonsavvik, vinkelretthet og overflatejevnhet. Typiske dimensjoner for slike plater kan være 50 x 600 x 1200 mm. Denne metoden beskriver hvorledes kravene i NS-EN 14934:2007 kan følges opp og kontrolleres i felt ved måleopplegg og prøvetaking når det gjelder dimensjoner, jevnhet og trykkfasthet. For andre kontrollmålinger refereres det til standarden.

Prosedyrer for måling av trykkfasthet er angitt i Håndbok R210.

1.1 Dimensjoner og jevnhet

Dimensjonsavvik kontrolleres med målebånd, linjal, vinkelmål og rettholdt.

1.2 Trykkfasthet

For kontroll av trykkfasthet skjæres det ut mindre prøvestykker av materialet. Metoden angir hvorledes valg av plater for kontroll skal foretas og hvor og hvordan prøvene skal skjæres ut.

1.3 Sertifikater

Produsentens sertifikater for levert vare skal kontrolleres

1.4 Avretting

For å sikre at platene blir lagt i riktig nivå skal også høyden av avrettingslaget kontrolleres før første lag av plater legges ut.

2. Definisjoner

Dimensjonsavvik: Avvik i lengdemål fra spesifisert lengde.

Retthet: Avvik fra rett vinkel i hjørner.

Jevnhet: Avvik fra en jevn plan flate målt mot plan underlagsflate eller med rettholdt.

2.1 Symboler

- *l*: lengde av plate i m
- *b*: bredde av plate i m
- *d*: tykkelse av plate i m
- σ_s : trykkfasthet i kPa ved 5 % tøyning

3. Utstyr

- målebånd av stål med lengde min. 5 m og gradering i mm (målenøyaktighet 0,5 mm)
- stållinjal med gradering i mm
- vinkelhake med lange vinkelben, 0,5 og 1 m
- rettholdt med lengde 3 m
- elektrisk båndsag og bajonettsag med bladlengde min. 0,3 m

4. Fremgangsmåte

4.1 Sertifikater

Fabrikkens sertifikater gjennomgås for å kontrollere at bestilt kvalitet er levert. Disse skal inneholde:

- produktnavn
- navn og adresse til produsenten
- produksjonsår (to siste sifre)
- skift eller produksjonsklokkeslett
- brennbarhet
- deklart termisk motstand
- deklart termisk konduktivitet
- deklart tykkelse
- type overflate (hvis relevant)
- enheter og areal i pakke deklart lengde og breddeareal

4.2 Dimensjoner og jevnhet

Det bør foretas kontroll av 1 plate pr. 50 plater.

4.2.1 Lengde og bredde

Platen legges forsiktig ned på et plant underlag. Lengden l og bredden b måles med målebånd og linjal. Toleransekravene er vist i tabell 1.5.3-1 og -2. Målingene skal foregå i et miljø med temperatur 23 ± 5 °C. Hvis dissens oppstår, skal målingene foregå i et miljø med temperatur 23 ± 2 °C og 50 ± 5 % relativ fuktighet.

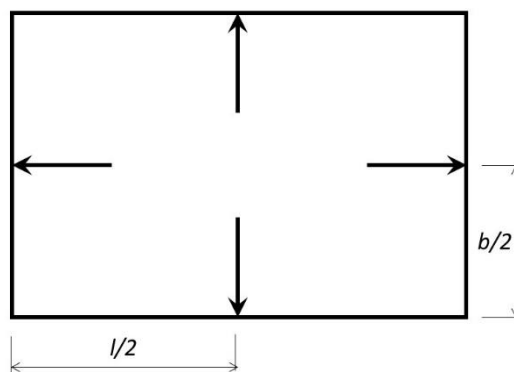
For plater som er mindre enn eller lik 1,5 m i lengste retning tas det en måling av lengde l og bredde b som vist i figur 1.5.3-1.

For plater hvor lengden er $> 1,5$ m tas det en ekstra breddemåling b for hver tilleggsmeter i lengde l opp til et maksimum av fem breddemålinger. Disse fordeles jevnt over platens lengde.

Tilsvarende ekstra lengdemålinger l foretas for plater som har større bredde enn $b > 1,5$ m.

Alle målinger foretas til nærmeste mm.

Måleresultatene skal angis som middelværdi for hver prøveplate i mm. For plater med lengde større enn 3 m skal målt lengde avrundes til nærmeste 5 mm.



Figur 1.5.3-1: Måling av lengde og bredde $l < 1,5$ m

4.2.2 Tykkelse

Platens tykkelse måles mellom et plant referanseplan og en overliggende trykkplate ved hjelp av måleuret. Trykkplaten skal ha firkantet form 200×200 mm og skal utøve et trykk på $50 \pm 1,5$ Pa eller 250 ± 5 Pa inkludert trykk påført av måleuret.

Eksempel på måleoppsett er vist i figur 1.5.3-2. Prøveplaten skal i utgangspunktet ha full størrelse, men kan om nødvendig justeres i lengde/bredde for å tilpasses måleutstyret.

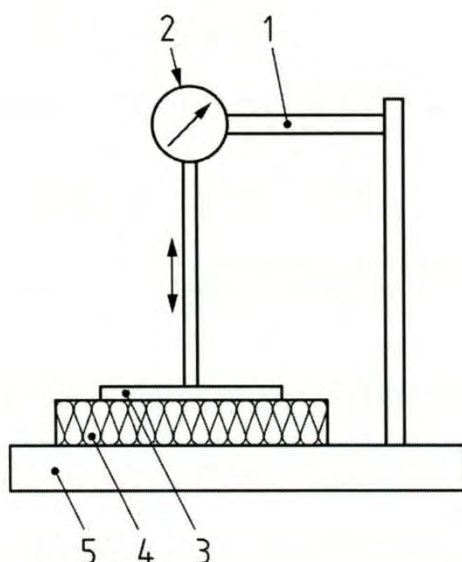
Målingene skal foregå i et miljø med temperatur 23 ± 5 °C. Hvis dissens oppstår, skal målingene foregå i et miljø med temperatur 23 ± 2 °C og 50 ± 5 % relativ fuktighet.

Tabell 1.5.3-1: Toleranser ved måling av lengde, bredde retthet og overflatejevnhet

Deklart lengde eller bredde	Toleranser		
	Lengde og bredde	Retthet for lengde og bredde	Overflatejevnhet
mm	mm	S_b Mm/m	S_{max} mm
Mindre enn 1000	± 8	5	7,0
1000 til 2000	± 10	5	14,0
>2000 til 4000	± 10	5	28,0
>4000	± 10	5	35,0

Tabell 1.5.3-2: Toleranser ved måling av nominell tykkelse d_N

Nominell tykkelse d_N mm	Toleranser mm	
<50	-2	+2
$50 \leq d_N \leq 120$	-2	+3
>120	-2	+8
<50	-1,5	+1,5
$50 \leq d_N \leq 120$	-1,5	+1,5
>120	-1,5	+1,5
<50	-1	+1
$50 \leq d_N \leq 120$	-1	+1
>120	-1	+1



- 1 = stiv ramme,
 2 = måleur,
 3 = firkantet trykkplate,
 4 = prøveplaten
 5 = plant referanseplan

Figur 1.5.3-2: Eksempel på egnet måleutstyr

Målingene utføres ved å legge prøveplaten på underlaget. Plater som har plasthud på en side skal legges med denne siden ned mot underlaget. Trykkplaten plasseres over prøveplaten på angitte steder som vist i figur 1.5.3-3 og påføres trykk som angitt ovenfor. Det tas to målinger for plater med lengde lik eller mindre enn 600 mm, fire målinger for plater med lengde mer enn 600 mm og mindre enn 1500 mm og en tilleggsmåling for hver 500 mm økning i platelengde ut over 1500 mm.

Andre målemetoder kan også benyttes som for eks. ved å penetrere en Ø 3 mm stålpinne, spisset i en ende og med håndtak i den andre, gjennom et tilsvarende hull i trykkplaten. Når stålsplissen når underlaget, låses stålsplissen til trykkplaten og begge fjernes fra prøveplaten. Prøveplaten tykkelse kan så måles som stålsplissens utstikk fra trykkplaten.

Målemetoder med digital måleinnretning og kaliper kan også benyttes.

Måleresultatet presenteres som middelværdien i mm av foretatte målinger i henhold til figur 1.5.3-3.

4.2.3 Rettvinklethet

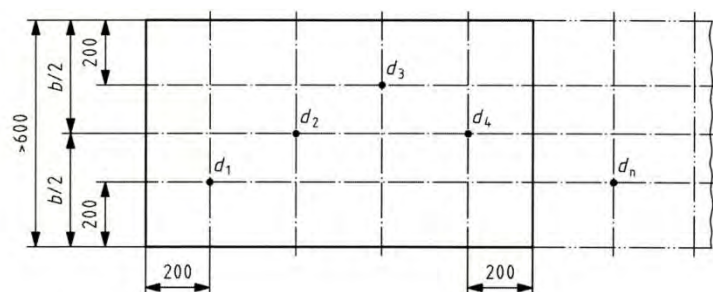
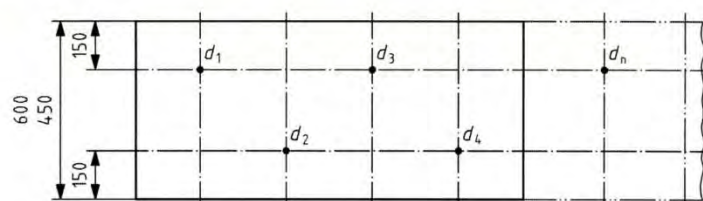
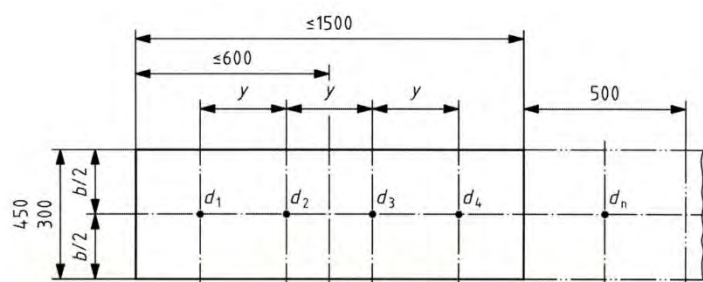
Platenes retthet måles med vinkelhake. Vinkelhaken holdes mot alle platens hjørner og avvik i mm registreres til nærmeste 0,5 mm med stållinjal per 1 m overflatelengde.

Størst avvik for både tykkelse, bredde og lengde rapporteres som S_b avrundet til nærmeste mm/m.

$$S_b = \frac{a_b}{c}$$

hvor

- S_b = beregnet vinkelskjevhet i mm/m
 a_b = målt avvik i mm
 c = vinkelbenets lengde i mm



Figur 1.5.3-3: Posisjoner for måling av platetykkelse avhengig av platelengde/bredde

4.2.4 Overflatejevnhet

Prøveplaten legges på et stabilt plant underlag med den konvekse siden opp (hvis relevant) og eventuelle synlige gap langs sidekantene mellom platen og underlaget måles med stållinjal som S_{max} i mm til nærmeste 0,5 mm. Tilsvarende avvik over midtre deler av platens overflate kan måles ved å holde en rettoldt over overflaten mot en konkav side i flere posisjoner både i platens lengde og tverretning parallelt med sidekanten. Hvis platen viser tegn til å ha flere bukler må minst og største avvik måles. I slike tilfeller beregnes S_{max} som:

$$S_{max} = Y_{max} - Y_{min}$$

4.3 Prøvetaking

Prøvestykker for videre tilpassing og testing skjæres først ut med bajonettsag og deretter med båndsg for å oppnå prøvelegemer som angitt i tabell 1.5.3-4.

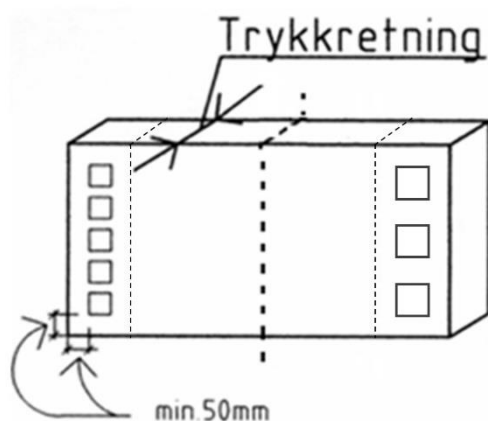
Tabell 1.5.3-3: størrelse og antall prøvelegemer

Trykkspenning/ fasthet ved 2, 5 og 10 % tøyning	Prøve- størrelse mm	Min. antall prøvelegemer stk.
Areal normalt på platetykkelsen	100x100	5 *
	150x150	3 *

*Lengden og bredden av prøvelegemet skal være større enn tykkelsen

For utskjæring av prøvestykke fra platen kan dette gjøres med elektrisk bajonettsag i første ledd som indikert på figur 1.5.3-4. Deretter tilskjæres prøvelegemer med båndsg eller tilsvarende for nøyaktig dimensjoner som angitt i tabell 1.5.3-4.

Tilskjæring av prøvelegemer for andre formål som måling av dimensjonsstabilitet ved gitt temperatur og fuktighet og motstand mot sinusformet syklisk belastning, motstand mot firkantpulser ved syklisk belastning, måling av bøyestivhet og langtidsmotstand mot vannopptak er angitt i NS-EN 14934:2007.



Figur 1.5.3-4: Uttaking av prøvestykker for kontroll av trykkfasthet (mål i mm)

For bestemmelse av skjærfasthet skal det lages prøvelegemer med dimensjoner som vist i tabell 1.5.3-5.

Tabell 1.5.3-4: Størrelse på prøvelegemer ved bestemmelse av skjærfasthet

Maks. 50 mm platetykkelse	Prøve- størrelse mm	Min. antall prøvelegemer stk.
Areal normalt på platetykkelsen	250x50	5
	200x100	3

4.4 Avrettingslag

Før plater plasseres på terreng skal det kontrolleres at avrettingslaget ligger innenfor ± 30 mm av teoretisk høyde for enkelthøyder og maks 20 mm avvik målt med 3 m rettholdt. Tillatt horisontalt avvik fra prosjekterte ytterbegrensningslinjer er $+ 100$ mm/ $- 0$. Plater skal ikke legges ut ved tele i bakken.

5. Resultater

5.1 Sertifikater

Hvis sertifikatene ikke stemmer med bestilt vare skal blokkene returneres til produsenten.

5.2 Dimensjoner og jevnhet

Det skal kontrolleres at målte verdier for lengde l, bredde b og tykkelse d tilfredsstiller kravene i tabell 1.5.3-1 og -2.

Plateoverflater skal ikke ha større avvik fra en rett, plan flate og som angitt i tabell 1.5.3-1 og tilfredsstille krav til vinkelretthet angitt i samme tabell.

Platetykkelse for frostisolering skal være minst 50 mm.

Ved avvik ut over angitte verdier skal platene ikke aksepteres.

5.3 Trykkfasthet

Trykkfastheten måles enaksialt på tilskjærte prøvelegemer i henhold til metode 504 i Håndbok R210.

Krav til dimensjonerende trykkfasthet vil variere med formålet med platene og skal være spesifisert ved bestilling. Målt trykkfasthet skal være minst lik spesifisert trykkfasthet. For frostsikring i veg skal plater med korttids trykkfasthet på 500 kPa benyttes. I tunneler er tilsvarende krav satt til 700 kPa.

NS-EN 14934 definerer trykkfasthet ved 2 %, 5 % og 10 % tøyning. I Statens vegvesen er krav til trykkfasthet definert ved 5 % tøyning (Håndbok N200) og ved innkjøp av plater skal krav til fasthet settes i samsvar med dette.

Blokker skal avvises dersom de ikke tilfredsstillir nevnte krav.

5.4 Avrettingslag

Det skal påses at plater ikke legges ut før avrettingslaget tilfredsstillir teoretisk høyde.

6. Rapportering

Følgende forhold skal rapporteres:

- produktnavn, fabrikk, tilvirker eller leverandør
- produktets kode nr.
- type produkt
- type forpakning
- varens tilstand ved ankomst
- måleverdier
- måledato
- måltagerens signatur
- eventuell annen relevant informasjon

Avvik målt i henhold til pkt. 5 rapporteres til anleggsledelsen for videre oppfølging.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 14934 (2007): Varmeisolering og produkter til lette fyllinger til anleggsformål –
Fabrikkframstilte produkter av ekstrudert polystyren (XPS) – Krav

Håndbok N200 Vegbygging, Vegdirektoratet, 2014

Håndbok R761, Prosesskode 1, Vegdirektoratet 2015



1 Geotekniske og geologiske undersøkelser

1.5 Geosynteter

1.5.4 Prøvetaking av plastrør

Oktober 2017 (ny)

1. Hensikt

Plastrør benyttes i mange sammenhenger i vegbygging både til føring og bortledning av vann og som kabelkanaler.

Denne metoden beskriver hvorledes kontroll og prøvetaking av plastrør skal foretas i felt.

Prosedyrer for måling av ringstivhet og ringfleksibilitet er angitt i Håndbok R210.

1.1 Sertifikater

Produsentens sertifikater for levert vare skal kontrolleres.

2. Definisjoner

Prøvestykke: del av plastrør ca. 1,2 meter lengde, for videre uttak av prøvelegemer.

Prøvelegeme: del av prøvestykke tatt ut for videre testing.

Vekt: masse av materialet pr. meter.

Godstykkelse: veggtykkelse i mm.

Nominell diameter: utvendig diameter i mm.

Stiveravstand: senteravstand mellom ribber/–korrugeringer i mm.

Ringstivhet: styrke målt ved 3 % deformasjon i kN/m².

Ringfleksibilitet: rørets evne til å motstå deformasjon uten tap av styrke (ikke avtagende kraft målt ved 30 % deformasjon).

Produktsertifikat: produktinformasjon fra produsent.

2.1 Symboler

- *l:* lengde av prøvelegeme i mm
- *d_n:* nominell rørdiameter i mm
- *d_i:* innvendig diameter i mm
- *t:* godstykkelse i mm

3. Utstyr

- målebånd med lengde min. 5 m og gradering i mm
- tommestokk med gradering i mm
- vinkelhake
- markeringspenn
- sag (båndsag, gjerdesag eller bajonettsag avhengig av rørdimensjon)
- utstyr for måling av innvendig diameter (se eksempel figur 1.5.4–2)
- diameter tape

4. Fremgangsmåte

4.1 Sertifikater

Det kontrolleres at leverandør, produktnavn, produkttype og annen produktinformasjon er i samsvar med bestilt vare.

4.2 Merking og antall prøver

Avkuttet prøvestykke på ca. 1,2 m, som skal testes, markeres med en rett linje tegnet på utsiden parallelt med rørets lengdeakse. Tre prøvelegemer a, b, og c skjæres fra dette prøvestykket slik at endene av prøvelegemene har et plan normalt på rørets lengdeakse.

4.3 Lengden av prøvelegemer

Lengden av hvert prøvelegeme skal bestemmes ved å beregne det aritmetiske middeltallet av 3 til 6 lengdemålinger fordelt jevnt rundt rørets omkrets. Antall målinger bestemmes i henhold til tabell 1.5.4–1.

Tabell 1.5.4–1: Antall lengdemålinger

Rørets nominelle diameter d_n i mm	Antall lengdemålinger
$d_n \leq 200$	3
$200 < d_n < 500$	4
$d_n \geq 500$	6

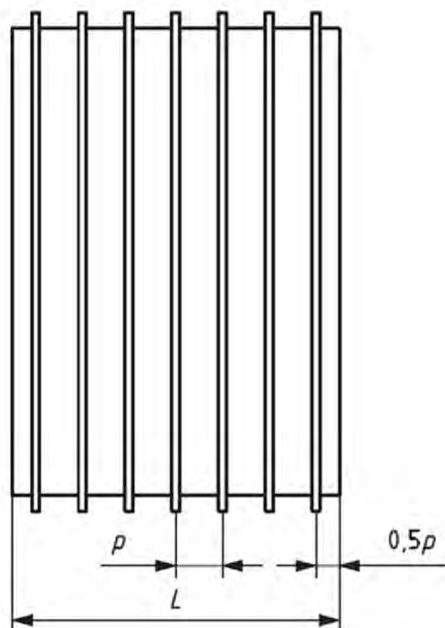
Hver lengdemåling skal fortas med en målenøyaktighet innen 1 mm.

For hvert prøvelegeme så skal den minste av de 3 til 6 målingene ikke være mindre enn 0,9 ganger den største lengdemålingen.

For rør med en nominell diameter mindre enn 1500 mm så skal gjennomsnittslengden av prøvelegemet være 300 ± 10 mm.

For rør som har en nominell diameter d_n større enn 1500 mm så skal gjennomsnittslengden av prøvelegemet være minst $0,2 d_n$. Forsterkede rør med perpendikulære ribber, korrugeringer eller andre jevnt repeterte forsterkninger skal kuttes slik at hvert prøvelegeme har et helt antall forsterkninger. Kuttene skal foretas ved midtpunktet mellom ribber, korrugeringer eller andre forsterkninger (se figur 1.5.4-1).

Lengden av prøvelegemet skal inneholde det minste antall hele ribber, korrugeringer eller andre forsterkninger og resultere i en lengde på 290 mm eller større eller $0,2 d_n$ eller større for rør med diameter større enn 1500 mm.



L = lengden av prøvelegemet
p = avstand mellom forsterkninger

Figur 1.5.4-1. Prøvelegeme skåret ut fra forsterket rør med ribber

Rør med heliske ribber, korrugeringer eller andre forsterkninger skal kuttes slik at lengden av prøvelegemet er lik innvendig diameter ± 20 mm, men ikke mindre enn 290 mm eller større enn 1000 mm.

4.4 Innvendig diameter

Innvendig diameter d_{1a} , d_{1b} og d_{1c} for de tre prøvelegemene a, b og c skal bestemmes som:

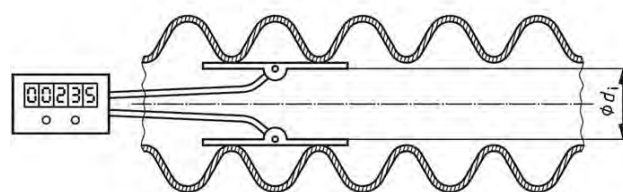
- aritmetisk middel av fire eller flere målinger i et tverrsnitt i midtpunktet av prøvelegemets lengde hvor målingene skal foretas med en nøyaktighet på $\pm 0,5$ %, eller
- målt i midtpunktet av prøvelegemets lengde ved hjelp av en diameter tape i samsvar med ISO 3126.

Beregnet eller målt gjennomsnittlig innvendig diameter for hvert prøvelegeme a, b og c skal noteres som respektive d_{1a} , d_{1b} og d_{1c} .

Gjennomsnittsverdien av disse tre verdiene skal beregnes ved bruk av følgende formel:

$$d_i = \frac{d_{1a} + d_{1b} + d_{1c}}{3}$$

Innvendig diameter kan bestemmes for eks. ved hjelp av utstyr som vist i figur 1.5.4-2.



Figur 1.5.4-2. Eksempel på utstyr for måling av innvendig diameter

5. Resultater

5.1 Sertifikater

Hvis sertifikatene ikke stemmer med bestilt vare, skal produktet returneres til leverandør/produsent.

5.2 Prøvelegemer

Disse skal være merket med:

- produktnavn, type og a, b og c
- produksjon- og prøvetakingsdato
- signatur til den som har utført prøvetakingen

6. Rapportering

Prøvetakingsrapporten skal inneholde følgende:

- bekreftelse på at prøvetakingen med kapping av prøvestykker og prøvelegemer er utført i henhold til denne metoden.
- produsentnavn og fabrikk
- sted hvor prøvetaking er utført
- produktnavn og type
- detaljer om spesielle observasjoner gjort under valg, utskjæring og bearbeiding av prøvene slik som antall og type skader.
- detaljer om ethvert avvik fra prøvetakingsmetodene beskrevet i denne metoden.
- dato for prøvetakingen.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 9969 (2016): Rør av termoplast.
Bestemmelse av ringstivhet

Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser,
Vegdirektoratet 2012.

Håndbok N200 Vegbygging, Vegdirektoratet,
2014.

Håndbok R761, Prosesskode 1, Vegdirektoratet
2015.



2 Vegbyggingsmaterialer

- 2.1 Prøvetaking av vegbyggingsmaterialer
- 2.2 Utlagte ubundne materialer
- 2.3 Utlagte bituminøse materialer
- 2.4 Prøvetaking på eksisterende veg



2 Vegbyggingsmaterialer

2.1 Prøvetaking av vegbyggingsmaterialer

2.1.1 Prøvetaking av tilslag mindre enn 90 mm

Februar 2018 (erstatte metode 15.311, mai 1997)

1. Hensikt

Denne metoden omfatter prøvetaking fra knuseverk, siloer, lagerhauger og fra leveranser. Ved prøvetaking benyttes forskjellig utstyr, avhengig av kornstørrelse i det som skal prøvetas, og avhengig av hvor i produksjonen eller leveransen prøvene tas. Sammenlignbare resultater kan bare oppnås når prøvetakingen foregår på samme måte hver gang.

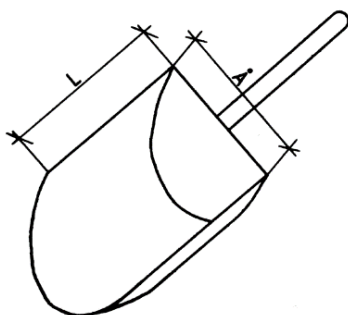
2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- bøtte, kasse, kar el.l.
- solide plastposer eller sekker
- spade eller prøvetakingskuffe
- plastrør/prøvespyd
- vekt
- merkelapper

Figur 2.1.1-1 viser eksempel på en prøvetakingskuffe. Åpningen Å skal være minst tre ganger så stor som de største partiklene som skal prøvetas, og lengden L skal være større enn Å.



Figur 2.1.1-1: Eksempel på prøvetakingskuffe med rundt tverrsnitt

4. Fremgangsmåte

Uansett hvor tilslagsprøven blir tatt ut, skal den bestå av minst 10 delprøver som *til sammen* ikke skal veie mindre enn 20 kg.

Prøvene skal tas slik at det blir representative prøver av produktet. Ta delprøver forskjellige steder for å unngå at ett delprodukt blir overrepresentert. Den som tar ut prøven, skal være informert om hvilke tester prøven skal gjennomgå.

Total prøvemengde avhenger av hvilke analyser som skal utføres. Øvre kornstørrelse på produktet er også bestemmende for prøvemengdebehovet for enkelte analyser. Tabell 2.1.1-1 viser eksempler på sorteringer og minimum prøvemengdebehov i forhold til analysemetoder.

Det er bedre å prøveta for mye materiale enn for lite. Prøven splittes ned i laboratoriet etter metode 101 i R210.

Tabell 2.1.1-1: Prøvemengdebehov (i kg) for de vanligste analysene avhengig av sorteringer

Sortering	M _{DE} og LA	Kurve + FI	A _N
0/22	50	5	20
0/32	75	10	30
0/45	100	20	-
0/63	150	40	-
0/90	30 ¹⁾	80	-
8/16	25	5	10
11/16	10	5	5
22/63	30 ¹⁾	40	-
22/90	30 ¹⁾	80	-

M_{DE}-micro-Deval, LA-Los Angeles, FI-flisighetsindeks, A_N-kulemåle

¹⁾ 30 kg av de største steinene i sorteringen laboratorieknuses for framstilling av testfraksjonen 10-14 mm for analyse

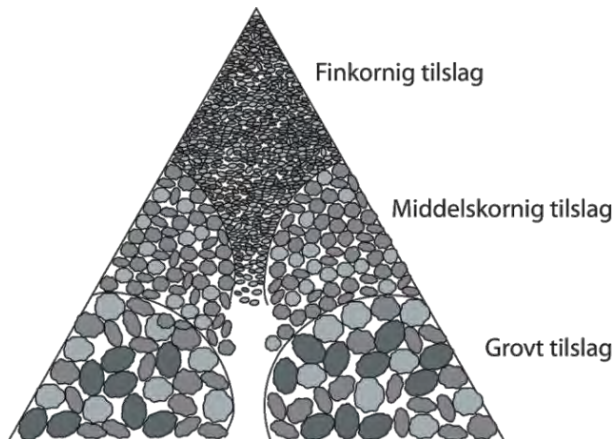
4.1 Prøvetaking fra steintipp

Tipper består av uensartet materiale, så før prøvetaking kan finne sted, må de undersøkes med hensyn på størrelse, bergartssammensetning i forekomsten, de enkelte bergarters beliggenhet i tippet og metoden som ble brukt ved

utleggingen. På dette grunnlaget bestemmes det om det skal tas prøver og hvordan prøvene skal tas.

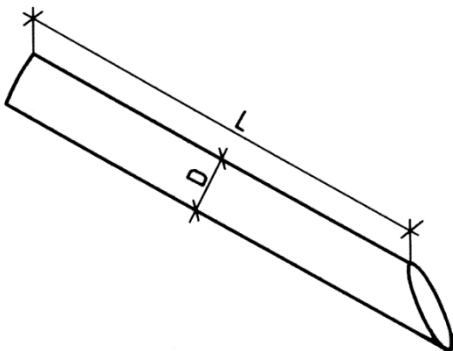
4.2 Prøvetaking fra kjegleformet lagerhaug

I en kjegleformet lagerhaug vil det groveste tilslaget være i nedre halvdel av haugen, og det fineste øverst. Det er vanskelig å prøveta det indre av haugen, så vær påpasselig med å få materialer fra alle deler av haugens overflate, se figur 2.1.1–2.



Figur 2.1.1–2: Skisse av tilslag i kjegleformet lagerhaug

Består lagerhaugen av fint tilslag (som sand), kan et plastrør eller prøvespyd (figur 2.1.1–3) stikkes inn i haugen forskjellige steder.



Figur 2.1.1–3: Eksempel på prøvetakingsspyd for finkornet tilslag

Lengden L skal være mellom en og to meter, og den indre diameter D skal være minst tre ganger så stor som de største partikler som skal prøvetas, men aldri mindre enn 10 mm.

4.3 Prøvetaking fra silo

Luken må åpnes slik at det blir jevn materialstrøm uten segregasjon. Det kreves at lukeåpningen er minst tre ganger diameteren til maksimal kornstørrelse og minst 200 mm for kornstørrelser mindre enn 32 mm. Tilslag fra silo kan samles i bøtter eller på en presenning. Vær nøye med at grus fra bakken ikke kommer med i prøven.

4.4 Prøvetaking fra transportbånd

Prøven skal tas fra *hele* båndets bredde, og det gjelder enten prøven tas fra styrten eller fra båndet.

Prøvetaking fra båndet: Stans båndet hvis det kan skje uten problemer, avgrens et visst område og få med alt innenfor dette.

Prøvetaking fra styrten: Benytt kasse eller kar som dekker hele båndets bredde. Hold karet inntil styrten i korte øyeblikk inntil tilstrekkelig mengde delprøver er samlet inn.

4.5 Prøvetaking fra flat lagerhaug og av oppløst vare fra båt, bil eller tog

Fra flat lagerhaug tas det spadetak fra ulike nivå/dyp for flere punkter over et areal, slik at hele produktet er representert på en best mulig måte.

Grovt tilslag er vanskelig å prøveta fra lasteplan, jernbanevogner og skipslaster, så der må prøven tas etter at leveransen er losset. Bruk samme fremgangsmåte som for prøvetaking av kjegleformet lagerhaug.

5. Resultater

Prøvene skal emballeres i tette beholdere eller plastsekker for å hindre at finstoff går tapt under transport. Skal fuktinnholdet undersøkes, må emballasjen være damptett. Hver prøve må merkes omhyggelig.

5.1 Merking av prøver

Dokumentasjon og merking av prøvene skal minimum omfatte:

- prøvetakers navn og prøvetakingsdato
- prøvetakingssted (forekomst)
- hvor prøven er tatt (fra bånd, silo, lager)
- sortering
- hvilke analyser som skal utføres
- prosjektnummer og -navn

Informasjonen legges inn i «Følgeskjema for grus- og steinprøver» som hentes fra Labsys eller Kvalink.

Værforhold og andre ting som kan være av interesse for senere bedømmelse av prøvningsresultatet kan også være nyttig informasjon.

6. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 932-1 (1996): Prøvningsmetoder for generelle egenskaper for tilslag. Del 1: Metoder for prøvetaking. Standard Norge

R210 (2016) Laboratorieundersøkelser. Statens vegvesen



2 Vegbyggingsmaterialer

2.1 Prøvetaking av vegbyggingsmaterialer

2.1.2 Prøvetaking av tilslag større enn 90 mm

Februar 2018 (ny)

1. Hensikt

Denne metoden omfatter prøvetaking fra knuseverk, lagerhauger og ute på anlegg for materialer som har øvre kornstørrelse større enn 90 mm.

Materiale mindre enn 90 mm siktes fra felt og mengde både mindre og større enn 90 mm registreres. Deretter splittes prøve med materiale mindre enn 90 mm ned til egnet prøvemengde for laboratorieanalyse (minimum 80 kg).

Største steinstørrelse målt som bredde (og eventuelt største steinlengde) registreres.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- bøtte, kasse, kar e.l.
- solide plastposer eller sekker
- spade eller prøvetakingskuffe
- feltsikt med 90 mm åpning
- vekt
- tommestokk
- presenning, fiberduk e.l.
- merkelapper

4. Fremgangsmåte

4.1 Prøvetaking av materiale større enn 90 mm

Hvis mulig utføres prøvetaking rett fra bånd, hvor materialet samles i en hjullasterskuff. Hvis skuffen er påmontert vekt, vil cirka prøvemengde være kjent. Nødvendig prøvemengde er for å sikre en representativ prøve, og avhenger av øvre siktstørrelse (D), vist i tabell 2.1.2-1.

Når det ikke er tilgang på hjullaster, eller når det ikke er produksjon på prøvetakingsdag, skal prøvene tas representativt fra lagerhaug. Det kan være behov for maskinelt utstyr for gjennomføring av prøvetaking.

Grovsortering av materiale som tydelig er mye større enn 90 mm foregår manuelt for hånd. Det er gunstig å benytte fiberduk eller noe tilsvarende som arbeidsflate for å unngå blanding med materialer som ligger på bakken.

Materiale som ligger størrelsesmessig i nærheten av 90 mm og mindre siktes med sikt med 90 mm kvadratiske åpninger.

Alt materiale over 90 mm overføres midlertidig til egnet emballasje og veies opp (med feltvekt). Vekt noteres, og summeres for alle veiinger. Alt materiale som passerer 90 mm-sikten veies også opp på samme måte for å fremskaffe mengdeforholdet mellom over/under 90 mm.

Prøvemengden av materiale mindre eller lik 90 mm som tas med til laboratoriet reduseres til minst 80 kg.

Total prøvemengde avhenger av hvilke analyser som skal utføres. Øvre kornstørrelse på produktet er også bestemmende for prøvemengdebehovet for enkelte analyser. Tabell 2.1.2-1 viser eksempler på sorteringer og minimum prøvemengdebehov i forhold til analysemetoder.

Tabell 2.1.2-1: Prøvemengdebehov (i kg) for de vanligste analysene avhengig av sorteringer

Sortering	M _{DE} og LA	Kurve
20/120	30 ¹⁾	155
20/180	30 ¹⁾	325
20/250	30 ¹⁾	625
0/120	30 ¹⁾	155
0/180	30 ¹⁾	325
0/300	30 ¹⁾	900
0/90		80

M_{DE}=micro-Deval, LA=Los Angeles

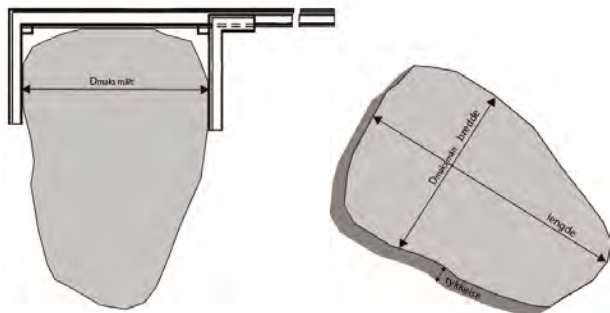
¹⁾30 kg av de største steinene i sorteringen knuses ned i laboratorium for framstilling av testfraksjonen 10–14 mm for analyse.

4.2 Måling av største steinstørrelse

Måling av største steinstørrelse (D_{maks} målt) for svært grove masser foretas med tømmerklave eller tomrestokk med metrisk inndeling, se figur 2.1.2-1. Bredden på steinen måles for å kunne framstille kornkurve. Statens vegvesen stiller krav til målt steinlengde for frostsikrings- og forsterkningslags-materialer.

Utfør målinger på minst fem av de største steinene.

Største bredde noteres.



Figur 2.1.2-1: Måling av steinstørrelse med klave

4.3 Kombinert siktekurve for materiale mindre enn 90 mm kombinert med målt største steinstørrelse

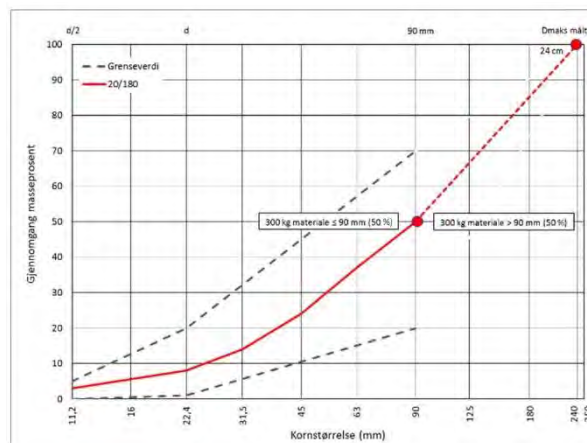
For sorteringer med øvre siktstørrelse større eller lik 180 mm kan korngraderingskurve fremskaffes ved å kombinere laboratoriesikting av materiale mindre enn eller lik 90 mm med veid mengde materiale over og under 90 mm i felt/verk, og med målt største steinstørrelse.

Minst 80 kg prøvemateriale (nedsplittet i felt/verk) mindre enn eller lik 90 mm siktes.

Når kornstørrelsessammensetningen til og med 90 mm beregnes, må det tas hensyn til både total prøvemengde og andelen materiale mindre enn eller lik 90 mm før nedsplittning til ca. 80 kg. Hvis det i tillegg er foretatt splitting av materiale mindre enn eller lik 16 mm, må dette også tas hensyn til for å kunne beregne riktig kornstørrelses-sammensetning.

Målt verdi for største steinstørrelse utgjør 100 %-verdien.

Figur 2.1.2-2 viser eksempel på en sammensatt kornkurve for sortering 20/180. Total prøve er 600 kg. Materiale > 90 mm er veid opp (300 kg) og ligger igjen på produksjonsstedet/verket. Ca. 80 kg materiale \leq 90 mm (av 300 kg) er siktet i laboratoriet. Største målte steinstørrelsen, D_{maks} målt, er målt til 24 cm.



Figur 2.1.2-2: Eksempel for prøve med sortering 20/180

5. Resultater

Prøvene skal emballeres i tette beholdere eller plastsekker for å hindre at finstoff går tapt under transport. Hver prøve må merkes omhyggelig.

5.1 Merking av prøver

Dokumentasjon og merking av prøvene skal minimum omfatte:

- prøvetakers navn og prøvetakingsdato
- prøvetakingssted (forekomst)
- hvor prøven er tatt (fra bånd, silo, lager)
- sortering
- hvilke analyser som skal utføres
- prosjektnummer og -navn

Informasjonen legges inn i «Følgeskjema for grus- og steinprøver» som hentes fra Labsys eller Kvalink.

6. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

prNS 3468 (2018): Grove steinmaterialer til bruk i bygge- og anleggsarbeid - Produktbeskrivelser og dokumentasjonsmetoder. Standard Norge.



2 Vegbyggingsmaterialer

2.1 Prøvetaking av vegbyggingsmaterialer

2.1.3 Prøvetaking av bituminøse bindemidler

September 2017 (erstatter metode 15.313, mai 1997)

1. Hensikt

Metode for prøvetaking av bituminøse bindemidler fra lagertank, tankbil, rørledning, fat eller sekk. Enten for å oppnå en prøve som representerer den gjennomsnittlige kvaliteten i en bulk av et materiale, eller for å påvise variasjon i kvaliteten gjennom materialet.

Dette er en rettleiding med tanke på vegvesenets stikkprøvekontroll. Beskrivelsen tar ikke høyde for kravene til produksjonskontroll.

Metoden beskriver ikke krav til fastmontert prøvetakingsutstyr. Det er anleggseiers ansvar at slikt utstyr er i henhold til gjeldende bestemmelser.

2. Definisjoner

Punktprøve: Prøve tatt ut i en enkelt arbeidsoperasjon, på definert sted og tidspunkt.

Sammensatt prøve: Prøve laget ved blanding av flere punktprøver. En sammensatt prøve er representativ for materialet dersom den er sammensatt etter visse kriterier.

Delprøve: Prøve laget ved neddeling av en punktprøve eller en sammensatt prøve til mindre prøver etter gitte regler som sikrer at delprøvene er like. En delprøve skal være minimum 0,5 kg.

Laborieprøve: Prøve tiltenkt laborietesting. En laborieprøve skal være minimum 0,5 kg.

3. Utstyr

- verneutstyr i henhold til gjeldende forskrifter
- prøvetakingsutstyr
- prøvebeholdere
- utstyr for merking av prøver
- prøvetakingsrapport / følgeskjema som er klart for utfylling

Prøvetakingsutstyr som benyttes i brannfarlig atmosfære må være utformet i ikke-jernholdig metall.

Nærmere beskrivelse av utstyr vil avhenge av hvor prøven skal tas ut, hvilken metode som skal benyttes, hvilket materiale det skal tas prøve av, mengde og temperatur. Mer om dette i de påfølgende kapitlene.

4. Fremgangsmåte

4.1 Sikkerhet

Prøvetaking av bituminøse bindemidler kan være risikofyllt. Nødvendige sikkerhetsregler og vernetiltak forutsettes ivaretatt av organisasjonen som produserer, lagrer eller transporterer materialene. Prøvetakingen skal utføres av, eventuelt bistås av, personell med sikkerhetsopplæring godkjent i organisasjonen som har ansvar for arbeidsstedet.

Ved prøvetaking av varm bitumen er det fare for sprut og søl som kan gi forbrenning. Fare for innånding av livsfarlige gasser er ekstra stor ved prøvetaking fra åpen tank. Bitumenløsning er brann- og eksplosjonsfarlig.

Overskuddsmateriale fra prøvetakingen skal avhendes på en forsvarlig måte og etter gjeldende forskrifter. Dersom kvaliteten ikke er forringet, kan det resirkuleres.

4.2 Prøvestørrelser og prøvebeholdere

En laborieprøve skal bestå av minimum 0,5 kg materiale, og ellers tilstrekkelig mengde til de analysene som er tenkt utført på prøven.

Prøvebeholdere må alltid være rene og tørre. Metallbokser skal være ulakkerte på innsiden.

Blikkspann med trykklokk er egnet som prøvebeholder for bitumen- og pmb-prøver. Siden slike prøver må smeltes ved høy temperatur i laboriet, må prøvebeholderen og merkingen tåle oppvarming til 200°C og materialet må ikke fylle mer enn 2/3-del av spannet.

Plastflasker med skrukork er best egnet for emulsjonsprøver. Emulsjonens egenskaper vil ofte endres ved kontakt med metall. Emulsjonsprøver skal oppbevares uten tilgang på luft. Dette betyr at prøven må fylle hele beholderen når den lukkes. Dette oppnås ved at flasken fylles nesten full, og at den klemmes sammen slik at luftrommet elimineres idet lokket skrues igjen.

4.3 Prøvetaking

Det finnes mange metoder for prøvetaking av bindemidler. Hvilken metode som skal benyttes avhenger av materialet, mengden og temperaturen på materialet som skal undersøkes, antall, type og størrelse på objektet prøven skal tas ut fra, samt om materialet oppbevares stasjonært (i en lukket tank) eller er gjennomstrømmende (rørledning).

Standarden for prøvetaking, NS-EN 58, omtaler mange metoder og typer utstyr for prøvetaking.

4.3.1 Prøvetaking gjennom fastmonterte ventiler

Fastmonterte ventiler er aktuelt både for prøvetaking fra rørledninger og fra tanker helt ned i 2 m³. Det er anleggseiers ansvar at fastmonterte ventiler er utformet og installert i henhold til gjeldende bestemmelser og slik at helse, miljø og sikkerhet ivaretas.

Ved prøvetaking gjennom fastmonterte ventiler er det ofte nødvendig å tappe gjennom et visst volum av materialet før prøve tas ut. Hvor mye som må skylles gjennom for å rense ut gamle rester fra død-volumet i ventilen, skal være dokumentert av anleggseier. 2 liter er ofte mer en nok.

Ved prøvetaking fra rørledning ved lossing mellom to tanker ansees prøven som representativ for hele lasten under følgende forutsetninger:

- for ett homogent materiale kan punktprøve tas i løpet av midtre tredjedel av fullført lossing.
- for et ikke-homogent materiale kan det enten tappes ut en punktprøve kontinuerlig gjennom hele lossingen, eller det kan tas ut minimum 3 punktprøver jevnt fordelt gjennom lossingen, som deretter slås sammen til en sammensatt prøve.

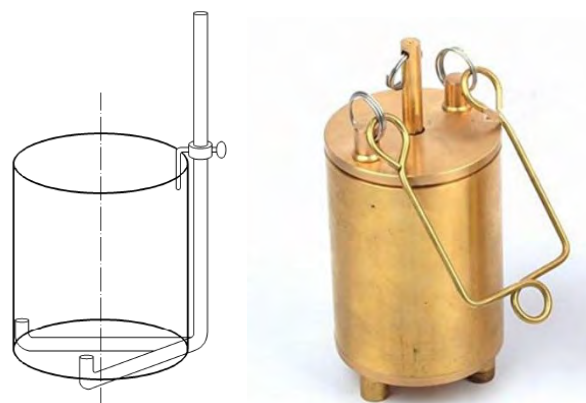
4.3.2 Prøvetaking ved neddykking av prøvetakingsutstyr

Av sikkerhetsmessige årsaker frarådes det å ta prøver av varm bitumen eller bitumenløsning gjennom mannlokk eller tilsvarende.

Dette er derfor ikke beskrevet her. Det henvises til NS-EN 58 for informasjon om denne typen prøvetaking.

Figur 2.1.3-1 viser to eksempler på prøvetakingsutstyr. Til venstre: Åpen boks, som festes til en lang stang, for gjennomgående

prøvetaking eller overflateprøver. Til høyre: Tung prøvebeholder med lokk som kan åpnes for prøvetaking på valgt dybde i tank (bacon sampler). Beholderen festes i en snor eller wire.



Figur 2.1.3-1: To eksempler på prøvetakingsutstyr for neddykking (venstre: Foto: EN 58), høyre Foto: amazon.com)

4.3.3 Prøvetaking fra sprøyteutstyr

Fra sprøyteutstyr skal det enten tas to punktprøver fra den midterste tredjedelen av tanken, eller fra avløpsventilen mens materialet sirkuleres. Husk å tappe ut eventuelt død-volum før prøven tas.

4.3.4 Prøvetaking av fast eller tyktflytende materiale

Benytt rent og tilpasset redskap (for eksempel en kniv).

Dersom materialet består av en klump, fjernes emballasjen og materialet deles i to, slik at prøven kan skjæres ut fra midten. Verktøyet kan varmes om nødvendig.

Dersom materialet ikke kan frigjøres fra emballasjen, eller ikke kan deles i to, benyttes ett redskap som kan ta ut prøve gjennom hele lengden av beholderen. Unngå de ytterste 7,5 cm fra alle sidekanter.

4.3.5 Prøvetaking av granulert materiale

Overfør 20 spadetak til ett rent brett. Det kan videre benyttes enten splittapparat eller metode for kvartering til ønsket prøvestørrelse oppnås. Dette utføres på tilsvarende måte som beskrevet i metode R211.312 Neddeling av tilslagsprøver.

4.3.6 Videre håndtering av prøver

Tillaging av sammensatte prøver og delprøver skal skje umiddelbart etter prøvetaking.

Punktprøver og sammensatte prøver må homogeniseres før eventuell neddeling til delprøver. Prøvene skal varmes om nødvendig.

Punktprøver som skal benyttes til å lage sammensatte prøver kan varmes om nødvendig.

Prøver av emulsjon må ikke utsettes for temperatur lavere enn 5°C, og bør testes så raskt som mulig. Enkelte emulsjonsegenskaper, som for eksempel viskositet, brytningsverdi, silrest og lagringsstabilitet, kan endre seg ved lagring. Bindemiddelinhold og restbindemiddelets egenskaper tåler normalt lengre oppbevaring.

5. Rapportering

Ved prøvetaking av bituminøse bindemidler skal det utarbeides en prøvetakingsrapport, som skal signeres. Følgende informasjon skal oppgis:

Bindemiddelprodusent, leverandør, kunde (som ofte er asfaltprodusent), stedsangivelse, objekt prøven er tatt fra, type bindemiddel, unik id for prøven, mengde og antall delprøver, dato, klokkeslett og prøvetaker.

For vegvesenets kontrollvirksomhet benyttes det et følgeskjema, som i tillegg til den informasjonen som kreves for en typeprøvningsrapport, skal inneholde opplysninger om bestiller, kontrakt og hva som skal testes. Prøven vil bli tildelt ett unikt laboratorieprøvenr ved ankomst.

Dersom prøven er tatt for å påvise avvik, skal dette anmerkes. Delprøver skal nummereres i påfølgende rekkefølge.

For å sikre unik identifisering av laboratorieprøven må den merkes på en måte som knytter den til prøvetakingsrapporten. Prøven kan merkes med det unike prøvenr fra prøvetakingsrapporten. Alternativt kan prøvens emballasje merkes med all informasjon som kreves i prøvetakingsrapporten.

Merking på selve prøven må plasseres på selve boksen, ikke på lokket.

6. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 58 (2012): Bitumen og bituminøse bindemidler. Prøvetaking av bindemidler



2 Vegbyggingsmaterialer

2.1 Prøvetaking av vegbyggingsmaterialer

2.1.4 Prøvetaking av lette materialer

April 2018 (ny)

1. Hensikt

Denne metoden omfatter prøvetaking av lette materialer som lettklinker og skumglassgranulat fra silo, lagerhauger og leveranser på ukomprimert materiale. Fraksjonene som prøvetas er vanligvis 0/32 for lettklinker og 10/60 for skumglass. Ved prøvetaking benyttes forskjellig utstyr, avhengig av kornstørrelse i det som skal prøvetas, og avhengig av hvor i produksjonen eller leveransen prøvene tas. Sammenlignbare resultater kan bare oppnås når prøvetakingen foregår på samme måte hver gang.

Forhold som kontrolleres ved prøvetakingen er vanligvis korngradering og densitet.

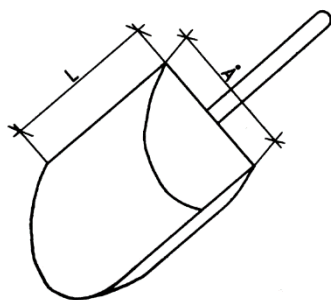
2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- Bøtte (ca.20 l), kasse, kar el.l.
- solide plastposer eller sekker
- spade eller prøvetakingskuffe
- vekt
- merkelapper

Figur 2.1.4-1 viser eksempel på en prøvetakingskuffe. Åpningen Å skal være minst tre ganger så stor som de største partiklene som skal prøvetas, og lengden L skal være større enn Å.



Figur 2.1.4-1: Eksempel på prøvetakingskuffe med rundt tverrsnitt

4. Fremgangsmåte

Produsentens dokumentasjon av avtalt fraksjon og densitet kontrolleres mot levert vare. Kontroll av densitet utføres etter metode 126 og korngradering etter metode 133 i Håndbok R210.

Prøvene skal tas slik at det blir representative prøver av produktet. Ta delprøver forskjellige steder for å unngå at ett delprodukt blir overrepresentert. Den som tar ut prøven, skal være informert om hvilke tester prøven skal gjennomgå.

Total prøvemengde avhenger av hvilke analyser som skal utføres. Øvre kornstørrelse på produktet er også bestemmende for prøvemengdebehovet for enkelte analyser. Tabell 2.1.4-1 viser eksempler på sorteringer og minimum prøvemengdebehov i forhold til analysemetoder.

Det er bedre å prøveta for mye materiale enn for lite. Prøven splittes ned i laboratoriet etter metode 101 i R210.

Tabell 2.1.4-1: Prøvemengdebehov (liter) for de vanligste analysene avhengig av øvre kornstørrelse

Øvre kornstørrelse (D) (mm)	Sikteanalyse (l)	Løst lagret densitet (l)
63	10	60
32	2,1	30
16	1,7	15
8	0,8	7,5
≤4	0,3	3

Kommentar: For lette materialer med øvre kornstørrelse >32 mm finnes ikke prøvestørrelse i NS-EN 933-1. Prøvemengden baserer seg derfor på erfaring.

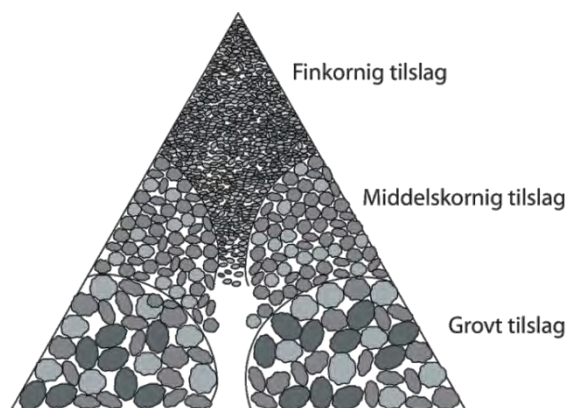
4.1 Prøvetaking fra tipp

Tipper består av uensartet materiale, så før prøvetaking kan finne sted, må de undersøkes

med hensyn på størrelse og metoden som ble brukt ved utleggingen. På dette grunnlaget bestemmes det om det skal tas prøver og hvordan prøvene skal tas.

4.2 Prøvetaking fra kjegleformet lagerhaug

I en kjegleformet lagerhaug vil det groveste tilslaget være i nedre halvdel av haugen, og det fineste øverst. Det er vanskelig å prøveta det indre av haugen, så vær påpasselig med å få materialer fra alle deler av haugens overflate, se figur 2.1.4-2.



Figur 2.1.4-2: Skisse av tilslag i kjegleformet lagerhaug

4.3 Prøvetaking fra silo

Luken må åpnes slik at det blir jevn materialstrøm uten segregasjon. Det kreves at lukeåpningen er minst tre ganger diameteren til maksimal kornstørrelse og minst 200 mm for kornstørrelser mindre enn 32 mm. Materialer fra silo kan samles i bøtter eller på en presenning. Vær nøye med at grus fra bakken ikke kommer med i prøven.

5. Resultater

Prøvene skal emballeres i tette beholdere eller plastsekker for å hindre at finstoff går tapt under transport. Skal fuktinnholdet undersøkes, må emballasjen være damptett. Hver prøve må merkes omhyggelig.

5.1 Merking av prøver

Dokumentasjon og merking av prøvene skal minimum omfatte:

- prøvetakers navn og prøvetakingsdato
- prøvetakingssted
- hvor prøven er tatt (fra leveranse, silo, lager)
- sortering
- hvilke analyser som skal utføres
- prosjektnummer og -navn

Informasjonen legges inn i «Følgeskjema for grus- og steinprøver» som hentes fra Labsys eller Kvalink.

Værforhold og andre ting som kan være av interesse for senere bedømmelse av prøvningsresultatet kan også være nyttig informasjon.

6. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 932-1 (1996): Prøvningsmetoder for generelle egenskaper for tilslag. Del 1: Metoder for prøvetaking. Standard Norge

NS-EN 1097-3 (1998): Prøvningsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag. Del 3: Bestemmelse av løst lagret densitet og hulrominnhold.

NS-EN 933-1 (2012): Prøvningsmetoder for geometriske egenskaper for tilslag. Del 1: Bestemmelse av kornstørrelsesfordeling. Sikteanalyse.

R210 (2016) Laboratorieundersøkelser. Statens vegvesen

V221 (2012) Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger



2 Vegbyggingsmaterialer

2.2 Utlagte ubundne materialer

2.2.1 Prøvetaking av utlagte materialer

Mars 2018 (erstatte metode 15.321, mai 1997)

1. Hensikt

Statens vegvesen stiller noen av sine materialkrav ferdig utlagt på veg. Denne metoden omfatter prøvetaking av utlagte materialer på veg, som frostsikringsmaterialer, forsterkningslag, forkilingslag og bærelag. Ved prøvetaking kan det benyttes forskjellig utstyr, avhengig av kornstørrelse og hvor godt materialet er blitt valset eller komprimert.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- emballasje som bøtte, kasse, kar el.l.
- solide plastposer eller sekker
- spade, evt. gravemaskin
- vekt
- 90 mm-sikt
- merkelapper
- kamera
- tommestokk

4. Fremgangsmåte

Uansett hvor tilslagsprøven blir tatt ut, skal den bestå av minst 10 delprøver som *til sammen* ikke skal veie mindre enn 20 kg.

Prøver skal tas slik at de blir representative for produktet. Den som tar ut prøven, skal være informert om hvilke tester prøven skal gjennomgå.

Total prøvemengde avhenger av hvilke analyser som skal utføres. Øvre kornstørrelse på produktet er også bestemmende for prøvemengdebehovet for enkelte analyser. Tabell 2.2.1-1 viser eksempler på sorteringer og minimum prøvemengdebehov i forhold til analysemetoder.

Det er bedre å prøveta for mye materiale enn for lite. Prøven splittes ned i laboratoriet etter metode 101 i R210.

Tabell 2.2.1-1: Prøvemengdebehov (i kg) for de vanligste analysene avhengig av sorteringer

Sortering	M _{DE} og LA	Kurve + FI
0/22	50	5
0/32	75	10
0/45	100	20
0/63	150	40
0/90	30 ¹⁾	80
8/16	25	5
11/16	10	5
22/63	30 ¹⁾	40
22/90	30 ¹⁾	80
22/125	30 ¹⁾	155
0/180	30 ¹⁾	325 ²⁾
0/250		625 ²⁾
0/300		900 ²⁾

M_{DE}-micro-Deval, LA-Los Angeles, FI-flisighetsindeks

¹⁾ 30 kg av de største steinene i sorteringen laboratorieknuses for framstilling av testfraksjonen 10-14 mm for analyse

²⁾ Materialet splittes med 90 mm-sikt i felt

4.1 Prøvetaking av ubundne bærelagsmaterialer

Ta ut prøvemateriale fra et passe stort område (f.eks. 1 m x 1 m) hvor som helst i tverrprofilet, eller ta flere delprøver på tvers av hele profilet, se figur 2.2.1-1.

Unngå å komme ned i underliggende lag.

4.2 Prøvetaking av forkilte forsterkningsmaterialer

For å unngå blanding med underliggende lag, kan forkilingsmasse til forsterkningslag prøvetas direkte fra leveransen på anlegget, før den legges ut.



Figur 2.2.1-1: Eksempel på prøvetaking av bærelag

4.3 Prøvetaking av forsterkningsmaterialer

Forsterkningslagsmaterialer kan inneholde kornstørrelser større enn 90 mm, og laget kan være mektig. Når massen er komprimert er den vanskelig å prøveta for hånd, så gravemaskin til prøvetaking vil være en fordel.

Prøve tas på et tilfeldig sted i profilet, men varier mellom senter av vegen og begge ytterkantene for hver prøve som tas, slik at variasjoner i utlegging kan avdekkes. Prøv å få til en så representativ prøve av mulig, og ta prøve av hele forsterkningslagets tykkelse.

Prøvemengde som tas med inn i laboratoriet avhenger av materialets sortering. For materialer som inneholder øvre kornstørrelse større enn 90 mm vises til metode 2.1.2 i R211.

Dersom deler av materialet ikke er siktbart i laboratorium, måles største bredde og/eller største lengde på de fem største steinene med tommestokk i henhold til metode 2.1.2 i R211.

4.4 Prøvetaking av frostsikringsmaterialer

Frostsikringsmaterialer skal dokumentere et minimumsinnhold av kornstørrelser mindre enn 90 mm i tillegg til finstoffmengde regnet av materiale mindre enn 90 mm.

Prøvemengde som tas med inn i laboratoriet avhenger av materialets sortering. For materialer som inneholder øvre kornstørrelse større enn 90 mm vises til metode 2.1.2 i R211.

Dersom deler av materialet ikke er siktbart i laboratorium, måles største bredde og/eller største lengde på de fem største steinene med tommestokk i henhold til metode 2.1.2 i R211.

Dokumentasjon av største steinstørrelse og andel materiale mindre enn 90 mm kan baseres på data fra produksjonssted, men finstoffandelen for materialer mindre enn 90 mm må dokumenteres for ferdig utlagt materiale.

4.5 Rettet prøvetaking

Ved mistanke om materialer med ujevn kvalitet, f.eks. ved synlige finstoffanrikninger, separasjon av kornstørrelsene eller lignende, kan det utføres «rettet prøvetaking» innenfor et bestemt område. Figur 2.1.1-2 viser eksempel på finstoffanrikning i et materiale hvor det kan være aktuelt å utføre rettet prøvetaking.



Figur 2.2.1-2: Finstoffanrikning i et utlagt materiale

5. Resultater

Prøvene emballeres i tette beholdere eller plastsekker for å hindre at finstoff går tapt under transport. Skal fuktinnholdet undersøkes, må emballasjen være damp tett. Hver prøve må merkes omhyggelig.

5.1 Merking av prøver

Dokumentasjon og merking av prøvene skal minimum omfatte:

- prøvetakers navn og prøvetakingsdato
- prøvetakingssted (vegID og profilnr)
- sortering
- hvilke analyser som skal utføres
- prosjektnummer og -navn

Informasjonen legges inn i «Følgeskjema for grus- og steinprøver» som hentes fra Labsys eller Kvalink.

Værforhold og andre ting som kan være av interesse for senere bedømmelse av prøvningsresultatet kan også være nyttig informasjon.

6. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 932-1 (1996): Prøvingsmetoder for generelle egenskaper for tilslag. Del 1: Metoder for prøvetaking. Standard Norge.

prNS 3468 (2018): Grove steinmaterialer til bruk i bygge- og anleggsarbeid - Produktbeskrivelser og dokumentasjonsmetoder. Standard Norge.

R210 (2016): Laboratorieundersøkelser. Statens vegvesen.



2 Utlagte materialer

2.2 Utlagte ubundne materialer

2.2.2 Densitetsmålinger på ubundne materialer

Januar 2018 (erstatte metode 15.325, mai 1997)

1. Hensikt

- Isotopmåler kan benyttes til måling av densitet og vanninnhold i kohesjons- og friksjonsjordarter basert på en radioaktiv gammastrålekilde. Isotopmåler kan også benyttes til måling av asfaltdekkers densitet, se figur 2.2.2-1.
- Instrumentet skal være godkjent av Statens strålevern. Det skal bestå av en kapslet gamma stråle-kilde, en strålingsdetektor, en registreringsenhet og en referanseplattform for kalibrering av utstyret.

2. Definisjoner

2.1 Symboler

- *ptørr*: tørrdensitet i Mg/m³
- *pvåt*: våtdensitet i Mg/m³
- *w*: vanninnhold i %

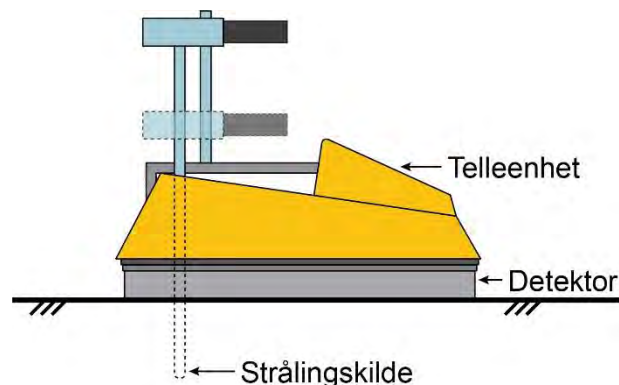
3. Utstyr

- isotopmåler
- referanseplattform
- jordspyd
- avretningsplate
- tung hammer, slegge
- overflatesonde, måleområde 0 – 30 cm eller dybdesonde, figur 2.2.2-1.

4. Fremgangsmåte

Service og kalibrering av måleutstyr skal utføres i henholdt til leverandørens beskrivelse. Måleutstyr bør i tillegg kontrolleres jevnlig mot objekter med kjent densitet.

Kommentar: Det forutsettes at det personell som skal bruke utstyret, er gitt grundig opplæring i strålehygiene, måleprinsippet og praktisk bruk av instrumentet.



Figur 2.2.2-1: Prinsipp for bestemmelse av densitet og vanninnhold med isotopmåler

4.1 Standardisering

Før en kan begynne måling, må utstyret kalibreres mot et materiale med kjente egenskaper. Dette kalles standardisering. Standardiseringen gjentas når målingene er avsluttet for å kontrollere at utstyret er stabilt, og ellers som foreskrevet fra fabrikanten.

Referansematerialet følger normalt med som en løs plate som skal plasseres på et egnet underlag ved standardisering.

Prinsippet for standardisering vil variere noe for de forskjellige typer måleutstyr, og det er derfor viktig at den prosedyre og de krav som fabrikken oppgir, nøye overholdes. Dersom måleutstyret ved standardisering ikke holder de krav som er oppsatt fra fabrikanten, må utstyret undersøkes nærmere.

4.2 Måling av densitet

Anbefalt måleprosedyre beskrives i brukerveiledning for utstyret. Det måles på et utvalgt område, en måling består av 2 avlesninger. Middelveien av disse 2 avlesningene angis som massens densitet på stedet. En avlesning skal ha et minimum talletid på 60 sekunder.

Densitet kan måles på to måter:

a) Tilbakespredning

Måleren plasseres på det aktuelle målested slik at hele bunnflaten ligger an mot materialet. Om nødvendig må det planeres med avrettningsplate, skuffe eller lignende redskap for å oppnå dette. Gamma-kilden plasseres i tilbakespredningsposisjon, og måling utføres. Ved denne målemetoden vil hulrom mellom materialet og måleren ha stor innvirkning på måleresultatet. En får i tilfelle for lav densitetsverdi. Med hensyn til vanninnholdsmålinger, vil dette ha noe mindre innvirkning.

b) Transmisjon

Ved transmisjonsmåling skal det lages hull ved hjelp av platen og spydet som medfølger til dette formål. Dybden på hullet bestemmes ut ifra tykkelse på laget som skal måles. Måleren plasseres på det aktuelle målested slik at hele bunnflaten ligger an mot materialet. Spydet føres ned i materialet til ønsket dybde, og måling utføres. Målinger skjer mellom kilden og detektor.

I og med at det spydet som brukes for å lage hull har en litt større diameter enn spydet på måleren, vil en kunne få hulrom mellom spydet på måleren og det materialet en måler på. Det er derfor svært viktig å trekke måleren fremover slik at en kjenner at spydet ligger an mot materialet. Hulrom under, på baksiden av spydet eller mellom materialet og måleren har liten eller ingen innvirkning på måleresultatet ved denne målemetode.

5. Resultater

Korreksjoner:

Jordartenes sammensetning kan variere i så stor grad at det vil være nødvendig å korrigere instrumentets måleverdier for den aktuelle jordart. Hvilke korreksjoner som er mulig og hvordan de utføres, er bestemt i instrumentets bruksanvisninger.

Korreksjonen settes til forholdet densitet fra analyse/densitet fra isotopmåling.

Aktuelle analyser: siktekurve, proctor og vanninnhold.

6. Rapportering

Registrerte måleresultater av densitet og vanninnhold noteres i journal eller lagres i utstyrets hukommelse.

Rapporten skal inneholde følgende informasjon og stedsangivelse:

- for arbeid utført på offentlige veier skal det oppgis vegnummer, parsellnummer, metring og avstand fra vegkanten
- for arbeid utført utenfor offentlige veier det oppgis profilnummer eller GPS koordinater
- målerens ID nummer
- høyde i fylling, lagtykkelse
- data vedrørende kontraktsforhold
- tidspunkt og hvem (firmanavn) som har utført målingene
- måleutstyr og prosedyre
- densiteter i Mg/m³ med 3 desimaler
- vanninnhold i %
- observasjon av forhold som kan ha betydning for resultater



2 Vegbyggingsmaterialer

2.2 Utlagte ubundne materialer

2.2.3 Måling av komprimering ved bruk av nivellement

Februar 2018 (erstatter metode 15.327, mai 1997)

1. Hensikt

Nivellering benyttes til komprimeringskontroll ved utarbeiding av valseprogram på utlagte materialer.

1.1 Prinsipp

Høyden på det aktuelle laget måles både før komprimering og etter hver passering av komprimeringsutstyret. Laget ansees tilfredsstillende komprimert når siste passering gir en setning som er mindre enn 10 % av totalsetningen.

Kommentar: Når det brukes utsprengt berg til fylling eller i vegfundamentet, har en p.t. ikke noe hensiktsmessig utstyr for å kontrollere komprimeringsgraden. Platebelastningsutstyret har sin begrensning idet største stein i det lag som skal måles, må være mindre enn ca. 150 mm (dvs. halvparten av platediameteren). En økning i platediameteren vil kreve et meget høyt mothold.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

Avhengig av utstyr type (laser, digital eller optisk) kan utstyrslisten variere i noen grad.

Helautomatiske fallslasere kan betjenes av en operatør mens halvautomatiske og optiske krever to operatører.

- nivelleringskikkert
- målestang med mm-inndeling
- målebånd, 20 m
- merkekritt eller maling
- stikkstenger, 2 stk.

4. Fremgangsmåte

Etter at laget er planert, settes det ned en stikkstang på hver side av planeringen. Stangen plasseres i god avstand fra kanten på laget. Mellom de to stengene trekkes målebåndet med nullpunktet i det ene stikket, se figur 2.2.3-1.

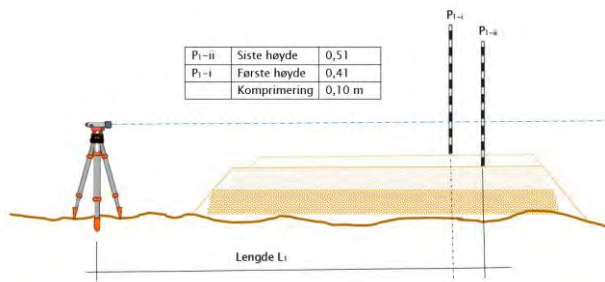


Figur 2.2.3-1: Nivelleringskikkert og målestang

Minst 1 m fra kanten av planeringen merkes det første nivelleringspunktet med merkekritt eller maling. Deretter merkes for hver 25 cm til en bredde på ca. 3 m. Merkene plasseres på oppstikkende stein, ikke på løsmateriale. Er det vanskelig å få merket, må det foretas nivellement mens målebåndet er strukket over vegen. Vanligvis måles i tre profil med en avstand på 10 – 15 m. Nivellerkikkerten plasseres så langt til side at vibrasjonene fra komprimeringsutstyret ikke får noen innvirkning.

Etter nivellement av punktene fjernes målebåndet, og det komprimeres med én passering av komprimeringsutstyret i hele planeringens bredde (ikke for langt ut på kantene).

Valsingen skal ha en overlapping på ca. 25 cm. Er det brukt merking på stein, utføres nivellementet på de merkede steder, hvis ikke brukes målebåndet med 0-punkt på nøyaktig samme sted som første gang. Operasjonen gjentas med én valsepassering mellom hvert nivellement.



Figur 2.2.3–2: Oppstilling på veg

5. Resultater

Setningen for hver passering regnes ut som gjennomsnitt for de tre profilene. Komprimeringen ansees for tilstrekkelig når setning etter siste passering blir $\leq 10\%$ av total setning.

6. Rapportering

Antall passeringer med komprimeringsutstyret som skal til for å oppnå ønsket komprimeringsgrad, angis i rapporten.

Dersom utstyr eller framgangsmåte ikke er som beskrevet i denne metoden, skal det angis i rapporten.



2 Utlagte materialer

22 Utlagte ubundne materialer

2.2.4 Platebelastning

Februar 2018 (erstatter metode 15.328, mai 1997)

1. Hensikt

Platebelastning brukes for kontroll av komprimering på utlagte materialer med maksimal kornstørrelse mindre enn ca. 150 mm. Platebelastning kan også brukes for å måle bæreevne og stabilitet.

1.1 Prinsipp

Komprimeringen uttrykkes som endring i elastisitetsmodul ved gjentatt pålastning. Elastisitetsmodulen bestemmes på grunnlag av belastningsforsøk på en stiv, sirkulær og jevnt belastet plate etter følgende formel:

$$E = 0,75 \cdot (\Delta p / \Delta s) \cdot D$$

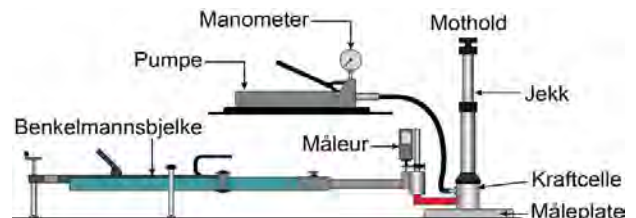
2. Definisjoner

2.1 Symboler

- E : elastisitetsmodul
- Δp : belastning på platen i kN/m²
- Δs : sammentrykking av materialet i mm
- D : platens diameter

3. Utstyr

- belastningsmothold, minst 8 tonn
- stålplate, diameter 0,3 m og 12 mm tykk
- benkelmannsbjelke
- måleur, målområde minimum 10 mm med avlesing på 1/100 mm
- hydraulisk jekk (80 – 100 kN), løftehøyde ca. 15 cm
- trykkpumpe: pumpe som kan levere minst 600 bar koblet til jekken med høytykks-gummislange.
- kraftcelle med digital skjerm for avlesning av kraft
- blankett, figur 2.2.4-3



Figur 2.2.4-1: Platebelastningsutstyr

4. Fremgangsmåte

Ved måling på bærelag må avstanden fra plate til nærmeste hjul være minst 1,5 m. På det sted målingen skal utføres, børstes løst materiale forsiktig bort. Steinlag som er forkilt med pukk, børstes ikke. Midtpunktet for platen finnes vha. loddsnor som plasseres i ansatspunktet for jekken. Platen skal være riktig plassert og i vater. Deretter monteres jekken, pumpen og benkelmannsbjelken med måleur settes opp.

Før forsøket begynner, belastes platen i noen sekunder med et trykk på 20 kN/m². Deretter stilles måleuret på null. Belastningen blir påført i 6 trinn: 50 – 180 – 300 – 420 – 500–600 kN/m². For hvert lasttrinn må trykket holdes mest mulig konstant. Synker trykket, må en øke dette forsiktig. Er det blitt for høyt, avleses ikke dette lasttrinn, men avmerkes på skjemaet.

For hvert lasttrinn skal måleuret avleses når setningene er ferdig, eller når uret ikke beveger seg mer enn 0,02 mm pr. min. Etter at målingene for alle lasttrinn er utført, avlastes langsomt til null. Etter at måleuret er kommet til ro, utføres en pålastning til, etter samme retningslinjer som første gang.

5. Resultater

Setningsmålingene registreres og oppteignes på blankett, figur 2.2.4-3.

Fra kurven for første gang belastning blir E_1 - verdien regnet ut på følgende måte:



Figur 2.2.4-2: Platebelastningsforsøket i felt

Først bestemmes de punkter på kurven som tilsvarer 0,3 og 0,7 av maksimalbelastningen. Ved en totalbelastning på 600 kN/m² tas setningen s_1 ved 180 og s_2 ved 420 kN/m² (hhv. 0,3 og 0,7 av totalbelastningen).

$$\Delta p = p_2 - p_1 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\Delta s = s_2 - s_1 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Verdiene settes inn i følgende formelen:

$$E = 0,75 \cdot (\Delta p / \Delta s) \cdot D$$

Fra kurven for andre gangs belastning, tas setningsverdien ut mellom det andre belastningstrinnet 180 kN/m² og det høyeste belastningstrinnet hvor kurven er tilnærmet rettlinjert. E_2 -verdien beregnes på samme måte som E_1 -verdien.

Verdien E_2/E_1 beregnes og oppgis med en desimal.

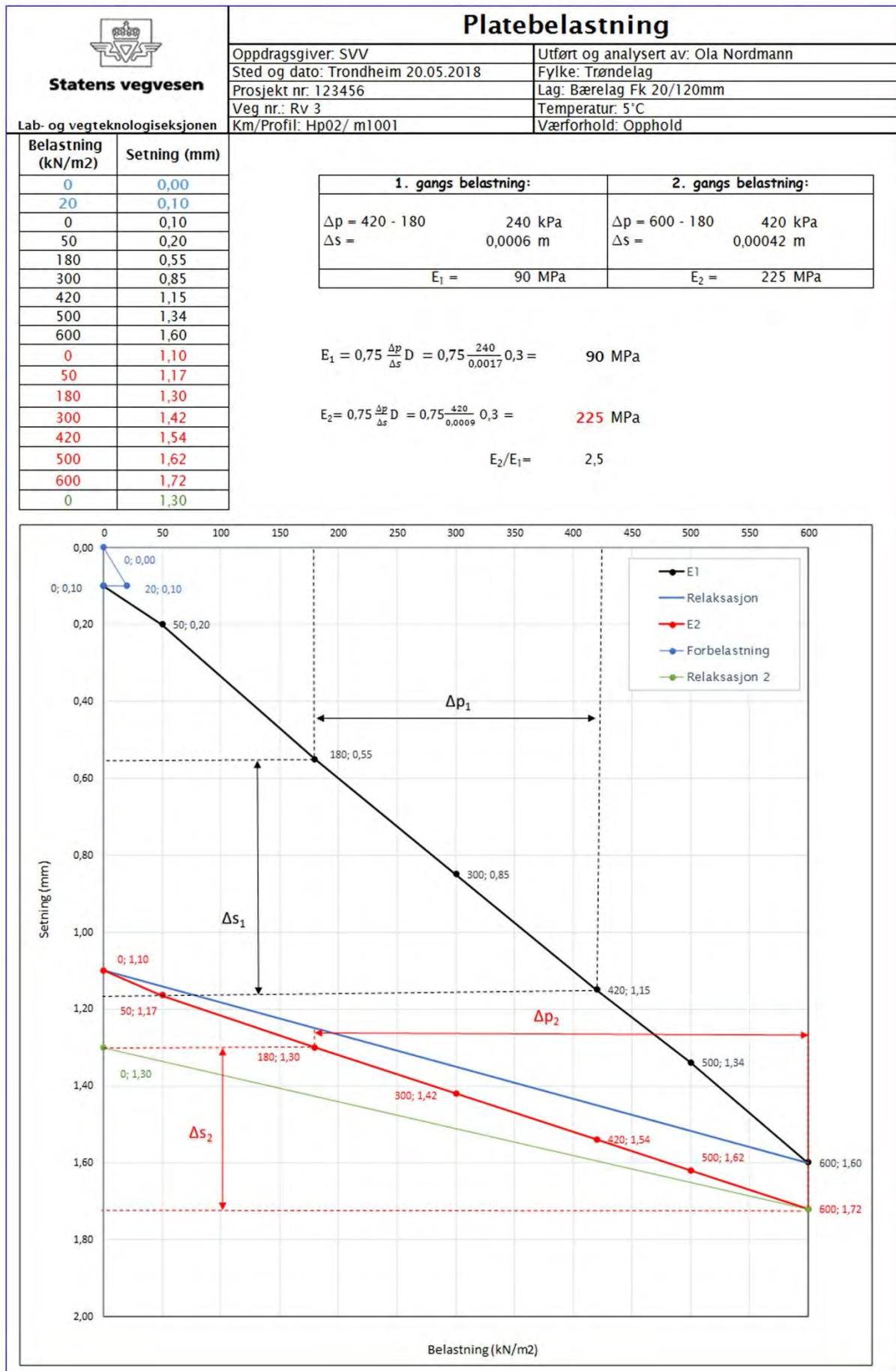
6. Rapportering

Resultatene rapporteres i form av utfylt skjema vist i figur 2.2.4-3.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS 3458:2004 Komprimering – Krav og utførelse (Utgave 1)



Figur 2.2.4-3: Registrering av platebelastningsforsøk



2 Vegbyggingsmaterialer

2.3 Utlagte bituminøse materialer

2.3.1 Prøvetaking av asfaltmasser

Januar 2018 (erstatte metode 15.3411, 15.3413 mai 1997)

1. Hensikt

Metoden brukes for å ta representativ prøve av asfaltmasser fra vegbanen, lass, haug og utlegger. Alle verksblandede kalde eller varme masser. Metoden gjelder ikke asfaltmasser som er ferdig kompaktert/ komprimert.

1.1 Prøvetaking på veg

Asfaltprøveskuffa føres gjennom det nylagte ikke komprimerte asfaltdekke og gir en nøyaktig avgrenset prøve av et asfaltlag som skal analyseres.

1.2 Prøvetaking av asfaltmasser i haug, på lass og i utlegger

Metoden brukes for prøvetaking fra haug, lass eller utlegger av alle verksblandede kalde eller varme massekvaliteter.

Det tas ut 4 delprøver fra haugen, lasset eller utleggeren som så blandes og splittes ned til en representativprøve.

2. Definisjoner

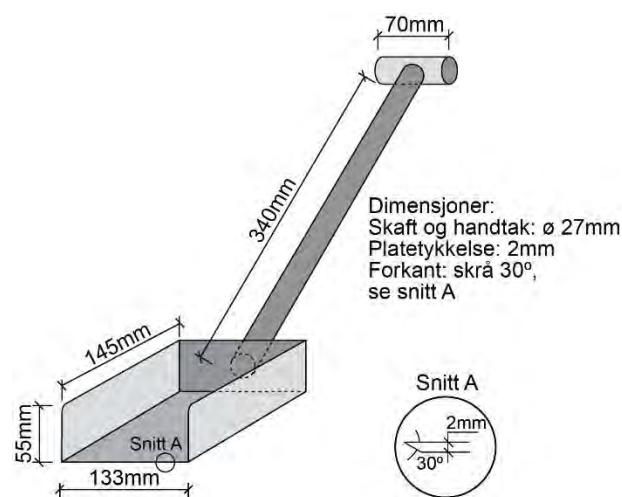
Eskeprøve: asfaltprøve som inneholder vanligvis 1,8 kg materiale.

3. Utstyr

- asfaltprøveskuffe
- egnet spade
- asfaltprøveeske
- blikkspann
- spatel
- hansker
- metallplate

STATENS VEGVESEN	
Entreprenør	Kontaktperson
Fylke	Prøvetaker / Dato
Oppdragsnr.	Prøvenr.
Merknader	

Figur 2.3.1-1: Eksempel på prøveeske



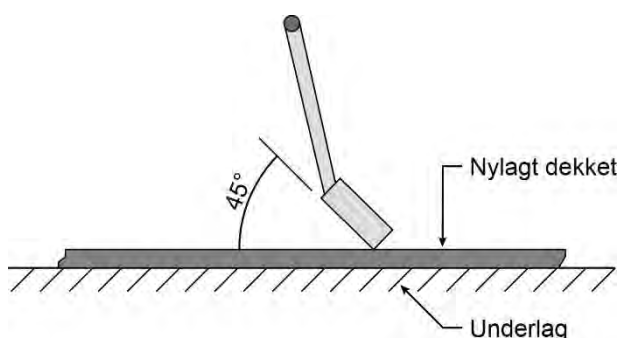
Figur 2.3.1-2: Målskisse av asfaltprøveskuffe

4. Fremgangsmåte

4.1 Prøvetaking med asfaltskuffe i veg

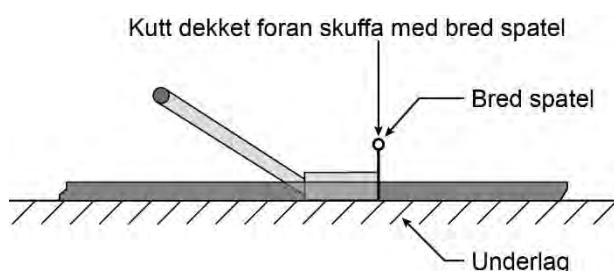
Hold skuffa i 45° vinkel ned mot asfaltlaget der prøven skal tas, se figur 2.3.1-2.

Før skuffa ned i denne vinkelen mot underliggende asfaltlag eller plate.



Figur 2.3.1-3: Bruk av asfaltprøveskuffe

Når underliggende lag nås, flat ut bevegelsen med skuffa og før denne fremover inntil nylagt dekke når bakvegg i skuffa. Skuffa er nå full.



Figur 2.3.1-4: Prøveopptaking med asfaltprøveskuffe

Innen skuffa løftes opp fra prøvestedet, føres en bred spatel ned foran skuffas fremkant. Asfaltprøven har nå en vekt på ca. 1,8 kg basert på et dekke med 100 kg asfalt/m².

Overfør så prøven til asfaltprøvesken. Dersom noe av prøven sitter igjen på skuffa etter overføring til esken, må dette skrapes av med en spatel og overføres til prøven i esken.

Dersom dekket er vesentlig tynnere enn 100 kg / m², må prøvetakingen gjentas etter denne prosedyren, men neste prøve kan overføres til esken der den første prøven er.

Emballasjen med asfaltprøven skal merkes forskriftsmessig og sendes mottaker.

4.2 Prøvetaking av asfaltmasser i haug, på lass og i utlegger

Fra haug, lass eller utlegger tas ut 4 delprøver. Ta porsjonene fra omtrent 100 mm under overflaten til materialet, fra forskjellige posisjoner så langt fra hverandre som praktisk mulig, men ikke nærmere enn 300 mm fra siden av lasteområde. Fjern alt overflatematerialet, inkludert alt grovt materiale som kan falle inn i hullet under prøvetaking.

NS-EN 12697-27

Tabell 2.3.1-1: Prøvemengde før utlegging

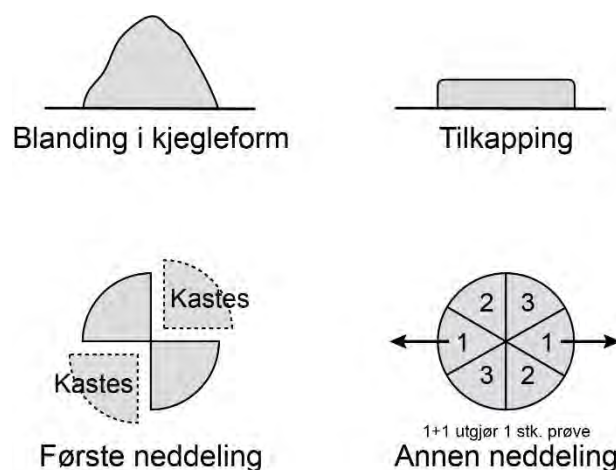
	Prøvemengde fra last, trau, screed og etter utlegger
D _{max} mindre enn 16mm	2 kg
D _{max} over 16mm	3 kg

Tabell 2.3.1-2: Prøvemengde etter utlegging

	Anbefalt prøvemengde fra haug	Minst prøvemengde etter neddeling
D _{max} mindre enn 16mm	4 · 3 kg	2 kg
D _{max} over 16mm	4 · 7 kg	3 kg

4.2.1 Bearbeiding av uttatt masse fra haug

De 4 delprøver blandes godt sammen på en ren plate til en kjegle som deretter flates ut. Den utflatede prøve kvartes ned og de 2 motsatte sektorer fjernes. De resterende sektorer blandes godt sammen på nytt til en kjegle som også flates ut (figur 2.3.1-5). Den utflatende prøve deles i 6 like store sektorer hvor det uttas 2 stk. prøver av 2 motsatte sektorer. All masse som fås ved de parvise sektorer utgjør en prøve. Anbefalt prøvemengde er 2 – 3 kg.



Figur 2.3.1-5: Prøveneddeling

5. Resultater

Asfaltprøver med riktig prøvemengde og antall for videre undersøkelser.

6. Rapportering

Merking av boks, spann og prøveesker skal inneholde:

- for arbeid utført på offentlige veger oppgis vegnummer, parsellnummer, metrering og avstand fra vegkanten
- data vedrørende kontraktsforhold
- tidspunkt og hvem (firmanavn) som har utført prøvetaking
- observasjon av forhold som kan ha betydning for prøvetakingen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 12697-27 (2017): Bituminøse masser. Prøvningsmetoder for varmblandet asfalt. Del 27: Prøvetaking

NS-EN 12697-28 (2001): Bituminøse masser Prøvningsmetoder for varmblandet asfalt Del 28: Tillaging av prøver for bestemmelse av bindemiddelinnhold, vanninnhold og korngradering



2 Vegbyggingsmaterialer

2.3 Utlagte bituminøse materialer

2.3.2 Temperaturmåling i masser

Januar 2018 (erstatte metode 15.343, mai 1997)

1. Hensikt

Metoden benyttes til å måle temperaturen på varmblandede masser på lass, i haug eller i utlegger.

1.1 Prinsipp

- Temperaturen måles med innstikk-termometer
- Temperaturen måles med IR-termometer

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- innstikk-termometer av bimetalotypen som på forhånd er kalibrert eller termoelektrisk instrument, som regelmessig kontrolleres i kokende vann.
- IR-digitalt termometer
- feltspade, murerskje e.l.



Figur 2.3.4-1: Eksempel på IR-termometer

Kommentar: Det er flere utførelser av bimetaltermometre når det gjelder form og størrelse. Fortrinnsvis benyttes et termometer med

lang, tynn spiss. Det er to grunner som tilsier dette. Den ene er at det er lettere å kunne stikke termometeret helt inn i massen og den andre er at termometeret bruker mindre tid for å stabilisere seg.

4. Fremgangsmåte

4.1 Måling med innstikk termometer

Ved hjelp av en feltspade, murerskje eller lignende fjernes det ytterste laget av massen (gjelder spesielt ved «toppede» lass) og termometeret stikkes til en dybde på minst 100mm. En må være påpasselig med at termometeret får tid til å stabilisere seg. Temperaturen avleses.

Dersom den korrekte måleverdi er uakseptabel i forhold til spesifikasjonene, skal det foretas måling i ytterligere to punkter på lasset – maksimum 250 mm fra det første målepunktet. Gjennomsnitt av de 3 målte verdiene defineres som massens temperatur. Måling kan foretas flere steder på lasset.

4.2 Måling med IR-termometer

Målinger med IR-termometer viser hovedsakelig overflatetemperatur av massen. Det er rimelig å anta at overflatetemperatur er noen lavere enn temperatur i massen. Mest korrekt måleresultat fås ved at man måler ved skruen på utlegger.

5. Resultater

Enkeltverdi eller gjennomsnitt av 3 måleverdier oppgis som massens temperatur.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde følgende informasjon og stedsangivelse:

- for arbeid utført på offentlige veier det oppgis vegnummer, parsellnummer, metring og feltnummer
- temperatur i massen

- data vedrørende kontraktsforhold
- tidspunkt og hvem (firmanavn) som har utført målingene
- type blanding og identifikasjonsnummer for dekket
- observasjon av forhold som kan ha betydning for resultater

Temperaturen i massen skal oppgis som enkeltmålinger eller snittverdi.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 12397-13 (2000): Temperaturmåling



2 Vegbyggingsmaterialer

2.3 Utlagte bituminøse materialer

2.3.3 Måling av dekketykkelse–beregning

Januar 2018 (erstatte metode 15.443, mai 1997)

1. Hensikt

Denne metoden kan grovt kontrollere asfaltdekketykkelsen med målestav. Gjennomsnittlig tykkelse beregnes ut fra masse.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- målestav (tomstokk)
- målehjul eller målebånd
- GPS registrering
- veisedler

4. Fremgangsmåte

Dekketykkelsen i enkeltpunkter kan kontrolleres ved innstikk med målestav (tommestokk) i ikke komprimert masse. Ta hensyn til hvor meget dekket lar seg komprimere, og det er vanligvis ca. 10 %. Gjennomsnittlig dekketykkelse bestemmes på grunnlag av belagt areal som måles opp og utlagt masse fra veisedler.

5. Resultater

Gjennomsnittlig dekketykkelse i mm kan beregnes når forbruket av masse i kg/m^2 og densiteten til det ferdige komprimerte dekke i t/m^3 (kg/dm^3) er kjent. Densiteten vil variere avhengig av tilslagsmaterialenes densitet, dekkets komprimeringsgrad og dekkekvalitet. Aktuell densitet finnes i arbeidsresept eller fra utførte analyser. Ved å dividere forbruket med densiteten fås gjennomsnittlig dekketykkelse.

$$d = \frac{\text{forbruk (kg/m}^2\text{)}}{\text{romdensitet (}\rho_d\text{ - t/m}^3\text{)}} = \frac{100 \text{ (kg/m}^2\text{)}}{2,5 \text{ (t/m}^3\text{)}} = 40 \text{ mm}$$

6. Rapportering

Dekketykkelsen oppgis i journal, enten i mm eller uttrykkes ved forbruket i kg/m^2 .



2 Vegbyggingsmaterialer

2.3 Utlagt bituminøse materialer

2.3.4 Måling av dekkets densitet

Januar 2018 (erstatte metode 15.344, mai 1997)

1. Hensikt

Metoden brukes for måling av densitet under og etter kompaktering av bituminøse vegdekker og bærelag.

Metoden kan brukes ved drifts- og stikkprøvekontroll.

1.1 Prinsipp

- isotopmåling
- bruk av elektromagnetisk felt eller induksjonsmåling

2. Definisjoner

2.1 Symboler

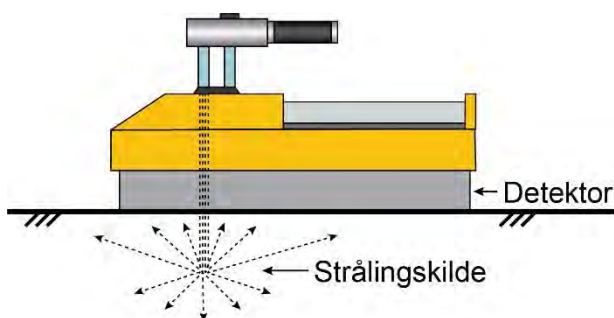
- ρ_b : densitet (dekkets densitet) i Mg/m³
- ρ_m : maksimumdensitet i Mg/m³

3. Utstyr

- kalkmel
- slurry
- sparkel
- vannflaske

3.1 Isotopmåler

Instrumentet skal være godkjent av Statens strålevern. Det skal bestå av en kapslet gamma stråle- kilde, en strålingsdetektor, en registreringsenhet og en referanseplattform for kalibrering av utstyret.



Figur 2.3.4-1: Isotopmåler

3.1.1 Vedlikehold

Service og kalibrering av måleutstyr skal utføres i henhold til leverandørens beskrivelse. Måleutstyr bør i tillegg kontrolleres jevnlig mot objekter med kjent densitet.

Kommentar: Det forutsettes at det personell som skal bruke utstyret, er gitt grundig opplæring i strålehygiene, måleprinsippet og praktisk bruk av instrumentet.

3.2 Induksjonsmåling

Før en kan begynne måling, må utstyret kalibreres mot et materiale med kjente egenskaper. Dette kalles standardisering. Standardiseringen gjentas når målingene er avsluttet for å kontrollere at utstyret er stabilt, og ellers som foreskrevet fra fabrikanten.

Referansematerialet følger normalt med som en løs plate som skal plasseres på et egnet underlag ved standardisering (eks. komprimert jord, betong eller asfalt). Underlagets vanninnhold må ikke overstige 15 %.

Prinsippet for standardisering vil variere noe for de forskjellige typer måleutstyr, og det er derfor viktig at den prosedyre og de krav som fabrikken oppgir, nøye overholdes. Dersom måleutstyret ved standardisering ikke holder de krav som er oppsatt fra fabrikanten, må utstyret undersøkes nærmere.

4. Fremgangsmåte

4.1 Måling med isotopmåler

Målinger skal foretas på tørt dekke. På normalt ru asfaltdekker påføres kalkmel eller slurry for å eliminere måleunøyaktigheter som ellers kan oppstå. Kalkmelet, eventuelt slurry sparkles jevnt ut slik at det bare fyller overflateporene.

Ved plassering av måleren skyves denne forsiktig et par ganger frem og tilbake slik at overflaten blir helt jevn og fullstendig uten overskudd. Alternative måleprosedyrer, spesielt når overflaten har stor

ruhet, kan benyttes i henhold til leverandørens anvisninger.



Figur 2.3.4-2: Måling av dekkets densitet med induksjonsmåler

Det måles på et utvalgt område, en måling består av fire avlesninger. Avlesninger 1 og 2 tas i samme posisjon. Etter det vendes måler 180 grader, og avlesninger 3 og 4 avleses. Middelerdien av disse 4 avlesningene angis som dekkets densitet (ρ_b) på dette stedet. En måling skal ha et minimum telletid på 30 sekunder, figur 2.3.5-3.



Figur 2.3.4-3: Målområde

4.2 Måling med induksjonsmålere

Punktmålinger foretas på et forhåndsbestemt punkt ved å ta en eller flere målinger, figur 2.3.4-2.

5. Resultater

Fortløpende registrerte måleresultater av densitet (ρ_b) føres inn i en journal.

Hulrom utregnet fra målt densitet (ρ_b) i forhold til oppgitt maksimum densitet (ρ_m) oppgitt i resept.

Eventuell utregning av hulrominnhold (V_m) foretas på laboratorium i henhold til funnet maksimumsdensitet (ρ_m) for uttatte boksprøver, masseprøver eller borkjerneprøver og i henhold til de målte densiteter (ρ_b).

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde følgende informasjon og stedsangivelse:

- for arbeid utført på offentlige veier oppgis vegnummer, parsellnummer, metrering og avstand fra vegkanten
- målerens ID nummer
- data vedrørende kontraktsforhold
- tidspunkt og hvem (firmanavn) som har utført målingene
- type blanding og identifikasjonsnummer for dekket
- måleutstyr og prosedyre
- densiteter i Mg/m^3 med 3 desimaler
- observasjon av forhold som kan ha betydning for resultater

Ved utregning av hulrom skal følgende informasjon oppgis:

- maksimumdensitet i Mg/m^3 med 3 desimaler
- hvordan maksimumdensitet er fremkommet med referanse til relevante standarder
- beregnet hulrom (gjennomsnitt) i prosent med 1 desimal

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 12697-7 (2014): Bituminøse masser – Prøvmingsmetoder for varmblandet asfalt – Del 7: Bestemmelse av densitet av bituminøse prøvelegemer ved isotopmåling

NS-EN 12697-5 (2009): Rettelsesblad AC – Bituminøse masser – Prøvmingsmetoder for varmblandet asfalt – Del 5: Bestemmelse av maksimal densitet



2 Vegbyggingsmaterialer

2.3 Utlagte bituminøse materialer

2.3.5 Prøvetaking av støpeasfalt og Topeka 4S fra transportkoker

Mars 2018 (erstatte metode 15.3412 og 15.3415, mai 1997)

1. Hensikt

Prøveuttak av ferdigblandet støpeasfalt og Topeka 4S. Prøver tas direkte fra transportkoker med mekanisk røring.

Prøve tas ut i metallspann med trykklokk eller metallbolle med lokk. I tillegg kan prøveklosser til stempelinntrykk støpes i kartongesker på utleggingsstedet.

Kommentar: I metoden arbeides med asfaltmasser med høy temperatur 180–230 °C. Fare for forbrenningsskade. Benytt alltid verneutstyr (førede arbeidshansker, visir/øyebeskyttelse mv.). Løsemiddel må ikke brukes i forbindelse med prøvetakingen.

2. Definisjoner

Støpeasfalt: Ensartet, bindemiddelrik blanding av (polymermodifisert) bitumen og tørket, oppvarmet steinmateriale og høyt innhold av filler.

Støpeasfalt (Sta) nyttes som slitelag på bruer og på vegger, gater og plasser samt til sporfylling. Sta 2 og Sta 4 benyttes som isolerings- og beskyttelseslag på bruer.

Topeka 4S: Ensartet, bindemiddelrik blanding av oppvarmet, finkornet steinmateriale og polymermodifisert bitumen. Topeka 4S benyttes som fuktisolering på bruer mv.

3. Utstyr

3.1 Prøveuttak i spann

- Metallspann, 3 liter med trykklokk (figur 2.3.5–1), som rommer minimum 2,5 liter prøve.
- Skyffel (liten spade) med butt spiss, for å ta ut varm asfaltmasse fra transportkoker

Kommentar: En metallbolle (flat bunn) med passende lokk kan også benyttes.



Figur 2.3.5–1: Prøveuttak i spann med lokk

3.2 Prøveuttak i pappeske

- metallspann (3 liter) eller metallbolle med flat bunn (4–6 liter)
- stor, kraftig sparkel eller murerskje med avrundede kanter for å røre om i metallspannet/metallbollen.
- murerskje eller liten håndskuffe, bredde/lengde/skaft: 10 cm/20 cm/20 cm, for å overføre asfaltmasse til pappeske
- formstabil pappeske med innvendige mål 70×70×70 mm (figur 2.3.5–2), som passer til stempelinntrykksapparatet
- stålformer som eskene settes i ved utstøping (figur 2.3.5–3)
- stampekløss av hardtre med kvadratisk tverrsnitt, ca. 30 mm bred



Figur 2.3.5–2: Prøveuttak av kloss i kartongeske (Foto: Statens vegvesen)



Figur 2.3.5–3: Eksempel på metallform for fylling av kartongesker (Foto: Spesialdekker, DABgroup)

Esken skal ha felter for utfylling, se pkt. 5.

To kartongesker kreves til én prøving.

Kommentar: Feltene på prøveesken fylles ut i samsvar med bestillingskjemaet.

4. Fremgangsmåte

4.1 Prøveuttak av støpeasfalt eller Topeka 4S i spann

Prøven tas fra utløpsrennen til transportkokeren med to spadetak etter at en tredel av asfaltmassen er sluppet ut.

Det overføres minimum 2,5 liter asfaltmasse til bollen eller spannet.

Det skal være lokk eller annen tildekning til bolle eller spann. Merk bolle/spann med prøvetype, dato, prøvenr. mv.

4.2 Prøveuttak av støpeasfalt eller Topeka 4S i kartongeske

Masseprøven tatt i spann eller bolle fra pkt. 4.1 homogeniseres umiddelbart etter uttak ved omrøring med avrundet sparkel eller murerskje. Deretter overføres prøvematerialet porsjonsvis til kartongesker som er montert i en tilpasset metallform.

Kommentar: Det kan fylles direkte i kartongeskene med egnet spade eller skyffel. Kartongene skal være montert i metallholderen før påfylling.

Fordel massen jevnt utover og dytt ved behov med en sparkel eller spatel slik at luftlommer unngås. Sørg for at alle hjørnene fylles.

For Topeka 4S, som vil være flytende ved fylling i esken, benyttes ikke stampekloss. Fyll esken helt opp med overhøyde 1–2 mm.

For støpeasfalt stemples massen lett med stampeklossen for å fylle hjørnene. Med stampeklossen formes en liten overhøyde (1–2 mm) midt på klossen. Etter nedkjøling vil overflaten bli tilnærmet vannrett.

Det skal alltid lages 2 klosser til én prøve. Fyll ut feltene på pappesken.

Kommentar: Påse at prøven ikke blir forurensset av sand, støv, folie o.l.

4.3 Prøvinger

Følgende prøvinger kan tas fra prøveuttaket:

- Stempelinntrykk
- Kurve og bindemiddelinhold

Hvis byggherre og entreprenør skal ha hver sine prøver, lages det minimum 2 klosser til hver.

Kommentar: Ved uttak i kartongesker der det ønskes kornkurve og bindemiddelinhold, bør det tas ut 0,5 liter ekstra materiale.

5. Rapportering

Hver prøve eller beholder skal være tydelig merket. Det skal følge med en prøvetakingsrapport med informasjon om:

- kontrakt/prosjekt, arbeidsplass, bru nr.
- dato, klokkeslett
- massetype
- prøvenr.
- hvor prøven(e) er tatt (fra bil, henger mv.)
- entreprenør/produzent
- prøvetaker (*signatur*)

6. Referanser

NS-EN 58 (2012): Bitumen og bituminøse bindemidler – Prøvetaking av bindemidler

NS-EN 12697-27 (2017) Bituminøse masser, Prøvingsmetoder for varmblandet asfalt – Del 27: Prøvetaking

NS-EN 12697-20 (2012): Bituminøse masser – Prøvingsmetoder for varmblandet asfalt – Del 20: Stempelinntrykk ved bruk av kubiske eller sylinderformede prøvelegemer (CY)

7. Tillegg

7.1 Ikke riktig uttatte prøver



Figur 2.3.5-4: For lite prøve i esken – prøven krymper når den avkjøles. Må derfor fylles med 1–2 mm overhøyde (Foto: Statens vegvesen).



Figur 2.3.5-5: Forurenset prøve med smeltet plastfolie (Foto: Statens vegvesen)



2 Vegbyggingsmaterialer

2.3 Utlagte bituminøse materialer

2.3.6 Måling av tykkelse på asfaltmastiks (Topeka 4S)

Mars 2018 (ny)

1. Hensikt

Metoden benyttes til enkel tykkelsesmåling av utlagt fuktisoleringsmastiks, Topeka 4S, på brudekke.

1.1 Prinsipp

Tykkelsen måles ved å stikke en syl med avstandskloss gjennom membranen og måle nedtrengningen til hardt underlag. Etter måling tettes hullet med vannfast, elastisk fugemasse.

2. Definisjoner

Prøvepunkt: representeres av tre målepunkter, i hjørnene av en trekant med 20 cm sider.

3. Utstyr

- syl av rundt stål, diameter (4 ± 1) mm. Spisslengde (15 ± 5) mm
- avstandsholder som kan skyves på sylen. F.eks. en sylindrisk gummipropp (type vinkork)
- meterstokk med 1 mm inndeling med et passende anhold
- vannfast og elastisk fugemasse på tube (lys farge)
- merkemaling, kritt e.l.

Se figur 2.3.6-1

4. Fremgangsmåte

4.1 Måling av membrantykkelse

Målingen utføres på tørr overflate. Eventuell fuktighet eller overflatevann skal være fjernet og tørket av med bomullsklut eller tørkepapir.

Det merkes av en ring rundt hvert av de tre målepunktene, plassert i hjørnene i en likesidet trekant, med sidelengde 20 cm.

Sylspissen, påmontert avstandsholder, trykkes loddrett ned gjennom membranen til den treffer underlaget. Hvis sylspissen treffer en stein, foretas et nytt stikk maksimalt 5 cm fra det uegnede målepunktet.

Ta ut sylen og mål nedtrengningen som avstanden fra sylspiss til avstandsholderen med meterstokken til nærmeste 1 mm. Benytt anholdet for å gjøre avlesningen tydeligere.

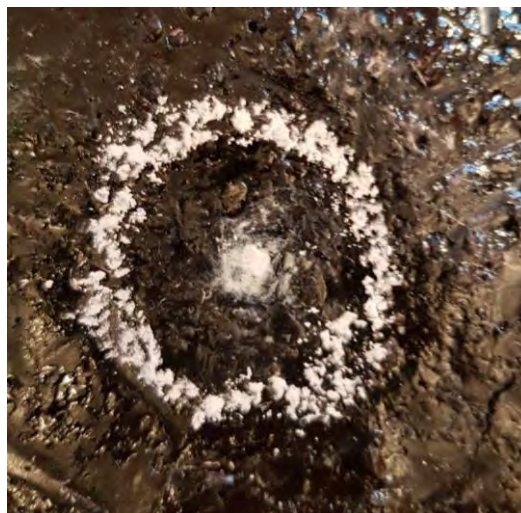


Figur 2.3.6-1: Utstyr for tykkelsesmåling

4.2 Tetting av prøvehullene

Det blir et lite hull etter sylsticket som ikke går igjen av seg selv. Hullet tettes permanent med fugemasse som er lysfarget for å vise at stikkhullet er tettet. Se figur 236-2.

Prøvepunkter på den aktuelle strekningen, nummereres og stedfestes, slik at de er gjenfinnbare i ettertid.



Figur 2.3.6-2: Sylstikkhull tettet med hvit fugemasse. Målepunktet er markert med kritt.

5. Resultater

Membrantykkelsen beregnes som gjennomsnittet av 3 sylstikkmålinger til nærmeste 1 mm.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- Sted og dato
- Vegnummer, parsell og meter
- type brudekke (betong, stål, tre mv.)
- avstand fra føringskant og bruende
- spesielle forhold (ujevnt underlag, ujevn membran mv.)

7. Referanser

Egenutviklet metode, ikke standardisert.



2 Vegbyggingsmaterialer

2.4 Prøvetaking på eksisterende veg

2.4.1 Prøvetaking i veg (oppgraving)

Februar 2018 (erstatte metode 15.431, nov 1996)

1. Hensikt

Ved forsterkning av veg kan det være behov for å bestemme vegens oppbygning ved at det tas ut prøver av de enkelte materiallagene i overbygning og underbygning.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

Til oppgraving av prøvehull kan det brukes gravemaskin, borrhigg med naverbor, motorspett eller spade. Materialene i vegkroppen vil være avgjørende for hvilket utstyr som er mest hensiktsmessig. For øvrig trengs:

- liten spade e.l.
- plastposer
- metermål
- registreringsskjema og skrivesaker
- merkelapper
- lappemasse (for veger med asfaltdekke)
- komprimeringsutstyr (f.eks. plate på motorspett)
- nødvendig varslingsutstyr og sperremateriell

4. Fremgangsmåte

4.1 Plassering av prøvehullene

Plassering av prøvehullene i lengdeprofil vil avhenge av hva undersøkelsen skal brukes til. Normalt tas ca. åtte prøvehull for hver kilometer.

Skal vegen forsterkes, bestemmes prøvehullenes plassering etter at den aktuelle vegparsell er delt opp i delstrekninger med enhetlig kvalitet på bakgrunn av f.eks. skader på vegen, nedbøyningsmålinger og spormålinger kombinert med observasjoner av topografi, grunn- og dreneringsforhold.

Prøvehullene plasseres i hovedsak i ytre hjulspor eller minst 0,5 m fra dekkekant på veger med fast dekke. Før gravingen begynner, må en ha forvissnet

seg om at det ikke ligger kabler eller ledninger i vegen. Særlig viktig er dette i tettbygde strøk. Instanser som eier kabler må kontaktes.

4.2 Prøvetaking og merking

Når prøvehullet er gravd eller boret ut, skrapes kanten ren slik at hvert lag er tydelig. Grensene mellom de ulike lag bestemmes og tykkelsen av hvert enkelt lag måles med 2 cm nøyaktighet fra overkant dekke og nedover. Profilet tegnes inn på registreringsskjema, figur 2.4.1-1, hvor det også noteres fylkesnummer, vegkategori, vegnummer, hovedparsellnummer og kilometerangivelse. Det tas ikke prøve av det faste dekket, men om mulig angis dette.

For hvert enkelt lag noteres lagnummer og lagtykkelse. Lag nr. 1 begynner på dekket. For å skille undergrunnen fra de øvrige lag i overbygningen, skal lagtykkelsen for undergrunnen fylles ut med 00.

Lagskillene skal markeres med en horisontal strek over hele skjemaet.

Generelt tas prøve av de underliggende lag fra toppen og nedover, ett lag av gangen. Prøven tas ved å ta ut et ekstra vertikalt snitt i veggen av prøvegroppen.

Toppen av det laget som det skal tas prøve av, renses for ikke å få med rester av materiale fra det overliggende laget.

En spade, brett eller stålbeholder holdes inn til veggen i underkant av det aktuelle lag. Deretter hugges laget ut med et spett eller spade og materialet samles opp på brettet.

5. Resultater

5.1 Registreringer

Veggene på laget skal være loddrette. Blir prøven for stor, tas en gjennomsnittsprøve på 1 – 2 kg. Prøven legges i plastpose sammen med merkelapp hvor det noteres de samme data som er angitt på registreringsskjemaet.

Lag med mindre tykkelse enn 5 cm tas det vanligvis ikke prøver av, men materialet klassifiseres visuelt og føres på skjemaet.

Ligger slike tynne lag like under et fast dekke, er det viktig å få en riktig klassifisering, og i slike tilfeller bør det tas prøve.

Etter at prøvetaking av overbygningen er utført, skovles eller graves det ut prøve av undergrunnen lagvis ned til minimum 1,8 meter under vegens overflate.

Dette for å kunne vurdere frostsikring over telefarlig (T3- og T4-materialer) grunn iht. kapittel 511.1 i N200. Består undergrunnen av ikke telefarlige materialer kan skovling eller graving avsluttes tidligere.

Eventuelt myr-/jordlag bestemmes med sondering til fast undergrunn utover bestemt prøvedybde.

Det er ikke hensiktsmessig å ta prøver av steinlag, verken i over- eller underbygningen. Det er tilstrekkelig å angi maksimum og minimum størrelse og beskrive steinlaget på grunnlag av dette. Er steinlaget mer eller mindre mettet med finstoffholdig materiale, tas prøve av dette. Det er heller ikke nødvendig å ta prøve av isolasjonsplater, bark, myr eller torv, men de må klassifiseres.

5.2 Visuell klassifisering

Til hjelp ved klassifiseringen vises til tabell 2.4.1-1 og tabell 2.4.1-2. På grunnlag av denne klassifiseringen gis materialet et kodetall i registreringsskjemaet.

Det er en fordel at den som skal foreta den visuelle bedømmelsen har godt kjennskap til å bedømme jordarter.

Når prøvetakingen er ferdig, skal tilbakefyllingen av de oppgravde materialene skje på en slik måte at de i størst mulig grad blir lagt ned igjen på sin "riktige" plass. Dette må en ta hensyn til når prøvehullet graves opp.

Materialene komprimeres lagvis og evt. asfaltering utføres med det samme.

Tabell 2.4.1-1: Materialkodetall i overbygningen

Kodetall	Materialbetegnelse	Telegruppe
01	Betongdekke	
02	Asfaltdekke (Agb, Ab, Ma)	
03	Asfaltert grus (Ag)	
04	Ottadekke (Do)	
05	Asfaltert sand (As)	
06	Asfaltert puk (Ap)	
07	Sementbunden puk (Cg)	
08	Oljegrus (Og)	
09	Penetrert puk (Pp)	
10	Forkilt puk (Fp)	T1
11	Bærelag, grus	T1
12	Forsterkningslag	T1
13	Grus, sand, morene med lite finstoff	T2
14	Grus, sand, morene med mye finstoff	T3
15	Krakelert asfaltdekke	
16	Krakelert oljegrus	
17	Brostein	
18	Isolasjonsplater	
19	Bark	
20	Lettklinker	
21	Skumglass	

Tabell 2.4.1-2: Materialkodetall i underbygningen

Kode-tall	Materialbetegnelse	Tele-gruppe	Bæreevne-gruppe
1	Fjell, steinfylling		I
2	Grus, sand, velgradert	T1	II
3	Sand, ensgradert	T1	III
4	Grus, sand, morene med lite finstoff	T2	IV
5	Grus, sand, morene med mye finstoff	T3	V
6	Silt, leire	T4	VI
7	Myr, torv		VII
8	Bark		VIII

6. Rapportering

Etter at prøver er blitt analysert ved laboratoriet, legges resultatene inn i Labsys. Kornkurve ut fra sikting og hydrometeranalyse gir finstoffinnhold (materiale mindre en 0,063 mm) samt materiale mindre enn 0,020 mm. Telegruppe, graderingstall i tillegg til jordartbestemmelse framkommer.


Resultatene legges inn i registrerings skjemaet, se figur 2.4.1-1. Videre legges data fra registrerings skjemaet inn i «oppgravingsregisteret» i vegdatabanken (NVDB).

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gjeldende.

R210 (2016): Laboratorieundersøkelser. Statens vegvesen.

N200 (2014): Vegbygging. Statens vegvesen.

 Statens vegvesen		Registreringsskjema for prøvetaking av oppgravingsprøver og materialklassifisering med laboratorieanalyser					Oppgraving: Dato: Signatur:					
							Klassifisering: Dato: Signatur:					
Fylkesnr.	Vegkategori (EV, RV, FV)	Veg nr.			Hp nr.	Km		Km (år)	Side (h/v)			
	V											
h=høyre, v=venstre												
Oppgraving på veg						Klassifisering med laboratorieanalyser						
Dybde (cm)	Skisse	Lag nr.	Lag- tykkelse (cm)	Material- type	Bære- evne- gruppe	Prøve nr.	Jordart	Materiale < 63 µm (%)	Materiale < 20 µm (%)	Tele- gruppe	Cu	Merknader
10												
20												
30												
40												
50												
60												
70												
80												
90												
100												
110												
120												
130												
140												
150												
160												
170												
180												
190												
200												

Figur 2.4.1-1: Registreringsskjema



2 Vegbyggingsmaterialer

2.4 Prøvetaking på eksisterende veg

2.4.2 Prøvetaking i veg (naverboring)

Februar 2018 (erstatte metode 15.432 mai 1997)

1. Hensikt

Naverboring benyttes for prøvetaking av overbygning og undergrunn i eksisterende veg ved at prøvehullet bores opp med naverbor, og prøver kan deretter tas fra hullveggen i spesielle prøvebeholdere. Naverboret skrues ned i bakken med en borerigg.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

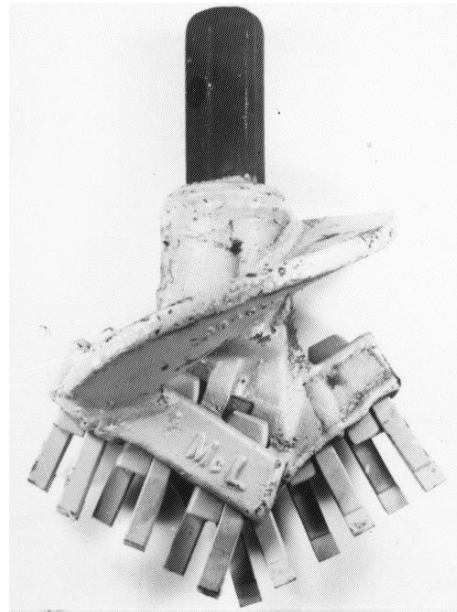
I tillegg til borerigg er det behov for følgende utstyr:

- naverbor
- drevstang
- forlengelsesstenger
- prøvebeholdere
- merkelapper
- lappemasse (for vegger med asfaltdekke)
- stampestett
- hammer
- spade, spett, meisel
- prøveposer
- borkort
- nødvendig varslingsutstyr og sperremateriell

Naverbor: Boret er 1 m langt og har diameter 8". Det er delt slik at nedre delen, 30 cm (kronen), kan tas av. På vegger med bituminøst dekke bør det benyttes Ø8" fingerborkrone med utskiftbare fingre for gjennomskjæring av dekke (se figur 2.4.2-1).

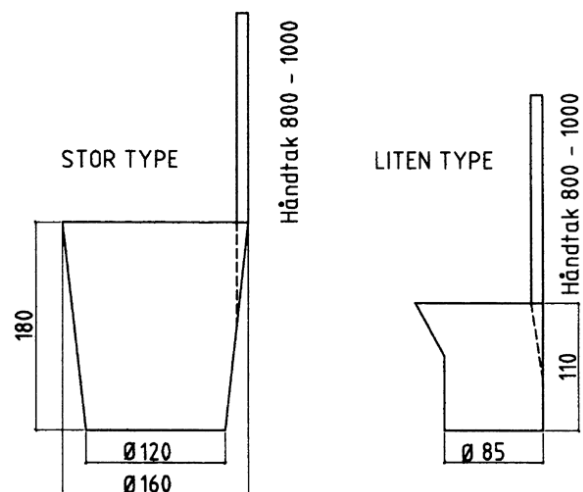
Drevstang: Drevstangen er en Ø36 mm 1 m lang borstang som i den ene enden har påsveisert 100 mm lang 1 5/8" sekskanttapp. Sekskanttappen settes inn i naverboret og holdes på plass med en låsesplint. Låsesplinten løses med en spesialhammer.

Forlengelsesstenger: Til forlengelse av drevstangen brukes 1 m lange Ø36 mm standard borstenger med skjøtetapp.



Figur 2.4.2-1: Fingerborspiss

Ved prøvetaking i borchullet benyttes to forskjellige typer øselignende stålbeholdere, se figur 2.4.2-2. Den største typen har en diameter 160 mm. En mindre type med diameter 85 mm, har et nebb øverst på beholderen, og brukes for å skrape materiale i hullveggen. Begge beholderne er forsynt med håndtak.



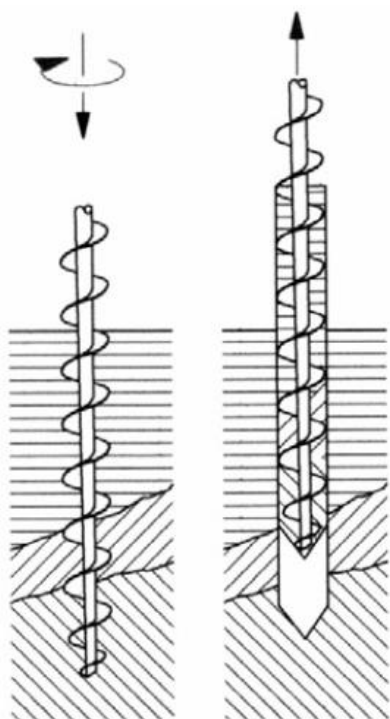
Figur 2.4.2-2: Prøvebeholdere

4. Fremgangsmåte

Tårnet på boreriggen reises loddrett over prøvepunktet.

For prøvetaking under bituminøst dekke settes Ø8" fingerborkrone på naveren.

Ved boring i steinete overbygning bør materiale som trekkes opp av naveren skyves unna prøvehullet for å unngå at stein følger naverbladet videre opp i føringen og kiler seg fast. Naveren skal stanses hvis dette skjer.



Figur 2.4.2-3: Virkemåte for naverbor

Når det er boret i ønsket dybde, 1,8 - 2,4 m, trekkes naverboret opp, og boreriggen kjøres unna.

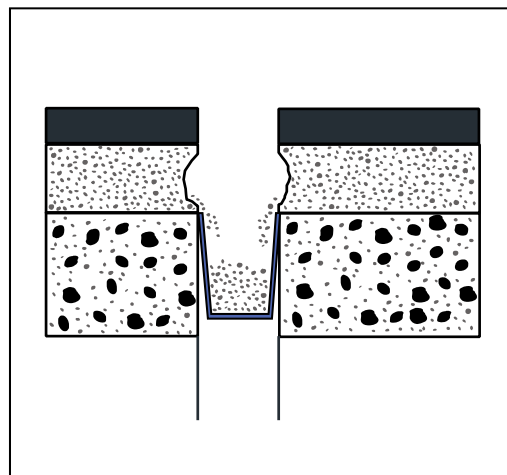
Borhullveggen renses slik at de forskjellige materiallagene trer klart frem og kan måles inn. Deretter senkes prøvebeholderen ned i hullet til overkant beholder er i underkant med det lag som skal prøvetas. Materialet hugges ut i veggen, se figur 2.4.2-4. Prøven overføres til prøvepose, og beholderen senkes til underkant av neste lag for prøvetaking.

Nødvendig prøvemengde er avhengig av øvre kornstørrelse på materiallaget, se metode 2.1.1.

5. Resultater

5.1 Registreringer

Registreringsskjema for oppgravingsprøver benyttes. Vegidentitet må alltid være utfylt. Det skal dessuten avmerkes med h eller v for henholdsvis høyre og venstre, avhengig av på hvilken side av vegen registreringen er foretatt.



Figur 2.4.2-4: Prøvetaking fra hullvegg

Lagnummer må påføres. Det øverste lag (dekket) gis nr. 1. De påfølgende lag nummereres fortløpende.

Lagtykkelse må oppgis. Materialkoden må også påføres hvert enkelte lag, se metode 2.4.1. For undergrunnen må det alltid settes 00 i kolonne for lagtykkelse.

Materialtype må oppgis for alle lag, bortsett for undergrunnen.

Bæreevnegruppe skal bare oppgis for undergrunnen og for lag i overbygningen som har materialkode 13 eller 14. Årsaken til dette er at materialer i telegruppe T2 og T3 (hhv. materialkode 13 og 14) skal beregningsmessig betraktes som undergrunn. Materialtype 13 og 14 tilhører henholdsvis bæreevnegruppe 4 og 5.

6. Rapportering


Etter at prøver er blitt analysert ved laboratoriet, legges resultatene inn i Labsys. Kornkurve ut fra sikting og hydrometeranalyse gir finstoffinnhold (materiale mindre en 0,063 mm) samt materiale mindre enn 0,020 mm. Telegruppe, graderingstall i tillegg til jordartbestemmelse framkommer.

Resultatene legges inn i registreringsskjemaet (se figur 2.4.2-5). Videre legges data fra registreringsskjemaet inn i «oppgravingsregisteret» i vegdatabanken (NVDB).

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gjeldende.

R210 (2016): Laboratorieundersøkelser. Statens vegvesen

 Statens vegvesen		Registreringsskjema for prøvetaking av oppgravingsprøver og materialklassifisering med laboratorieanalyser										Oppgraving: Dato: Signatur:					
												Fylkesnr.		Vegkategori (EV, RV, FV)		Veg nr.	
		V															
h=høyre, v=venstre																	
Oppgraving på veg							Klassifisering med laboratorieanalyser										
Dybde (cm)	Skisse	Lag nr.	Lag- tykkelse (cm)	Material- type	Bære- evne- gruppe	Prøve nr.	Jordart	Materiale < 63 µm (%)	Materiale < 20 µm (%)	Tele- gruppe	Cu	Merknader					
10																	
20																	
30																	
40																	
50																	
60																	
70																	
80																	
90																	
100																	
110																	
120																	
130																	
140																	
150																	
160																	
170																	
180																	
190																	
200																	

Figur 2.4.2-5 Registreringsskjema



2. Vegbyggingsmaterialer

2.4 Prøvetaking på eksisterende veg

2.4.3 Prøvetaking av verksblandede bærelag og dekker

Januar 2018 (erstatte metode 15.441 og 15.442, mai 1997)

1. Hensikt

Metoden brukes ved alle bærelags- og vegdekkekaliteter, men ikke ved brubelegninger fordi belegningenes vanntettende effekt kan bli ødelagt. En skal vurdere mellom borkjerneuttak og utskjæring av dekkeprøver avhengig av analysemetode og omfang. Diameter på borkrone og prøvens dybde styres av analyse fra R210.

1.1 Prinsipp

Prøver skjæres eller uttas med borkjernemaskin i vegbane etter at dekket er ferdigkomprimert.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

3.1 Borkjerneprøver

- komplett borkjernemaskin
- diamantkroner
- tang for opptak av prøver
- lappemasse og klebemiddel
- stamper
- fettstift

3.2 Utskjæring

- skjære/hugge redskap, f.eks. motorsag med sirkulært blad, karborundum-, evt. diamantbesatt
- brekkjern, evt. telebrekker
- merkemateriale, maling og lignende
- lappemasse, klebemiddel
- stamper

4. Fremgangsmåte

Prøveuttak bør skje på forhåndsbestemte punkter, det er ønskelig at å ta prøver på steder hvor tidligere var tatt densitetsmålinger, for eksempel isotopmålinger.



Figur 441-1: Borkjerneuttak

4.1 Borkjerneprøver

Borkjernemaskinen plasseres med borkronen vinkelrett på prøveuttaksstedet. Borkjernemaskinen skal stå fast opplagret, eventuelt med belastning. Borkronen føres lett ned under boring, den skal ikke presses ned med makt. Bruk vann for kjøling ved utboring. Innenfor hvert merket felt, eller ved tilsvarende areal, bores det ut 2 stk. kjerner. Disse to kjerner registreres som 1 stk. prøve. Prøvestedet lappes omhyggelig.

4.2 Dekkeprøver ved utskjæring

På oppmerket prøvested skjæres eller hugges ut en prøve med størrelse ca. 400x400 mm i nødvendig tykkelse. Prøven brytes opp med egnet redskap. Av hensyn til eventuell hulromsbestemmelse må prøven tas opp så skånsomt som mulig, så den ikke brytes i stykker. Prøvestedet lappes omhyggelig.

4.3 Emballering

Prøvene emballeres for forsendelse i stive kasser, tre/stål, med dekkeoverflaten liggende mot en plan bunn i kassen og ellers sikret mot forskyvning.

Emballering av borkjerneprøver i plast takrenner, hvor prøvene legges etter hverandre, har vist seg effektivt. Takrenner med prøver pakkes fast i kasser. I hver kasse skal det bare være ett lag prøver. Prøvene merkes godt.

5. Resultater

Borkjerner for transport til og videre bearbeiding i laboratorium.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde følgende informasjon og stedsangivelse:

- for arbeid utført på offentlige veier oppgis vegnummer, parsellnummer, metring og avstand fra vegkanten
- målerens ID nummer
- data vedrørende kontraktsforhold
- tidspunkt og hvem (firmanavn) som har utført målingene
- type blanding og identifikasjonsnummer for dekket
- observasjon av forhold som kan ha betydning for resultater

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.



3 Betong

- 3.1 Prøvetaking av betong og delmaterialer
- 3.2 Undersøkelse av fersk betong
- 3.3 Undersøkelse av herdet betong
- 3.4 Spesielle betongundersøkelser



3 Betong

3.1 Prøvetaking av betong og delmaterialer

3.1.1 Prøvetaking av fersk betong

Desember 2017 (erstatte metode 15.515, mai 1997)

1. Hensikt

Metodebeskrivelsen omfatter prøvetaking av fersk betong. Hensikten med prøvetakingen er å ta ut en prøvemengde til prøving av betongens egenskaper.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- glatte, ikke vannabsorberende beholdere (f.eks. plastbøtter e.l.) ca. 12 l
- liten spade
- termometer, nøyaktighet ± 1 °C

Se også under metoder med beskrivelser for analyser av fersk betong.

3.1 Vedlikehold

Alt utstyr skal gjøres grundig rent med vann. Det kan med fordel påføres formolje/slippmiddel før det settes vekk etter bruk. Det skal imidlertid sjekkes at overflødig formolje/slippmiddel ikke blandes i betongen ved prøvetaking.

4. Fremgangsmåte

Sted for prøvetaking og prøvetakingsmåte velges slik at man får en analyseprøve som er mest mulig representativ. Følgeseddel sjekkes før uttak av prøve.

- bøtter/beholdere skal være overflatefuktet.
- prøvene skal tas nærmest mulig støpedet, dog innenfor grenser av det som er praktisk og forsvarlig å gjennomføre.
- ved prøvetaking fra bil skal prøven tas når ca. 0,5 m³ betong er tømt av bilen. Prøven skal være uttatt før det er minimum 1 m³ betong igjen i leverandørbilen.
- ved luftprøving skal betongtrommelen ikke tømme, men vente på klarsignal for videre tømning.

- dersom betongpumpe brukes, bør prøven tas ut etter pumping, da pumping kan påvirke bl.a. luftinnhold. Prøven kan tas direkte fra bil når endring av luftporevolum er dokumentert ved prøving og er kjent.
- prøven tas fra en jevn strøm, ved å holde bøtten innunder strømmen. Prøven tas ut på en slik måte at den er representativ for hele bredden eller tykkelsen på strømmen. Prøven skal utgjøre ca. 1,5 ganger den nødvendige mengde for tillaging av prøve, men minimum 20 liter.
- lufttemperaturen måles og noteres.
- betongens temperatur måles ved å stikke termometeret midt ned i den ferske betongmassen umiddelbart etter prøvetaking. Temperaturen noteres når termometeret viser en stabil verdi.
- konsistens og luftinnhold skal måles ved selve uttaksstedet. Dersom man ikke kan støpe prøvestykker like ved prøvetakingsstedet, skal den ferske betongmassen dekket med plast for å forhindre uttørking og transporteres til stedet der prøvene blir støpt.
- umiddelbart før prøving av egenskaper til den ferske betongmassen og formfylling, er det viktig at prøven blandes godt.
- tiden fra prøvetaking til evt. formfylling skal være så kort som mulig. Den bør være kortere enn 30 minutter.

Under prøvetaking, transport og håndtering skal prøven beskyttes mot nedfukning, uttørking, vesentlige temperaturendringer og separasjon.

5. Resultater

5.1 Registreringer

- sted for prøvetaking
- dato og klokkeslett for prøvetakingen
- betongidentifikasjon (følgeseddelnr.), navn på betongprodusent, betongsammensetning
- lufttemperatur, værforhold
- betongtemperatur

- hvilken konstruksjonsdel betongen ble brukt til
- andre ting som kan være av interesse for senere bedømmelse av prøven

6. Rapportering

Rapporten som følger prøven skal minimum inneholde følgende punkter:

- rapportidentifikasjon
- navn på ansvarlig for prøvetakingen
- prøvetakingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- alle registreringer

Eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen skal rapporteres.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 12350-1 (2009): Prøving av fersk betong – Del 1: Prøvetaking



3 Betong

3.1 Prøvetaking av betong og delmaterialer

3.1.2 Støping av prøvestykker i betong

Desember 2017 (erstatte metode 15.524, mai 1997)

1. Hensikt

Metodebeskrivelsen omfatter støping og lagring av prøvestykker av betong.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- stålformer iht. NS-EN 12390-1 (terning, sylinder eller bjelke)
- glatt stålstang, lengde 600 mm, Ø 16 mm med avrundede ender
- plast for tildekking av prøvestykkene etter utstøping
- skuffe med firkantet blad iht. NS-EN 12390-2
- murerkje i stål
- gummiklubbe
- vannfast tusj

Kommentar: annen type stålskuffe som sikrer god etterblanding i bøtta kan benyttes.

3.1 Vedlikehold

Alt utstyr skal gjøres grundig rent med vann. Det kan med fordel påføres formolje/slippmiddel før det settes vekk etter bruk. Det skal imidlertid sjekkes at overflødig formolje/slippmiddel ikke blandes i betongen ved prøvetaking.

4. Fremgangsmåte

- tiden fra prøvetaking til formfylling skal være så kort som mulig (< 30 min). Evt. transport av prøve før utstøping se metode 3.1.1
- Prøvetaking av fersk betong. Stålfornene skal ha temperatur høyere enn +5 °C. Betong som tidligere er brukt, f.eks. ved konsistens- eller luftmåling, skal ikke brukes til utstøping av prøvestykker.
- uttatt betong til prøve skal etterblandes før støping av prøvestykker.
- alle prøvelegemer som skal utgjøre én prøve, skal støpes ut samtidig.
- sylindereformer skal fylles og komprimeres lagvis, maksimal lagtykkelse er 100 mm.

Terning- og bjelkeformer bør fylles i to lag. Ved synkklasser S4 eller høyere kan formene fylles i ett lag. (Selvkomprimerende betong komprimeres ikke)

- ved bruk av stålstang skal hvert lag bearbeides med støt med stålstangen jevnt fordelt over arealet av prøvestykket. Stålstangen skal ikke slå hardt ned i bunn av formen eller gå vesentlig ned i underliggende lag. Antall støt pr. lag avhenger av betongens konsistens, men det skal støtes minst 25 ganger. Det stikkes deretter langs kantene og i hjørnene med murerkje. Terning- og bjelkeformene bankes eventuelt med gummiklubbe på endeflatene slik at hull etter stikkstang eller murerkje blir fylt. Sylindereformene bankes jevnt fordelt rundt sylinderen.
- betong over formens overflate fjernes med en jevn sagende bevegelse, og overflaten jevnes ved å bruke murerkje eller stålstang.
- prøvestykkene tildekkes med plast slik at de er beskyttet mot uttørring og lagres i romtemperatur (20 ± 2) °C i minst 16 timer. Plasten merkes med prøveidentifikasjon. Prøver lagres på et vannrett underlag. Sylindere skal lagres stående inntil betongen er herdet.
- prøvestykker skal støpes ut på lagringsstedet. Dersom prøvestykkene må transporteres før avforming, skal dette skje i tidsrommet fra 16-72 timer etter utstøping og med beskyttelse som angitt ovenfor.
- prøvestykkene skal avformes senest 72 timer etter utstøping, og deretter lagres i vann eller i et rom med (95 ± 5) % relativ luftfuktighet. Temperaturen skal være (20 ± 2) °C.
- trykkflatene (endeflater) merkes ved avforming, se figur 3.1.2-1.



Figur 3.1.2-1: Merking av trykkflater (endeflater) ved avforming av terninger

5. Resultater

Betongprøvestykker for videre undersøkelser i laboratorium.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- sted, dato, klokkeslett og ansvarlig for prøvingen
- identifikasjon på betongen
- prøvemethode
- alle registreringer
- eventuelt bedømmelse av prøvingen
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 12390-2 (2009): Prøving av herdnet betong
- Del 2: Støping og herdning av prøvelegemer for fasthetsprøving

NS-EN 12390-1 (2012): Prøving av herdnet betong
- Del 1: Form, mål og andre krav til prøvelegemer og former



3 Betong

3.1 Prøvetaking av betong og delmaterialer

3.1.3 Utboring av betongkjerner

Desember 2017 (erstatte metode 15.516, mai 1997)

1. Hensikt

Beskrivelsen omfatter prøvetaking ved kjerneboring, samt behandling av betongkjerner. Betongkjerne brukes til mange ulike undersøkelser, blant annet å bestemme betongens mekaniske egenskaper, f.eks. trykkfasthet, eller undersøke omfanget av ulike nedbrytningsmekanismer, f.eks. kloridinntrengning.

1.1 Prinsipp

Metoden beskriver uttak av sylindriske betongprøver (kjerne) fra en konstruksjon, ved bruk av vannkjølt diamantkjernebor. Antall kjerne, kjernenes diameter og lengde bestemmes med bakgrunn i hvilken prøvingsmetode kjernene skal prøves etter. Borkjerne tas ut der det forventes å finne mest relevant informasjon om betongen sett i forhold til hensikten med prøvetaking. Samtidig må det tas hensyn til armeringens plassering og konstruksjonens sikkerhet

All kjerneboring på brukonstruksjoner skal være godkjent av bruedlikeholdsansvarlig, evt. prosjektleder/byggeleder.

2. Definisjoner

2.1 Symboler

- D_{maks} : øvre siktestørrelse for den groveste tilslagsfraksjonen
- h/d : høyde/diameterforhold på kjerneprøve

3. Utstyr

- armeringstegninger, skisser som viser lokalisering av prøveuttak
- kjernebormaskin med tilhørende utstyr
- utstyr for festing (bolting) av borutstyret til betongen
- kjernebor med ønsket diameter (se tabell 3.1.3-1)
- overdekningsmåler for lokalisering av armering

- klut/tørkepapir
- kraftig plastfolie og plastposer
- tape
- vannfast tusj til merking
- egnet CE-merket reparasjonsmørtel, drill, bøtte, ferskvann
- egnet verktøy til gjenstøping av borhull, f.eks. mureskje, stikkstang etc.
- tildekningsmateriell (for herding av reparasjonsmørtel)

4. Fremgangsmåte

4.1 Utboring

Før kjerneboring i brukonstruksjoner skal arbeidet være godkjent av bruedlikeholdsansvarlig, evt. prosjektleder/byggeleder. Det skal gjøres en statisk vurdering av konsekvensen ved at tverrsnittet svekkes. Kjerneboring i spennarmerte betongkonstruksjoner tillates ikke uten at spennarmeringen er nøyaktig lokalisert på forhånd og boring foregår i god avstand til denne:

- prøvelokaliteter velges med bakgrunn i formålet med undersøkelsen, og måles inn og registreres iht. definert lokaliseringssystem, f.eks. som gitt i Håndbok V441
- armering skal om mulig unngås. Det bør benyttes en overdekningsmåler for å lokalisere armering på forhånd. Konstruksjonen skal ikke skades unødig.
- ved utboring av kjerne skal det ikke benyttes saltvann.
- utstyret skal festes til betongen, fortrinnsvis ved bolting. Det er ikke tillatt å holde utstyret med hånd- eller fotkraft.
- matetrykk og vannmengde ved boringen bør tilpasses under boring. Det er viktig med jevnt matetrykk for å unngå skjevheter. NB! For prøver som skal benyttes til bestemmelse av vanninnhold, skal det bores med jevn hastighet og vanntilførsel, uten unødig stans. Se også spesiell prosedyre for denne typen prøving i punkt 4.3.

4.2 Prøvens diameter og lengde

Ved valg av bordiameter, vær oppmerksom på at oppgitt diameter på kjerneboret som regel gjelder borets ytre diameter. Dersom borets godstykkelse eksempelvis er 2,5 mm tilsier dette at kjernediameteren blir 5 mm mindre enn oppgitt bordiameter.

En kjernediameter på 100 mm er tilstrekkelig for de fleste prøvingsformål, men i flere tilfeller er det rimelig å redusere diameteren. I tabell 3.1.3-1 er det gitt krav til kjernediameter avhengig av hvilken prøving kjernen skal benyttes til. I samme tabell er det også gitt generelle anvisninger knyttet til kjernelengden. Det er for de fleste prøvingsformål mulig å redusere på prøvestørrelsen utover det som er gitt i tabellen, men dette må i så fall vurderes i hver enkelt sak. Generelt gjelder at ved kjernedimensjoner mindre enn anbefalt i tabellen, blir usikkerheten i prøvingsresultatene større.

En prøve til bestemmelse av trykkfasthet skal bestå av minst to stk. kjerner som tas ut i nærhet til hverandre.

Tabell 3.1.3-1: Krav til kjernedimensjoner for ulike prøvinger

Prøving av	Krav til kjernedimensjoner (mm)	
	Diameter, d	Lengde
Trykkfasthet	Typisk 100 mm, minimum $3 \times D_{\text{maks}}$	Helst $2 \times d$ minimum $1 \times d^{**}$
E-modul	Typisk 100 mm, minimum $3,5 \times D_{\text{maks}}$	Minimum $2 \times d^{**}$
Klorid-inntrenging	Typisk 90 mm, minimum 70 mm	Avhengig av forventet klorid-inntrenging
Strukturanalyse	Typisk 100 mm, minimum 90 mm	Typisk 300 mm, minimum 200 mm
Vanninnhold/PF	Typisk 100 mm, minimum 90 mm	Avhengig av formål, typisk 150 mm
Karbonatisering	Diameter som er praktisk å splitte	Typisk 50 mm
Trykkfasthet av sprøytebetong ^{*)}	Normalt 60 mm	
Dekketykkelse	Så liten diameter som mulig	

^{*)} Utboring av kjerneprøver fra sprøytebetong kan utføres fra konstruksjonen eller fra paneler sprøytet samtidig med konstruksjonen. Paneler for utboring av fasthetsprøver skal ha dimensjon min. 500 x 500 mm i

bunnen, 600 x 600 mm i toppen. Ved 60 mm kjerner skal en prøve bestå av 3 kjerner.

^{**)} Forholdet lengde/diameter gjelder ferdig tildannet og planslipt prøvestykke. Ved bestemmelse av kjernelengde må det tas hensyn til at noe materiale går tapt ved tildanning.

4.3 Merking, innpakking og forsendelse

Etter utboring gjøres en grov vurdering av kjernens beskaffenhet (er den hel og uten store støpesår eller armering? Kasseringskriterier er avhengig av hvilken prøvingsmetode kjernene skal prøves etter). Det kan gjøres en enkel registrering, eventuelt fotografering. Detaljert logging av kjernene foretas ved utpakking på laboratorium.

Borkjernen tørkes deretter av med klut/papir og merkes med prøvelokalitet iht. etablert lokaliseringssystem.

For hver prøvelokalitet nummereres kjernene fortløpende fra 1 til x, og merk av dette på skissen. Opp- og nedretning på konstruksjonen kan også merkes på kjernen, f.eks. med en pil.

Etter merking pakkes kjernen inn i plast (først i tynnfilmplast, deretter i plastposer som tapes tett inntil prøven). Innpakket kjerne merkes også på plastemballasjen.

Når alle kjerner er boret ut, pakkes kjernene i støtsikker emballasje og med intern polstring som hindrer knuseskader under transport til laboratorium. Prøvene lagres frostfritt før/under forsendelse.

NB! For kjerner som skal benyttes til bestemmelse av vanninnhold gjelder følgende spesialprosedyre:

- umiddelbart etter utboring (innen 1-2 minutter), tørkes kjernen av med tørkepapir slik at det ikke er fritt vann på overflatene.
- umiddelbart deretter merkes kjernen og pakkes inn i flere lag tynnfilmplast, deretter i tykkere plastpose. Det pakkes slik at det blir minimalt med luft mellom plast og betongprøve og det benyttes tape til forsegling.
- utborede kjerner sendes med ekspress transport til laboratorium for snarlig iverksettelse av prøving.
- eventuell mellomlagring skjer i kjølerom, ved ca. + 5 °C.

4.4 Gjenstøping av borehull

Etter utboring skal borehullene som en hovedregel alltid støpes igjen.

Dersom det ikke er bestemt at reparasjonsmørtel skal limes med epoksy skal borehullene fuktes med ferskvann før de fylles med reparasjonsmørtel. Betongen skal være svakt sugende uten fritt vann på overflaten

- reparasjonsmørtelen skal blandes (med ferskvann) etter produsentens anvisning.
- hvis det er behov, må det lages forskaling før fylling av hullene begynner.
- reparasjonsmørtelen skal fylles lagvis i hullene, og stemples godt ut til sidene enten med en mureskje eller annet utstyr egnet for formålet.
- overflaten glettes og strykes godt ut mot sidene.
- overflaten bør dekkes med plast eller godkjent membranherder for å hindre uttørking av reparasjonsmørtelen.

5. Resultater

5.1 Registreringer

- dato og klokkeslett for prøvetakingen
- skisse av konstruksjonen som viser lokalisering av prøveuttak og nummerering av prøver, retning på kjerner (opp/ned, etc.)
- enkel kjernelogging
- værforhold
- andre ting av interesse for senere bedømmelse av prøvene

6. Rapportering

Rapporten som følger prøvene skal minimum inneholde følgende punkter:

- rapportidentifikasjon
- navn og adresse på ansvarlig for prøvetakingen
- adresse for prøvetakingen (navn på konstruksjonen/byggverket)
- prøvetakingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- alle registreringer
- om mulig, betongens sammensetning
- fotografi

Eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen skal rapporteres.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 12504-1 (2009): Prøving av betong i konstruksjoner – Del 1: Kjerneprøver – Uttaking, vurdering og prøving av trykkfasthet

NS-EN 13791:2007 Vurdering av betongens trykkfasthet i konstruksjoner og prefabrikkerte betonelementer

Norsk Betongforening (2011): Publikasjon nr. 7 Sprøytebetong til bergsikring

SINTEF Byggforsk: Bestemmelse av betongkonstruksjoners trykkfasthet. Uttak og prøving av sylindre. Byggforskserien Anvisning 520.033. Byggetaljer, Oslo



3 Betong

3.1 Prøvetaking av betong og delmaterialer

3.1.4 Utboring av betongstøv for bestemmelse av kloridinnhold

Desember 2017 (erstatte metode 15.517, mai 1997)

1. Hensikt

Metodebeskrivelsen omfatter utboring av betongstøv for bestemmelse av kloridinnhold. Kloridinnholdet bestemmes ved kjemiske analyser, enten ved bruk av feltmetoder (metode 3.4.4) eller laboratoriemetoder (Håndbok R210).

Betongstøvet bores ut i ulike dybder/sjikt fra betongoverflaten. Hvilke dybdeintervaller som velges er avhengig av forventet kloridinntrenging, målt karboniseringsdybde og prosjektert/målt armeringsoverdekning. Ved generell tilstandsundersøkelse er det ofte vanlig å måle kloridinnholdet i sjikttykkelser på 20–25 mm, f.eks. 0–20 mm, 20–40 mm, 40–60 mm, osv. Ved ønske om intervaller mindre enn 10 mm og/eller spesielt nøyaktig avstand fra betongoverflaten anbefales det å bore ut kjerner som senere freses til støv med mer nøyaktig utstyr (metode 3.1.3).

1.1 Prinsipp

Det bores med slagdrill i betongen, og betongstøvet fra borhullene samles opp til analyseformål.

2. Definisjoner

Ved denne metoden gjelder følgende definisjoner:

Prøve: En prøve består av betongstøv samlet fra flere borhull (med innbyrdes avstand ca. 3–5 cm) og med kjent bordybde fra betongoverflaten. En prøve skal normalt bestå av minimum 20 g betongstøv.

Prøvelokalitet: Sted på konstruksjonen hvor det bores ut en støvprøve, evt. flere støvprøver (dybdeintervaller). Prøvelokaliteten identifiseres iht. lokaliseringssystem/koordinatsystem som er opprettet for konstruksjonen, se også HB V441: Inspeksjonshåndbok for bruer.

3. Utstyr

- overdekningsmåler
- strømtilførsel, evt. batteri for drill
- nødvendig adkomstutstyr
- meterstokk/målebånd
- fargekritt (bruk ikke tusj av estetiske grunner)
- slagdrill med dybdemåler og tilhørende bor. Bordiameteren bør fortrinnsvis være 16–22 mm
- utstyr til støvoppsamling: liten pensel/kost eller spatel og plastposer eller beger til oppsamling av støv, eventuelt spesialutstyr som avsug og oppsamlingsbeholder til feste på drill
- blåseredskap for rengjøring av hull, bor og oppsamlingsutstyr
- plastposer med tett lynlås eller beger med tett lokk for oppbevaring av støv
- tusj for merking av prøveposer/-beger
- fugepistol med fugemasse, eventuelt reparasjonsmørtel

3.1 Vedlikehold

Utstyr for boring, oppsamling og oppbevaring av betongstøv til kloridmålinger skal være rengjort og fritt for forurensninger. Spesielt må en unngå at utstyret blir tilsølt av sjøvann (salt).

4. Fremgangsmåte

Prøvetakingsmønster, ønskede dybdeintervall og total bordybde skal være fastlagt før boringen starter. Borpunktene velges slik at en unngår å støte på armeringsstenger. Overdekningsmåler kan brukes for å lokalisere armeringen.

Prøver tas ved at det bores i konstruksjonen eller prøvestykket og støvet samles opp. Mengden betongstøv i hver prøve skal være tilstrekkelig for kloridanalysene som skal utføres, inklusive eventuelle parallelle analyser. Dersom ikke annet er beskrevet, bør mengden støv i en prøve ikke være mindre enn ca. 20 gram.

Kommentar: Mengden støv som analyseres ved de ulike metodene for kloridanalyser er vist i tabell 3.1.4-1.

Tabell 3.1.4-1: Prøvestørrelse for kloridanalyser

Type kloridanalyse som skal utføres	Støvmengde som analyseres	Anbefalt støvmengde i en prøve, minimum
RCT (metode 3.4.4)	2 x 1,5 g	20 g
Potensiometrisk titrering, filtreringsmetode (HB R210)	5 g	20 g
Potensiometrisk titrering, sentrifugemetode (HB R210)	5 g	20 g

4.1 Utboring og prøvetaking

- Nøyaktig prøvelokalitet måles inn og noteres iht. et definert lokaliseringssystem, f.eks. som gitt i Håndbok V441 Inspeksjonshåndbok for bruer.
- Avstanden mellom borhullene i hvert prøvetakingspunkt skal være ca. 3–5 cm.
- Sjiktkykkelse og total bordybde må tilpasses den aktuelle konstruksjonen (forventet kloridinntrenging, målt karbonatiseringsdybde og prosjekttert/målt armeringsoverdekning) og formålet med undersøkelsen.
- Det ytterste sjiktet på ca. 2 mm fjernes før oppsamling av støv starter. Dette for å unngå forurensing fra betongoverflaten i prøven.
- Ved videre boring ledes støvet opp i plastposer eller begre (én pose eller ett beger pr. sjikt, uavhengig av antall hull). Det skal benyttes plastposer med lynlås eller begre med tette lokk). Det finnes ulike typer oppsamlingsutstyr, avhengig av boreretning (horisontalt, vertikalt opp, vertikalt ned). Ved boring fra vertikale flater kan det f.eks. benyttes et skråskjært plastrør med gjennomgående hull for boret. Plastposen tres på rørenden slik at støvet ledes direkte ned i denne, se figur 3.1.4-1.
- Når det tas prøver fra flere sjikt innover fra overflaten, skal hullet/boret/opsamlingsutstyret rengjøres med egnet blåseredskap mellom hvert prøveuttak.
- Posene/begrene merkes entydig med prøvelokalitet og bordybde.

Antall hull må tilpasses sjiktkykkelsen, ønsket støvmengde og oppsamlingsutstyret. Som hovedregel bør hver prøve bestå av støv fra minst to borhull. Med bordiameter og antall hull som angitt i tabell 3.1.4-2 vil den teoretiske mengden betongstøv være fra ca. 35–40 g (ved sjiktkykkelse 25 mm) til ca. 20–25 g (sjiktkykkelse 10 mm). Det

må påregnes et visst svinn ved oppsamling av støvet, kanskje så mye som 30 %.

Tabell 3.1.4-2: Sammenheng mellom bordiameter, sjiktkykkelse og minimum anbefalt antall hull pr. prøve ved utboring av betongstøv til kloridmålinger

Bor-diameter [mm]	25 mm sjikt [Antall hull]	20 mm sjikt [Antall hull]	10 mm sjikt [Antall hull]
22	2	2	3
20	2	2	3
18	3	3	4
16	3	3	4

Det er ønskelig med størst mulig bordiameter, og det bør ikke brukes bordiameter mindre enn 16 mm. Alle prøver i en og samme prøveserie skal bores ut med samme bordiameter.



Figur 3.1.4-1: Eksempel på oppsamlingsutstyr ved utboring av støv fra vertikal flate

4.2 Gjenstøping

Borhullene gjenfylles med fugemasse, evt. gjenstøpes med egnet reparasjonsmørtel. Merking på betongoverflaten (kritt etc.) skal fjernes når prøvetakingen er ferdig.

5. Resultater

5.1 Registreringer

- dato for prøvetakingen
- tegning over konstruksjonen som viser himmelretningene, nøyaktig (målsatt) lokalisering og nummerering av prøvene
- forklaring på merking, inkl. dybdeintervall
- overflatebehandling på konstruksjonen
- miljøet konstruksjonen har vært utsatt for
- værforhold ved prøvetaking og de nærmeste foregående dagene
- andre ting som kan være av interesse for senere bedømmelse av prøvene eller prøvetaking
- hvordan borehullene er tettet

5.2 Usikkerhet

Direkte utboring av støv er beheftet med usikkerheter knyttet til:

- representativitet av prøven i forhold til variasjoner i sementpasta, steininnhold og størrelsen på tilslagskornene. Dette kan til en viss grad kompenseres for ved å ta ut større prøver (større bordiameter, flere borhull).
- nøyaktighet av sjikttykkene. Ved håndholdt boring i felt og et bor utformet med en spiss front, er det vanskelig å oppnå millimeterpresisjon i prøveuttaket.
- forurensing av prøvene. Ved boring i dypere sjikt kan boret komme i kontakt med overflatesjiktet/borhullsvegger i grunnere dyp og frigjøre støv herfra som blir med i prøven. Bor og oppsamlingsutstyr kan også være vanskelig å få fullstendig rengjort mellom ulike prøver/sjikt.

Dersom det er ønskelig å redusere usikkerheten knyttet til prøveuttaket, anbefales utboring av betongkjerner og fresing av betongstøv i ulike sjikt i laboratoriet.

6. Rapportering

Rapporten skal minimum inneholde følgende opplysninger:

- rapportidentifikasjon
- navn på ansvarlig for prøvetakingen
- adresse for prøvetakingen (navn på konstruksjonen/ byggverket)
- prøvetakingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- alle registreringer inkludert lokalisering av prøvene

Eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen skal rapporteres.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

SINTEF Byggforsk (2015): Kloridinnhold i betong. Prøveuttak og analysemetoder. Byggforskserien, Anvisning 520.034, Byggedetaljer

NS-EN 14629 (2007) Produkter og systemer for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner – Prøvmåter – Bestemmelse av kloridinnhold i herdnet betong



3 Betong

3.1 Prøvetaking av betong og delmaterialer

3.1.5 Utmeisling av betongprismer

Mars 2018 (erstatte metode 15.518, mai 1997)

1. Hensikt

Denne metoden beskriver utmeisling av betongprismer. Betongprismer benyttes i hovedsak til bestemmelse av porøsitet, densitet og in-situ vanninnhold vha. PF-metoden iht. HB R210 Laboratorieundersøkelser. Denne metoden muliggjør et estimat av betongens masseforhold.

PF-metoden kan utføres på både utmeislede, irregulære prøvestykker og uborede kjerner. Kjerner borres ut iht. 3.1.3 Utboring av betongkjerner, og med ekstra forhåndsregler angitt i HB R210.

1.1 Prinsipp

Det skjæres tre parallelle spor i betongen. Betongen mellom to spor meisles bort og betongen mot det tredje sporet tas ut mest mulig som et helt risme.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- overdekningsmåler
- vinkelsliper
- utstyr for meisling
- tett plast for oppbevaring av prøven
- verneutstyr: briller og hansker

4. Fremgangsmåte

- armeringsoverdekningen måles, og dybden og plasseringen av sporene velges slik at det ikke skjæres i armeringen (det bør være minimum 10 mm fra sporet og inn til armeringen).
- det skjæres tre parallelle spor med vinkelsliper: 17–20 cm lange, 3–5 cm dype og med 2 cm avstand mellom sporene.
- betong mellom to av sporene meisles først vekk, deretter meisles den neste utskjærte betongbiten ut. Betongbiten skal meisles ut så hel som mulig.
- den utmeislede betongbiten pakkes umiddelbart inn i tett plast for å hindre all endring av fuktinnhold. Betongbiten sendes til

laboratoriet så raskt som mulig for prøving etter PF-metoden.

- eksakt beliggenhet av prøvens lokalisering på konstruksjonen måles inn og noteres. Beliggenheten angis gjerne i et lokalt akse- eller koordinatsystem på konstruksjonen. På bruer skal akse-systemet som er opprettet for inspeksjonen benyttes dersom dette finnes. Lokaliseringssystem skal være iht. HB V 441 Inspeksjonshåndbok for bruer.
- sår etter utmeisling gjenstøpes.

Kommentar: Vinkelsliperen skal ha tørt blad. Dybden på sporene vil være avhengig av armeringsoverdekning. Med nevnte størrelser på spordybde, lengde og avstand oppnås prøver på ca. 150 – 300 g. Disse har vist seg å gi fornuftige resultater.

5. Registreringer

- dato og tid for prøvetakingen
- skisse av konstruksjonen med eksakt lokalisering og nummerering av prøvene
- forklaring på merking
- overflatebehandling
- miljøet konstruksjonen har vært utsatt for værforhold
- andre ting som kan være av interesse for senere bedømmelse av prøvene eller prøvetaking

6. Rapportering

Rapporten skal minimum inneholde følgende opplysninger:

- rapportidentifikasjon
- navn og adresse på ansvarlig for prøvetakingen
- adresse for prøvetakingen (navn på konstruksjonen/byggverket)
- prøvetakingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- alle registreringer

Eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen skal rapporteres.



3 Betong

3.1 Prøvetaking av betong og delmaterialer

3.1.6 Prøvetaking av undervannsbetong

Desember 2017 (erstatte metode 15.5611, mai 1997)

1. Hensikt

Dette kapitlet omhandler prøvetaking av både fersk og herdet undervannsbetong. Prøvetakingen foretas for å dokumentere egenskapene til betongen.

Den som utfører prøvingen skal ha god kjennskap til betongstøp i vann.

2. Definisjoner

Undervannsbetong: Betong spesielt sammensatt for støping av konstruksjoner i vann.

Normal undervannsbetong: undervannsbetong ikke tilsatt antiutvaskingsstoff.

AUV: undervannsbetong tilsatt antiutvaskingsstoff.

3. Utstyr

Nødvendig utstyr til prøveuttaket er beskrevet i de enkelte metodebeskrivelsene nevnt under.

- fersk betong: som 3.1.1, 3.2.2 og 3.2.4
- herdet betong: som 3.1.3, og i tillegg kjernebor minimum 70 mm (for trykkfasthetskontroll) og minimum 40 mm (homogenitetskontroll)

4. Fremgangsmåte

4.1 Prøvetaking av fersk betong

Prøvetaking av fersk undervannsbetong utføres iht. 3.1.1. Bestemmelse av konsistens for normal undervannsbetong utføres iht. 3.2.2, bestemmelse av konsistens for AUV-betong utføres normalt iht. 3.2.4.

4.2 Prøvetaking av herdet betong

Prøvetaking av herdet betong ved kjerneboring foretas for å kontrollere betongens homogenitet og trykkfasthet.

For trykkfasthetskontroll gjelder følgende for prøvetaking:

- kjernediameter skal være minst 70 mm.
- av hver kjerne skal det lages min. 2 prøvestykker. Kjernelengden skal være minimum 200 mm.
- kjerneboring skal ikke utføres før betongen har oppnådd så stor fasthet at betongen tåler det og kjernene unngår å bli skadet.
- borehull skal fylles fullstendig med egnet sementmørtel.
- fasthetsprøver kan benyttes til homogenitetskontroll.
- sted, dybde og omfang av kjerneuttak skal være angitt i produksjonsunderlaget.

for visuell vurdering av homogenitet gjelder følgende for prøvetaking:

- kjernediameteren skal være minst 40 mm.
- uttakssteder for kjerneprøver fordeles over støpeavsnittet.
- enkelte kjerner bør bores ut fra steder hvor betongutflytingen har vært mest kritisk, i hjørner m.v.
- kjerneboring skal ikke utføres før betongen har oppnådd så stor fasthet at betongen tåler det og kjernene unngår å bli skadet.
- borehull skal fylles fullstendig med egnet sementmørtel.
- for konstruksjonsdybde utover 3 m bores det i utplasserte foringsrør.

5. Resultater

5.1 Registreringer

- dato og klokkeslett for prøvetaking
- skisse av konstruksjon som viser lokalisering av prøveuttak og nummerering av prøver og retninger på kjerner
- kjernelogginger
- værforhold
- andre ting av interesse for bedømmelse av prøvene

6. Rapportering

Rapporten som følger prøven skal minimum inneholde følgende punkter:

- rapportidentifikasjon
- navn og adresse på ansvarlig for prøvetakingen
- prøvetakingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- alle registreringer

Eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen skal rapporteres

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

Norsk Betongforening (2011). Publikasjon nr. 5
Prosjektering og utførelse av
betongkonstruksjoner i vann.



3 Betong

3.1 Prøvetaking av betong og delmaterialer til betong

3.1.7 Prøvetaking av armeringsstoler

Desember 2017 (ny)

1. Hensikt

Metodebeskrivelsen omfatter prøvetaking av armeringsstoler. Formålet med denne beskrivelsen er å sikre et representativt uttak av armeringsstoler fra lager på byggeplass.

2. Definisjoner

Armeringsstol: Prefabrikkert enhet som sikrer at armeringen monteres med riktig overdekning og beholder denne under utførelse av støping og i den ferdige konstruksjonen.

3. Utstyr

Utstyr for forsvarlig innpakning og merking.

4. Fremgangsmåte

Armeringsstoler velges ut vilkårlig. Armeringsstoler tas ut for prøving av krav til høyde, vannoppsug og styrke av mørtel (sementbasert materiale) eller betong. En prøve skal bestå av minimum åtte uskadete prøvestykker fra hver type armeringsstol.

4.1 Registeringer

- navn på produsent/leverandør
- deklarasjon på armeringsstolbatchnummer
- sted for prøveuttak
- dato og tidspunkt
- andre ting som kan være av interesse for senere bedømmelse av prøven

5. Rapportering

Rapporten som følger prøven skal minimum inneholde følgende punkter:

- rapportidentifikasjon
- navn og adresse på ansvarlig for prøvetakingen (f.eks. vegkontor og signatur)
- prøvetakingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- alle registreringer

Eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen skal rapporteres.

6. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

Håndbok R762 Prosesskode 2 Standard beskrivelse av bruer og kaier

Statens vegvesen rapport nr. 388: Sikring av overdekning (2018)



3 Betong

3.1 Prøvetaking av betong og delmaterialer til betong

3.1.8 Prøvetaking av armering

Desember 2017 (erstatte metode 15.514, mai 1997)

1. Hensikt

Metodebeskrivelsen omfatter prøvetaking av slakkarmering og spennstål. Formålet med denne beskrivelsen er å sikre et representativt uttak og ensartet behandling av uttatte prøver av armeringsstål fra lager på byggeplass.

Armeringsstål og spennstål tas ut for prøving av strekkeegenskaper, bøyeegenskaper og bøyeegenskaper etter elding.

Armeringsstenger velges vilkårlig ut.

2. Definisjoner

Tilfeldig utvalg. Utvalg der det f.eks. ikke bevisst unnlates å ta prøver fra deler av partiet, eller delpartiet, som åpenbart eller erfaringsmessig gir mindreverdige resultater i forhold til de øvrige deler.

3. Utstyr

Verktøy for kapping, samt merking og bunting.

4. Fremgangsmåte

Uttak gjøres som tilfeldig utvalg på byggeplass. Uttaking av prøver skal skje på en slik måte at prøvingsresultatene gir et representativt uttrykk for produktene i det leverte parti eller den del av det som leveres under ett.

Hvis ikke annet er bestemt skal det tas ut to emner av samme stangdiameter og stål kvalitet. Hvert av prøveemnene skal minst være 1000 mm.

Prøver av sveiseskjøter eller annen sveist armering (iht. NS-EN 10080:2005) skal på hver side av sveisen ha en lengde av minst 20 ganger stangdiameteren. Hver prøve skal bestå av tre prøveemner. Prøvene skal være framstilt med samme sveisemåte og så vidt mulig under samme arbeidsforhold som i konstruksjonen.

5. Registreringer

- navn på produsent/leverandør
- stangdiameter og stål kvalitet
- materialsertifikat med chargennummer
- sted for prøvetaking
- dato

Andre ting som kan være av interesse for senere bedømmelse av prøven

6. Rapportering

Rapporten som følger prøven skal minimum inneholde følgende punkter:

- navn og adresse på ansvarlig for prøvetakingen (f.eks. vegkontor og signatur)
- prøvetakingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- alle registreringer
- merking av prøve

Eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen skal rapporteres.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS 3576-3 (2005): Armeringsstål – Mål og egenskaper – Del 3: Kamstål B500NC

NS-EN 10080 (2005): Armeringsstål – Sveisbar armering – Del 1: Generelle krav



3 Betong

3.1 Prøvetaking av betong og delmaterialer

3.1.9 Produksjon av energiabsorpsjonsplater for sprøytebetong

Januar 2018 (ny)

1. Hensikt

Metoden beskriver produksjon av plater for prøving av energiabsorpsjonskapasitet for fiberarmert sprøytebetong (HB R210 Laboratorieundersøkelser).

For at plateprøvene skal være representative skal de produseres samtidig og på samme sted som utførelsen av ordinær produksjonssprøyting. Det skal gjennomføres kontroll av fiberinnhold- og fordeling iht. metode 3.2.6 av samme lass som det sprøytes plater fra.

Siden sprøyteentreprenøren utfører selve sprøytingen av prøveplatene er det viktig å avtale hvordan sprøytingen skal gjennomføres, samt hvor platene kan lagres til de er klare for transport.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- sirkulære prøveformer med indre diameter 600 mm og indre høyde 100 mm, se figur 3.1.9-1. Til formbunn benyttes helst en sirkulær plate av stål eller aluminium (min tykkelse 4 mm) eller en finerplate (min tykkelse 25 mm). Til kantforskaling brukes en stripe stål eller aluminium (min 6 mm tykk) som festes rundt formbunnens omkrets. Formen avstives ved at undersiden skrues eller sveises fast til en trekantet eller kvadratisk ramme. Prøveformene må være plane og ha tilstrekkelig stivhet slik at prøvene ikke blir deformert under sprøyting og evt. dreining av nysprøytet plate til horisontal stilling før avretting.
- formolje
- stålredskap med skarp kant til avtrekking av overflate, se figur 3.1.9-2
- langt bord til skuring av overflate

- merketusj
- plastfolie

Kommentar: Former av aluminium må lakkeres for å unngå at betongen fester seg til aluminiumen.



Figur 3.1.9-1: Former stilt opp og klare for sprøyting



Figur 3.1.9-2: Stålredskap til avtrekking

4. Fremgangsmåte

En prøveserie består av minst tre plater sprøytet samtidig

4.1 Sprøyting av prøveplater

- før sprøyting kontrolleres prøveformene med hensyn til at bunnen er ren og fri for skjevheter, at høyden er korrekt og at det ikke er glipper i kontaktsonen mellom kantforskalingen og bunnen. Formene bør være påført formolje. Prøveformene stilles opp

- på skrå, stabilt i 15–25° posisjon fra vertikalen, se figur 3.1.9–1.
- prøveplatene sprøytes etter at minst 1,0 m³ av lasset er tømt.
- før sprøyting av prøveplater må sprøytestrålen og akseleratordosering justeres. For å lette avtrekkingen kan akseleratordoseringen reduseres noe i forhold til det som benyttes ved den ordinære sprøytingen. Sprøytestrålen bør ikke komme fra bakken og mot forma; dette kan føre til at forurensende grums kan bli sprøytet inn i plata. Nødvendig sprøytebetong sprøytes i forma slik at den akkurat overfyller forma.
- prøveplatene sprøytes én om gangen. Den trekkes av med det samme, deretter neste plate. Ved avtrekkingen kan formene legges horisontalt, men på en skånsom måte for å unngå at prøvestykket skades. Overflaten trekkes av til en jevn tykkelse på 100 mm. Tillatte avvik for tykkelse er inntil –10 mm, +15 mm. Tykkelsen kontrolleres i laboratoriet ved prøving.

Kommentar: Prøveplatene skal belastes i senterområdet med en lastplate. Hvis avtrekkingen gir vesentlige ujevnheter i senterområdet så vil dette kunne medføre at lastplata blir stående skjevt under prøvning; dette kan gi redusert kapasitet.

4.2 Etterbehandling og lagring

Etter sprøyting og avtrekking skal platene tildekkes med plastfolie. Prøveplatene skal eksponeres for tilsvarende temperaturforhold som øvrig sprøytebetong. For å unngå skader i den ferske betongen bør plateprøvene transporteres minst mulig de første 18 timene. Prøvestykker inklusiv form kan flyttes forsiktig til nærmeste nisje e. l., men bør ikke transporteres i hjullasterskuffe eller på lasteplan. Hard behandling og/eller uttørking kan gi redusert kapasitet ved prøvning.

Etter avforming, merking og transport til sertifisert laboratorium skal plateprøvene lagres videre innpakket i plastfolie ved romtemperatur (20 ± 3 °C) eller i vannbad (20 ± 3 °C). Platene skal vannlagres i minimum tre døgn før prøving.

Plateprøven skal være fuktig ved prøving.

5. Resultater

Minimum 3 plateprøver for videre analyser i akkreditert laboratorium.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- tid og sted, samt ansvarlig for prøvetakingen
- betongidentifikasjon (følgeseddelnr.), inkl. fibertype og nominell fiberdosering
- informasjon om lagringsbetingelser før prøving
- resultater fra ferske betongmålinger (luftinnhold og fiberinnhold og –fordeling)

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

Norsk Betongforening (2011): Publikasjon nr. 7 Sprøytebetong til bergsikring

NS-EN 14488–1 (2005): Prøving av sprøytebetong – Del 1: Prøvetaking av fersk og herdnet betong

NS-EN 14488–5 (2006): Prøving av sprøytebetong – Del 5: Bestemmelse av energiabsorpsjonsevnen til fiberarmerte plateprøver

8. Tillegg

Om ønskelig kan det benyttes kvadratiske plateprøver som beskrevet i NS-EN 14488–1 og NS-EN 14488–5. Resultater fra prøving av kvadratiske og sirkulære plater er likestilt. Norsk Betongforenings Publikasjon nr. 7 gir noen modifikasjoner ift. standardene når det gjelder både fremstilling og prøving av kvadratiske plater.



3 Betong

3.2 Undersøkelse av fersk betong

3.2.1 Luftinnhold i fersk betong

Desember 2017 (erstatte metode 15.523, mai 1997)

1. Hensikt

Bestemmelse av luftinnhold i fersk betong etter trykkmetoden. Metoden egner seg ikke til betong med tilslag over 63 mm eller lett tilslag.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- kalibrert luftmåler
- stålstang, lengde 600 mm, Ø 16 mm, med avrundede ender
- skuffe
- gummiklubbe
- svamp, eller lignende til rengjøring av pakning før luftmåleren lukkes etter fylling vannflaske



Figur 3.2.1-1: Luftmåling

3.1 Vedlikehold

Alt utstyr skal gjøres grundig rent med vann. Det kan med fordel påføres formolje/slippmiddel før det settes vekk etter bruk. Det skal imidlertid sjekkes at overflødig formolje/slippmiddel ikke blandes i betongen ved prøvetaking.

4. Fremgangsmåte

- plasser luftmåleren på et plant underlag
- luftmålerens beholder fylles med betong i tre omtrent like tykke lag.
- hvert lag bearbeides med 25 støt med stålstangen, jevnt fordelt over arealet av beholder. Stålstangen skal ikke støtes hardt ned i bunnen av beholder eller vesentlig ned i underliggende lag.
- overskytende masse strykes av i flukt med beholderkanten med stålstanga i en jevn sagende bevegelse.
- kanten på underdelen, som overdelen skal monteres på, rengjøres med svamp eller lignende og må være helt ren slik at overgangen blir lufttett
- overdelen av måleren monteres. Begge kuleventilene åpnes
- vann fylles i den ene kuleventilen til det renner ut av den andre. Vannet skal være fritt for luftbobler.
- måleren holdes lett på skrå og gis noen lette slag med gummiklubben slik at luft under lokket unnslipper.
- vann etterfylles.
- justeringsventilen lukkes før trykket pumpes opp og manometeret justeres forsiktig til nullmerket med justeringsventilen.
- lukk kulventilene. Trykket slippes inn i beholderen ved å trykke ned hevarmen og hold den nede i 15–20 sek.
- luftinnholdet avleses når manometerviseren har falt helt til ro.
- etter prøving skal kuleventiler åpnes forsiktig, overdelen tas av og resttrykket løses ut.

5. Resultater

Betongens luftinnhold angis i prosent med én desimal.

Repetisjonsnøyaktigheten er normalt $\pm 0,5\%$.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- sted, dato, klokkeslett og ansvarlig for prøvingen
- identifikasjon på betongen
- prøvemethode
- alle registreringer
- luftinnhold i betongen
- eventuelt bedømmelse av prøvingen
- bedømmelse av resultater
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 12350-7 (2009): Prøving av fersk betong - Del 7: Luftinnhold - Trykkmetoder



3 Betong

3.2 Undersøkelse av fersk betong

3.2.2 Konsistens; synkmål

Desember 2017 (erstatte metode 15.522, mai 1997)

1. Hensikt

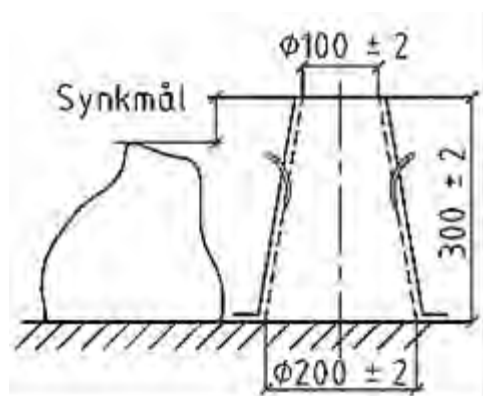
Metodebeskrivelsen omfatter bestemmelse av fersk betongs konsistens ved hjelp av synkmål.

2. Definisjoner

Synkmål: Med betongens synkmål menes målet fra topp synkkjegle til betongens høyeste punkt (se figur 3.2.2-1) etter at kjeglen er løftet av og satt ved siden.

3. Utstyr

- synkkjegle (høyde 300 ± 2 mm, øvre diameter 100 ± 2 mm, og nedre diameter 200 ± 2 mm)
- glatt, ikke absorberende underlag (f.eks. finér)
- komprimeringsstav (lengde 600 mm, \varnothing 16 mm, og med avrundede ender)
- metermål (lengde 1000 mm)
- bøtte(r)
- firkantet skuffe



Figur 3.2.2-1: Synkmål og prinsipp for måling (alle mål i mm)

4. Fremgangsmåte

- fjern eventuelle tilslagskorn større enn 40 mm fra betongen, og noter dette i rapporten.
- synkkjeglens innside og underlaget fuktes.
- synkkjeglen plasseres på et plant, støtt, vannrett, glatt og ikke-absorberende underlag.

- kjeglen fylles med tre omtrent like tykke lag mens den holdes fast mot underlaget.
- hvert lag bearbeides med 25 stikk av stålstangen jevnt fordelt over flaten, før neste lag fylles i.
- bunnlaget bearbeides ved at stålstangen stikkes ned gjennom hele laget, men ikke ned i underliggende plate. 2. og 3. lag bearbeides slik at stangen akkurat når ned til underliggende lag.
- dersom betongen under bearbeiding synker ned under kjeglens toppflate, etterfylles betong.
- overskuddsmasse strykes av med en jevn, sagende bevegelse.
- underlaget skal være rengjort rundt synkkjeglen før den løftes forsiktig loddrett opp, kontinuerlig i løpet av 2-5 sek. Uten sidebevegelser eller vridning.
- sett synkkjeglen ved siden av betongkjeglen og foreta målingen, se figur 3.2.2-2. Hele operasjonen fra begynnende fylling til fjerning av kjeglen skal ikke ta lengre tid enn 2,5 min.

Statens vegvesen har følgende bestemmelse: Hvis betongkjeglen raser ut idet formen fjernes, skal synkmålet likevel bestemmes. Deretter skal ny prøve tas fra en annen del av betongen og bestemmelse av ny synk foretas. Hvis betongen raser ut også for denne prøven, skal dette opplyses samtidig med at begge synkmål oppgis. Prøvene kasseres ikke, i motsetning til bestemmelsene i NS-EN 12350-2.



Figur 3.2.2–2: Måling av synkmål

5. Resultater

Avlest(e) synkmål angitt i mm.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- sted, dato, klokkeslett og ansvarlig for prøvingen
- identifikasjon på betongen
- prøvemethode
- alle registreringer
- målt konsistens
- eventuelt bedømmelse av prøvingen
- bedømmelse av resultater
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 12350-2 (2009): Prøving av fersk betong
Del 2: Synkmål



3 Betong

3.2 Undersøkelse av fersk betong

3.2.3 Densitet av fersk betong

Desember 2017 (erstatte metode 15.532, mai 1997)

1. Hensikt

Beskrivelsen omfatter bestemmelse av fersk betongs densitet.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- beholder med kjent volum (min. 5 l)
- kalibrert vekt med nøyaktighet på 0,01 kg
- vekt settes på plant underlag og nivelleres
- stålstang, lengde 600 mm, Ø 16 mm med avrundede ender
- skuffe
- gummiklubbe

3.1 Vedlikehold

Alt utstyr skal gjøres grundig rent med vann. Det kan med fordel påføres formolje/slippmiddel før det settes vekk etter bruk. Det skal imidlertid sjekkes at overflødig formolje/slippmiddel ikke blandes i betongen ved prøvetaking.

4. Fremgangsmåte

- nullstill vekten før veiing av beholderen.
- beholderen fylles med betong i tre omtrent like tykke lag.
- hvert lag bearbeides med 25 støt med stålstangen, jevnt fordelt over arealet av beholder. Stålstangen skal ikke støtes hardt ned i bunnen av beholder eller vesentlig ned i underliggende lag.
- all overskytende masse strykes av beholderen med stålstanga. Beholderen rengjøres utvendig.
- deretter settes beholderen på vekta og leses av.

5. Resultater

I Statens vegvesen beregnes betongens densitet automatisk i Labsys.

Betongens densitet ρ beregnes etter følgende formel:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V} \text{ i kg/m}^3$$

hvor:

m_1 = beholderens masse i kg

m_2 = beholderens og betongens masse i kg

V = beholderens volum, i m^3

Densiteten angis til nærmeste 10 kg/m^3 .

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- sted, dato, klokkeslett og ansvarlig for prøvetakingen
- identifikasjon på betongen
- prøvemethode
- all registrering
- prøveresultater og eventuelt bedømmelse av disse
- annen informasjon som kan ha betydning for bedømmelse av resultater
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 12350-6 (2009): Prøving av fersk betong
Del 6: Densitet



3 Betong

3.2 Undersøkelse av fersk betong

3.2.4 Konsistens, synkutbredelse og viskositet

Desember 2017 (ny)

1. Hensikt

Metoden beskriver bestemmelse av synkutbredelse for, i hovedsak, selvkomprimerende betong (SKB) og AUV, samt viskositet, t_{500} , for SKB.

2. Definisjoner

Synkutbredelse. Utbredelse av betongen etter bruk av synkkjegle

Viskositet. Betongens motstand mot utflyting

SKB. Selvkomprimerende betong er betong som flyter ut og fyller formen uten at den komprimeres

AUV. Undervannsbetong tilsatt antiutvaskingsstoff.

3. Utstyr

- synkkjegle, se metode 3.2.2 Konsistens; synkmål
- plan stålplate, minst 900 x 900 mm, med avmerkinger som på figur 3.2.4-1. Sirklene skal ha diameter 210 ± 1 mm og 500 ± 1 mm
- stoppeklokke med nøyaktighet 0,1 sekund
- metermål
- bøtte(r)
- firkantet skuffe
- vater



Figur 3.2.4-1: Stålplate med avmerkinger

4. Fremgangsmåte

NB! Måling av utbredelse og viskositet bør utføres av to personer.

- Plasser stålplaten på et flatt og støtt underlag, og kontroller med vater at den ligger horisontalt
- Fukt synkkjeglen og stålplaten rett før testing, overflaten skal være fuktig uten overskudd av vann
- Plasser synkkjegelen på stålplaten, den skal stå sentrisk innenfor sirkelen med diameter 210 mm. Hold den på plass med føttene på fotstøttene (hvis prøvingen skal utføres av én person er det nødvendig med lodd som holder kjeglen på plass)
- Fyll synkkjeglen helt opp uten noen form for komprimering og stryk av toppen. Etter at betongen er fylt i kjegla skal den stå maksimum 30 sekunder, mens eventuelt søl tørkes av stålplaten
- Synkkjeglen løftes forsiktig loddrett opp, kontinuerlig i løpet av 1-3 sek, uten å forstyrre betongflyten
- Ved bestemmelse av viskositeten, t_{500} , startes stoppeklokken i det synkkjeglen ikke lenger har kontakt med stålplaten, og stoppes i det betongen når sirkelen med diameter 500 mm
- Når betongflyten har stoppet måles den største diameteren, d_1 , til nærmeste 10 mm. Deretter måles diameteren, d_2 , normalt på d_1 .
- Hvis forskjellen mellom d_1 og d_2 er større enn 50 mm, sjekkes det om stålplaten ligger i vater, og testen gjøres på nytt. Ved samme resultat en gang til kan det tyde på at betongen har for dårlige flyteegenskaper til at synkutbredelsesmetoden er egnet.

5. Resultater

Synkutbredelsen beregnes, til nærmeste 10 mm, etter følgende formel:

$$SF = \frac{(d_1 + d_2)}{2}$$

hvor:

SF = synkutbredelsen i mm

d_1 = den største diameteren

d_2 = diameteren normalt på d_1

t_{500} registreres til nærmeste 0,5 sekund

Synkutbredelsesklasser er gitt i tabell 3.2.4-1, og viskositetsklasser er gitt i tabell 3.2.3-2.

Tabell 3.2.4-1: Synkutbredelsesklasser iht. NS-EN 206 (2013+A1:2014+NA:2017)

Klasse	Synkutbredelse, mm
SF1	500–650
SF2	650–750
SF3	760–850

Tabell 3.2.4-2: Viskositetsklasser iht. NS-EN 206 (2013+A1:2014+NA:2017)

Klasse	t_{500} , s
VS1	< 2,0
VS2	≥ 2,0

Kommentar: Synkutbredelsesklasser og viskositetsklasser gjelder for SKB

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- sted, dato, klokkeslett og ansvarlig for prøvingen
- identifikasjon på betongen
- prøvemethode
- alle registreringer
- målt konsistens; synkutbredelse og viskositet
- eventuelt bedømmelse av prøvingen
- bedømmelse av resultater
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 206 (2013+A1:2014+NA:2017): Betong – Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar

NS-EN 12350-8 (2010): Prøving av fersk betong – Del 8: Selvkomprimerende betong – Synkutbredelsesmetode.

Norsk betongforenings publikasjon nr. 29 (2007): Spesifikasjon og produksjonsveiledning for selvkomprimerende betong.

Norsk betongforenings publikasjon nr. 5 (2011): Prosjektering og utførelse av betongkonstruksjoner i vann.



3 Betong

3.2 Undersøkelse av fersk betong

3.2.5 Masseforhold av betong

Desember 2017 (erstatte metode 15.533, mai 1997)

1. Hensikt

Metodebeskrivelsen omfatter bestemmelse av masseforholdet i fersk betong ved bruk av mikrobølgeovn. Dokumentasjon av masseforhold vha. mikrobølgeovn er et hjelpemiddel for å kontrollere styringen av betongens masseforhold med blandedanleggets styresystem, eventuelt også avdekke variasjoner i produksjonen. Registrerte verdier gjenspeiler neppe virkelig masseforhold 100 %, men systematiske avvik fra tilsiktet masseforhold og tilfeldige variasjoner kan avdekkes raskt, ved en fast prøveprosedyre.

1.1 Prinsipp

En representativ prøve av fersk betong veies og tørkes helt ut. Vekttapet i gram registreres. Vanninnholdet i betongen beregnes ved at det antas samme forholdstall mellom vann og tørrstoff i betongen som i prøven. Masseforhold beregnes ut fra kjent innveid bindemiddelmengde.

Den vannmengden som bestemmes her er den totale i betongen, inklusive det absorberte vannet i tilslaget. For å beregne betongens effektive masseforhold må det absorberte vannet i tilslaget være kjent.

2. Definisjoner

Masseforhold, m: forholdet mellom effektiv vannmengde og effektiv bindemiddelmengde

Effektiv vannmengde, V: mengde fritt vann; definert som total tilsatt vannmengde, fukt i tilslag, vannandelen av tilsetninger i væskeform, væskedel av slurry med mer, med unntak av absorbert vann i tilslag

Effektiv bindemiddelmengde: Sement + (k×silika) + (k×flygeaske)

Virkningsfaktor, k: angir hvor effektivt silika og flygeaske er i forhold til sement. For silika regnes k=2,0, og for flygeaske tilsatt separat regnes k=0,7.

Absorbert vann: den vannmengde som finnes i porene i de enkelte korn av et tilslagsmateriale i vannmettet overflatetørr tilstand, regnet i prosent av materialets tørre masse. Materialet er overflatetørt når all synlig (blank) vannfilm er fjernet fra overflatene.

Konstant masse: når endringen mellom to tørkinger er mindre enn 1 g.

3. Utstyr

- mikrobølgeovn på 1000 W, minimum 750 W
- vekt med 0,1 grams nøyaktighet
- beholder med minimumsdiameter 20 cm som tåler betong og opphold i mikrobølgeovn f.eks. glass eller keramikk, ikke stål.
- kopp/glass min 1,5 dl

4. Fremgangsmåte

Prøvetaking utføres iht. 3.1.1. Ved testing skal prøven ikke være eldre enn 30 min. etter mottak på byggeplass eller etter blanding (dvs. etter tidspunktet målingene skal knyttes til).

- nullstill vekta med beholderen på.
- vei opp en representativ prøve fersk betong. Anbefalt prøvestørrelse: Minimum 1,5 kg
- sett prøven inn i mikrobølgeovnen sammen med ett glass vann, ca 1,5 dl
- tørk prøven i 30 minutter på full effekt + n x 5 minutter (ved bruk av mikrobølgeovn på 1500 W, tørk i 2 x 5 minutter på full effekt + n x 2 minutter) til prøven har konstant masse. n er det nødvendige antall ganger.

5. Resultater

5.1 Registreringer

- oppgis av betongprodusent:
 - tørrstoffinnhold i tilsetningsstoffer
 - absorbert vann i hhv. sand og puk/singel Dette er oppgitt på tilslagsprodusentens CE-dokumentasjon.
- blanderapport for det aktuelle betonglasset, med fullstendige data (ER- verdier), herunder

også hvilke fuktprosenten for tilslaget som har ligget i styringssystemet ved produksjon av betongen (for at det skal kunne regnes tilbake til tørrvekt av hvert tilslag)

- vekt av prøven før tørking: m_1
- vekt av prøven etter tørking: m_2
- tidspunkt for start og slutt av uttørkingen

5.2 Beregning av masseforhold

I Statens vegvesen beregnes masseforholdet automatisk ved bruk av LABSYS. Se punkt 8 for formler og eksempel på utregning.

Legg inn ER-verdier for fukt-% og oppmålt masse fra blanderapport. NB! På de fleste blanderapporter oppgis fukt-% som det totale vannet minus absorbert vann (effektivt vann), og det er denne verdien som skal legges i Labsys. Legg også inn absorpsjonsverdier for tilslag. Labsys kalkulerer da det totale vanninnholdet, V_{tot} , det effektive vanninnholdet, V_{eff} , og det teoretiske masseforholdet. Disse beregningene er basert på verdier oppgitt på blanderapport. Kontroller at teoretisk og oppgitt masseforhold er like.

Videre legges inn vekt av prøven før tørking, m_1 , og vekt av prøven etter tørking, m_2 , tidspunkt for prøvetaking, samt tidspunkt for start og slutt tørking. Labsys beregner da det effektive masseforholdet. I tillegg beregnes verdier for effektivt vanninnhold, V_{eff} , og totalt vanninnhold, V_{tot} , for den aktuelle prøven, disse vil avvike fra V_{eff} og V_{tot} basert på verdier oppgitt på blanderapport når det er avvik for masseforhold.

5.3 Vurdering av resultater

Når det målte masseforholdet avviker fra det oppgitte masseforholdet med 0,02–0,03 (ref punkt 5.3), må betongprodusenten varsles umiddelbart om resultatet, og om at ny prøve vil bli tatt. Ved større avvik må betongprodusenten varsles umiddelbart om resultatet, og om at fukt i tilslag må sjekkes, at vann fra andre kilder må kontrolleres, og at tilsatt vannmengde eventuelt må korrigeres. Ny prøving av masseforhold utføres umiddelbart.

5.4 Usikkerhet

Denne metoden vil ikke nødvendigvis gi eksakt masseforhold. Nøyaktigheten av prøvingen er avhengig først og fremst av at prøven er representativ for betongen og dernest av ovenns kapasitet og av at denne beskrivelsen blir fulgt nøye. Med alle disse forholdsreglene i orden skal masseforholdet ($m = v / (c + k \times s + k \times FA)$) kunne bestemmes med en sikkerhet på $\pm 0,02$. Metoden er et godt hjelpemiddel for å dokumentere evt. variasjoner i produksjonen med samme tilslag og samme pastamengde.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde alt krevd under metoden for prøvetaking av fersk betong, og i tillegg:

- betongens identifikasjon og sammensetning (alle data oppgitt fra leverandør evt. produsent)
- navn og adresse på ansvarlig for prøvingen
- prøvingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- alle registreringer og beregninger
- prøvingsresultatet for totalt og effektivt masseforhold
- annen informasjon som kan ha betydning for bedømmelse av prøvingsresultat
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

Statens vegvesen rapport nr 451: Forståelse og bruk av håndbok R762, prosess 84 (2017)

8. Tillegg

I det følgende er det gitt formler og eksempel på manuell beregning av masseforhold.

8.1 Formler

Vanninnholdet i prøven beregnes som $m_1 - m_2$. Det totale vanninnholdet i 1 m³ betong beregnes som:

$$V_{tot} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times M_{bet\ tørr} \quad (1)$$

hvor:

- m_1 = masse før tørking
- m_2 = masse etter tørking til konstant masse
- $M_{bet\ tørr}$ = summen av vekten av tørrstoff i delmaterialene i lasset: sement, silika (kun tørrstoff hvis silika slurry), flygeaske, sand (tørr), puk/singel (tørr), tilsetningsstoffer (tørrmasse).

Det effektive vanninnholdet i 1 m³ betong regnes ut som:

$$V_{eff} = V_{tot} - (aX + bY) \quad (2)$$

hvor:

- a = vannabsorpsjon sand (% av tørr vekt)
- b = vannabsorpsjon puk/singel (% av tørr vekt)
- X = tørrvekt (kg) sand i 1 m³ betong
- Y = Tørrvekt (kg) puk/singel i 1 m³ betong

Det effektive masseforholdet (m) beregnes som effektivt vanninnhold (V_{eff}) i forhold til innveid sement- og silikamengde i betongen det er tatt prøve av:

$$m = \frac{V_{eff}}{c + k \times s + k \times FA} \quad (3)$$

hvor:

- c = sementinnhold (kg) i 1 m³ betong
- s = silikainnhold (kg tørrstoff) i 1 m³ betong
- FA = flygeaskeinnhold (kg) i 1 m³ betong
- k = virkningsfaktor for tilsetningsmaterialer; k-verdi for silika = 2, k-verdi for flygeaske = 0,7

Kommentar: V_{eff} og V_{tot} i formlene ovenfor er for den aktuelle prøven, basert på målte verdier.

8.2 Beregning av masseforhold

Tabell 3.2.5-1: Masse før og etter tørking

	Prøve 1	Prøve 2
m ₁ (g)	1878	1716
m ₂ (g)	1720	1572

For å beregne $M_{bet\ tørr}$ bruker vi ER-verdiene oppgitt på blanderapport; fukt-% og oppmålt masse.

Tabell 3.2.5-2: Beregning av tørr betongvekt

	Fukt (%)	Oppmålt masse (kg/m ³)	Tørr masse (kg/m ³)	Vann (kg/m ³)
Sement	0,0	417,9	417,9	0,0
Silika	0,0	17,4	17,4	0,0
Sand 1	1,7	592,9	583,0	9,9
Sand 2	0,8	423,4	420,0	3,4
Pukk/singel	0,5	583,6	580,7	2,9
Pukk/singel	0,5	101,9	101,4	0,5
P-stoff	60	1,3	0,5	0,8
SP-stoff	80	3,0	0,6	2,4
L-stoff	98	1,7	0,0	1,7
Blandevann	100	150,4	0,0	150,4
M_{tot} oppmålt		2293,5		
$M_{bet\ tørr}$ (kg)			2121,6	

Det totale vanninnholdet kan nå beregnes i 1 m³ betong iht formel (1), se tabell 3.2.5-3.

Tabell 3.2.5-3: Beregnet totalt vanninnhold

	Prøve 1	Prøve 2
V_{tot} (kg)	194,9	194,3

For å beregne det effektive vanninnholdet etter formel (2) må vannabsorpsjonen og tørrvekten for sand og pukk/singel være kjent. I eksemplet er vannabsorpsjonen til sanden oppgitt å være 0,45 %, og for pukk/singel 0,60 %. Tørrvekt for sand og pukk/singel er beregnet i tabell 3.2.5-4.

Tabell 3.2.5-4: Beregnet effektivt vanninnhold

	Prøve 1	Prøve 2
V_{eff} (kg)	186,3	185,7

Det effektive masseforholdet kan nå beregnes etter formel (3), se tabell 3.2.5-5.

Tabell 3.2.5-5: Beregnet effektivt masseforhold

	Prøve 1	Prøve 2
m	0,41	0,41
Effektivt masseforhold, gj.sn.	0,41	

Kommentar: Labsys beregner i tillegg V_{eff} , V_{tot} og teoretisk masseforhold basert på de oppmålte verdiene oppgitt på blanderapporten, se punkt 5.2. Det teoretiske masseforholdet beregnes også etter formel (3), men da med andre verdier for V_{eff} og V_{tot} . Det er i utgangspunktet ikke nødvendig å gjøre det, men det gir en ekstra kontroll på at riktige verdier er benyttet i beregningene. Om det teoretiske masseforholdet avviker fra masseforholdet oppgitt på blanderapporten, kan det tyde på feil i inntasting fra blanderapport. I eksemplet ble masseforholdet oppgitt å være 0,38. V_{eff} er summen av alt vann i tabell 3.2.5-2, V_{tot} er V_{eff} pluss det absorberte vannet i tilslaget, V_{abs} . V_{abs} beregnes etter følgende formel:

$$V_{abs} = aX + bY \quad (4)$$

a = vannabsorpsjon sand (% av tørr vekt)

b = vannabsorpsjon pukk/singel (% av tørr vekt)

X = tørrvekt (kg) sand i 1 m³ betong

Y = Tørrvekt (kg) pukk/singel i 1 m³ betong

Tabell 3.2.5-6: Kontroll av oppgitt masseforhold mot teoretisk masseforhold

V_{tot}	180,4
V_{abs}	8,6
V_{eff}	171,8
Teoretisk masseforhold	0,38
Opgitt masseforhold	0,38

Teoretisk masseforhold er lik oppgitt masseforhold, det viser at riktige verdier er benyttet i beregningene.

8.3 Vurdering av resultater

I vårt eksempel var masseforholdet oppgitt til å være 0,38, og skulle derfor kunne tilfredsstillende kravet om $m \leq 0,40$. Basert på to delprøver ble effektivt masseforhold målt å være 0,41, dvs. at det avviker fra oppgitt masseforhold med 0,03. NB! Det målte, effektive masseforholdet sammenlignes med det oppgitte masseforholdet, ikke med kravet til masseforhold. Betongprodusenten ble derfor varslet om resultatet, og om at en ny prøve blir tatt ved neste leveranse.



3 Betong

3.2 Undersøkelse av fersk betong

3.2.6 Fiberinnhold og –fordeling i fiberarmert betong

Januar 2018 (ny)

1. Hensikt

Metoden beskriver måling av fiberinnhold i fersk betong, samt bestemmelse av fordelingen av fiber gjennom et betonglass.

Prøveuttak for kontroll av fiberinnhold og –fordeling skal gjøres ved levering av basisbetongen til sprøyteutstyret. En prøving skal bestå av 3 prøveuttak som analyseres separat for fiberinnhold. Første prøveuttak tas etter at ca. 1,0–1,5 m³ er tømt, det andre ca. midt i lasset og det tredje når ca. 1,0–1,5 m³ gjenstår å tømme. Hvert prøveuttak skal være på minimum 8 liter, bruk gjerne luftmålerbøtte med kjent volum på 8 liter.

Enkelte ganger kan det være aktuelt å måle fiberinnhold i herdet betong, denne metoden er beskrevet i HB R210 Laboratorieundersøkelser.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- beholder med kjent volum, minimum 8 l, gjerne luftmålerbøtte
- sikt med maskevidde 2 mm
- bøtte
- vekt, nøyaktighet ±0,01 g
- magnet eller hov
- varmeskap
- luftmåler

4. Fremgangsmåte

- volumet av hver prøve som skal analyseres for fiberinnhold bestemmes nøyaktig ved at den fylles i en metallbøtte med kjent volum, f.eks. luftmålerbøtte.
- betongoverflaten trekkes av nøyaktig for at prøvevolumet skal tilsvare bøttens volum. Volumet av prøven skal være i området minimum 8 liter.
- prøven vaskes ut med vann (gjerne over en sikt og bøtte), og fiber i prøven samles opp, se figur 3.2.6–1. Fiber fanges med egnet

redskap; magnet for stålfiber, hov for plastfiber.

- hvis noe fiber trenger gjennom sikten bør vaskeprosedyren gjentas på materialet som er samlet opp i bøtta under silen
- oppsamlet fiber vaskes, tørkes og veies.
- fibermengde i kg/m³ beregnes for hvert enkelt prøveuttak.



Figur 3.2.6–1: Utvasking av stålfiber

Om ønskelig kan prøven tilsettes retarderende tilsetningsstoff *etter* at volumet er bestemt, og deretter tas med tilbake til laboratoriet for utvasking av fiber. Sjekk nøye at all fiber i prøven er samlet opp, og grundig rengjort før den tørkes i varmeskap og veies.

Dersom basisbetongen har et luftinnhold som overstiger 4,0 %, kan målt fiberinnhold i prøvene korrigeres for dette. Basisbetongens luftinnhold skal i så fall måles på samme lass hvor fiberinnhold kontrolleres, og rapporteres sammen med korrigert luftinnhold.

5. Resultater

5.1 Formler

Fibermengden rapporteres i kg/m³ og beregnes etter følgende formel:

$$\text{Fibermengde} = \frac{m_f}{V}$$

der:

m_f = oppveid fibermengde i gram

$V = \text{prøvestykkets volum i dm}^3$

Ved luftinnhold over 4 %, kan fibermengden korrigeres etter følgende formel:

$$\text{Korrigert fibermengde} = \frac{\text{Målt fibermengde} \times 100}{104 - \text{målt luftinnhold i \%}}$$

5.2 Evaluering

Samsvar for fiberinnhold konstateres dersom gjennomsnittlig fiberinnhold i betonglasset (gjennomsnitt av 3 prøveuttak fra samme lass) ikke ligger mer enn 15 % under forutsatt tilsatt fibermengde i kg/m^3 .

Samsvar for fiberfordeling konstateres dersom ingen av de 3 enkeltprøvene viser fiberinnhold mer enn 20 % under forutsatt tilsatt fibermengde i kg/m^3 .

Ved prøving i forbindelse med framstilling av plateprøver for måling av energiabsorpsjon skal avvik fra forutsatt tilsatt fibermengde ikke være større enn:

- $\pm 15 \%$ for gjennomsnittet av tre prøveuttak fra samme lass
- $\pm 20 \%$ for enkelt prøveuttak.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- sted, dato, klokkeslett og ansvarlig for prøvingen
- identifikasjon av betongen
- prøvem metode
- alle registreringer
- fibermengde, enkeltprøver og gjennomsnitt
- eventuelt bedømmelse av prøvingen
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

Norsk Betongforening (2011): Publikasjon nr. 7 Sprøytebetong til bergsikring

NS-EN 14488-1 (2005): Prøving av sprøytebetong – Del 1: Prøvetaking av fersk og herdet betong

NS-EN 14488-7 (206): Prøving av sprøytebetong – Del 7: Fiberinnhold i fiberarmert betong

8. Tillegg

8.1 Eksempel på beregning av fibermengde

Volum av prøvene ble målt til 8 l, oppveid mengde stålfiber i de tre prøvene var henholdsvis 253,2 g, 261,4 g og 270,3.

$$\text{Fibermengde 1} = \frac{253,2 \text{ g}}{8 \text{ dm}^3} = 31,65 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Fibermengde 2} = \frac{261,4 \text{ g}}{8 \text{ dm}^3} = 32,68 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Fibermengde 3} = \frac{270,3 \text{ g}}{8 \text{ dm}^3} = 33,79 \text{ kg/m}^3$$

Gjennomsnittlig fiberinnhold blir da $32,71 \text{ kg/m}^3$.

8.2 Eksempel på korrigering av luftinnhold

I dette tilfellet ble luftinnholdet målt til 6,5 %, og dermed kan fibermengden korrigeres:

$$\text{Korrigert fiberinnhold 1} = \frac{31,65 \times 100}{104 - 6,5} = 32,46 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Korrigert fiberinnhold 2} = \frac{32,68 \times 100}{104 - 6,5} = 33,51 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Korrigert fiberinnhold 3} = \frac{33,79 \times 100}{104 - 6,5} = 34,66 \text{ kg/m}^3$$

Gjennomsnittlig fiberinnhold blir da $33,54 \text{ kg/m}^3$.

8.3 Eksempel på evaluering

I dette tilfellet var forutsatt tilsatt fibermengde 30 kg/m^3 , og kravene blir da at:

- gjennomsnittlig fiberinnhold for de 3 prøvene er over $25,5 \text{ kg/m}^3$ (-15%).
- hver enkeltprøve viser fiberinnhold over 24 kg/m^3 (-20%).

I vårt tilfelle kan dermed samsvar for fiberinnhold konstateres.

På samme betonglass ble det sprøytet energiabsorpsjonsplater, kravene til fiberinnhold blir da at:

- gjennomsnittlig fiberinnhold for de 3 prøvene er over $25,5 \text{ kg/m}^3$, og under $34,5 \text{ kg/m}^3$. ($\pm 15 \%$)
- hver enkeltprøve viser fiberinnhold over 26 kg/m^3 , og under 36 kg/m^3 ($\pm 20 \%$).

Også her kan samsvar konstateres.



3 Betong

3.3 Undersøkelse av herdet betong

3.3.1 Armeringslokalisering og –overdekning

Desember 2017 (erstatte metode 15.542, mai 1997)

1. Hensikt

Metodebeskrivelsen omfatter en ikke-destruktiv metode for å lokalisere armering, samt å måle avstanden fra betongoverflaten inn til armeringen, kalt overdekning. Målingene kan utføres med overdekningsmåler (covermeter) eller mer avanserte skannerinstrumenter. Covermeter har hittil vært mest vanlig. Resultatene bør verifiseres i opphugginger eller ved å bore inn til armering enkelte steder.

Hensikten med målingene kan være:

- å vurdere korrosjonsrisiko ved å sammenholde armeringsoverdekningen med betongens kloridinnhold og karbonatiseringsdybder
- å lokalisere armering ved boring av kjerner eller annen prøvetaking
- å kontrollere at armeringsføring og overdekning er som prosjektert
- ved mistanke om liten overdekning

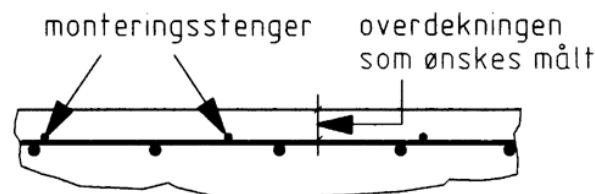
1.1 Prinsipp

Overdekningsmåleren registrerer endringer i magnetfeltet rundt innstøpt armering (magnetiserbart metall) via en søkersonde som føres på betongoverflaten. Endringene er en funksjon av mengden metall og avstanden inn til det. Overdekningsmåleren beregner avstanden fra overflaten og inn til armeringen når armerings diameter er kjent.

2. Definisjoner

Overdekning: Avstanden fra betongoverflaten og inn til armeringen, se figur 3.3.1–1.

Måling: Registreringer av overdekningen til det armeringslaget som ønskes undersøkt, som regel det ytterste laget av den konstruktive armeringen. Én måling dekker som regel registreringer innenfor minimum 1 m² betongflate.



Figur 3.3.1–1: Skisse av armeringsjern og den målte overdekningen

3. Utstyr

- armeringstegninger
- overdekningsmåler (covermeter), med bruksanvisning og ekstra batterier
- metermål
- skyvelære
- utstyr for opphugging eller drill for boring
- kritt (Obs! Bruk ikke tusj av estetiske grunner!)

3.1 Vedlikehold og kalibrering

Iht. bruksanvisning for den enkelte typen overdekningsmåler.

4. Fremgangsmåte

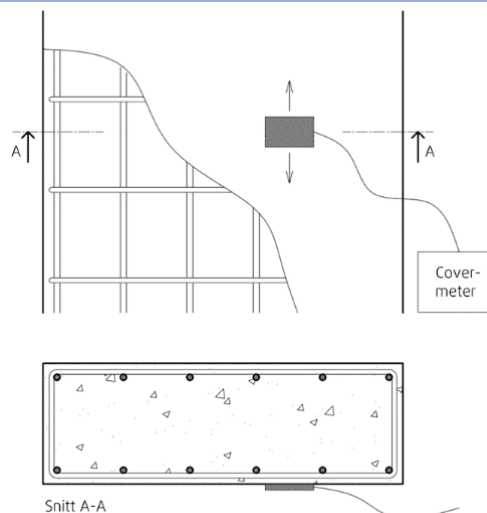
4.1 Forberedelser

- bruksanvisningen for overdekningsmåleren studeres og instrumentet kalibreres ved å måle mot armering med kjent diameter og overdekning (flere instrumenter leveres med «dummies» til slike formål).
- prøvelokaliteter velges med bakgrunn i formålet med undersøkelsen, og måles inn og registreres iht. definert lokaliseringssystem, f.eks. som gitt i Håndbok V441 Inspeksjonshåndbok for bruer
- armeringstegningene for de aktuelle konstruksjonsdelene (prøvelokalitetene) studeres for å få en oversikt over armeringsføringen (armeringsdiameter, senteravstander, indre/ ytre lag, skjøteområder etc.).
- sannsynlig beliggenhet av monteringsstenger vurderes ut fra mønsteret av konstruktiv armering.

4.2 Arbeid på konstruksjonen

For hver prøvelokalitet (minimum 1 m² overflateareal) utføres følgende:

- eventuelle monteringsstenger søkes kartlagt (avtrykk av armeringsstoler eller rustflekk av spikeren i armeringsstoler på linje i betongoverflaten indikerer at monteringsstenger har vært benyttet). Lokalitet av monteringsstenger markeres med kritt.
- alle armeringsjern innenfor prøveområdet lokaliseres ved å føre søkersonden langsomt over betongoverflata, i begge retninger. Når sonden er rett over et armeringsjern registreres dette på displayet ved at måleverdien når et minimum, ofte også ledsaget av et lydsignal. Armeringen skisses opp med kritt på konstruksjonen slik at mønsteret blir tydelig. Det registreres hvilket armeringslag som ligger ytterst.
- overdekningsmåleren stilles inn på diameteren til det armeringslaget som ønskes målt (som regel det ytterste laget), og instrumentet nullstilles. Pass på at det ikke er metaller i nærheten av søkersonden som forstyrrer denne nullstillingen (giftering, penner, metallknapper etc.).
- søkersonden plasseres på betongoverflaten parallelt med armeringen i ønsket armeringslag og midt mellom kryssende armeringsstenger (for å unngå feilmålinger). Sonden beveges langsomt vinkelrett på armeringen, se figur 3.3.1-1. Når instrumentet signaliserer at sonden er rett over et armeringsjern føres sonden litt fram og tilbake for å få så nøyaktig lokalisering/registrering som mulig. Overdekningen noteres for hvert armeringsjern. Målingene gjentas for minst én parallell målelinje. Det kan eventuelt også måles mot kryssende armeringslag, De ulike armeringslag, også eventuelle monteringsjern, registreres og rapporteres separat.
- måleresultatene bør verifiseres ved at det foretas oppmeisling/boring til armeringen, og måling av overdekningen med tommestokk/skyvelære. Ved behov justeres innstillingen av instrumentet.
- borehull/oppmeislinger tettes iht. hhv. metode 3.1.4 Utboring av betongstøv for måling av klorider/3.1.3 Utboring av betongkjerner.



Figur 3.3.1-2: Plassering og føring av søkersonde i forhold til armeringsnett. Eksempelet viser måling av overdekning til ytre horisontalarmering. Ref: SINTEF Byggforskserien, anvisning nr. 520.036

5. Resultater

5.1 Registreringer

- angivelse/beskrivelse av lokaliseringssystem
- tilgjengelig tegningsgrunnlag
- kalibreringsdata for overdekningsmåleren
- beliggenhet av monteringsstenger
- diameter og senteravstand for jern i hvert lag
- enkeltresultater fra måling av overdekning (separat for monteringsstenger og ytterste lag av konstruktiv armering)
- resultater fra kontroll ved opphugging eller boring: målt/fastlagt overdekning
- hvordan borhull og oppmeislinger er reparert

Ved å notere direkte på betongoverflaten hvor armeringsjernene ligger, samt hvilke dybder som er målt kan registreringsarbeidet lettes ved bruk av foto.

5.2 Usikkerhet

Med godt utstyr og riktig utførelse gir målingene normalt god nøyaktighet. Det kan imidlertid være store utfordringer knyttet til målinger på tett armerte konstruksjonsdeler (med små senteravstander, bunter, skjøtjern og flere tettliggende lag). De beste overdekningsmålerne oppgis til å ha en feilmargen på maks 5 % på overdekninger inntil 90 mm, men i praksis vil usikkerheten ved feltmålinger være større når overdekningen er mer enn 50–60 mm.

For å sikre mest mulig pålitelige resultater må følgende forhold tas i betraktning:

- målingene bør utføres med spesiell oppmerksomhet ved temperaturer under 0 °C.
- på undersiden av horisontale konstruksjonsdeler kan ansamlinger av

bindtråd, spiker e.l. i overflaten medføre problemer for målingene.

- svært tett armeringsføring og armering i flere lag kan resultere i feilaktige resultater.
- magnetisk tilslag i betongen kan medføre feilaktige resultater.
- målinger nær høyspentkabler kan medføre feilaktige resultater.

Systematiske opphugginger/boringer og direkte måling av overdekning er nødvendig for å kontrollere/kalibrere resultatene.

6. Rapportering

Rapporten skal minimum inneholde følgende opplysninger:

- dato og rapportidentifikasjon
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- navn og adresse på ansvarlig for prøvingen
- prøvingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- dato for prøvingen
- tilgjengelig tegningsgrunnlag
- angivelse/beskrivelse av lokaliseringssystem
- lokalisering av registreringer: skisse av den undersøkte betongoverflaten med anvisning av dens plassering på konstruksjonen og i forhold til koordinatsystemet
- for hvert målepunkt: koordinater, hva som ble utført (f.eks. overdekning, kloridprofil, opphugging) og alle registreringer
- kalibreringsdata for overdekningsmåleren
- minimums- og maksimumsoverdekning samt beregnede gjennomsnittsverdier for hver prøvelokalitet og armeringslag (f.eks. monteringsjern og det ytterste laget av den konstruktive armeringen)
- beliggenhet av monteringsstenger
- opplysninger om verifisering av resultater i forhold til målt overdekning, f.eks. ved opphugging eller an boring
- værforhold
- annen informasjon som kan ha betydning for bedømmelse av resultatene
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

SINTEF Byggforsk (2007): Kvalitetskontroll av herdet betong. Feltmetoder. Byggforskserien Anvisning 520.036. Byggetaljer, Oslo



3 Betong

3.3 Undersøkelse av herdet betong

3.3.2 Bestemmelse av heftfasthet/overflatestrekkfasthet betong

Desember 2017 (erstatte metode 15.541, mai 1997)

1. Hensikt

Denne metodebeskrivelsen omfatter en metode for bestemmelse av:

- heftfasthet mellom belegg og underlagsbetong
- heftfasthet mellom påstøp og underlagsbetong
- heftfasthet på betongoverflater for å få indikasjon på overflatestrekkfasthet og/eller kontrollere rengjøring før påføring av belegg/membran.

1.1 Prinsipp

En prøvekopp limes til det underlaget som skal prøves. Det kjernebores et spor rundt prøvekoppen, gjennom det aktuelle materialsjiktet (f.eks. belegg, mørtel) og inn i underbetongen. Det påføres en jevn avtrekkskraft inntil det ytterste materialsjiktet løsner, eventuelt inntil det oppstår strekkbrudd i ett av materialsjiktene, og heftfastheten beregnes. Bruddflatene inspiseres med hensyn på bruddform. En prøve består av minst fem gyldige enkeltavtrekk.

2. Definisjoner

Heftfasthet: Avtrekkskraft delt på heftflatens areal.

Heftflate: Arealet som avtrekkes, dvs. arealet av prøvekoppen

Prøvekopp: Sirkulær metallkloss (aluminium eller stål), som limes til overflaten som skal prøves.

3. Utstyr

Følgende utstyr er nødvendig for å foreta heftprøving av belegg og betongoverflater:

- kalibrert avtrekksutstyr som påfører en kraft sentrisk, inklusiv eventuelt tilhørende festbolter og mothold. Kapasiteten skal være tilstrekkelig til å gi strekkbrudd (6 kN er tilstrekkelig for de fleste anvendelser). Det skal være mulig å lese av bruddlast med nøyaktighet på $\pm 2\%$, også etter avlastning

- prøvekopper med diameter ($50 \pm 0,5$) mm og minimumstykkelse 20 mm (stål) eller 30 mm (aluminium). Prøvekoppen skal kunne festes til avtrekksutstyret på en slik måte at lasten påføres jevnt og uten eksentrisitet.
- kjernebor som er tilpasset prøvekoppens diameter. Etter boringen skal det være ($1,5 \pm 0,5$) mm fritt rom rundt sylindren for å unngå sidebelastning og friksjon ved prøvingen
- hurtigherdende lim. Limet må ha en slik konsistens at det går an å lime prøvekoppene på vertikale flater. (Vanligvis benyttes to-komponent epoksyylim). Valg av limtype skal tilpasses herdebetingelsene, konstruksjonsdel og overflatestruktur
- Utstyr for rengjøring av prøvekoppene (meisel, stålbørste, mm)

3.1 Vedlikehold

Avtrekksutstyret skal kalibreres med jevne mellomrom, etter anvisning av leverandøren for utstyret.

4. Fremgangsmåte

- overflaten av det materialet som skal prøves skal være rengjort slik at det oppnås en limfuge med tilstrekkelig styrke mellom prøvekopp og underlag. For belagte flater betyr dette at støv og skitt skal fjernes (koster/tørkes vekk) før koppen limes på. For betongoverflater betyr dette at overflaten skal prøves når den er tilstrekkelig rengjort før belegning. Løst støv og skitt skal fjernes.
- prøvekoppene limes på underlaget med egnet lim.
- prøvekoppene skal sikres mot bevegelser etter liming. Prøvekopper i tak og på vertikale flater skal understøttes.
- limet skal herdes før avtrekksprøvingen gjennomføres.
- temperaturen skal være min. + 5 °C ved prøvingen.

- etter herding av limet, bores det gjennom det sjiktet som ønskes prøvet med et kjernebor med indre diameter tilpasset prøvekoppen. Ved testing av betongens overflatestrekkfasthet bores det ca. 3 mm ned i betongen rundt hele prøvekoppen. Ved testing av beleggets/påstøpens heftfasthet til underlaget gjennombores belegget/påstøpen rundt hele prøvekoppen, og (15 ± 5) mm ned i betongen. Boringen må utføres med forsiktighet, slik at prøvekoppen ikke belastes før under selve heftprøvingen.
- avtrekksutstyret monteres etter bruksanvisning som skal ligge vedlagt utstyret. Det er viktig at det ikke brukes krefter for å stramme til utstyret ved montering.
- lasten påføres med en jevn hastighet på $(0,05 \pm 0,01)$ MPa/sek. inntil brudd oppstår.
- eksakt beliggenhet av prøvetakingen på konstruksjonen måles inn og noteres. Beliggenheten angis gjerne i et lokalt akse- eller koordinatsystem på konstruksjonen. På bruer skal akse-systemet som er opprettet for inspeksjonen benyttes dersom dette finnes. Lokaliseringssystem skal være iht. håndbok V441 Inspeksjonshåndbok for bruer

5. Resultater

5.1 Registreringer

- nøyaktig lokalisering av prøvene
- beskrivelse av bruddflaten med angivelse av hvor bruddet går, ca. prosentvis fordeling av bruddarealet i betong/belegg/heftflate/lim etc.
- bruddlasten registrert av utstyrets manometer, evt. heftfastheten om den avleses direkte
- temperatur ved prøvingen

5.2 Beregninger

Heftfastheten beregnes som bruddlast dividert med heftflatens areal. Resultatet angis som heftfasthet gitt i MPa eller N/mm².

5.3 Usikkerhet

- Nøyaktigheten i måleresultatet avhenger av hvor godt den beskrevne prosedyren er fulgt. Erfaringsmessig er metoden ømfintlig for små avvik eller variasjon i prøvingsutførelsen. Faktorer som i særlig grad kan påvirke resultatet er:
 - eksentrisk belastning
 - at prøvekoppen blir belastet under boringen
 - mangelfull kalibrering av utstyret
 - ujevn eller for rask lastpåføring

6. Rapportering

Rapporten skal minimum inneholde følgende opplysninger:

- dato og rapportidentifikasjon
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- navn og adresse på ansvarlig for prøvingen
- dato og adresse for prøvingen (objekt)
- dato og sted for prøvingen (hvor på konstruksjonen, element, koordinater)
- prøvingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- prøve-kopp, type og størrelse
- alle registreringer og utregninger, beregnet heftfasthet i MPa eller N/mm²
- prøvingsresultat, inkl. beskrivelse av brudd og bruddflater
- værforhold
- annen informasjon som kan ha betydning for bedømmelse av resultatet
- eventuelle fravik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 1542 (1999) Produkter og systemer for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner – Prøvingsmetoder – Måling av heftfasthet ved uttrekksprøving



3 Betong

3.3 Undersøkelse av herdet betong

3.3.3 Trykkfasthet betong, slaghammer

Desember 2017 (erstatte metode 15.544, mai 1997)

1. Hensikt

Denne metodebeskrivelsen omhandler bestemmelse av slaghammerverdi for ikke-destruktiv testing av betong.

Metoden kan brukes til å undersøke variasjoner i fastheten i en konstruksjon, eller å avdekke soner/områder med avvikende kvalitet eller med skader. Metoden er ikke egnet som et alternativ til vanlig fasthetsprøving, men kan gi et estimat på in-situ fasthet forutsatt at sammenhengen mellom målt trykkfasthet og slaghammerverdi er etablert for den aktuelle betongtypen. Dette er ikke behandlet her, og det henvises til NS-EN 13791.

1.1 Prinsipp

En stålsylinder drevet av en fjær slynges mot betongoverflaten, og rekylverdien registreres. Avhengig av type slaghammer leses verdien enten direkte av i MPa eller det brukes en omregningstabell/-kurve.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- slaghammer med bruksanvisning og funksjonskontroll,
- referanseambolt, med minimum hardhet 52 HRC, vekt 16 ± 1 kg og diameter lik ca. 150 mm
- slipestein av silisiumkarbid
- kost/sykkelpumpe

4. Fremgangsmåte

Betongen som skal testes skal være min 100 mm tykk, og være en del av en konstruksjon. Mindre elementer og prøvestykker kan testes forutsatt at de er godt støttet opp. Områder med porer, avskalling, ujevn overflate og/eller høy porøsitet unngås.

Se også bruksanvisningen til den aktuelle slaghammeren.

4.1 Forberedelser

Før testen gjennomføres skal slaghammeren kontrolleres mot en referanseambolt:

- tørk stempelet på slaghammeren og overflaten til ambolten
- gjennomfør først minst fem slag med slaghammeren, deretter fem nye slag der resultatene noteres.
- hvis resultatene ikke er innenfor ± 3 av verdien oppgitt av produsenten, rengjør og/eller juster slaghammeren iht. bruksanvisningen og repeter testen.

Slaghammeren skal brukes innenfor temperaturintervallet 0–50 °C.

4.2 Prøving

- betongens overflate slipes med slipesteinen, slik at grater og eventuelt slamlag i ytterflaten fjernes. Alt løst støv fjernes med kost/sykkelpumpe.
- evt. vannfilm på overflaten tørkes bort.
- hold slaghammeren slik at stempelet står normalt på betongoverflaten
- øk gradvis trykket på slaghammeren inntil stempelet slår
- les av måleverdien
- om slaghammeren treffer en pore i overflaten skal resultatet forkastes
- det skal foretas minimum ni målinger med minimum 25 mm innbyrdes avstand, og minimum 25 mm fra kanten av konstruksjonen.

Det anbefales å lage et rutenett med 25–50 mm mellom hver linje, og la midtpunktet i hver rute være prøvingspunkt.

4.3 Etterarbeid

Etter at testen er gjennomført gjøres fem nye slag mot referanseambolten. Hvis resultatene ikke er innenfor ± 3 av verdien oppgitt av produsenten, rengjøres og/eller justeres slaghammeren iht. bruksanvisningen og prøvingen repeteres.

5. Resultater

5.1 Registreringer

Samtlige enkeltmålinger registreres. Slaghammerverdien angis som median av de ni målingene.

5.2 Beregninger

Slaghammerverdien angis i MPa uten desimaler. Hvis mer enn 20 % av verdiene avviker fra medianen med mer enn 30 % forkastes hele måleserien.

5.3 Usikkerhet

Måleverdien avhenger av betongens styrke, elastisitetsmodul, konstruksjonens stivhet, fuktinnhold, indre demping, tilslag, karboniseringsgrad osv. Målingene er også avhengige av at slaghammeren holdes vinkelrett mot underlaget (den benyttes på). Angivelsene regnes som svært unøyaktige, og det er ingen systematikk i hvorvidt den gir høyere eller lavere verdier enn den reelle trykkfastheten. Den angir kun betongens overflatestyrke. Følgende faktorer påvirker slaghammerverdien spesielt, og skal tas hensyn til:

- tørr betongoverflate gir høyere verdier enn våt flate.
- karbonisert betongoverflate kan gi annen verdi enn ikke-karbonisert overflate.
- overflater støpt mot stålform gir høyere verdier enn overflater støpt mot treform. Stålglatt flate gir høyere verdi enn en avtrukket flate. Ubehandlet horisontalflate bør unngås, og bjelkelag bør, hvis mulig, prøves fra undersiden.
- nyere, digitale slaghammere tar selv høyde for endring i slagretning, mens for eldre utstyr må slagretningen være den samme for at verdiene skal kunne sammenlignes. Sammenlignet med horisontal slagretning øker da verdien ved slagretning nedover og avtar ved slagretning oppover.

- verdier fra ulike konstruksjoner kan bare sammenlignes hvis forholdene er like.
- verdier fra slipte og uslipte flater kan ikke sammenlignes.
- forskjellige slaghammere av samme type kan gi forskjellige resultater, derfor må samme slaghammer brukes for å oppnå sammenlignbare resultater.

6. Rapportering

Rapporten skal minimum inneholde følgende opplysninger:

- dato og rapportidentifikasjon
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- navn og adresse på ansvarlig for prøvingen
- prøvingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- dato og sted for prøvingen (element, koordinat)
- måleflatens merking og konstruksjonens form og dimensjoner
- alle registreringer og utregninger
- slaghammerverdi (median) i MPa
- værforhold
- annen informasjon som kan ha betydning for bedømmelse av resultatet
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 12504-2 (2012): Prøving av betong i konstruksjoner Del 2: Ikke-destruktiv prøving Bestemmelse av slaghammerverdi

SINTEF Byggforsk (2007) Kvalitetskontroll av herdet betong. Feltmetoder. Byggforskserien Anvisning 520.036. Byggedetaljer, Oslo

NS-EN 13791 (2007): Vurdering av betongens trykkfasthet i konstruksjoner og prefabrikkerte betongelementer



3 Betong

3.3 Undersøkelse av herdet betong

3.3.4 Fuktinnhold i herdet betong

Desember 2017 (erstatte metode 15.543, mai 1997)

1. Hensikt

Denne metoden beskriver en enkel metode for indikasjon av fuktinnhold i brudekker som skal fuktisoleres. Metoden går ut på å registrere kondensdannelse eller mørkfarging av betong under en gjennomsiktig plastfolie som er teipet fast på betongen. Metoden benyttes om ikke leverandør av fuktisoleringen angir annen metode.

Andre metoder for måling av fuktinnhold i herdet betong er gitt i HB R210 Laboratorieundersøkelser og i Norsk betongforenings publikasjon nr. 15 betonggulv – gulv på grunn, påstøp.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- kraftig plastfolie (byggningsplast), gjennomsiktig, ca. 1 m² pr. målested
- kraftig limbånd (tape)

4. Fremgangsmåte

Ca. 1 m² plastfolie legges ut på betongdekket og tettes (teipes fast) langs kantene. Etter noe tid, 1 – 2 timer, inspiseres platen med hensyn på kondens på undersiden og/eller med hensyn på mørkfarging av underliggende betong. Klokkeslett, lufttemperatur og værforhold ved utlegging og ved inspeksjon av plastfolien noteres.

Kommentar: Hvis kondens eller mørkfarging er til stede, er fuktinnholdet for høyt og membranarbeidene bør utsettes.

5. Resultater

5.1 Registreringer

- Identifikasjon av målested (koordinater eller annen lokalisering)
- klokkeslett ved utlegging og ved inspeksjon av plastfolien

- lufttemperatur ved utlegging og ved inspeksjon av plastfolien
- eventuell kondensdannelse under platen og/eller mørkfarging av underliggende betong
- værforhold (solskinn, skydekke, regn etc.)
- andre ting som kan ha betydning for bedømmelse av resultatet

5.2 Usikkerhet

Sammenhengen mellom resultatene av denne testen og risikoen for skader på fuktisoleringen er ikke klarlagt gjennom praktisk erfaring. Bruken av metoden bør ta hensyn til dette. Muligens gir metoden mer svar på om temperaturforløpet er slik at det gir oppstigende fukt/vanndamp som kan gi risiko for skader på fuktisoleringen enn svar på hvilket fuktinnhold det er i underlaget, uten at dette trenger å være noen svakhet ved metoden.

6. Rapportering

Resultatet av målingene bør inngå i evt. annen rapportering av brudekkearbeidet og membranpåføringen. Dersom ikke annet er bestemt skal rapporten minimum inneholde følgende opplysninger:

- rapportidentifikasjon
- navn og adresse på ansvarlig for målingen
- adresse for prøvetakingen (navn på konstruksjonen/byggverket)
- prøvingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- alle registreringer

Eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen skal rapporteres

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.



3 Betong

3.4 Spesielle betongundersøkelser

3.4.1 Herdekontroll av betong, temperaturmåling

Desember 2017 (erstatte metode 15.5341, mai 1997)

1. Hensikt

Metodebeskrivelsen omfatter herdekontroll vha. temperaturmålinger i konstruksjonen fra utstøping og videre gjennom en større eller mindre del av herdeforløpet.

Herdekontroll ved temperaturmålinger kan benyttes til fortrinnsvis to formål:

- modenhetsberegninger (manuelt eller ved bruk av dataprogram) for indirekte bestemmelse av betongfasthet
- dokumentasjon av temperaturutvikling og temperaturgradienter

1.1 Prinsipp

Temperaturfølere plasseres i kritiske punkter i tverrsnittet der det er spesifisert/kritisk (f.eks. der hvor det er forventet høyeste temperatur, i ytterkant der betongen forventes å være kaldest, samt lufttemperaturen).

2. Definisjoner

Modenhet: Ekvivalent herdetid ved 20 °C. Et uttrykk for hvor langt i herdeprosessen betongen har kommet

Temperaturgradient: Forskjell i temperatur over tverrsnittet av et konstruksjonselement, uttrykt som temperaturdifferanse per lengdeenhet [°C/m] eller som temperaturdifferanse [°C]

3. Utstyr

- kalibrert temperaturlogger (automatisk), med målenøyaktighet ± 2 °C, og som kan registrere og lagre fortløpende hele temperaturutviklingen
- evt. kalibrert digitaltermometer (manuelt) med målenøyaktighet ± 2 °C
- termokabler (2-leder)

4. Fremgangsmåte

- beregn tilstrekkelig lengde på kabelen som skal støpes inn.

- avisoler termokabelen i den ene enden og sett om nødvendig på en miniplugg som passer inn i digitaltermometeret.
- fest kabelen på konstruksjonen slik at det er enkelt å komme til når målingen skal foretas.
- avisoler termokabelen i den andre enden og tvinn de to lederne sammen med nebbtang
- plassér den avisolerte/tvinnede enden av kabelene på de planlagte lokaliseringene i konstruksjonens tverrsnitt. Termokabelene må festes på en robust måte slik at de ikke forskyver seg under utstøping; ved bruk av elektrikerstrips og gjerne ekstra armeringsjern. I overdekningssonen (mot forskaling) kan det brukes karbonstav evt. annet ikke-korrosivt og bestandig materiale.
- koble termokablene til temperaturloggeren, og registrer temperaturutviklingen fra utstøpingstidspunktet (gjærne start logger før). Med datalogger kan temperaturen med fordel registreres så ofte som hver ½ time.
- evt. utfør målingene med jevne mellomrom ved å koble pluggen inn i digitaltermometeret. Anslagsvis kan det i de første timene etter utstøping måles hver 3. time (ev. unntatt om natten). Maksimal temperatur oppnås normalt fra 18 til 48 timer etter utstøping, avhengig av tverrsnittstykkelsen og betongtype. Målingene kan avsluttes når det en ønsker å dokumentere er registrert.

5. Resultater

Registrerte temperaturvariasjoner i betongen i løpet av herdeprosessen.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- dato og rapportidentifikasjon
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- navn og adresse på ansvarlig for prøvingen
- prøvingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- betongens identifikasjon og sammensetning
- skisse over plassering av målepunktene

- sted for temperaturregistreringen, dato og klokkeslett
- prøvingsresultat, grafisk framstilling av temperaturutvikling over tid
- værforhold (vind, nedbør etc.)
- tildekking eller isolasjon av betongoverflaten, forskalingstype evt. tidspunkt for riving av forskaling
- annen informasjon som kan ha betydning for bedømmelse av resultatet
- eventuelle avvik fra denne metodebeskrivelsen ved utførelse av målingene

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS 3656 Betongprøving – Reaksjonshastighetens temperaturavhengighet

SINTEF Byggforsk (2011) Oppfølging av betongens herdeforløp på byggeplass. Byggforskserien Anvisning 520.028. Byggdetaljer, Oslo



3 Betong

3.4 Spesielle betongundersøkelser

3.4.2 Herdekontroll av betong, fasthetsbestemmelse

Desember 2017 (erstatte metode 15.5342, mai 1997)

1. Hensikt

Metodebeskrivelsen omfatter herdekontroll av betong ved fasthetsbestemmelse. Herdekontroll ved fasthetsbestemmelse kan brukes når det er behov for å kontrollere hvor langt i herdeprosessen betongen har kommet på et gitt tidspunkt, f.eks. ved krav om en viss fasthet ved riving av forskaling/reis eller ved oppspenning av spennarmerte konstruksjoner.

Ved behov for mer nøyaktige målinger bør metode 3.4.1 Herdekontroll av betong, temperaturmålinger benyttes.

1.1 Prinsipp

Betongens herdingsgrad i en konstruksjon bestemmes ved trykkprøving av prøvestykker som har hatt samme herdingsbetingelser som betongen i konstruksjonen. Prøvenes trykkfasthet kan, om ønskelig, sammenlignes med resultatene for prøvestykker herdet under normale betingelser (20 °C, ingen uttørking).

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

Nødvendig utstyr for utstøping av prøver er beskrevet i metode 3.1.2 Støping av prøvestykker i betong. Utover dette er det ikke behov for noe utstyr.

Eventuelt kan det benyttes termostatstyrt herdekasse, dvs. et vannfylt herdekar med varmekolbe hvor vanntemperaturen styres etter signal fra en temperaturføler innstøpt i konstruksjonen (f.eks. på/nær innstøpingsgods bakom spennarmeringsforankringen).

4. Fremgangsmåte

- samtidig med betongarbeidets utførelse støpes 2 prøvestykker for hver alder man ønsker å kontrollere. Prøvestykkene støpes fra samme betongvolum som benyttes i konstruksjonen

- utstøping og behandling av prøvestykkene skal gjøres iht. metode 3.1.2 Støping av prøvestykker i betong
- prøvestykkene skal gis samme herdingsvilkår som kritisk del av konstruksjonen, og plasseres så inntil konstruksjonen, f.eks. under et dekke tildekking/isolasjon etc. Prøvestykkene plasseres på lagringsstedet så snart som mulig etter utstøping, første døgnet i støpeformene. NB! Om prøvestykkene oppbevares andre steder enn ved den konstruksjonsdelen som skal kontrolleres, kan herdingsgraden bli ulik, se pkt. 5.2 Usikkerhet ved bruk av termostatstyrt herdekasse plasseres terningformene med utstøpt betong i herdekaret mens betongen enda er bløt. Det er viktig at formene ikke plasseres helt under vann slik at vannet vasker ut den ferske betongen, vannoverflaten bør være ca. 1 cm under kanten på formen. Herdekassen må ikke gi høyere temperatur enn i konstruksjonen.
- svært god kontroll på lagringstemperatur kan man få man ved å støpe ut ett ekstra prøvestykke med innstøpt temperaturføler, lagre dette sammen med de andre, og registrere temperatur kontinuerlig.
- ved ønske om å sammenligne resultatene med resultater for prøvestykker herdet under normale betingelser, støpes det ut en ekstra prøveserie for hver alder

Eventuell forsendelse av prøver skal foregå på hurtigste måte, og slik at herdingsvilkårene endres minst mulig. Før trykkprøving skal prøvestykkene være opptint, og overflatefuktige som etter vannlagring.

Fasthetsprøvingen utføres i henhold til håndbok R210 Laboratorieundersøkelser.

5. Resultater

5.1 Registreringer

- temperaturen på lagringsstedet skal noteres daglig.
- temperaturforhold under transport og varigheten av denne skal rapporteres.
- de oppnådde trykkfasthetene.

5.2 Usikkerhet

Det kan være vanskelig å sikre at prøvestykkene får samme temperaturforløp som den konstruksjonsdelen som skal kontrolleres, og metoden har dermed en viss usikkerhet. Om resultatene skal brukes til å kontrollere om konstruksjonsdelen har oppnådd visse krav til fasthet, er det særdeles viktig at prøvestykkene ikke har fått bedre herdebetingelser (ikke høyere temperatur) enn konstruksjonsdelen. En kan da risikere å rive forskaling eller spenne opp for tidlig. Om prøvestykkene har fått dårligere herdebetingelser (lavere temperatur) så vil resultatet være på den sikre siden.

6. Rapportering

Rapporten skal minimum inneholde:

- dato og rapportidentifikasjon
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- navn og adresse på ansvarlig for prøvingen
- prøvingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- alle registreringer fra iht metode 3.1.1
Prøvetaking av fersk betong
- om det er benyttet utstøpte eller utborede prøvestykker
- prøvingsresultat, grafisk framstilling av tid og trykkfasthet for prøvene lagret i laboratoriet og for prøvene lagret på konstruksjonen
- annen informasjon som kan ha betydning for bedømmelse av resultatet
- eventuelle avvik fra denne metodebeskrivelsen ved prøvingen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

SINTEF Byggforsk (2011) Oppfølging av betongens herdeforløp på byggeplass. Byggforskserien Anvisning 520.028. Byggedetaljer, Oslo



3 Betong

3.4 Spesielle betongundersøkelser

3.4.3 Karbonatiseringsdybder i betong

Desember 2017 (erstatte metode 15.554, mai 1997)

1. Hensikt

Metodebeskrivelsen omfatter bestemmelse av betongens karbonatiseringsdybde. Metoden kan brukes som laboratorie- eller feltundersøkelse.

1.1 Prinsipp

Prøvemethoden er basert på at en indikatorvæske reagerer med betongens porevann når den dusjes på ferske bruddflater i betong. Karbonatisert betong vil forbli grå som den opprinnelige fargen, mens ikke-karbonatisert betong vil få ulike fargeomslag avhengig av type indikatorvæske. På denne måten kan karbonatiseringsfronten identifiseres. Tidligere ble fenolftalein benyttet som indikatorvæske. Av HMS-hensyn anbefales nå heller bruk av tymolftalein. Fenolftalein gir fargeomslag til rødlig, mens tymolftalein gir fargeomslag til blålig ved påføring på ikke-karbonatisert betong.



Figur 3.4.3-1: Mørtelprismer splittet og påført fenolftalein (til venstre) og tymolftalein (til høyre)

Foto: SINTEF

2. Definisjoner

Karbonatisering: Kjemisk reaksjon mellom sementlimets kalkinnhold ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) og omgivelsenes CO_2 -innhold. En konsekvens av karbonatiseringen er at pH-verdien i betongens porevann synker fra 13 til under 9, som igjen kan føre til korrosjon på armeringsstålet.

Karbonatiseringsfront: Grensen mellom karbonisert og ikke-karbonisert betong. Vises som grenselinjen mellom farget og ufarget betong etter påsprøyting av indikatorvæske, se figur 3.4.3-1.

Karbonatiseringsdybde: Avstanden fra betongoverflaten til karbonatiseringsfronten.

3. Utstyr

- sprayflaske med indikatorvæske (tymolftalein-oppløsning): 1 g tymolftalein løses opp i 70 ml etanol (teknisk sprit), som deretter fortynnes med 30 ml vann til et totalt volum på 100 ml.
- utstyr for rengjøring av prøveflaten f.eks. ballpumpe/trykkluft, børste
- skyvelære/tommestokk
- stållinjal/-vinkel e.l.
- hammer og meisel eller meiselmaskin, eventuelt betong-/steinsplitter

4. Fremgangsmåte

Valg av prøvelokaliteter må skje med bakgrunn i vurderinger av konstruksjonens tilstand og miljøbelastning, f.eks. fuktpåkjenning.

Karbonatisering skjer raskest i relativt tørr betong, så konstruksjonsdeler beskyttet mot nedbør vil ha de største karbonatiseringsdybdene, ved ellers lik betongkvalitet.

Lokalitet av prøvene måles inn og registreres iht. et definert lokaliseringssystem, f.eks. som gitt i Håndbok V441 Inspeksjonshåndbok for bruer.

Måling av karbonatiseringsdybder skal utføres på ferske bruddflater i betongen. Bruddflatene etableres enten ved opphugging direkte på betongoverflaten eller ved uttak av prøvestykker som etterpå splittes.

4.1 Måling i opphugginger

Det meisles inn i betongen i passende dybde (2–3 cm i første omgang, dypere ved behov). Alt støv blåses vekk fra såret og bruddflatene påføres indikatorvæske. Dersom det ikke registreres fargeomslag meisles det dypere, til fargeomslag registreres. Det legges en stållinjal e.l. på betongoverflaten, og avstanden mellom linjalens underside og karbonatiseringsfronten måles med tommestokk eller skyvelære. Det bør måles i flere

punkter slik at det kan anslås en middelvei for karboniseringsdybden i målepunktet.

Målingene må utføres umiddelbart etter påføring av indikatorvæsken (innen få minutter). Hvis det ventes for lenge før avlesning, kan farget væske suges kapillært inn i karbonisert sone og medføre feilmåling (hele såret kan bli farget blållilla).



Figur 3.4.3-2: Opphugging og påføring av indikatorvæske (her fenolftalein)

4.2 Måling på splittede prøvestykker

Prøvestykker, f.eks. utborede betongkjerner, splittes med betong-/steinsplitter e.l. Den ene bruddflaten påsprøytes et tynt lag med indikatorvæske. Alle målinger av karboniseringsdybder skal foretas umiddelbart etter påføring av indikatorvæsken (innen få minutter). Det avsettes målepunkter langs opprinnelig betongoverflate (minimum 5 punkter pr 100 mm, unngå store tilslagskorn som vil kunne gi misvisende resultater). I hvert målepunkt måles med skyvelære avstanden fra betongoverflaten til karboniseringsfronten. Se eksempel i Figur 3.4.3-3.



Figur 3.4.3-3: Synlig karboniseringsfront etter behandling med indikatorvæske (her tymolftalein). Karboniseringsdybden måles her i 3 punkter, som legges slik at man unngår store tilslagskorn.

5. Resultater

Karboniseringsdybden oppgis i hele mm. Den oppgis som gjennomsnittsverdien av de foretatte målingene pr. prøve, bortsett fra målinger i eventuelle sprekker og riss som angis separat.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- sted, dato, klokkeslett og ansvarlig for prøvingen
- identifikasjon på betongen
- prøvemethode
- alle registreringer
- resultater av målingene, gjennomsnittsverdi og maksimumsverdi av karboniseringsdybde
- omfang av sprekker og riss, og karboniseringsdybde i disse
- eventuelt bedømmelse av prøvingen
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 13295 (2004): Produkter og systemer for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner – Prøvmetsmetoder – Bestemmelse av motstand mot karbonisering

Østnor, T, Skjølsvold, O og Revert, A.B.: «Phenolphthalein and thymolphthalein for carbonation measures», SINTEF-rapport SBF 2016 A0324, Trondheim 2016



3 Betong

3.4 Spesielle betongundersøkelser

3.4.4 Kloridinnhold i betong ved RCT

Desember 2017 (erstatte metode 15.553, mai 1997)

1. Hensikt

Denne metodebeskrivelsen omhandler bestemmelse av det totale kloridinnholdet i betong vha. Rapid Chloride Test (RCT). Undersøkelsen utføres på utboret betongstøv fra konstruksjonen. Metoden tilsvarer beskrivelse i håndbok R210 og kan brukes som en hurtig laboratorie- eller feltundersøkelse. Metoden har en noe begrenset nøyaktighet i forhold til standardiserte laboratoriemetoder som f.eks. potensiometrisk titrering. Bruken av metoden bør ta hensyn til dette.

1.1 Prinsipp

Det totale syreløselige kloridinnholdet bestemmes ved å løse en kjent mengde betongstøv i en ferdig dosert kloriduttrekkende væske, for deretter å bestemme kloridmengden kvantitativt med en kloridselektiv elektrode tilkoblet et millivoltmeter. Det leses av en potensialverdi som omgjøres til kloridinnhold (Cl^- i % av betongvekt) ved å gå inn på en kalibreringskurve.

2. Definisjoner

Ved RCT-måling av kloridinnhold i betong gjelder følgende definisjoner:

Prøve: Materiale fra et gitt punkt på en betongkonstruksjon som skal undersøkes med en eller flere enkeltmålinger.

Måleserie: En rekke prøver som undersøkes fortløpende etter hverandre, i samme arbeidsøkt og under mest mulig konstante betingelser, mellom to eller flere sammenhengende kalibreringer og med tilhørende målinger på referankestøv.

3. Utstyr

- koffert med komplett RCT-utstyr, som omfatter bl.a. millivoltmeter, kloridselektiv elektrode, ampuller med kloriduttrekkende væske (opplutningsvæske) til betongen, kalibreringsvæsker, kalibreringsutstyr, beger og flasker, samt arbeidsskjema med enkeltlogaritmisk diagram for kalibrering og målinger, se figur 3.4.4-1.

- vekt med nøyaktighet 0,1 gram
- referankestøv med dokumentert kloridinnhold 0,10 % og 0,25 % av betongvekt



Figur 3.4.4-1: RCT-koffert (Kilde: CMH ltd)

Innholdet i RCT-kofferten kontrolleres iht. oversikt som medfølger utstyret. Innholdet kompletteres og vedlikeholdes ved behov, iht. brukerveiledning. Oppløsningsvæsken er forbruksvare og kan kjøpes separat. Kalibreringsvæskene fornyes ved behov, iht. brukerveiledningen.

Kalibrering av elektroden er en del av standard fremgangsmåte og utføres for hver måleserie.

Referankestøv er ikke en del av RCT-utstyret og må anskaffes separat.

4. Fremgangsmåte

Betongstøv til RCT-test bores ut og behandles i samsvar med metode 3.1.4. Støvet kan samles opp vha. spesialutstyr som medfølger RCT-utstyret.

For hvert punkt (ev. hver dybde) som skal undersøkes bør prøven være på 20 gram totalt. Prøven skal være helt tørr og blandes/homogeniseres før det tas ut en representativ porsjon på 1,5 gram støv til selve kloridmålingen. Dersom det kreves parallelle målinger, tas det ut flere porsjoner à 1,5 gram.

Referansestøv skal benyttes ved hver ny måleserie uansett antall prøver. Det bør være en referanseprøve pr. 20. prøve, og minst to referanseprøver totalt.

4.1 Klargjøring og kalibrering

Elektroden kontrolleres og kalibreres etter oppgitt prosedyre i RCT-utstyrets brukerveiledning. Denne kontrollen skal utføres før oppstart og etter avslutning av hver måleserie. I prinsippet omfatter kalibreringen følgende trinn:

- utstyret tempereres på stedet der målingene skal utføres i én time før målingene begynner og temperaturen holdes, om mulig, konstant under hele måleperioden.
- elektrodens kalibreringskurve bestemmes vha. væsker med kjent kloridinnhold. Det benyttes fire forskjellige kloridkonsentrasjoner, f.eks. tilsvarende: 0,005, 0,020, 0,050 og 0,500 masseprosent av betongvekt, se figur 3.4.4-2.
- elektroden (se figur 3.4.4-3) rengjøres (spyles) med destillert eller ionebyttet vann mellom hvert kalibreringsnivå.
- avlest spenning og tilhørende kloridkonsentrasjon plottes i diagrammet på arbeidsskjemaet, og kalibreringskurve tegnes opp. Kurven vil være tilnærmet rettlinjert når den er plottet med lineær spenningskala og logaritmisk kloridkonsentrasjonsskala.
- elektrodens standard kalibreringskurve skal bestemmes på ny etter at måleserien er avsluttet for å korrigere for ev. drift i løpet av målingene.



Figur 3.4.4-2: Sett av kalibreringsvæsker



Figur 3.4.4-3: Kloridselektiv elektrode tilkoblet elektrometer (millivoltmeter)

I tillegg til prosedyren i brukerveiledningen skal kalibreringen kontrolleres ved prøving av referansestøv med kjente kloridkonsentrasjoner, hhv. 0,10 % og 0,25 %. Fremgangsmåten er som ved

testing av ordinære prøver. Avlest kloridinnhold for referanseprøvene bør normalt ikke avvike mer enn 25 % i forhold til oppgitt kloridinnhold. Resultatet for referanseprøvene angis i rapporten. Før oppløsningsvæsken tas i bruk, kontrolleres denne uten tilsetning av støv. Riktig avlesning på væsken alene skal normalt være 112–115 mV.

4.2 Måling på utboret betongstøv

Testing av betongstøv utføres iht. RCT-utstyrets brukerveiledning. I prinsippet omfatter det følgende trinn:

- sørg for at temperaturen på utstyr og oppløsningsvæske samt prøver er den samme som ved kalibreringen og holder seg konstant under hele måleserien.
- det tilstrebes å bruke vekt for oppveing av 1,50 g betongstøv. Ved analyser i felt kan alternativt 1,5 g betongstøv måles opp volumetrisk ved å stampe betongstøv i den medfølgende måleampullen opp til den røde indikatorlinjen, se figur 3.4.4-4. Det er viktig at støvet blir ordentlig komprimert i målebegeret. Pass på at det ikke faller grovere støvkorn nederst i den traktformede måleampullen. Grovere korn kan lage hulrom som vil gi avvik i vekt.
- oppveid/-målt betongstøv helles over i plastflasken med oppslutningsvæske, se figur 3.4.4-4. La den stå noen min. før lokket skrues på og prøven ristes.
- plastflasken ristes i minst 5 min. Inneholder løsningen grove partikler må den ristes tilsvarende lenger (10 min.).
- løsningen settes til side i nye minimum 5 min, til støvet har dannet bunnfall.
- elektroden føres ned i den oppsluttede væsken, men uten å berøre bunnfallet. Elektroden er utstyrt med en gummiring som skal hindre at elektroden når ned i bunnfallet.
- når avlesningen på voltmeteret er stabil, leses verdien av. Ved høye avlesningsverdier (lavt kloridinnhold) kan det gå opptil 2 min. før avlesningen er stabil. Ved lave avlesningsverdier (høyt kloridinnhold) stabiliserer avlesningen seg nesten umiddelbart.
- elektroden rengjøres med destillert eller ionebyttet vann mellom hver avlesning. OBS! Elektroden må ikke tørkes av, skal kun spyles! Dråpen som blir hengende under elektroden etter spyling fjernes ved at et tørke-/trekkpapir holdes inntil dråpen.
- den avleste potensialverdien plottes på kalibreringskurven. Kloridinnholdet leses av kurven direkte i masseprosent av betongvekt.



Figur 3.4.4-4: Oppstamping av støv til indikatorlinje og plastflaske med opplutningsvæske

5. Resultater

5.1 Registreringer

- temperatur
- alle kalibreringsdata (kjente klorid-konsentrasjoner og til hørende avlesning på millivoltmeteret)
- avlesning på millivoltmeteret ved testing av referansestøv
- avlesning på millivoltmeteret ved testing av ordinære prøver av betongstøv.

5.2 Beregninger

Kloridinnholdet i støvprøvene avleses fra kalibreringskurven som funksjon av avlest potensialverdi på millivoltmeteret. Dette gir kloridinnholdet (Cl^-) i % av betongvekten, uavhengig av sementmengden i betongen. Kloridinnholdet angis og rapporteres i % av betongvekten med 2 desimaler.

I tillegg kan kloridinnholdet angis i forhold til antatt sementmengde i betongen, ut fra følgende omregning:

$$\text{Cl}^- \text{ i \% av sement} = \frac{\text{Cl}^- \text{ i betong} \cdot \text{Densitet av betong}}{\text{Sementinnhold}}$$

hvor

$$\begin{aligned} \text{Densitet av betong} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \text{ (vanligvis)} \\ \text{Sementinnhold angis i kg/m}^3 & \end{aligned}$$

Eksempel:

I en betong er kloridinnholdet målt til 0,02 % av betongvekten. Forutsatt at densiteten er 2400 kg/m³ og sementinnholdet er 380 kg/m³ blir omregningen slik:

$$\text{Cl}^- \text{ i \% av sement} = \frac{0,02 \cdot 2400}{380} = 0,13$$

5.3 Usikkerhet

RCT gir god repeterbarhet, men kan gi mindre god overensstemmelse med det faktiske kloridinnholdet slik dette lar seg bestemme ved andre

metoder. Nøyaktigheten reduseres med økende kloridkonsentrasjon. Kalibreringsvæskene har begrenset holdbarhet og er følsomme for ev. forurensninger. Det kan by på problemer å få stabilisert elektroden under målingene. Temperaturen i kalibreringsvæskene har innvirkning på posisjonene i kalibreringskurven, men testresultatene påvirkes ikke når opplutningsvæsken med prøven har samme temperatur.

Metoden er ment å gi måleresultatene i løpet av kort tid, men målingene blir mer nøyaktige om de oppløste prøvene får stå lengre enn de beskrevne 5 min. (f.eks. over natten).

Andre feilkilder som gjør seg spesielt gjeldende er unøyaktig opptegning av kalibreringskurve og unøyaktig avlesning fra kurven. Uregelmessigheter ved prøvetaking og behandling av prøvene, samt foreldet eller forurenset oppløsningsvæske, kan også gi betydelig utslag på resultatene.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- sted, dato, klokkeslett og ansvarlig for prøvetaking og kloridmåling
- identifikasjon på betongen
- prøvemethode
- prøvetakingsmetode
- dybdeintervaller
- identifikasjon av referanseprøver
- antatt sementinnhold i betongen
- alle registreringer og utregninger
- værforhold
- annen informasjon av betydning for bedømmelse av resultatet
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen
- RCT-arbeidsskjemaet i utfylt stand med inntegnede kalibreringsverdier og andre målerverdier skal inngå i rapporten.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 14629 (2007): Produkter og systemer for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner – Prøvningsmetoder – Bestemmelse av kloridinnhold i herdet betong

SINTEF Byggforsk (2015): Kloridinnhold i betong. Prøveuttak og analysemetoder. Byggforskserien Anvisning 520.034. Byggdetaljer, Oslo

K. Reknes (1994): Ringforsøk. Felt- og lab. metoder for måling av klorider i betong. Rapport nr. 06563. NBI, Oslo



3 Betong

3.4 Spesielle betongundersøkelser

3.4.5 Armeringens elektrokjemiske potensial (EKP)

Desember 2017 (erstatte metode 15.551, mai 1997)

1. Hensikt

Denne metodebeskrivelsen omhandler elektrokjemiske potensialmålinger (EKP-målinger) av armering i betong. Dette er et hjelpemiddel til å lokalisere partier på en betongkonstruksjon hvor det er risiko for armeringskorrosjon. Målingene er ikke-destruktive, enkle å utføre og kan gi et bilde av korrosjonstilstanden til det armeringslaget som ligger nærmest betongoverflaten. Målingene bør gjøres i kombinasjon med visuelle registreringer og andre målinger (f.eks. av kloridinntrenging og/eller karbonatiseringsdybde og motstandsmålinger).

Det er en forutsetning at det er elektrisk kontakt mellom de enkelte armeringsstengene i prøvefeltet og at betongoverflaten ikke er overflatebehandlet med et ikke-ledende belegg.

Denne prosedyren tar kun for seg utførelsen av målingene og ev. korrigerings av de avleste EKP-verdiene. Beskrivelsen omfatter ikke tolking av måledataene. Tolking av data skal utføres av personell som har kompetanse på betongkonstruksjoner og korrosjonstesting.

1.1 Prinsipp

Ved EKP-målinger måles potensialforskjellen mellom armeringsstålet og en ekstern referanseelektrode plassert på forskjellige steder på betongoverflaten. Potensialet som måles vil kunne indikere hvorvidt stålet er passivt eller aktivt korroderende.

Målingene kan utføres manuelt med et multimeter og en håndholdt referanseelektrode eller ved bruk av mer avansert spesialutstyr. Det finnes blant annet måleutstyr med automatisk datalogging og tilleggsfunksjoner som samtidig motstandsmåling.

Kommentar: Spesialisert utstyr er dyrere i innkjøp enn multimeter og referanseelektroder, men har som regel ekstra målemetoder og funksjonelle dataloggere tilgjengelig. Når målearbeidet kommer over en viss størrelse, f.eks. EKP-

målinger på en bru, anbefales det bruk av måleutstyr med loggerenhet.

2. Definisjoner

Korrosjon: Korrosjon av armeringsstål i betong er en elektrokjemisk prosess hvor stålet løses og omdannes til rustprodukter.

Elektrokjemisk potensial: Stål i betong vil sette opp et potensial som kan måles mot en referanseelektrode.

Referanseelektrode: Måleelektrode med stabilt og kjent potensial i forhold til definert standard (standard hydrogenelektrode).

Ikke-destruktiv: Ikke-destruktive målemetoder er undersøkelser som ikke påfører måleobjektet skade.

Armeringskontinuitet: Armeringskontinuitet vil si at det er elektrisk kontakt mellom armeringsstengene i målefeltet. For at det skal defineres som armeringskontinuitet skal motstanden mellom to punkter i målefeltet være mindre enn $1,0 \Omega$.

Målefelt: Området på konstruksjonen som det skal utføres målinger på.

3. Utstyr

Grunnutrustningen består av:

- referanseelektrode som kan være av følgende type:
 - Cu/CuSO₄ (CSE)
 - Ag/AgCl med enten mettet KCl eller 1M KCl løsning
 - Mettet kalomel (SCE).
- multimeter med tilhørende kabler og klyper/skruer for feste av kabel til armering. Multimeteret skal være batteridrevet. Potensialfunksjonen skal ha måleområde $\pm 2 \text{ V}$, oppløsning 0,1 mV og inngangsmotstand på minimum 10 M Ω , helst 50 – 100 M Ω . Avlesning skjer i hele mV.

- svamp som skal brukes til å sikre elektrolytisk kontakt mellom referanseelektrode og betongoverflate. Svampen bør ikke være tykkere enn 20 mm.
- Fukteutstyr (dusjflaske, rennende vann).

I tillegg til grunnrustningen trengs følgende utstyr for å gjennomføre målingene:

- overdekningsmåler for lokalisering av armering
- meisel-/bormaskin for å komme inntil armering
- kritt eller tusj
- stålbørste
- utstyr inkl. mørtel for reparasjon av hull etter tilkobling til armeringen

3.1 Vedlikehold og kalibrering

Vedlikehold og kalibrering utføres iht. det enkelte utstyrs bruksanvisning. Hvis utstyret krever spesielle forhåndsinnstillinger skal dette gjøres av kvalifisert personell.

4. Fremgangsmåte

4.1 Klargjøring av målefelt og målepunkt

- Målingene skal ikke foretas ved temperaturer lavere enn +5 °C.
- Målepunktene i målefeltet merkes opp i et rutenett. Den enkelte rute skal ikke være større enn 50 x 50 cm². I områder hvor betongen synes tørr anbefales det å velge et mindre rutenett (f.eks. 20 x 20 cm²).
- Målefeltet kan være ubegrenset i utstrekning forutsatt at det er kontinuitet i armeringen. Dette skal kontrolleres med jevne mellomrom,
- I hvert målefelt blottlegges armeringen i minst to punkter ved opphugging, fortrinnsvis diagonalt over målefeltet. Opphuggingene skal gjøres med god avstand. Pass på at det ikke måles på en og samme armeringsstang.
- Armeringspunktene rengjøres til metallisk stål med stålbørsten. Metallisk stål kan alternativt oppnås ved å bore eller slå et lite hakk i armeringen.
- Kontinuiteten kontrolleres ved å måle motstand og spenning mellom de ulike armeringspunktene. Motstanden skal være lavere enn 1,0 Ω og spenningen skal være lavere enn 1 mV.

OBS: Armering kan også være i elektrisk kontakt med rekkverk og/eller andre utstikkende stålkonstruksjonsdeler. Disse kan brukes som armeringskontakt så lenge elektrisk kontinuitet er sjekket.

- Før måling skal eventuell overflatebehandling fjernes fra målepunktene på betongoverflaten.

4.2 Måling/avlesning av potensial

Brukes spesialisert utstyr følges fremgangsmåten for dette. For manuelt utstyr (multimeter) gjelder følgende prosedyre:

- multimeteret kobles mellom referanseelektroden og armeringen. Kabellengde for hver kobling skal ikke overstige 250 m.
- referanseelektroden skal kobles til multimeterets "COM" -inngang, armeringskontakten til den andre inngangen.
- funksjonvelgeren på multimeteret settes på stilling mV og likespenning (DC).
- målepunktet på betongoverflaten fuktes med vann. Overflaten skal ikke være dryppende våt, men sugende. Det skal kun fuktes på selve målepunktet. Svampen skal også fuktes.
- fuktingen av betongoverflate og svamp bør være så lik som mulig for alle målepunkter.
- det er viktig at svampen ikke tørker ut og den skal rengjøres eller byttes regelmessig for å forhindre forurensning av referanseelektroden.
- referanseelektroden plasseres på målepunktet, med svampen mellom elektroden og betongoverflaten, og potensialverdien avleses.
- det må påses at det ikke er luftbobler ved målespissen av elektroden. Dette er særlig viktig ved målinger hvor elektroden holdes vannrett eller oppover.
- potensial med korrekt fortegn noteres, likeledes koordinater for målepunktet.
- hvis systemet "driver" mer enn 20 mV pr. minutt skal målingen tas om igjen. Hvis det etter gjentatte forsøk ikke lar seg gjøre å måle uten tillatt drift, forkastes målepunktet.
- når målingene er avsluttet repareres hullene etter armeringstilkoblingen.
- oppmerking med kritt eller tusj skal vaskes bort.

5. Resultater

5.1 Registreringer

- Type referanseelektrode.
- Lokalisering, koordinater for målepunktene iht. koordinatsystem for konstruksjonen.
- Avlest potensial i mV med korrekt fortegn.

Tabell 3.4.5-1 viser korreksjonsverdier fra Ag/AgCl og mettet Kalomel (SCE) til Cu/CuSO₄ (CSE) elektroden.

5.2 Beregninger

Dersom det er benyttet Cu/CuSO₄ (CSE) elektrode angis avlest potensial i mV direkte som målepunktets EKP-verdi. Dersom det er benyttet annen type referanseelektrode skal det avleste potensialet korrigeres med verdier som angitt i tabell 3.4.5-1. Pass på å få korrekt fortegn.

Tabell 3.4.5-1: Korreksjonsverdier for ulike referanseelektroder

Referanseelektrode	Korreksjonsverdi (potensialforskjell mot CSE) i mV
Ag/AgCl, sat KCl	-117
Ag/AgCl, 1M KCl	-81
Mettet kalomel (SCE)	-72

Eksempel på omregning fra en potensialskala til en annen:

Måling med en Ag/AgCl sat KCl viste -136 mV.

Hva ville en Cu/CuSO₄ (CSE) elektrode vist?

Svar: EKP (Cu/CuSO₄)
 = EKP (Ag/AgCl) + (-117)
 = -136 mV - 117 mV
 = -253 mV

5.3 Usikkerhet

Usikkerheten i EKP-målinger ligger stort sett i tolking av data, som ikke er en del av denne prosedyren. Feilkilder under selve målingene er i første rekke "drift" (nullpunktforskyvning), dårlig kontakt mellom referanseelektroden og betongoverflaten, og unøyaktig bruk av utstyret.

6. Rapportering

Rapporten vil inngå i eller være et vedlegg til en tolkinsrapport, og skal som et minimum inneholde følgende opplysninger:

- dato og rapportidentifikasjon
- navn og adresse på oppdragsgiver/anlegg
- navn og adresse på ansvarlig for prøvingen
- prøvingsmetode (denne beskrivelsens navn og nummer)
- dato for utførelsen
- benyttet utstyr, inkludert type referanse-elektrode,
- beskrivelse av koordinatsystem slik at det er mulig å gjenta prøvene,
- alle registreringer (f.eks. visuelle observasjoner som riss og rustutslag) og måleverdier for kontroll av armeringskontinuitet
- målte/korrigerede EKP-verdier for hvert målepunkt, koordinatfestet
- evt. overflatebehandling
- værforhold, både for prøvedagene og de nærmeste foregående dagene,
- annen informasjon som kan ha betydning for bedømmelse av resultatet,
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

Bertolini, L.; Elsener, B.; Pedferri, P.; Polder, R.; Corrosion of steel in concrete prevention, diagnosis, repair. 2nd, 2013, Weinheim: Wiley-VCH. 414 S.

ASTM C876-15, Standard Test Method for corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.

Elsener, B.; Andrade, C.; Gulikers, J.; Polder, R.; Raupach M.; RILEM TC 154-EMC, Electrochemical techniques for measuring metallic corrosion. Recommendations Half-cell potential measurements - Potential mapping on reinforced concrete structures. Materials and Structures, 2003. 36(7): p. 461-471.

SIA Merkblatt 2006 - Planung, Durchfuehrung und Interpretation der Potenzialmessung an Stahlbetonbauten, 2013.



3 Betong

3.1 Prøvetaking av betong og delmaterialer

3.4.6 Prøvetaking og undersøkelse av injiseringsmasser

Mars 2018 (erstatte metode 15.564, mai 1997)

1. Hensikt

Denne metodebeskrivelsen omfatter prøvetaking og feltprøving av injiseringsmasser:

- flyteevne
- vannutskillelse og volumstabilitet
- produksjon av terninger for måling av trykkfasthet
- densitet

Metodene benyttes ved kontroll under utførelse.

Trykkfasthet undersøkes i laboratorium iht. håndbok R210 Laboratorieundersøkelser, men prøvetaking og prøvetillaging utføres etter denne beskrivelsen.

2. Definisjoner

Det er ingen definisjoner.

3. Utstyr

- bøtte med tilstrekkelig volum (ikke vannabsorberende materiale)
- liten spade
- trakt av glatt, ikke-absorberende materiale, med sylindrisk del i topp og bunn, og kjegleformet del i midten på 1,7 l. Figur og nøyaktige dimensjoner er gitt i NS-EN 445.
- stoppeklokke med nøyaktighet 0,1 s
- måleglass med minst 1 l kapasitet, og ca. 60 mm i diameter
- termometer med nøyaktighet ± 1 °C
- glassplate eller polert stålplate med diameter på minst 300 mm
- stiv stål- eller plastsylinder med inder diameter 39 mm og høyde 60 mm, se figur i NS-EN 445.
- gjennomsiktig rør med diameter 60–80 mm, ca. 1 meter langt, og med lukking i hver ende, se figur i NS-EN 445
- spenntau på ca. 0,90 m
- stålformer 100 × 100 × 100 mm³

4. Fremgangsmåte

Det skal for hver prøveserie tas ut 10 liter ferdig blandet injiseringsmasse. For supplerende informasjon, se 3.1.1 Prøvetaking av fersk betong.

4.1 Flyteevne

4.1.1 Traktmetoden

Traktmetoden benyttes for ikke-tiksotropiske masser. Målingene gjennomføres umiddelbart etter blanding og 30 minutter etter blanding.

- plasser kjeglen vertikalt med den største diameteren opp. Den skal stå støtt slik at den ikke beveger seg under prøving, og den skal være ren og overflatefuktig ved prøving
- plasser måleglasset under kjeglen, og steng den nedre åpningen på kjeglen
- fyll den kjegleformede delen av kjeglen med injiseringsmasse. Injiseringsmassen fylles sakte i for å unngå luftbobler.
- åpne kjeglen, og start samtidig stoppeklokken.
- registrer tiden det tar til måleglasset er fylt med 1 liter injiseringsmasse. Tiden angis til nærmeste 0,5 sekund.

4.1.2 Utflytingsprøve

Utflytingsprøven kan benyttes for både tiksotropiske og ikke-tiksotropiske masser. Målingene gjennomføres umiddelbart etter blanding og 30 minutter etter blanding.

- plasser glass-/stålplate horisontalt og plast-/stålsylinderen oppå. Begge skal være rene og lett fuktige
- for å unngå at det lekker injiseringsmasse ut under oppfylling må det være tett mellom plata og sylinderen. Om nødvendig kan det brukes litt vaselin på den nedre kanten av sylinderen.
- fyll injiseringsmasse til toppen av sylinderen
- løft sylinderen rolig opp, og hold den over strømmen i maks 30 sekunder

- Mål diameteren på den utflytte injiseringsmassen to steder normalt på hverandre. Målingen utføres 30 sekunder etter at sylindere ble løftet opp. Utflyttingsdiameteren er gjennomsnittet av de to målte diameterene.

4.2 Vannutskillelse og volumstabilitet

Denne metoden blir kalt veikemetoden, og gir mål på både vannutskillelse og volumstabilitet samtidig. Én prøve er definert som ett rør.

- det gjennomsiktige røret plasseres vertikalt, med den lukkede enden ned. Røret må stå støtt under prøving.
- spenntauet plasseres sentrisk i røret, og godt plassert i bunnen.
- fyll injiseringsmasse i røret til den står ca. 10 mm over spenntauet, h_0 , og merk av på røret. Injiseringsmassen fylles sakte i for å unngå luftbobler.
- lukk røret på toppen for å unngå avdamping.
- registrer temperaturen på injiseringsmassen, samt lufttemperaturen.
- forsegl toppen av røret for å unngå avdamping.
- Eventuelt utskilt vann vil legge seg på toppen av injiseringsmassen.
- les av nivået av vann og injiseringsmasse hvert 15. min til det har gått tre timer. Siste avlesning av injiseringsmassens høyde betegnes h_g , og siste avlesning av vannets høyde betegnes h_w .
- etter siste avlesning kan massen helles ut, og røret vaskes slik at det kan gjenbrukes. Spenntauet kan ikke brukes på nytt.
- registrer også eventuelle inhomogeniteter, som f.eks. vannutskillelse under toppen av injiseringsmassen og separasjon som fører til ulik farge på injiseringsmassen.

4.3 Støping av prøvestykker for bestemmelse av trykkfasthet

Prøving av trykkfasthet for injiseringsmasse utføres på $100 \times 100 \times 100$ mm³ terninger, og det anbefales å bruke stålformer. Prøvingen utføres ved 28 døgns alder.

Formene fylles sakte med lett stamping for å fylle hjørnene, men uten etterfølgende komprimering. Om injiseringsmassen inneholder ekspanderende tilsetningsstoff, skal formene dekket med en plate av ikke-vannsugende materiale, som deretter belastes med minimum 5 kg per terning fra utstøping til avforming.

Prøving av trykkfasthet utføres iht. håndbok R210 Laboratorieundersøkelser.

4.4 Densitet

Densiteten kan måles på både fersk og herdet injiseringsmasse. I fersk tilstand utføres målingene iht. metode 3.2.3 Densitet av fersk betong. I herdet tilsand utføres målingene ved å veie terningene til trykkfasthetsprøving i luft og i vann, før prøving av trykkfasthet, se metode i R210 laboratorieundersøkelser.

5. Resultater

5.1 Registreringer

Injiseringsmassens flyteevne bestemt iht. pkt. 4.1.1 er tiden det tar før måleglasset er fylt med 1 liter injiseringsmasse, og angis i nærmeste 0,5 sekund. Gjennomstrømningstiden skal ikke ha endret seg mer enn 20 % fra blanding til 30 minutter etter. Kravet er at 1 liter masse skal ha en gjennomstrømningstid på maksimalt 25 sekunder.

Injiseringsmassens flyteevne bestemt iht. pkt. 4.1.2 er gjennomsnittet av to målinger av utflyttingsdiameteren, normalt på hverandre, etter 30 sekunder. Utflyttingsdiameteren angis i mm. Utflyttingsdiameteren skal ikke ha endret seg mer enn 20 % fra blanding til 30 minutter etter. Kravet er at utflyttingsdiameteren skal være minst 140 mm.

Trykkfasthet oppgis i MPa, og densitet i kg/m³.

For vannutskillelse og volumstabilitet registreres følgende:

- h_0 = høyden til injiseringsmassen rett etter oppfylling.
- h_g = høyden til injiseringsmassen for hver måling (i beregningene brukes h_g etter 3 timer).
- h_w = høyden til det utskilte vannet for hver måling (i beregningene brukes h_w etter 3 timer).
- temperaturen på injiseringsmassen, samt lufttemperaturen, i °C.

5.2 Beregninger

Vannutskillelsen beregnes etter formelen:

$$\frac{h_w}{h_0} \times 100 \%$$

Volumendringen beregnes etter formelen:

$$\frac{h_g - h_0}{h_0} \times 100 \%$$

Vannutskillelse må ikke på noe tidspunkt fram til 3 timer være større enn 0,3 % av opprinnelig volum (høyde). Volumendringen etter 3 timer skal være mellom -0,5 % og +3,0 %.

6. Rapportering

Rapporten skal minimum inneholde:

- 1.1 sted, dato, klokkeslett og ansvarlig for prøvetakingen
- 2.1 mørtelens kvalitet og sammensetning
- 3.1 prøvemethode
- 4.1 all registrering
- 5.1 prøveresultater og eventuelt bedømmelse av disse
- 6.1 annen informasjon som kan ha betydning for bedømmelse av resultater
- 7.1 eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen ved utførelsen

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

Norsk Betongforening (2016): Publikasjon nr. 14
Spennarmeringsarbeider

NS-EN 445 (2007): Injeksjonsmasse for
kabelkanaler for spennarmering. Prøvingsmetoder



4 Vegtilstand

4.1 Bæreevne

4.2 Overflate



4 Vegtilstand

4.1 Bæreevne

4.1.1 Nedbøyingsmålinger med fallodd

Februar 2018 (erstatte metode 15.412, mai 1997)

1. Hensikt

Fallodd benyttes for å bestemme nedbøyning under en last påført en vegkonstruksjon. Dimensjonerende bæreevne til en veg beregnes som resultat av mange nedbøyingsmålinger på en strekning. Skal vegen forsterkes vil målt bæreevne være grunnlagsdata for å beregne forsterkningsbehovet. På en eksisterende veg kan data om bæreevnen benyttes til å bestemme behovet for å innføre restriksjoner for tillatt aksellast. Eksempel her er nedsatt aksellast i teleløsningsperioden. Etter at et forsterkningstiltak er gjennomført kan målt bæreevne være med på å dokumentere effekten av tiltaket. Nedbøyningen benyttes som et uttrykk for vegens bæreevne, og data overføres til NVDB.

2. Definisjoner

Fallod-Vis: Programvare for å se bæreevnen ved måling ute i felt.

Fallodd-NVDB: Programvare for bearbeiding av data og overføring til NVDB.

NVDB: Nasjonal vegdatabank.

2.1 Symboler

- *E*: elastisitetmodulen
- *B*: bæreevne i tonn
- *d0*: nedbøyning for sensor 0 i belastningssentret
- *d20*: nedbøyning for sensor 2, 20 cm fra belastningssentret
- *p*: kontaktrykk i MPa
- *ÅDTT*: årsdøgntrafikk for tunge kjøretøy

3. Utstyr

I Statens vegvesen benyttes det utstyr av fabrikat, Dynatest. Dette består i prinsippet av to deler:

- en last som faller fra en bestemt høyde ned på en belastningsplate med diameter 30 cm.
- en rekke med geofoner som registrerer nedbøyningen i lastsentret og i ulik avstand fra belastningsplaten («nedbøyingsbasseng»).

Utstyret kan monteres på en tilhenger eller bygges inn i en varebil.

3.1 Service og vedlikehold



Figur 4.1.1-1: Bilde av fallodd, type Dynatest (foto: Statens vegvesen)

Daglig og periodisk ettersyn foretas, etter leverandørens spesifikasjoner.



Figur 4.1.1-2: Sikringsbolt i transportmodus (foto: Bjørn Hoven)

Service og vedlikehold inkludert kraft- og sensorkalibreringen gjennomføres i henhold til leverandørs anbefalinger.

Kalibrering av kraftgiver eller sensorer krever spesielt utstyr og foretas kun ved service.

3.2 Sikring ved transport

Ved transport så er det viktig at låsebolt er festet og står i riktig posisjon. Se figur 4.1.1–2.

3.3 Merking av henger og trafikksikkerhet

Falloddet skal være utstyrt med forskriftsmessige lys og reflekser. Falloddet skal være skiltet i henhold til N301 Arbeid på og ved veg.



Figur 4.1.1–3: Eksempel på merking av henger (foto: Bjørn Hoven)

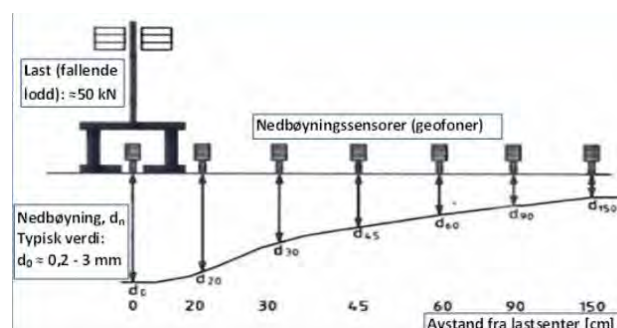
Én person bør normalt kunne kjøre trekkvognen, betjene falloddet og foreta registreringene. Trafikksikring ivaretas ved skilting og varsling bak på falloddet. Der veg og/eller trafikkforholdene tilsier det, kan det likevel være nødvendig med ekstra mannskap for å ta seg av nødvendig varsling og trafikkregulering.

4. Fremgangsmåte

Falloddet kan påføre gjentatte enkle laster (0 – 125 kN) mot en sirkulær belastningsplate ved å løfte en konstant vekt til forskjellige fallhøyder. Vekten løftes til ønsket belastningshøyde og slippes. Vegbanen blir satt i bevegelse, og nedbøyningsbassenget registreres av sensorer hvorav én er plassert i sentrum av lastsentret. Nedbøyningsverdier leses av nedbøyningsmåler (laser eller geofoner). Antall og plassering av geofonene kan variere avhengig merke og produsent.



Figur 4.1.1–4: Belastningsplate og geofoner (foto: Haris Bricic)



Figur 4.1.1–5: Nedbøyningsbasseng ved falloddsmålinger (ill.: Dagfin Gryteselv)

4.1 Klargjøring av utstyret

Ved å sette på strømmen og starte måleprogrammet, er utstyret operativt.

4.2 Målerutiner

Hvis ikke annet er bestemt, utføres målingene etter følgende rutine:

- ved målingene skal det benyttes minst sensor nr. 1 – 7.
- målingene utføres hver 50. m.
- ved måling på samme veg, men i motsatt kjøreretning forskyves målepunktene med 25 m.
- normalbelastning 50 kN.
- det slås tre slag på hvert målepunkt, hvorav det første slaget gjerne er et svakt kontaktslag for å sikre at belastningsplaten er i god kontakt med vegoverflaten. Deretter følger to slag med ønsket belastning. Bare det siste slaget lagres til målefilen.
- fallodd plasseres i ytre hjulspor, og slagserien startes.
- det kontrolleres at målingene ser "normale" ut og at det ikke er noen feilmeldinger/unormale avlesninger.
- hvis målingene virker "normale", lagres disse, og bilen kjøres frem til neste målepunkt.

Kommentar: Grusveger bør måles i godværsperioder. Målingene bør ikke utføres på nyhøvlet eller nygruset veg. Slike målinger bør ikke foretas før 3 dager etter at en eller begge operasjoner er utført.

5. Resultater

5.1 Registreringer

Alle måledata blir automatisk lagret, men bare slag 3 rapporteres. Målinger legges inn i nedbøyningsregisteret i Vegdatabanken ved hjelp av programmet fallodd NVDB.

5.2 Beregninger

På grunnlag av nedbøyningsmålingene på basis av fallodd beregnes bæreevnen i målepunktene etter følgende formelverk:

Bæreevne på grusveg:

$$B_{grus} = 11 \cdot \left(\frac{225 \cdot p}{d_0 \cdot 150} \right)^{0,6} \cdot \left(\frac{50}{\Delta DT_T} \right)^{0,072}$$

Bæreevne på asfaltert veg:

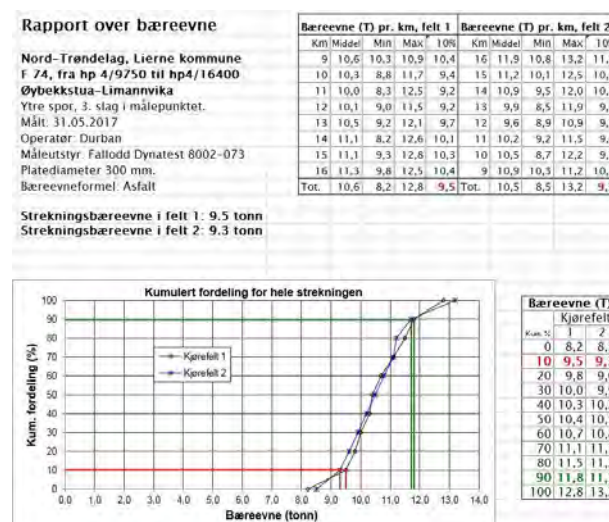
$$B_{asfalt} = 11 \cdot \left(\frac{E_{dim}}{200} \right)^{0,6} \cdot \left(\frac{50}{\Delta DT_T} \right)^{0,072}$$

Hvor $E_{dim} = 11 \cdot \frac{110 \cdot p}{\sqrt{d_0(d_0 - d_{20})}}$ [MPa]

Dimensjonerende bæreevne tilsvarer bæreevnen som 90 % av strekningen oppfyller (90-percentilen), dvs. det tillates at 10 % av strekningen er svakere.

6. Rapportering

Eksempel på bæreevnerapport:



Figur 4.1.1-6: Eksempel på bæreevnerapport

I tillegg bør følgende noteres ned:

- luft- og vegbanetemperatur
- nedbør
- kritisk periode

7. Referanser

Håndbok N 301 Arbeid på og ved veg (2012)



4 Vegtilstand

4.2 Overflate

4.2.1 Manuell måling av jevnhet med rettholt

April 2018 (erstatte metode 15.422 november 1996)

1. Hensikt

Ved manuell jevnhetsmåling med rettholt måles det maksimale avvik mellom vegens overflate og en rettholt (linjal) med bestemt lengde. Jevnhetsmåling kan foretas på alle typer faste dekker, bærelag, forsterkningslag og andre overflater og vegobjekter hvor krav til jevnhet er spesifisert.

Kravene er nærmere beskrevet for eksempel i Håndbok N200 Vegbygging.

2. Definisjoner

Rettholter finnes i ulike lengder tilpasset ulike måleformål. For vegformål benyttes det normalt lengder på 60 cm, 1 m, 2 m og 3 m. Rettholter lages med eller uten knaster (se figur 4.2.1-1 og 4.2.1-2).

Det settes krav til jevnhet, men det er ujevnhet som måles.

3. Utstyr

Måleformålet bestemmer type og lengde rettholt:

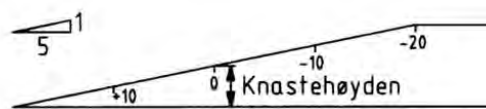
- rettholt med riktig lengde, med eller uten knaster, se figur 4.2.1-1 og 4.2.2-2
- kileformet søker med ensidig skala (figur 4.2.1-1 for bruk sammen med rettholt uten knaster), eller tosidig skala (se figur 4.2.1-2 og figur 4.2.1-3 for bruk sammen med rettholt med knaster)
- evt. målelinjal med inndeling i mm



Figur 4.2.1-1: Rettholt uten knaster med ensidig skalert målekile (foto: Johnny Stenshagen)



Figur 4.2.1-2: Rettholt med 30 mm knaster, og tosidig skalert målekile (foto: Johnny Stenshagen)



Figur 4.2.1-3: Målekile med tosidig skala. Prinsipp og utforming for bruk med rettholt med knaster

4. Fremgangsmåte

Måleformålet bestemmer lengde på rettholt og om den skal ha knaster eller ikke.

4.1 Rettholt uten knaster

Rettholt uten knaster legges på langs eller på tvers av vegbanen, avhengig av formålet. Rettholten legges slik at den enten ligger an mot to topper innen rettholtlengden, eller rettholtens ender ligger mot dekket (svanker større enn rettholtens lengde).

Største pilhøyde mellom dekke og rettholt måles i mm. Denne verdien angis som målt jevnhet (evt. ujevnhet).

På avstrødd dekke brukes alltid målekile som beskrevet i figur 4.2.1-1 eller 4.2.1-2, ellers kan millimeterinndelt målelinjal brukes hvis overflateruheten er moderat.



Figur 4.2.1–4: Måling av jevnhet i tverrprofilen. Rettholt uten knaster (foto: Torleif Haugdegård)

4.2 Rettholt med knaster

Rettholt og målekile skal være utformet tilsvarende som figur 4.2.1–2 og 4.2.1–3 viser.

Rettholten settes på langs eller på tvers av vegbanen, avhengig av formålet, og begge knastene skal stå på dekket.

Største og minste avstand mellom dekke og rettholt måles i mm. Summen av største plussverdi og største minusverdi (avvik fra nullreferansen på målekilen) er den målte jevnheten (ujevnheten).

Eksempel: Måleverdier på -4 mm og +3 mm gir en største ujevnhhet på 7 mm.

5. Resultater

Måleresultatene registreres i journal med nøyaktig stedsangivelse.

6. Rapportering

Eksempel på rapportoppsett er vist i figur 4.2.1–5.

Statens vegvesen		Region Ost Sentrallaboratoriet / Regionlaboratoriet Arbeidsskjema for laboratorieanalyser	
Manuell måling av jevnhet			Rev. JS 04.04.2018
Oppdragsnr.:	Dato:	Sign.:	
Vegnr.:	Hp:	Massetype:	
Sted:	Kontraktspunkt:		
Prosjektnr.:	Kontaktperson:		
Krav. Se konkurransegrunnlaget og målemetoder 2505 vedlegg 6			
Ujevnheter målt på langs unntatt endeskjøter, 3m rettholt. VARME masser			6
Ujevnheter målt på langs unntatt endeskjøter, 3m rettholt. KALDE masser			8
Endeskjøter der det ER spesifisert buttsjøtt, 3m rettholdt.			8
Endeskjøter der det IKKE er spesifisert buttsjøtt, 3m rettholdt.			10
Langsgående skjøter (målt med 1 meter vater) Nominell steinstørrelse ≤ 11 mm			5
Langsgående skjøter (målt med 1 meter vater) Nominell steinstørrelse ≥ 16 mm			7
Anlegg-Prosjekter. Krav til kumrammer (målt med 1 meter vater)			+2 / -6
Dekkeprosjektet D1 2.4.3: Krav til slukrammer og sluk (3m rettholdt)			0 / -10
Dekkeprosjektet D1 2.4.3: Krav til kumrammer (3m rettholdt)			-2 / (maks 10 + og -)

Km/profil	Felt	Målt på Tverrgående Langsgående	Målt i mm (hjulspor mot senter)		Sum	Målt i mm (Hjulspor mot kant)		Sum	Merknader
			+	-		+	-		
Km/profil	Felt	Målt på Kumramme Slukramme Sluk	Målt på asfalt. Måling		Sum	Målt på kumring		Sum	Merknader Største + (pluss) måling og største - (minus) legges sammen.
			+	-		+	-		

Figur 4.2.1–5: Eksempel på rapportoppsett for jevnhetsmåling (kilde: Johnny Stenshagen)

7. Referanser

Statens vegvesen (2014): Håndbok N200 Vegbygging

Statens vegvesen (2008): Teknologirapport nr. 2505 – Reseptorienterte asfaltkontrakter – Kontroll og dokumentasjon av utførelse

Statens vegvesen (2012): Håndbok R610 – Standard for drift og vedlikehold av riksveger



4 Vegtilstand

4.2 Overflate

4.2.2 Måling av spor, jevnhet, tekstur og tverrfall med ViaPPS

Mai 2017 (ny)

1. Hensikt

For å kunne planlegge optimalt vedlikehold eller rehabilitering av en vegstrekning, er det viktig med god og tilstrekkelig kartlegging av tilstand og forhold på og ved vegen. Dette innebærer både innsamling av ulike data og informasjon, samt å sette denne informasjonen sammen og presentere den slik at riktige tiltak kan velges. Utstyret benyttes også ved dokumentasjon på nylagte dekker der det er krav til initialmåling.

2. Definisjoner

ViaPPS: Via Pavement Profile System. System for måling av spor, jevnhet, tverrfall og tekstur.

ViaPPS Desktop: Program for kontroll, visning og beregning av rådata.

ViaPPS Analyse: Program for grafisk fremstilling av målerapporter, og for generering av initialrapport og sammenligningsrapport.

NVDB: Nasjonal Vegdatabank

Rosita: Database for dekketilstandsmålinger.

ViaTSC: Sensor for innsamling av lengdeprofil til beregning av IRI.

Rådata: De data som målesystemet (ViaPPS) samler inn, og som danner grunnlag for beregning av tilstandsdata.

IRI: International Roughness Index. Denne indeksen danner grunnlag for å si noe om vegens ujevnhet. Oppgis i mm/m og beregnes på grunnlag av innsamlede lengdeprofiler fra ViaTSC. Ujevnhet beregnes som mm/m i median på en 20 meters rettholt.

Tekstur: Måles etter Mean Profil Depth/Midlede Profil Dybde (MPD). Oppgis som median i mm innenfor et 20 m intervall. MPD er en verdi som definerer makrotekturen på vegdekket som vi

registrerer med vårt måleutstyr. Denne verdien sier noe om hvor ru vegbanen er i et område fra 0,5 til 50 cm.

Tverrfall: Vegens tverrfall oppgitt i %.

Tverrprofil: Vegens profil sett på tvers i kjøretretningen.

Spordybde: Vegens spordybde i et kjørefelt.

Sporrygg: Høyden mellom hjulsporene i et kjørefelt.

Indre spor: Venstre hjulspor

Ytre spor: Høyre hjulspor

Bunnrettholtmetode: En metode for å beregne spordybde (se punkt 5.1.1.). Benyttes i hovedsak på veger som har midtoppmerking/feltoppmerking.

Regresjonslinje-metode: En metode for å beregne spordybde ved initialmåling (se del 5.1.2.)

Snormetode: En metode for å beregne spordybde (se del 5.1.3.). Denne benyttes dersom denne gir større sporverdi enn krumholtmetoden på en veg som ikke har midtoppmerking/feltoppmerking.

Krumholtmetode: En metode for å beregne spordybde (se del 5.1.4.). Denne benyttes dersom denne gir større sporverdi enn snormetoden på en veg som ikke har midtoppmerking/feltoppmerking.

Generell måling: Vanlig måling av nytt eller gammelt dekke. Beregnes med enten bunnrettholtsmetode eller snormetode/krumholtmetode. Ved generell måling skal det beregnes en median for hver 20. meter.

Initialmåling: Måling av nylagt dekke for særskilt dokumentasjon. Benyttes til å utløse krav om trekk/bonus for entreprenører. Ved initialmåling

skal det beregnes median for hver 100. m. Målingen skal beregnes som en initialrapport. Se punkt 4.3.

Vegnett: Digitalt vegnett som lastes ned til målebil.

3. Utstyr

- *Z+F laser:* 1200 punkt innenfor 4,2 m målebredde. 200 Hz rotasjonshastighet. 1. profil per 8 cm i 60 km/t.
- *CargoScan laser:* 550 punkt innenfor 4 m målebredde i tverrprofilen. 140 Hz rotasjonshastighet. 1. profil per 12 cm i 60 km/t.
- *IRI laser:* Frekvens 32 kHz. I 60 km/t utgjør dette 0,5 mm mellom målepunktene. Skal lage gode høydedata for hver 25 cm sammen med data fra treghetsplattformen.
- *GNSS-system:* Applanix GNSS-system med 2 stk antenner for satellitter. Dette for å kunne angi bilens retning når den står rolig.
- *Treghetsplattform:* Oppdatering av bilens bevegelse i 3 akser skjer i området 100–200 Hz. Minstekrav til nøyaktighet i Roll/Pitch etter 60 sekunder med tapt GNSS-dekning er 6 cm.
- *Pulsgiver:* Antall pulser per hjulomdreining er 1024. Antall pulser per meter blir derfor avhengig av bilens rulleomkrets, men ligger i størrelsesorden 450–500 pulser.



Figur 4.2.2-1: Bilde av komplett målebil

4. Fremgangsmåte

I delkapittel om fremgangsmåte blir daglig rutine (heretter betegnet som generell måling), periodiske rutiner (kalibrering av utstyr, lagring av rådata m.m.), og initialmåling beskrevet.

4.1 Daglige rutiner

4.1.1 Før måling

- Sørg for at glass over lasere er rene for støv/skitt
- Start opp laser og utstyr mens bilen står i ro. Dette for å sikre kvalitet på stedfestingssystemet.

- Sjekk at måleformål er definert riktig i forhold til den målingen som skal foretas. En vanlig måling skal være definert som generell.
- Sjekk hvor lenge siden utstyret har vært kalibrert.
- Sjekk at vegnett ikke er mer enn 2 uker gammelt. Vet man om endringer i vegnettet så skal nytt lastes ned.
- Sjekk når du sist målte referansestrekning. Dersom mer enn 14. dager, mål denne før du foretar generell måling. (Se punkt 4.2.3.)

4.1.2 Under måling

- Sjekk jevnlig at det ikke er større avvik mellom meterverdi på måling og GNSS-vegreferanse.
- Sjekk at du har grønn status på systemet. Har du har annen status bør det straks stoppes på egnet sted for å finne ut av årsaker.

4.1.3 Etter måling

- Data skal beregnes til gjeldende format for overføring til NVDB med programmet ViaPPS Desktop. Metodefil skal ligge til grunn for valg av beregningsmetode, sørg for at denne er oppdatert.
- Overfør målerapport til Rosita, og bestill overføring til NVDB. Sjekk gjerne samtidig at de foregående målingene er blitt overført.
- Kopier rådata til ekstern disk.

4.2 Periodiske rutiner

4.2.1 Kopiering av rådata til server.

Alle rådata, fra alle målinger med systemet skal overføres til server. Hvilken server er definert av hvilken lokasjon en befinner seg på.

4.2.2 Kalibrering av måleutstyr

Kalibreringsprosedyre beskrevet i brukerdokumentasjonen til måleutstyret skal til enhver tid følges. Brukerdokumentasjonen er tilgjengelig i målesystemet.

4.2.3 Referansestrekning

Referansemåling utføres minst hver 14. dag på utvalgt referansestrekning. Strekningen bør ha en lengde på minst 3 km og med varierende dekkeforhold og kurvatur. Beregnet NVDB-rapport fra strekningen med måleformål R overføres til Rosita og derfra til NVDB, mens rådata behandles likt som ordinære rådata (beskrevet i 4.2.1.).

Målingene fra referansestrekningen sammenlignes med hverandre gjennom sesongen, slik at operatør kan oppdage avvik i målesystemet. Dette kan gjøres ved hjelp av en sammenligningsrapport i ViaPPS Analyse. NVDB-rapporter og nevnte sammenligningsrapport overføres også til årsmappe på e-Room.

4.2.4 Kalibrering av lengdemåler

Systemets lengdemåler bør kontrolleres minst hver 14. dag, eller ved mistanke om avvik. Har denne

større avvik enn 2 meter skal denne kalibreres på nytt på godkjent kalibreringsstrekning.

4.3 Initialmåling

Initialmåling er en særskilt dokumentasjon av et nylagt dekke, eller en dokumentasjon ved utløp av en funksjonskontrakt for dekket. Slike målinger blir bestilt av de ulike regionene der krav til slike målinger blir utløst.

Målingen utføres med 3 målinger innenfor bestilt meterintervall, og merkes med måleformål I og måleserienummer 1–3. Rapport for leveranse til NVDB og Rosita lages i ViaPPS Desktop under valget initialrapport. Alle initialmålinger beregnes med regresjonsmetoden.

Etter at rapporter er generert i ViaPPS Desktop skal disse overføres til Rosita for overføring til NVDB.

Rapportene skal også åpnes i ViaPPS Analyse for generering av Excel rapport til byggherre.

5. Resultater

Utstyret registrerer:

- tverrprofil
- lengdeprofil
- tekstur, ruhet
- kurvaturdata
- hastighet under måling
- høydeprofil
- vegmerking (foreløpig ikke brukt i NVDB)

5.1 Beregninger

Beregning av spordybder ved ulike metoder. Felles for alle metoder er at det rapporteres som medianverdier over 20 meters intervaller. Alle beregninger utføres i programmet ViaPPS Desktop, og beregningsmetode for NVDB-fil er definert i metodefil, mens for initialrapport skal det benyttes regresjonslinje.

5.1.1 Bunnrettholtsmetoden:

Metoden baserer seg på å legge en rett linje under alle punktene i profilet innenfor bunnrettholts lengde på 2,4 m. Det lokaliseres et bunnpunkt på hver side av profilets sentrum. Ligningen er gitt ved: $y = ax + b$

Bunnpunktene blir da sporposisjonen til indre og ytre spor der bunnrettholten tangerer de to laveste punktene i profilet. Spordybden er lik høyden på sporryggen. Tverrfall blir her helningsvinkelen på rettholten omgjort til prosent tverrfall i forhold til en horisontal linje.

5.1.2 Regresjonsmetoden:

Her benyttes 3 forskjellige rettholter/hjelpelinker. Alle rettholtene er definert til feltbredde på 3 m (1,5 m til hver side av profilets sentrum) pluss 10 %. Dette gjøres for å få større sannsynlighet at rettholtene treffer toppen mellom sporene.

Venstre topprettholt over indre hjulspor: Denne strekker seg fra topp hjulspor venstre kant til topp sporrygg. Spordybde i indre hjulspor blir derfor avstand fra bunn spor til venstre topprettholt.

Høyre topprettholt over ytre hjulspor: Denne strekker seg fra topp hjulspor høyre kant til topp sporrygg. Spordybde i ytre hjulspor blir derfor avstand fra bunn spor til høyre topprettholt.

Regresjonslinje mellom punktene i profilet med utgangspunkt i en linje på 2,4 m og at senter linje skal treffe senter profil mellom hjulspor. Denne benyttes for å beregne profilets tverrfall på samme måte som nevnt i bunnrettholtsmetoden.

Spordybde for profilet er gjennomsnittet av høyre og venstre spordybde.

5.1.3 Snormetoden

Det benyttes to snorer på 1 m. Disse festes i endepunkt på hver side av hjulsporene i profilet (der høyeste punkt på hver side av hvert hjulspor er) og trekkes over hjulsporet og over mot profilets andre side. Dette medfører at snora følger profilet der profilet er høyere enn hjulsporet, og går i en rett linje over hjulsporet. Spordybde i hjulsporene er da avstanden fra snoren og ned til dypeste punkt i hjulsporet. Dypeste punkt er definert som der man har høyest sporverdi.

Tverrfall måles ved at man legger en rett linje mellom de dypeste punktene. Vinkel på denne i prosent i forhold til en horisontal linje er tverrfallet i kjørefeltet.

5.1.4 Krumholtmetoden

Krumholten festes i hvert av festepunktene for snormetoden beskrevet over, og kurven på krumholten defineres av formelen under gitt at (x_2, y_2) er definert som endepunktene på kurven for venstre og høyre side.

$$x_{senter} = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

$$y(x) = -0,01(x - x_{senter})^2 + 0,01 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1 + K_{korreksjon}$$

Hvor $K_{korreksjon}$ er gitt av avviket mellom y_1 og $y(x_1)$

Prinsippet er at krumholten festes i snorfestepunktene på høyre og venstre side, ved å modellere inn en helning i kurven slik at den treffer det punktet der snoren ikke lenger går over

sporet på andre siden av det aktuelle hjulsporet. Spordybder blir da beregnet fra laveste punktet i hvert enkelt hjulspor og opp til krumholten. Tverrfallet er definert og blir beregnet som nevnt i punkt 5.1.3. om snormetoden.

5.2 Format på målerapport

Målerapporter, av alle typer, skal leveres på .sdv-format til Rosita for opplasting til NVDB. Type rapport bestemmes av hvilken type måling som er gjennomført. Selve formatet er likt på rapportene, men beregningsmetoder og innhold er forskjellig.

6. Rapportering

Data for spordybde (mm), jevnhet (IRI - mm/m) og tverrfall (%) registreres pr kjørefelt, beregnes og bearbeides og lagres i NVDB (Nasjonal vegdatabank) for hver 20 m. Rådata fra registreringen kan i tillegg inspiseres i en egen applikasjon (ViaPPS Desktop) for mer detaljert informasjon. Blant annet kan både oppmerking, sprekker og overflatehomogenitet (separasjon og blødninger) identifiseres fra disse rådataene.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

EN-13036-5 Road and airfield surface characteristics. Test methods-Part 5: Determination of longitudinal unevenness indices.

NS-EN 13036-8:2008 Overflateegenskaper for veier og flyplasser – Prøvningsmetoder – Del 8: Bestemmelse av ujevnhetsindekser i tverrprofilen

NS-EN 13036-6:2008 Overflateegenskaper for veier og flyplasser – Prøvningsmetoder – Del 6: Måling av tverrprofil og lengdeprofil i bølgelengdeområdene for ujevnhets- og megatekstur

Prosedyre for spor- og jevnhetsmålinger (under arbeid)

Brukermanual ViaPPS Recorder

Brukermanual ViaPPS Desktop



4 Vegtilstand

4.2 Overflate

4.2.3 Måling av dekkeoverflaters makroteksturdybde ved bruk av volumetrisk teknikk (Sandflek-metoden)

Mars 2018 (erstatte metode 15.4281, mai 1997)

1. Hensikt

Vegdekkers overflateruhet, eller makroteksturdybde (MTD) kan bestemmes ved bruk av nærmere spesifisert ensgradert glasskuler. Ruhet kan bestemmes på alle typer faste dekker som ledd i bedømmelse av egenskaper som for eksempel homogenitet og masseseparasjon, friksjon, lystekniske egenskaper og støyegenskaper.

2. Definisjoner

Metoden er beskrevet i NS-EN 13036-1:2010, som igjen er bygd på ASTM E 965-87.



Figur 2-1: Måling

3. Utstyr

Utstyrebehov:

- kuleformede, ensgraderte glasskuler
- børste for rengjøring av overflate
- flyttbar vindavskjerming
- målebeger med kjent volum
- sirkelformet spredeverktøy med gummiert overflate
- målestav

3.1 Materiale

Glasskulene som benyttes skal oppfylle kravene gitt i NS-EN 13036-1. 90 % av materialet skal ha kornstørrelse mellom 0,18 mm og 0,25 mm.

3.2 Børste

En børste skal benyttes for å rengjøre overflaten før målinger gjøres.

3.3 Vindavskjerming

En flyttbar vindavskjerming kan benyttes dersom det er fare for at prøvemateriale kan blåse bort pga. vind eller passerende trafikk.

3.4 Målebeger

Et kalibrert målebeger av metall eller plast med kjent volum benyttes for å måle opp mengde prøvemateriale. Volum skal være minimum 25 ml (25000 mm³).

3.5 Sirkelformet spredeverktøy

Spredeverktøy, sirkelformet med diameter ca. 65 mm og med gummiert overflate. Brukes til å spre glasskulene på prøveområdet.

3.6 Målestav

Målestav med oppløsning på 1 mm.

4. Fremgangsmåte

4.1 Klargjøring

Dekkeoverflaten skal være skadefri, ren, tørr og uten løse partikler. Børsten brukes for å fjerne løse partikler.

4.2 Måling

Fyll målebeger med kjent tilmålt volum med glasskuler, nøyaktig volum med glasskuler noteres. Tøm glasskulene på måleflaten, helst i en kjele for å begrense utstrekning.

Spre materialet med spredeverktøyet i sirkelformede bevegelser slik at alle porer i dekkeoverflaten fylles. Bruk litt vekt under utspredning for å få glasskulene spredt godt

utover slik at spredevertøyet får kontakt med dekket og at overflaten i øvre sjikt av glasskulene flukter med dekkeoverflaten.

Diameter på sirkel måles på minst fire forskjellige steder langs sirkelen.

Beregn gjennomsnittlig diameter.

Det gjennomføres minst fire målinger av samme operatør på samme dekkeoverflate.

Gjennomsnittsverdi for de enkelte målingene gir verdien for dekkeoverflatens makroteksturdybde.

5. Resultater

Beregn gjennomsnittlig makroteksturdybde, MTD, ved å benytte følgende formel:

$$MTD = \frac{4 V}{\pi D^2}$$

hvor:

MTD = gjennomsnittlig makroteksturdybde [mm]

V = prøvevolum, volum glasskuler benyttet [mm³]

D = gjennomsnittlig diameter av sirkel [mm]

6. Rapportering

Rapporten for hver målt overflate skal inneholde:

- sted og identifikasjon av målt flate
- dato og klokkeslett
- værforhold
- navn på operatør
- målevolum glasskuler benyttet for hver måling [mm³]
- antall målinger
- gjennomsnittlig diameter for hver målesirkel [mm]
- beregnet teksturdybde [mm] MTD for hver måling
- gjennomsnittlig teksturdybde [mm] MTD for hele den målte overflaten

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 13036-1 (2010): Overflateegenskaper for vegger og flyplasser. Prøvingsmetoder. Del 1: Måling av dekkeoverflaters makroteksturdybde ved bruk av volumetrisk teknikk

EN ISO 13473-1: Profilometry method: Measurement of mean profile depth (MPD)



4 Vegtilstand

4.2 Overflate

4.2.4 Måling av friksjon med pendelapparat

April 2018 (erstatte metode 15.4282, mai 1997)

1. Hensikt

Metoden beskriver friksjonsmåling på vegdekker med bærbart pendelapparat. Bærbart pendelapparat kan brukes til å måle friksjon på alle typer faste vegbelegninger, men brukes oftest for å måle friksjonen på vegmerking og trapper/ramper som kan være vanskelig å måle med kontinuerlig måleutstyr. Det bærbare utstyret anvendes direkte på vegbanen eller i laboratoriet på tillagde/utskårne prøver.

2. Definisjoner

British Pendulum: Benevnelse på bærbart pendelapparat.

Pendelverdi/British Pendulum Number (BPN)/Skid Resistance Tester (SRT-verdi): Verdi som leses av på pendelens skala etter en måling. Verdien er et uttrykk for tap av energi etter at gummisleiden har sklidd over underlaget. Pendelverdi er ikke lik friksjonskoeffisienten.

3. Utstyr

- bærbart pendelapparat. (Se figur 4.2.4-1)
- gummisleide
- mal med avstandsmerker. (Se figur 4.2.4-2)
- termometer for måling av overflatetemperatur
- liten børste
- sprayflaske med vann

4. Fremgangsmåte

4.1 Klargjøring av målestedet og instrument

Vegoverflaten må være fri for løse partikler, og skal dusjes med rent vann. Overflaten behøver ikke nødvendigvis å være horisontal. Betingelsen er at instrumentet kan justeres i vannrett stilling ved å bruke justerskruene på instrumentets fot. Instrumentet vtres opp ved hjelp av justerskruene og libellen.

Sjekk tilstand og alder til gummisleide. Ny gummisleide skal innkjøres før bruk. La pendelen med sleiden påmontert, svinge 20 ganger over en passe ru og våt overflate.

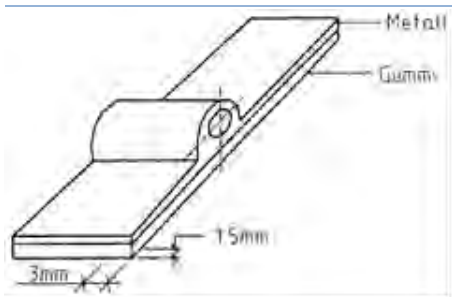


Figur 4.2.4-1: Pendelapparat ferdig oppstilt for måling på vegmerking (foto: Bård Nonstad, Statens vegvesen)



Figur 4.2.4-2: Bruk av pendelapparat i lab på prøvestykke av asfalt. Mal med avstandsmerker er vist på bildet (foto: Bård Nonstad, Statens vegvesen).

Det finnes to hardheter på gummien som benyttes i testene. Denne mykeste gummikvaliteten kalles nr. 57 og den hardere varianten nr. 96. Det er nr. 57 som benyttes for å måle friksjon på vegbelegninger for kjøretøy. Gummihardhet nr. 96 brukes ved måling av friksjon på gangarealer.



Figur 4.2.4-3: Skisse av gummisleide med maksimal tillatt slitasje av berøringskantene

4.2 Nullstilling av instrumentet

Hev pendelmekanismen ved å løsne låseskruen på baksiden, og drei på et av de to høyderattene midt på instrumentet til pendelen kan svinge fritt uten at sleiden berører overflaten. Fest låseskruen godt.

Sving pendelarmen til opphengt posisjon, samtidig som viseren dreies helt tilbake parallelt med pendelarmen.

Frigjør pendelen med utløserknappen og foreta avlesning. Hvis avlesningen ikke er lik null, løsne låseringen og drei friksjonsringen som sitter innenfor denne, svakt mot høyre/venstre, lås igjen og repeter nullprøvingen. Gjenta til avlesningen blir null, og repeter slik at en får totalt 3 målinger lik null.

4.3 Innstilling av berøringslengden

Når pendelen henger fritt, skal løftearmen for sleiden festes i øvre stilling med den medfølgende stoppepinnen. Senk pendelen til kanten av sleiden akkurat berører overflaten. Lås pendelmekanismen i denne høyden og frigjør løftearmen for sleiden.

Hev sleiden med løftearmen, sving pendelen over til høyre, senk sleiden igjen, la pendelen bevege seg sakte mot venstre til kanten av sleiden berører overflaten.

Plasser malen, hvor berøringslengden er avmerket, ved siden av sleiden og parallelt med bevegelsesretningen for pendelen. Kanten av sleiden som berører overflaten skal falle sammen med det høye merket på malen.

Sleiden heves med løftearmen, og pendelen svinges over til venstre. Sleiden senkes, og kanten av sleiden skal berøre overflaten ved det venstre merket på malen. Juster høyden av pendelmekanismen til riktig berøringslengde, 124 – 127 mm, oppnås. Sving pendelen til opphengt stilling. Sleiden skal være hevet ved denne operasjonen for å unngå unødig slitasje. Husk også å føre viseren helt tilbake.

4.4 Måling

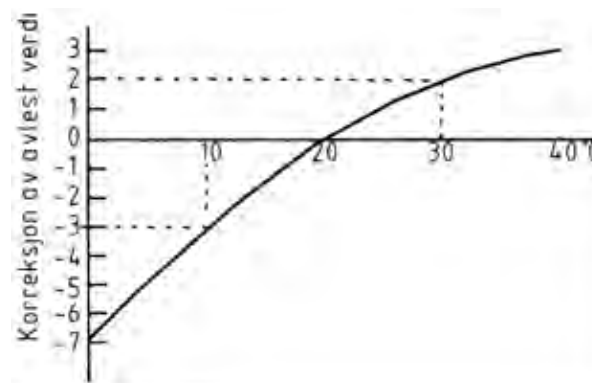
Vann målestedet slik at overflaten er helt dekket. Frigjør pendelen, men foreta ikke avlesning.

Foreta fire svingeoperasjoner med pendelen mens overflaten fuktes mellom hver gang. Avles resultatet for hver måling. Kontroller berøringslengden tilslutt.

5. Resultater

Det foretas minst 4 enkeltmålinger på alle underlag. Resultatene korrigeres for avvik fra 20 °C som beskrevet i figur 4.2.4-4.

Når testen er ferdig hev armen slik at denne henger fritt og sjekk om en avlesning fortsatt blir null. Dersom det ikke er tilfellet, forkast resultatene og gjennomfør en ny test.



4.2.4-4: Korreksjonsverdier for overflatetemperatur

Grensekraft til friksjon på vegmerking og trapper er beskrevet i R610 som SRT verdi.

5.1 Målenøyaktighet

Basert på testing av friksjonen på 12 ulike materialer som ble sendt rundt til 11 ulike Europeiske laboratorier er det funnet et standardavvik på 2,4 enheter for gummikvalitet 96 og 2,6 enheter for gummikvalitet 57. (NS-EN 13036-4 (2011)).

6. Rapportering

Resultatrapporten skal minst inneholde:

- Opplysninger om type, alder og overflatestruktur på vegdekket.
- Målestedets beliggenhet på vegen, i lengde- og tverretning.
- Gummisleidens type (nr. 57 eller 96) og alder.
- Hver enkeltverdi som leses av, samt overflatens temperatur. Resultatene korrigeres for avvik fra 20 °C.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

NS-EN 13036-4 (2011): Prøving med pendelapparat.



4 Vegtilstand

4.2 Overflate

4.2.5 Friksjonsmålinger med «OSCAR» på vegdekker

Januar 2018 (erstatte metode 15.4283, mai 1997)

1. Hensikt

Det å gi trafikantene tilstrekkelig friksjon er en av de viktigste egenskapene til et vegdekke. Dette er viktig både for trafikksikkerhet og fremkommelighet på vegnettet. Friksjonsmåleren «OSCAR» er en måler som benyttes av Statens vegvesen som kalibreringsenhet for de andre måleutstyrene som brukes for å følge opp friksjon på vegdekkene og vinterstid i driftskontraktene. Denne metoden beskriver ikke målinger vinterstid.

2. Definisjoner

OSCAR: Optimum surface contamination analyser and recorder.

ViaPlot: Presentasjonsprogram for friksjonsdata.

ViaPhoto: Program for visning av vegbilder.

Slipp: Slippet er den relative hastigheten mellom målehjulet og vegoverflaten og kan finnes ved denne formelen: $Slipp = \frac{\text{Hastighet til kjøretøy} - \text{Hastighet til måledekk}}{\text{Hastighet til kjøretøy}}$. Om målehjulet ruller fritt er slippet 0 % og om målehjulet er låst så er slippet 100 %.

Fast slipp: Fast bremsepådrag. Ved måling på vegdekker i Norge benyttes vanligvis 18 %.

Variabel slipp: Variabelt bremsepådrag. Målehjul bremses gradvis fra fritt rullende til nesten låst hjul. Maksimal friksjon i løpet av denne nedbremsinga logges.

2.1 Symboler

- μ : Friksjonskoeffisienten. Tallstørrelse som beskriver motstanden mellom to overflater som er i kontakt med hverandre. For et gummidekk og en overflate varierer denne normalt mellom 0 og 1.

3. Utstyr

OSCAR friksjonsmåler er en komplett måleenhet, bygd på en Chevrolet Chassis Cab K-3500. OSCAR

er opprinnelig fra 1992, men er i de senere år betydelig oppgradert.



Figur 4.2.5-1: OSCAR til høyre på bildet (foto: Knut Opeide, Statens vegvesen)

Marktrykket er justerbart fra 300 til 600 kg, men standard ved måling er 460 kg.

4. Fremgangsmåte

OSCAR måler friksjonskoeffisienten, μ , ved at 2 lastceller registrerer horisontal- og vertikalkrefter på et standardisert testdekk, ASTM E524, som bremses etter en gitt slipp. Den kan utføre målinger mot alle faste vegdekker, også vinterføre som is og hardpakket snø. Ved måling av friksjon på vegdekker skal disse innstillinger benyttes:

- fast slipp måling- 18 % slipp.
- rapportering av friksjonsverdi hver 5. meter.
- vannfilmykkelse 0,5 mm

I spesielle tilfeller og ved måling over lengre strekninger kan det være aktuelt å benytte variabel slipp. Disse innstillinger skal da benyttes:

- rapportering hver 50. meter.
- vannfilmykkelse 0,5 mm.

Normalt måles det i hjulspor, men om det er andre deler av vegbanen som bedømmes å ha lavere friksjon så måles denne. Vegbanen skal være fri for smuss og løse partikler. Måling bør ikke utføres på svært regnvåt vegbane (fritt vann), eller dersom lufttemperaturen er under +2 °C.

Målehastighet på kjøretøyet skal være mest mulig konstant lik 60 km/t ved måling. Ved fartsgrense

lavere enn 60 km/t gjennomføres målinger i skiltet hastighet. Om det av en annen grunn f. eks. krapp kurvatur ikke er mulig å måle i 60 km/t skal også lavere målehastighet velges.

4.1 Daglige rutiner

Sjekk av tilstand på måledekk, dvs lufttrykk og slitasje. Dekket skal byttes når "slitasjehullene" er borte eller dekket er mer enn 2 år gammelt.

Måledekk skal tilfredsstillende krav i ASTM E524.

Lufttrykk skal være 200 +/- 10 kpa. Sjekk av marktrykk og innstillinger i måleprogram i forhold til blant annet slipp prosent, vannfilm, målemodus og hastighet under måling.

Sjekk av oljenivå til måler.

4.2 Periodiske rutiner

Etter 500 målte km eller hver 14. dag:

- kalibrering av distanse på målehjul og hengerhjul med halvfull vanntank. Kalibrering av distanse skal skje på oppmålt strekning med kjent lengde.
- sjekk av friksjonsnivå på referansestrekning for friksjon.

Før hver målesesong (2 ganger i året):

- Kalibrering og smøring av lastceller.

Hvert år:

- service gjennomføres årlig i henhold til serviceskjema.

5. Resultater

Målinger lagres lokalt og legges på fellesområdet på server O: i Vegvesenets datasystem.

6. Rapportering

Målefil kan vises grafisk i presentasjonsprogrammet ViaPlot.

I tillegg til friksjonsmålinger er det i mange tilfeller en fin dokumentasjon å supplere målingene med vegbilder med bruk av ViaPhoto recorder. Det er kobling mellom friksjonsdata og bildene slik at tilhørende friksjonskoeffisient kan vises sammen med vegbilde i ViaPhoto.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

ASTM E524–Standard specification for special purpose, smooth tread tire, operated on fixed braking slip continuous friction measuring equipment.



4 Vegtilstand

4.2 Overflate

4.2.6 Friksjonsmålinger med «Roar» på vegdekker

Oktober 2017 (ny)

1. Hensikt

Det å gi trafikantene tilstrekkelig friksjon er en av de viktigste egenskapene til et vegdekke. Dette er viktig både for trafikksikkerhet og fremkommelighet på vegnettet. Friksjonsmåleren «Roar» er en måler som benyttes av Statens vegvesen for å følge opp friksjonen på vegdekkene.

Denne beskrivelsen gjelder for friksjonsmåling på vegdekker. For friksjonsmåling for oppfølging av driftskontraktens vinterfriksjonskrav henvises til HB R763 (driftskontraktsmal).

2. Definisjoner

Roar: Road analyzer and recorder

NVDB: Nasjonal Vegdatabank

Rosita: Database for dekketilstandsmålinger

ViaPlot: Presentasjonsprogram for friksjonsdata

ViaPhoto: Program for visning av vegbilder.

Slipp: Slippet er den relative hastigheten mellom målehjulet og vegoverflaten og kan finnes ved denne formelen: $Slipp = \frac{\text{Hastighet til kjøretøy} - \text{Hastighet til måledekk}}{\text{Hastighet til kjøretøy}}$. Om målehjulet ruller fritt er slippet 0 % og om målehjulet er låst så er slippet 100 %.

Fast slipp: Fast bremsepådrag. Ved måling på vegdekker i Norge benyttes vanligvis 18 %.

Variabel slipp: Variabelt bremsepådrag. Målehjul bremses gradvis fra fritt rullende til nesten låst hjul. Maksimal friksjon i løpet av denne nedbremsinga logges.

2.1 Symboler

- μ : Friksjonskoeffisienten. Tallstørrelse som beskriver motstanden mellom to overflater som er i kontakt med hverandre. For et gummidekk og en overflate varierer denne normalt mellom 0 og 1.

3. Utstyr

Det benyttes to utgaver av Roar-friksjonsmåler, versjon 5 og 6.

Roar 5 er en måler som benytter hydraulisk for å bremse målehjulet.



Figur 4.2.6-1: Roar 5 i aksjon. Foto: Kjetil Mo, Statens vegvesen

Roar 6 er en nyere versjon som har en elektronisk brems for å bremse målehjulet. Denne måleren har også noe større vanntank og et annet vanningsanlegg.



Figur 4.2.6-2: Roar 6 med to målehoder. Foto: Rune Pettersen, Viatech

Roar 6 kan også leveres med to målehoder som kan måle friksjon i begge hjulspor.

4. Fremgangsmåte

Roar måler friksjonen mellom et spesifisert målehjul og vegdekket. Den kan utføre målinger mot alle faste vegdekker, også vinterføre som is og hardpakket snø. Ved måling av friksjon på vegdekker skal disse innstillinger benyttes:

- fast slipp måling- 18 % slipp
- rapportering av friksjonsverdi hver 5. meter
- vannfilmtykkelse 0,5 mm

I spesielle tilfeller og ved måling over lengre strekninger kan det være aktuelt å benytte variabel slipp. Disse innstillinger skal da benyttes:

- rapportering hver 50. meter
- vannfilmtykkelse 0,5 mm

Normalt måles det i hjulspor, men om det er andre deler av vegbanen som bedømmes å ha lavere friksjon så måles denne. Vegbanen skal være fri for smuss og løse partikler. Måling bør ikke utføres på svært regnvåt vegbane (fritt vann), eller dersom lufttemperaturen er under +2 °C.

Ved målinger ned mot grenseverdi for friksjon, eller dersom man er usikker på en måling så bør det tas 2 målinger på samme strekning. Forskjellen i snittverdi over hele strekningen bør ikke skille mer enn 0,04 mellom de to seriene. Er forskjellen større tas ytterligere målinger til resultatet ligger innenfor kravet på 0,04.

Ensarta lengre strekninger som er under krav rett etter dekkelegging bør skiltes midlertidig, og deretter måles igjen innenfor 3 uker. De siste målingene legges til grunn om det skal utføres friksjonsforbedrende tiltak eller ikke.

Målehastighet på kjøretøyet skal være mest mulig konstant lik 60 km/t ved måling. Ved fartsgrense lavere enn 60 km/t gjennomføres målinger i skiltet hastighet. Om det av en annen grunn f. eks. krapp kurvatur ikke er mulig å måle i 60 km/t skal også lavere målehastighet velges.

4.1 Daglige rutiner

Sjekk av tilstand på måledekk, dvs. lufttrykk og slitasje. Dekket skal byttes når "slitasjehullene" er borte eller dekket er mer enn 2 år gammelt.

Måledekk skal tilfredsstillende krav i ASTM E1551-93a.

Lufttrykk skal være 200 +/- 10 kPa.

Sjekk av marktrykk og innstillinger i måleprogram i forhold til blant annet slippprosent, vannfilm, målemodus og jevn hastighetskurve under måling.

Sjekk av oljenivå til måler (Gjelder Roar 5).

4.2 Periodiske rutiner

Etter 500 målte km eller hver 14. dag:

- kalibrering av distanse på målehjul og hengerhjul med halvfull vanntank. Kalibrering av distanse skal skje på oppmålt strekning med kjent lengde
- sjekk av drivreim til måler og drivreim vanningsystem (avhengig av måler)
- sjekk av friksjonsnivå på referansestrekning for friksjon

Før hver målesesong:

- kalibrering av friksjonsnivå opp mot referansemåler OSCAR.

Hvert år:

- service gjennomføres årlig ihht serviceskjema.

5. Resultater

Resultater lagres først lokalt for deretter å føres over i databasen Rosita.

For grensekrav til friksjon vises til N200 og R610.

6. Rapportering

Målinger føres over til databasen Rosita.

Måleoperatør gjør selv en vurdering av kvaliteten på målingene og om data skal legges inn. Fra Rosita overføres data til NVDB.

I målefila skal følgende data finnes:

- type måleinstrument og registreringsnummer på henger
- navn på målebiloperatør
- luft- og vegbanetemperatur
- måledato og klokkeslett
- vegnett og kjørefelt
- målehastighet
- friksjonskoeffisient for hver 5. meter med fast slipp evt. hver 50. meter med variabel slipp
- slippprosent
- vannfilmtykkelse
- kalibreringsfaktorer

Målefila kan vises grafisk i presentasjonsprogrammet ViaPlot.

I tillegg til friksjonsmålinger er det i mange tilfeller en fin dokumentasjon å supplere målingene med vegbilder med bruk av ViaPhoto recorder. Det er kobling mellom friksjonsdata og bildene slik at tilhørende friksjonskoeffisient kan vises sammen med vegbilde.

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

ASTM E1551-93a-Standard specification for special purpose, smooth tread tire, operated on fixed braking slip continuous friction measuring equipment.



4 Vegtilstand

4.2 Overflate

4.2.7 Måling av dekkestøy med CPX-metoden

Mars 2017 (ny)

1. Hensikt

Metoden skal frambringe vegdekkets innflytelse på støy fra vegtrafikk. Metoden er først og fremst beregnet til måling av såkalt dekk/vegbanestøy (rullestøy), som er den dominerende støykilden ved konstante hastigheter i området fra 30–40 km/t og oppover for lette kjøretøy og fra rundt 50–60 km/t for tunge kjøretøy. For å evaluere vegdekkets bidrag til rullestøyen, er det utarbeidet to alternative internasjonale standarder: ISO 11819-1 (SPB-metoden) (SPB=Statistical Pass-By) og ISO 11819-2 (CPX-metoden) (CPX = Close ProXimity).

Dette kapitlet beskriver prinsippene ved utføring og databehandling etter CPX-metoden.

CPX-metoden kan også benyttes til å undersøke en vegstreknings homogenitet mht. støynivå. Den er også foreslått av CEN som en standardisert målemetode for klassifisering av støysvake vegdekker.

2. Definisjoner

CPX-metoden: definerer to sett av bildekk som skal anvendes ved måling. De omtales som referansedekk (P1 og H1) og er nærmere spesifisert i ISO/TS 11819-3. (TS = Technical Specification). P1 er valgt for å representere støy fra personbildekk og H1 for dekk på tunge kjøretøy.

Kommentar: Dersom referansebildekkene P1 og H1 ved en senere anledning byttes ut med nye dekk, vil disse betegnes P2 og H2.

2.1 Symboler

CPX-nivå

- L_{CPX} : Tidsmidlet A-veid lydtryknivå i desibel, frambrakt etter CPX-metoden

CPX-nivå for personbiler/lette kjøretøy

- $L_{CPX:P}$: A-veid lydtryknivå målt med dekk P1, representativt for dekk/vegbanestøy fra personbiler/lette kjøretøy

CPX-nivå for tunge kjøretøy

- $L_{CPX:H}$: A-veid lydtryknivå målt med dekk H1, representativt for dekk/vegbanestøy fra tunge kjøretøy

CPX-indeks

- $L_{CPX:I}$: Indeks som framkommer som et veid middelnivå mellom CPX-nivå for personbiler og CPX-nivå for tunge kjøretøy. Veiefaktoren setter normalt til 0,5, dvs. at bidraget fra hvert av nivåene ($L_{CPX:P}$ og $L_{CPX:H}$) settes lik

Målt hastighet

- v : Hastighet i km/t under måling

Referansehastighet

- v_{ref} : Valgt referansehastighet i km/t. Kan avhenge av skiltet hastighet. Normalt er 50, 80 og 110 km/t brukt som referansehastigheter, men andre kan også velges, avhengig av lokale forhold

Hastighetskoeffisient

- B : Koeffisient som beskriver lydnivåets hastighetsavhengighet og som anvendes til korreksjon av målt lydnivå til valgt referansehastighet v_{ref} , uttrykt i desibel. B er dimensjonsløst og avhenger av type vegdekke

Temperaturkoeffisient

- γ_t : Koeffisient for korreksjon av målt CPX-nivå for temperaturavhengighet for dekk t (t = P1 eller H1)

Hardhetskoeffisient

- β_t : Koeffisient for korreksjon av CPX-nivå for innflytelse av gummiens hardhet i mønster (tread) for dekk t, målt i Shore A

Utstyrsavhengig korreksjonsfaktor for lydrefleksjoner

- $C_{d,f}$: Korreksjon i frekvensbånd fra 315 til 5000 Hz, for senterfrekvens, f, avhengig av type måleutstyr for avvik fra frittfeltbetingelser (innflytelse av tilhenger med deksler og absorbenter)

3. Utstyr

3.1 Utstyr ved korreksjon for innflytelse av lydrefleksjoner og absorberer



Figur 4.2.7-1: Kalibreringshjul (til venstre), sammen med SRTT-dekk (dekk P1)

- kalibreringshjul (figur 4.2.7-1)
- CPX-tilhenger, med måleutstyr (figur 4.2.7-3)
- lydgenerator (evt. inkludert i PC-program)
- PC med program for lydanalyse (ikke med i utstyret som følger tilhenger)

3.2 Utstyr ved måling av Shore A (hardhet bildekk)

- bildekk (P1 og eventuelt H1)
- durometer (figur 4.2.7-2)
- termometer



Figur 4.2.7-2: Durometer for måling av Shore A

3.3 Utstyr ved måling

- CPX-tilhenger (figur 4.2.7-3)
- 2 stk. bildekk P1: Uniroyal Tiger Paw (SRTT) 225/60 R16
- 2 stk. bildekk H1: Avon Supervan AV4 195/14C
- PAK MkII (innsamling av data, med tilhørende programvare, PAK 5.6, se figur 4.2.7-6)
- GPS: Racelogic VBOX MKII (hastighetsmåling)
- 4 stk. mikrofoner med vindhetter
- mikrofonkalibrator, B&K 4231
- PC med dataprogram for styring av PAK MkII og med analyseprogram
- triggerboks
- termometer

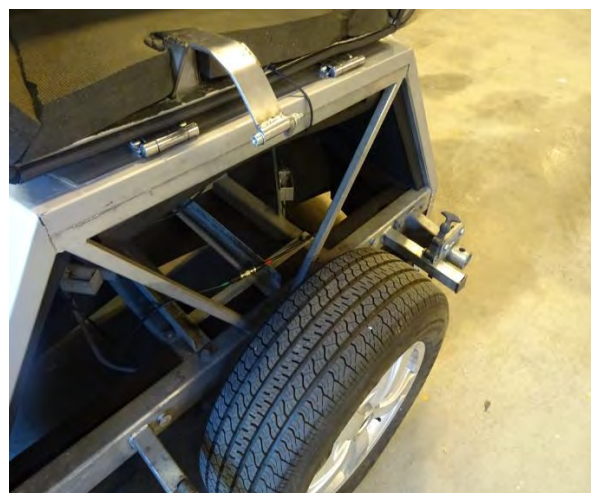
Kommentar: CPX-tilhengeren er levert av M+P i Nederland (www.mplusp.eu). De har også levert all programvare for måling (PAK 5.6) og analyseprogram (CPXInspector 2.0). Nye referansebildekk kan anskaffes via M+P.

Hvis en bare er interessert i måling av $L_{CPX:P}$, dvs. et støynivå representativt for personbildekk, så inngår ikke dekk H1 i utstyrsoversikten. For tiden er det ikke operative H1-dekk med i utstyret som følger tilhengeren.

GPS-utstyret for hastighetsmåling (VBOX) tilhører SINTEF, men er tilgjengelig for bruk av CPX-tilhengeren.



Figur 4.2.7-3: CPX-tilhenger (foto Statens vegvesen)



Figur 4.2.7-4: CPX-tilhenger med åpent deksel

3.4 Utstyr ved analyse

- PC med programvare: CPXInspector

Kommentar: Analyseprogrammet oppdateres i henhold til siste utgave av standarden ISO 11819-2. Siste versjon som er lagt inn i PC er CPXInspector 2.0.790 (2015). Det kan inngås en vedlikeholdsavtale med M+P, der oppdatering av programvare inngår.

4. Fremgangsmåte

Med CPX-tilhengeren medfølger det en rapport fra M+P: "USER MANUAL. Performing CPX-measurement with PAK 5.6". Manualen gir en inngående beskrivelse av oppsett for måling fram til lagring av data for videre analyse.

I dette kapittelet omtales først kalibrering av tilhenger, deretter måling av bildekkenes hardhet, kontroll av dekktrykk, temperaturmåling, montering av mikrofoner og prinsippene for gjennomføring av en måleserie. For mer detaljerte beskrivelser henvises det til aktuelle standarder og til manualer.

4.1 Målinger før feltmåling

4.1.1 Kalibrering av tilhenger

Statens vegvesen sin CPX-tilhenger (figur 4.2.7-3 og 4.2.7-4) er en lukket tilhenger, dvs. mikrofoner er skjernet med deksler som åpnes ved montering av dekk og mikrofoner, samt ved kalibrering av mikrofoner. Dekslene er kledd med absorberer innvendig. Før en målesesong starter må tilhenger kalibreres ved hjelp av kalibreringshjul, som vist i figur 4.2.7-1. Kalibreringshjulet plasseres først på en hard flate, på en åpen plass (fritt felts-betingelser), med to mikrofoner i "CPX-posisjon" (se figur 4.2.7-5). Et støysignal sendes ut til høyttaler i kalibreringshjul, for hvert av 1/3 oktavbåndnivåene fra 315 til 5000 Hz, og lyd nivåene måles i de to mikrofonene. Deretter monteres kalibreringshjulet på tilhenger og deksel lukkes. Lydmålingen gjentas og differansen i lyd nivå for hver 1/3 oktavbånd i forhold til fritt felt beregnes. Disse kalibreringsverdiene, Cd,f, legges inn som korreksjonsverdier i fil med navn equipment.html, (Åpnes fra CPXInspector). Framgangsmåten for kalibrering er nærmere beskrevet i Annex A i ISO 11819-2.

Kommentar: Kalibrering av tilhenger er normalt bare nødvendig å gjøre før en målesesong. Dersom det skjer uhell med hengeren (f.eks. at deksler skades og/eller man må skifte absorberer i deksel), så må ny kalibrering av tilhenger skje før målinger på vegdekker gjenopptas.

4.1.2 Måling av bildekkenes hardhet

Gummien på bildekk blir hardere over tid, spesielt i dekkmønsteret. Undersøkelser har vist at støynivået avhenger av dekkenes hardhet: Dess hardere dekket blir, dess høyere støynivå. Måling av dekkenes hardhet (Shore A-verdi) bør skje med minimum 3 måneders mellomrom. Måling skjer innendørs i et rom der temperaturen er så nær + 20 °C som mulig. Til måling av gummiens hardhet brukes et durometer (figur 4.2.7-2). Prosedyren for måling av hardhet er beskrevet i detalj i ISO/TS 11819-3. I standarden gis det en

korreksjonsfaktor, β , (dB/Shore A) for dekkene P1 og H1. Referanseverdi: 66.

Det er satt en grense for hvor høy verdi for Shore A dekkene kan ha før de ikke lenger kan brukes til standardiserte målinger.

P1: 62–73 Shore A og H1: 60–73 Shore A

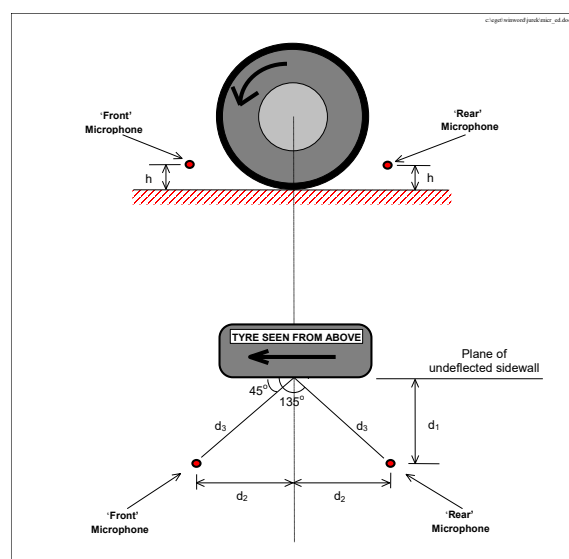
4.1.3 Kontroll av dekktrykk

Dekktrykket skal måles med kalde dekk, dvs. omtrent ved den temperatur omgivelsene har.

Dekktrykk for både P1 og H1: 200 ± 10 kPa

4.2 Montering av målemikrofoner

Mikrofoner plasseres som vist i figur 4.2.7-5 og med avstander gitt i tabell 4.2.7-1. Dette er obligatoriske posisjoner. I CPX-standard er også alternative posisjoner angitt, dersom en ønsker tilleggsdata.



Figur 4.2.7-5: Obligatorisk mikrofonplassering

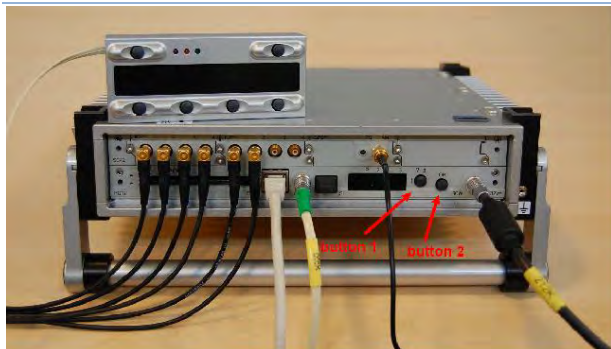
Tabell 4.2.7-1: Avstander i mm (figur 4.2.7-5)

Mikrofon	h	d ₁	d ₂	d ₃
Obligatorisk	100	200	200	283

4.3 Prosedyre før måling

4.3.1 Oppkobling av utstyr

I utstyret som følger med CPX-tilhengeren er det en grundig beskrivelse (grafisk figur) av oppkobling mellom mikrofoner, triggerboks, GPS-enhet (VBOX) og PAK MkII (figur 4.2.7-6). Det medfølger en separat GPS-antenne som monteres på tak på trekkbil og som kobles til PAK MkII. Den gir registrering av posisjon til tilhenger under måling og som gir grunnlag for utskrift på kart (via internett – se kap. 4.4 pkt.9).



Figur 4.2.7-6: PAK MkII (Miniterminal over er ikke med i utstyret til Statens vegvesen)

Kommentar: Utstyret kan tilkobles et bilbatteri, sammen med en konverter til 220V.

4.3.2 Kalibrering av mikrofoner

Før og etter måling gjøres det en kalibrering av alle mikrofoner med kalibrator. Det gjøres etter oppkobling av alt måleutstyr og start av måleprogram PAK 5.6. I dette programmet inngår kalibreringsrutine, med automatisk justering av mikrofonenes følsomhet.

Kommentar: Kalibreringen gjøres enklest før mikrofonene plasseres i korrekte posisjoner i henhold til figur 4.2.7-5 og før montering av vindhetter. Dersom en gjennomfører flere målinger på samme dag, er det tilstrekkelig å sjekke kalibreringen når siste måleserie er foretatt.

4.3.3 Temperaturmåling

Støynivået vil avhenge av temperatur (luft/bakke) og det skal korrigeres for temperatur før endelig resultat foreligger. Formel for korreksjon er gitt i ISO/TS 13471-1. Referansetemperatur er 20 °C. Korreksjonen avhenger av type vegdekke. Normalt øker støynivået med synkende temperatur.

Temperaturen kan måles kontinuerlig under støymåling (hvis en har slikt utstyr), alternativt rett før og rett etter en måleserie.

4.4 Stepvis prosedyre (se også USER MANUAL)

- 1) Velg referansehastighet (normalt 50, 80 og 110 km/t).

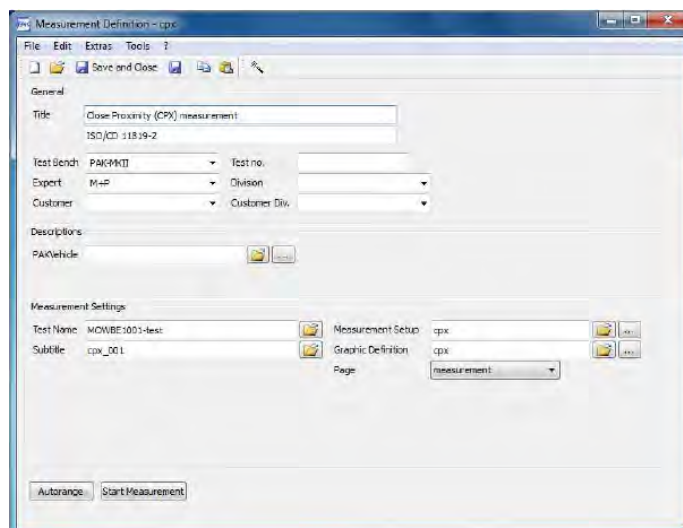
Kommentar: Skiltet hastighet kan medføre valg av andre referansehastigheter enn de som angitt over. Valgt referansehastighet legges inn i analyseprogrammet CPXInspector etter at måling er avsluttet.

- 2) Velg start og stoppunkt for målestrekning. Når en passerer disse punktene, markeres det med trykk på triggerboksen. På den grafiske presentasjonen av målingen vil disse markeringspunktene vises, for valg av analyserekning.

Kommentar: Standarden tilsier minimum 200 m lengde. Ved kortere målestrekninger anbefales det å måle minimum to ganger for å redusere måleusikkerhet.

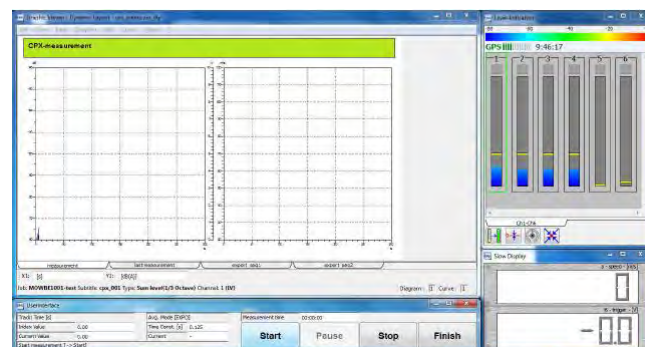
- 3) Start programmet PAK 5.6 på måle-PC og legg inn navn på testfil (f.eks. E6Svinesund09022017) i feltet "Test Name", se figur 4.2.7-7.

I feltet under ("Subtitle") velges for første måling: cpx_01. For hver ny måleserie på samme sted økes nummereringen automatisk.



Figur 4.2.7-7: Oppstartsside for PAK 5.6 (fra USER MANUAL)

- 4) Velg "Start measurement". Da fås et skjermbilde som vist i figur 4.2.7-8.



Figur 4.2.7-8: Side for start av måling

- 5) Før man kommer til den aktuelle målestrekning trykkes <Start>. På søylene øverst til høyre vises inngangssignal for mikrofoner. Ned til høyre vises hastighet (km/t). Etter start vil hastighet og nivå for en av mikrofonene vises grafisk, som funksjon av tid. Når man passerer start på målestrekning markeres det ved å trykke på triggerboks, og som vil vises som en søyle på grafikken.

Kommentar: Det er en fordel om man holder så jevn fart nær referansehastigheten som mulig, avviket skal ikke være større enn $\pm 5\%$ av referansehastighet. Større avvik reduserer målenøyaktighet.

- 6) Når man endepunkt for målestrekning er passert, velges <Stop> dersom man skal gjøre en ny måling på samme sted. Målingen lagres da automatisk og neste fil får f.eks. Subtitle: cpx_02. Ved ny måling trykkes så <Start>. Dersom man skal avslutte måling helt, velges <Finish> og SAVE (egen fane).
- 7) Lagring av data: Alle data angående måleoppsett, rådata etc., lagres på: `C:\Brukere\bruker\PakData\DATA` På DATA etableres en filmappe for hvert målested, med navn hentet fra navn på testfil (se punkt 3).
- 8) Konvertering av rådata: Før analyse av måledata må rådata konverteres til 2 resultatfiler; en for lydnivå og en for frekvensspekter. Konverteringen gjøres ved å velge <Graphics> og <Graphic Definition>. Videre må man hente opp målefiler (cpx_01 osv.) fra Name of Measurements (søk til riktige foldere på C: under Measurement Data Path). Når riktige filer er valgt, velges <export seq1> for lydnivå og <export seq2> for frekvensspekter. Resultatfilene (txt-filer) blir lagt på:
`C:\Brukere\bruker\PakData\DATA\export`
- Lydnivåfilen får navn <testfilnavn>-Lp, og frekvensfilen <testfilnavn>-sp.

Kommentar: Det er flere alternative måter å konvertere rådatafiler på, og som er beskrevet i "USER MANUAL".

- 9) GPS-fil:
Ved start av måling lagres posisjon kontinuerlig via GPS-antenne. Når måling avsluttes fås spørsmål om lagring eller ikke. Eksport av GPS-fil skjer via et eget program på måle-PC: 'ExportGPS.vbs'. Finn riktig målefil på: `C:\Brukere\bruker\PakData\DATA` og katalog for målested (f.eks. E6Svinesund09022017). Bare velg område, ikke filnavn under. Når OK velges, finner systemet selv riktig GPS-fil. Deretter åpnes automatisk et nytt vindu for eksport av fil. Velg riktig katalog på `C:\...|export|<katalog for målested>` og deretter OK. Det lagres da en fil: <målested>-gps.

Kommentar: Det anbefales å ta back-up på eksternt medium (f.eks. på minnebrikke) etter konvertering av resultatfiler.

5. Resultater

5.1 Generelle prinsipper

Analyse av måleresultater og rapportering skjer med programmet CPXInspector 2.0, som ligger på måle-PC. En komplett bruksanvisning finnes under <Hjelp> i øverste linje når programmet åpnes.

I rådatafilene ligger lyddata fra hver av de 4 mikrofonene, logaritmisk midlet over individuelle vegsegmenter å 20 m.

I den videre databehandlingen med analyseprogrammet beregnes middelerverdi for de to mikrofonene på hver side av tilhengeren. Det korrigeres for avvik av hastighet i forhold til valgt referansehastighet. Videre korrigeres det for temperaturavvik i forhold til + 20 °C, samt for dekkenes hardhet i forhold til referanseverdi på 66 Shore A. Til slutt midles verdiene (aritmetisk) over hele målestrekning.

Kommentar: Alle formler som inngår i denne dataprosesseringen er spesifisert i standarden ISO 11819-2.

5.2 Innlegging av faste data for målested

Når programmet startes opp legges det inn data for målestedet ved å velge <File> og <new measurements>. Her velges også hastighetskoeffisient B ('Slope of speed correction').

Målt lydnivå er hastighetsavhengig og nivå skal korrigeres til valgt referansehastighet, v_{ref} , ved formel: $B \cdot (v/v_{ref})$. B avhenger av type vegdekke:

$B = 25$ for et porøst dekke i relativ ny tilstand (ingen alvorlig tilsmussing av porer - "clogging").

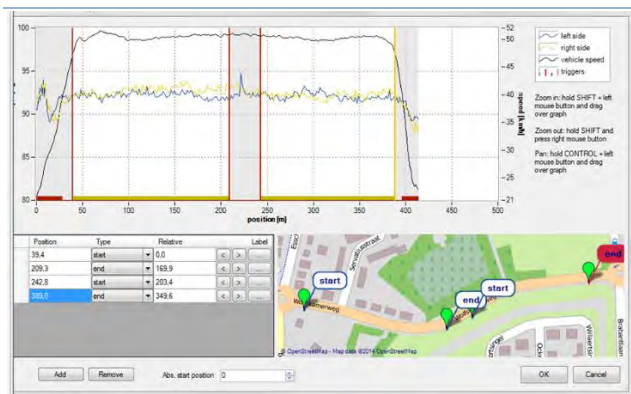
$B = 30$ for et porøst dekke med høy grad av tilsmussing, eller et tett dekke.

$B = 35$ for (tette) sementbetongdekker.

$B = 30$ for alle andre typer dekker, eller for ukjente dekker.

5.3 Analyse av målestrekning

Ønsket målefil (og tilhørende GPS-fil) hentes opp ('Add runs'), og i dialogfeltet legges det inn både temperatur, referansehastighet og hvilke dekk (P1 eller H1) som er benyttet ved måling. Etter 'OK' vises et bilde som i figur 4.2.7-9. Her velges med kursor de områdene som skal analyseres. Som figuren her viser, er det område midt i målestrekningen som ikke tas med i analysen (f. eks. ved passering av kumlokk eller annet som ikke er relevant for vegdekkets generelle tilstand).



Figur 4.2.7-9: Side for valg av analyseområde

Når område for analyse er valgt, velges 'OK' og det vises da et dialogvindu (Export), der referansehastighet, v_{ref} , også vises (og kan eventuelt endres). Det opprettes deretter 2 resultatfiler:

<Målested>.cpx

<Målested>.xlsx

5.4 Usikkerhet

- usikkerhet i måleresultater etter CPX-metoden påvirkes av flere forhold. Disse er knyttet til:
- usikkerhet ved operative forhold
- måleusikkerhet i instrumentering
- usikkerhet ved ytre forstyrrelser

I ISO 11918-2 er det et eget kapittel som omhandler forventet usikkerhet. Under normale betingelser kan en forvente en standard kombinert usikkerhet for målt CPX-nivå på 0,5 dB.

6. Rapportering

Excel-filen <Målested>.xlsx har et standardformat (template) basert på måling med CPX-tilhenger til Statens vegvesen som vist i figur 4.2.7-10 og som enkelt kan kopieres inn en rapport.

De to første sidene i Excel-filen viser informasjon om den valgte måling, med alle inngangsparametere. Videre gis resultat for følgende parametere:

$L_{CPX:I}$ = Middelerdi for måling med dekk P1 og H1, dersom det er foretatt måling med begge dekktyper

$L_{CPX:P}$ = Middelerdi for dekk P1 (middel av L – venstre side og R – høyre side av tilhenger). I tillegg er det separate resultater for L og R

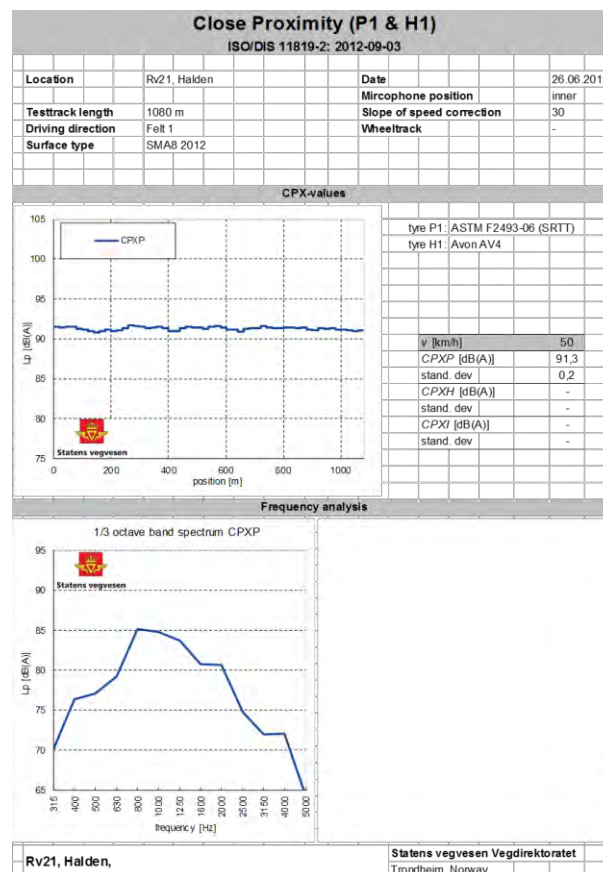
$L_{CPX:H}$ = Middelerdi for dekk H1 (midlet som for P1)

Alle verdier oppgis med standardavvik.

Målt frekvensspekter vises også grafisk (figur 4.2.7-10).

Det er også en fane med alle målte nivåer per 20 m vegsegment (separat for L og R), som kan eksporteres for andre typer analyse.

Ved hjelp av GPS-registreringen kan det også produseres et kart via internett (PC må være koblet til internett dersom kartet skal generes). På kartet fås en visuell framstilling av variasjon i støynivå for hvert segment på 20 m, over valgt målestrekning. Eksempel på et slikt kart er vist i figur 4.2.7-11.



Figur 4.2.7-10: Eksempel på rapporteringsside



Figur 4.2.7-11: Eksempel på kartvisning med lydnivå per 20 m vegsegmenter

7. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R211.

ISO 11819-2: Acoustics – Measurements of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity method.

ISO/TS 11819-3: Acoustics – Measurements of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 3: Reference tyres.

ISO/TS 13471-1: Acoustics – Temperature influence on tyre/road noise. Part 1: Correction for temperature when testing with the CPX method.



4.2.8 Georadarundersøkelser på eksisterende veg

Mars 2018 (ny)

1. Hensikt

Georadar (GPR – Ground Penetrating Radar) kan være et alternativ og/eller supplement til oppgraving og grunnboringer. Georadar er utstyr som kan kartlegge lagdelingen i en vegkonstruksjon og/eller i grunnen ved hjelp av elektromagnetiske bølger.

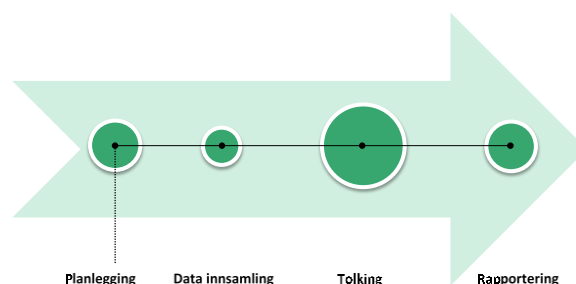
Georadar baseres på prinsippet om at det sendes elektromagnetiske bølger med en varierende sentralfrekvens mellom 10 MHz til 3000 MHz ned i grunnen, for å finne forandringer i de elektriske egenskapene til materialene. Hvert materiale har et unikt definert intervall som den dielektriske verdien (permittivitet) ligger mellom. Den dielektriske verdien til hvert materiale er basert på mineralsammensetning, vanninnhold og porøsitet. Variasjoner i de dielektriske verdiene brukes til å bestemme lagtykkelser.

1.1 Bruksområder

Georadarens bruksområder i vegbygging kan være i rehabiliteringsprosjekter, kvalitetskontroll, men også som støttemiddel til vegvedlikeholdsoppdrag, enten alene eller i kombinasjon med andre registreringsverktøy, som registrerer skader, bæreevne og tilstand på en veg. Georadar produserer et kontinuerlig profil/snitt, og vil f.eks. kunne avdekke lagtykkelser, dybde til berg, variasjoner i materialtyper, vanninnhold og teledybde.

Sammen med grunnboringer/oppgravinger for å kalibrere resultatene, kan det gi et godt bilde av grunnforholdene langs en vegstrekning. Georadar kan normalt ikke benyttes til å bestemme detaljerte materialeegenskaper i grunnen som f.eks. kornfordeling og materialsammensetning. Georadar er også egnet dersom spesielle objekter i grunnen ønskes påvist. Dette kan være ulike konstruksjoner, rør og kabler av en viss tykkelse. Georadar, avhengig av type, kan under gunstige forhold "se" objekter ned til ca. 5 cm størrelse og til en dybde på 2,5 – 3 m under overflaten.

Fordelen med Georadar er at det kan utføres målinger på steder som ikke er manuelt tilgjengelig, uten å foreta større inngrep i vegkonstruksjonen. Det må imidlertid påpekes at det er vanskelig å bestemme hvilke typer materialer som ligger i grunnen uten at det er tatt fullstendige prøver ved oppgraving.

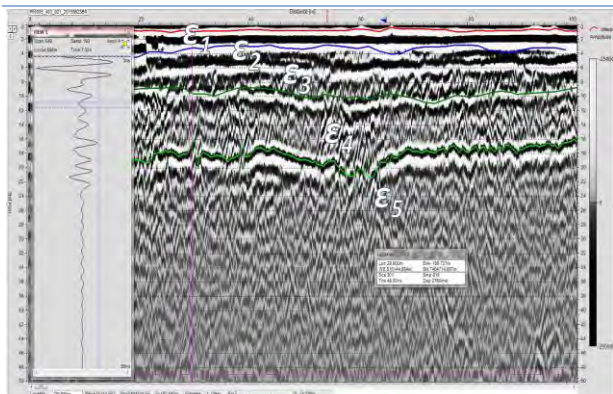


Figur 4.2.8-1: Tidsforbruk ved georadarpoppdrag

Før det settes i gang med georadmålinger bør følgende avklares:

- formålet med undersøkelsen: Kartlegging av rør og objekter og/eller lagtykkelse?
- detaljeringsgrad: Hvor mange skanninger per kjørefelt og hvor i kjørefeltet?
- avstand og dybde
- oppløsning: Hvor mange målinger per meter?
- hva skal rapporteres: Radargrammer, lengdeprofil, tverrprofiler, tabell med eksport av tolkninger.

Eksempel på en tolkning av en georadmåling er vist i figur 4.2.8-2. Resultatet er vist som lengdeprofil der lagdelinger og spesielle objekter/observasjoner er avmerket.



Figur 4.2.8-2: Radargram

2. Definisjoner

GPR= Ground Penetrating Radar.

MHz= Megahertz (=1 000 000 Hz).

2.1 Symboler

- ϵ_r : -dielektrisk konstant
- ns : -nanosekund 10^{-9} , milliarddel av sekund
- c : - hastighet av elektromagnetiske bølger i vakuum
- d : -tykkelse
- Δt : - toveis reisetid

3. Utstyr



Figur 4.2.8-3: Georadar montert på målebilen

En Georadar vil variere i størrelse og utseende fra produsent til produsent, men består vanligvis av disse komponentene:

- Georadar-antenne
- sentral enhet - mottaker
- batteri
- PC

4. Fremgangsmåte

4.1 Kalibrering

Tykkelsen kan bestemmes d ved bruk av følgende ligning

$$d = \frac{c * \Delta t}{2\sqrt{\epsilon_r}}$$

Siden dielektrisk verdi for samme materialet kan variere bør det tas borpøver/oppgravinger for å kalibrere målinger og fastsette dielektrisk konstant.

4.2 Dielektrisk verdi

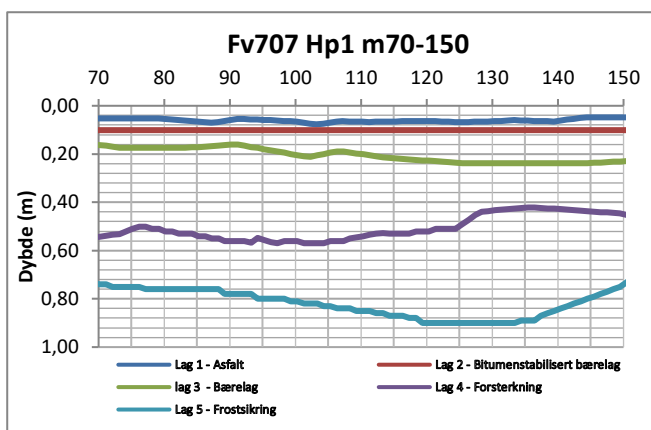
Relativ dielektrisk verdi er den relative permittiviteten til et materiale som blir redusert til sin ekte komponent ϵ_r , målt ved lave frekvenser. Den er relatert til materialets sammensetning, fuktighet og porøsitet, og refereres ofte til som den relative dielektriske konstanten.

Tabell 4.2.8-1: Normale dielektriske verdier for ulike materialer

Material	Normale dielektriske verdier ϵ_r
Asfalt	5-6
Luft	1
Sand	4-6
Grus	4-7
Gjennomsnitt gammel vegkonstruksjon	7-8
Betong	8-10
Morene	8-18

5. Resultater

Resultater fra en georadarmåling tolkes og presenteres grafisk i form av lengdeprofil, som vist i figur 4.2.8-4.

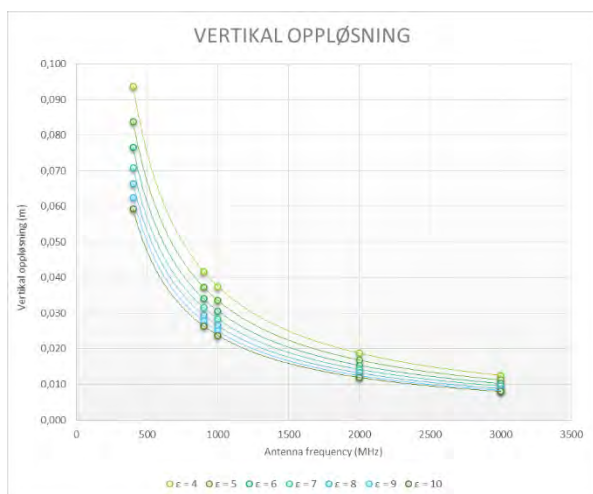


Figur 4.2.8-4: Eksempel på lengdeprofil

5.1 Begrensninger

Dybden og kvaliteten på skanningen er avhengig av typen materialer som ligger i grunnen. Materialer med høy konduktivitet som stål og vann har tendens å blinde georadaren pga. elektromagnetiske bølger blir reflektert i alle retninger. Georadar bør derfor ikke benyttes i regn.

Dersom georadaren opererer med en kanal vil det si at vegen blir målt kun med en ca. 20 cm bred stripe. Det bør derfor bestemmes på forhånd om georadmålinger skal tas midt i kjørefelt, eller i hjulspor. En georadar som har flere kanaler kan som regel ikke brukes i høy hastighet, men kan måle flere striper langs vegen samtidig.



Figur 4.2.8-5: Beregning av vertikal oppløsning på forskjellige dybder, antennefrekvenser og dielektriske konstanter

I tilfelle oppgravingsprøver ikke er tilgjengelig, kan det beregnes maksimum avvik ved å bruke min og maks er av antatte material ved å bruke ligning fra punkt 4.1.

6. Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- opplysninger om utstyr som er brukt
- opplysninger om oppgravingsprøver
- grafisk fremvisning i form av lengdeprofil (dybde og metring), detaljer om rør, kulvert med mer.
- tabell med data som lengdeprofilen er bygd på. Tabellen skal inneholde veinummer, Hp, metring, lagdybde i meter, lagdybde i ns (nanosekund), valgte dielektriskverdi ϵ_r , minst for hvert 0,1 meter.

Tabell 4.2.8-2: Eksempel på tabell med data

Vegnr. og Hp	Felt nr.	Metrering (m)	Lag 1 dybde (m)	Lag 1 - tid (ns)	Lag 1 - ϵ_r	Lag n - tid..
Fv. 707 Hp 01	2	75	0,08	1,21	5	2,35

7. Referanser

Interreg, maranord-project: Recommendations for guidelines for the use of GPR in construction Quality Control.

PhD Anne Lalague – Use of Ground Penetrating Radar for Transportation Infrastructure Maintenance, NTNU, 2015.

PhD Timo Saarenketo – electrical properties of road materials and subgrade soils and the use of ground penetrating radar in traffic infrastructure surveys, University of Oulo, 2006.



4 Vegtilstand

4.2 Overflate

4.2.9 Vegbilder

Mars 2017 (ny)

1. Hensikt

Hovedhensikten med innsamling av vegbilder er å dekke behovet for visuell inspeksjon av asfalt på en strekning det er kjørt spor- og jevnhetsmåling. Det er derimot mange andre bruksområder for bildene, så en sekundærhensikt er å dekke behovet for en visuell inspeksjon av en vegstrekning og alle dens tilhørende vegobjekter.

2. Definisjoner

- *ViaPhoto Desktop*: Visningsprogram for å se på vegbilder.
- *ViaPPS Recorder*: Program for innsamling av spor- og jevnhetsdata, samt vegbilder
- *ViaPhoto Recorder*: Program som kun samler inn vegbilder.
- *1-kamerasystem*: Kamerasystem med kun et kamera.
- *2-kamerasystem*: Kamerasystem der bilder fra to kameraer limes sammen til ett bilde.
- *hovedveg*: Vanlig veg trafikkert av alle trafikanter.
- *gang- og sykkelveg*: vegstrekning som kun er trafikkert av gående og syklende.
- *årsmappe*: Mappe på server som inneholder bilder tatt i et bestemt år
- *siste-mappe*: Mappe på server som inneholder de siste bildene som er tatt på vegene.

3. Utstyr

- basler kameratype 1 (a102fc) 2500x1036 piksler med CCD billedsensor. FireWire-kommunikasjon med styrings pc.
- basler kameratype 2 (acA2040-25gc) 3900x2046 piksler med CMV4000 billedsensor.
- linsetype 1: Schneider Xenoplan 12,5 mm linse med C-mount
- linsetype 2: Kowa LM12HC, 12 mm C-mount.



Figur 4.2.9-1: Basler kamera type 1



Figur 4.2.9-2: Basler kamera type 2

3.1 Minstekrav til utstyr

Etter hvert som kamerasystemer blir bedre vil kravene kunne endres, men minstekrav vil være gyldig så lenge disse kameraene er i bruk. Dagens utstysliste kan derfor måtte utvides ved nye behov og nye kamerasystemer.

3.1.1 Kamerasystem på hovedveg

Kameratype 1 og linsetype 1 i to-kamerasystem er minstekrav til vegbilder på hovedveg.

3.1.2 Kamerasystem på gang- og sykkelveg

For bilder på gang- og sykkelveg aksepteres kameratype 1 i 1-kamerakonfigurasjon.

4. Fremgangsmåte

4.1 Daglige rutiner

- før måling/opptak av vegbilder, så skal kamera inspiseres for støv/skitt og frontrute foran kamera gjøres ren.
- hvis vegbilder tas på gang- og sykkelveg skal intervallet mellom bildene ikke overskride 10m.

- hvis vegbilder tas på hovedveg skal ikke intervallet på bildene overskride 20 m.
- vegbilder skal etter måling kopieres på ekstern disk for videre håndtering inn til etatens serverløsning.

4.2 Kalibrering/kontroll av kamera

Kalibrering av kamera skal skje minst en gang i måneden, eller oftere ved behov. Kontroll av kameraets kalibrering med hensyn på basislinje skal skje minst hver 14. dag.

4.2.1 Prosedyre ved kontroll av kameraets kalibrering

Skal skje på egnet sted. Kan gjerne gjøres ved å etablere en fast plass for kalibrering der det er et merke for hvor bilen står, og et merke 10 meter frem. Linje i kamerasystemet skal da treffe merket 10 meter frem.

Det beste alternativet er å merke opp 1 m lange linjer på siden av referansestrekning som kjøres ved kontroll av spor- og jevnhetsutstyret. Det kan da sjekkes om riktig avstand måles på denne. Hvis feltbredde også er kontrollmålt på de etablerte 1 m-postene, kan breddemåling i systemet også kontrolleres

4.2.2 Kalibrering av kamerasystem

Dersom det avdekkes feil med måling i bildet, eller det har gått en måned siden sist, skal kamera kalibreres i henhold til de rutiner som er spesifisert i brukerveiledningen for ViaPhoto.

4.2.3 Kalibrering av systemets lengde-måler

Systemets lengdemåler er den samme som i ViaPPS Recorder i spor- og jevnhetsbiler. For rutiner med hensyn på kalibrering vises til prosedyre for kalibrering av denne i kapittel om spor- og jevnhetsmålinger i denne håndbok.

For egne fotobiler skal lengdemålers nøyaktighet sjekkes minst hver 14. dag. Et avvik på inntil 2 meter i forhold til siste kalibrering godtas, men bilen bør kalibreres på nytt når den har 2 meter eller mer unøyaktighet.

4.3 Kopiering av vegbilder til server:

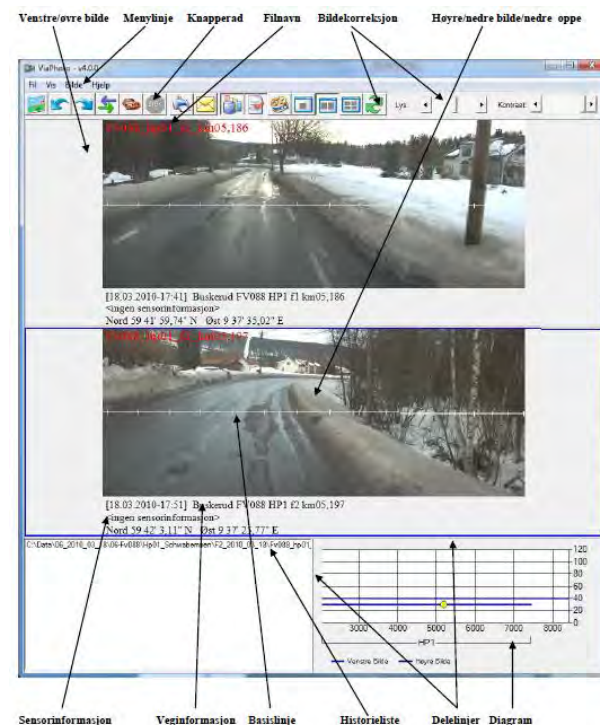
Vegbilder skal kopieres til server for videre forvaltning i årsmappe og siste-mappe jevnlig gjennom sesongen, helst minst hver 14. dag.

5. Resultater

Bildene kan brukes for å inspisere vegen og dens objekter fra kontoret. Telling av objekter (eks. skiltpunkter på en viss strekning) kan også gjøres i ViaPhoto.

6. Rapportering

I figur 6-1 er det demonstrert hvordan vegbilder kan vises i ViaPhoto Desktop.



Figur 4.2.9-3: Visning av vegbilder i ViaPhoto. (kilde: ViaPhoto brukermanual)

Vegbilder for hvert enkelt fylke er til enhver tid tilgjengelig på den lokale serveren i dette fylket. I tillegg er det tilgjengelig vegbilder for hele landet på masterserver.

(\\vegvesen.no\data\geodata\vegbilder).

7. Referanser

Prosedyre for vegbilder (under arbeid)

Brukermanual for ViaPhoto

Rutinebeskrivelse for forvaltning av vegbilder (under arbeid)



Vedlegg

- Vedlegg 1 Jordartsklassifisering
- Vedlegg 2 Bergartsklassifisering
- Vedlegg 3 Grunnvannsbegreper
- Vedlegg 4 Enheter



Vedlegg 1 Jordartsklassifisering

Mars 2018 (erstatte Vedlegg 1, mai 1997)

1. Hensikt

Formålet med dette vedlegget er å gi anvisninger som bør anvendes i Statens vegvesen (Statens vegvesen) i forbindelse med identifisering og klassifisering av jordarters fysiske og mekaniske egenskaper.

1.1 Prinsipp

Jord kan bestå av enten mineralsk materiale, organisk materiale eller en blanding av disse. Innhold av finstoff og humus kan gjøre materialet plastisk (formbart). Skillet i plastisitet faller i hovedsak mellom friksjonsjord og kohesjonsjord. Kornstørrelse, plastisitet, skjærfasthet og organisk innhold er fundamentale faktorer for karakterisering av en jordart i geoteknikk sammenheng.

2. Definisjoner

Jordart: Jord med gitt mekanisk eller kjemisk sammensetning, fysiske egenskaper eller geologisk opprinnelse.

Organisk innhold: Materiale bestående av planter og/eller med animalsk organisk innhold, samt omdanningsprodukter av slike materialer, f. eks. humus.

Kommentar: Organisk materiale har vanligvis veldig høyt vanninnhold.

Gradering: Måling av jordartens partikkelstørrelse og fordeling.

Graderingstall C_U : Mål for kornfordelingskurvens helning i området fra d_{10} til d_{60} . $C_U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$

Kommentar: d_{10} og d_{60} er partikkelstørrelsen dvs. siktåpningen som 10 % og 60 % av materialets masse passerer ved sikting.

Fraksjon: Del av jordartens partikkelstørrelser som ligger innenfor definerte partikkelgrenser.

Plastisitet: Egenskap ved en finstoffholdig jord til å forandre sin mekaniske oppførsel når vanninnholdet endres.

Vanninnhold w : Massen av vann som kan fjernes fra jorda, vanligvis ved uttørking, uttrykt i prosent av tørr masse.

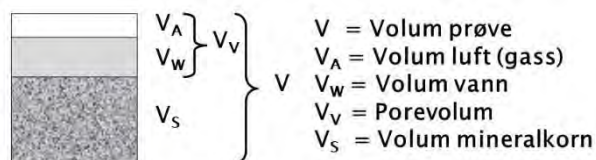
Flytegrense w_L : Vanninnhold der finstoffholdig jord går over fra flytende til plastisk tilstand. Bestemmes ved flytegrenseforsøk (i Norge ved konusforsøk – finhetstall).

Plastisitetsgrense (utrullingsgrense) w_P : Vanninnhold der finstoffholdig jord blir for tørr til å være i plastisk tilstand. Bestemmes ved plastisitetsgrenseforsøk.

Plastisitetsindeks I_P : Numerisk forskjell mellom flyte- og plastisitetsgrense for finstoffholdige jordarter. $I_P = w_L - w_P$

Udrenert skjærfasthet c_u : Skjærfasthet for jord ved udrenerte forhold.

Poretall e : Forhold mellom volum porer V_v og volum mineral Korn V_s i en jordart, dvs. $e = \frac{V_v}{V_s}$



Figur Ved.1-1: Volum av jordprøve

3. Identifisering og klassifisering

3.1 Fraksjonsinndeling

Fraksjonsinndelingen benyttes som grunnlag for å beskrive og klassifisere jordprøver, samt mulig anvendelse av materialet. Tabell Ved.1-1 viser betegnelser som skal benyttes for hver jordfraksjon og dens underfraksjoner.

Tabell Ved.1-1: Fraksjonsinndeling for benevning av jordarter

Fraksjon		Partikkelstørrelse
Grovinnndeling	Fininnndeling	(mm)
Bløkk og stein	63 – > 630	
	<i>Stor bløkk</i>	> 630
	<i>Bløkk</i>	200 – 630
	<i>Stein</i>	63 – 200
Grus	2,0 – 63	
	<i>Grov grus</i>	20 – 63
	<i>Middels grus</i>	6,3 – 20
	<i>Fin grus</i>	2,0 – 6,3
Sand	0,063 – 2,0	
	<i>Grov sand</i>	0,63 – 2,0
	<i>Middels sand</i>	0,2 – 0,63
	<i>Fin sand</i>	0,063 – 0,2
Silt	0,002 – 0,063	
	<i>Grov silt</i>	0,02 – 0,063
	<i>Middels silt</i>	0,0063 – 0,02
	<i>Fin silt</i>	0,002 – 0,0063
Leir	≤ 0,002	

3.2 Regler for benevning etter fraksjonsinndeling

De fleste jordarter er velgraderte og består av primære og sekundære bestanddeler. Hovedfraksjonene basert på % masse bestemmer de ingeniørmessige egenskapene til jorden. Sekundære og lavere fraksjoner avgjør ikke, men vil påvirke de ingeniørmessige egenskapene.

3.2.1 Etter leirinnhold

Beskrivelse av jordarter etter innholdet av leire:

Tabell Ved.1-2: Benevning etter innhold av leire

Leirinnhold	Betegnelser
> 30 %	Jordarten angis bare som leire.
15 – 30 %	Jordarten angis som leire med de øvrige fraksjoner i adjektivsform i den utstrekning det er av betydning for klassifisering av jordarten.
5 – 15 %	Jordarten angis i adjektivsform som leirig.
< 5 %	Angis ikke, eventuelt beskrives materialet som leirfattig

3.2.2 Etter innhold av silt

Når innholdet av leir ($\leq 2 \mu\text{m}$) er mindre enn 15 % beskrives jordarten etter følgende:

Tabell Ved.1-3: Benevning etter innhold av silt

Siltinnhold	Betegnelser
> 45 %	Jordarten angis som silt med de øvrige fraksjoner i adjektivsform i den utstrekning det er av betydning for klassifisering av jordarten.
15 – 45 %	Jordarten angis i adjektivsform som siltig.
< 15 %	Angis ikke.

Fraksjonene leir og silt angis i masseprosent av materiale mindre enn 20 mm. Mengden av frasiktet materiale, dvs. materiale større enn 20 mm, bør angis (i masseprosent av totalt materiale).

3.2.3 Etter innhold av sand, grus og stein

Når innholdet av leir ($\leq 2 \mu\text{m}$) er mindre enn 15 % beskrives jordarten etter følgende:

Tabell Ved.1-4: Benevning etter innhold av sand, grus og stein

Sand, grus, steininnhold	Betegnelser
> 60 %	Jordarten angis i substantivform med de øvrige fraksjoner i adjektivsform i den utstrekning det er av betydning for klassifisering av jordarten.
20 – 60 %	Jordarten angis i adjektivsform som sandig, grusig eller steinig.
< 20 %	Angis ikke.

Fraksjonene sand og grus angis i masseprosent av materiale mindre enn 63 mm. Mengden av frasiktet materiale, dvs. materiale større enn 63 mm, angis (i masseprosent av totalt materiale) og inngår i klassifiseringen.

Klassifisering av grovkornet og svært grovkornet jord skal baseres på partikkelstørrelsesfordelingen alene (se tabell Ved.1-5).

Tabell Ved.1-5: Betegnelse etter innhold av stein og blokk

Fraksjon	Masseprosent (%)	Betegnelse
Blokk	< 5	Lavt blokkinnhold
	5 til 20	Middels blokkinnhold
	> 20	Høyt blokkinnhold
Stein	< 10	Lavt steininnhold
	10 til 20	Middels steininnhold
	> 20	Høyt steininnhold

Kommentar: Klassifiseringen av svært grov jord krever en svært stor prøve. Det er ikke mulig å ta representative prøver fra borehull for å benytte denne klassifiseringen.

3.2.4 Annen benevnelse

Når ingen fraksjoner kvalifiserer til substantiv brukes ordet jordmateriale som substantiv med de enkelte fraksjoner benevnt i adjektivsform etter avtakende masseandel.

3.2.5 Morene

Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle kornstørrelser fra leir til blokk.

Morenematerialene benevnes generelt som morene med de forskjellige fraksjoner i adjektivsform etter avtakende masseandel.

Morene som inneholder mer enn 5 masseprosent leir benevnes spesielt som vist i Tabell Ved.1-6.

Tabell Ved.1-6: Benevnelse av morene etter leirinnhold

Leirinnhold	Betegnelse
> 15 %	Jordarten beskrives som moreneleire med de øvrige fraksjoner i adjektivsform.
5 - 15 %	Jordarten beskrives i adjektivsform som leirig morene med de øvrige fraksjoner i adjektivsform i den utstrekning disse er av betydning for karakterisering av morenen

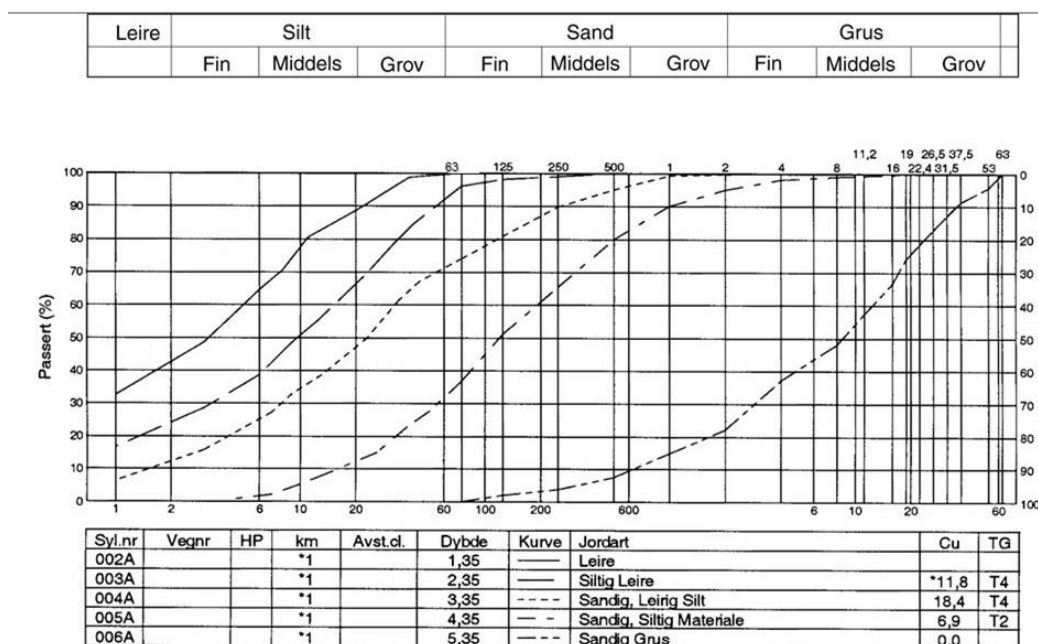
3.3 Gradering

For karakterisering av korngraderingen skal graderingstallet $C_u = d_{60}/d_{10}$ normalt brukes. (d_{60} = kornstørrelse hvor 60 % av materialet passerer, d_{10} = kornstørrelse hvor 10 % av materialet passerer). Hvis dette av praktiske grunner ikke lar seg gjøre, kan koeffisienten d_{75}/d_{25} benyttes. Også maksimal kornstørrelse d_{max} og midlere kornstørrelse d_{50} kan angis.

Tabell Ved.1-7: Betegnelser basert på graderingstallet C_u

Betegnelse	$C_u = d_{60}/d_{10}$ (-)
Ensgradert	< 6
Middels gradert	6 - 15
Velgradert	> 15

Eksempler på korngraderingskurver og angitt klassifisering er vist i figur Ved.1-2



Figur Ved.1-2: Eksempler på korngraderingskurver med angitt klassifisering.

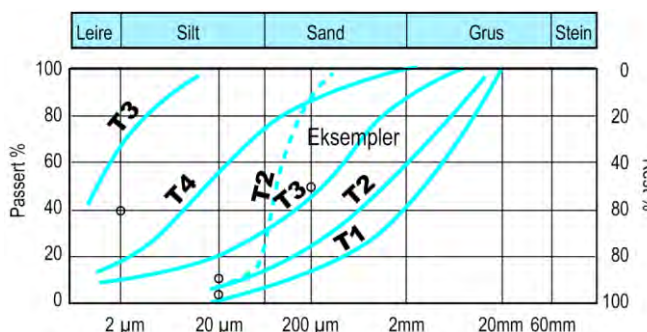
3.4 Telefarlighet

Jordartenes telefarlighet bedømmes ut fra den korngradering jordarten har, som vist i tabell Ved.1-8.

Tabell Ved.1-8: Telefarlighetsklassifisering

Telefarlighetsklassifisering			
Telefarlighets-gruppe	Av materiale < 22,4 mm		
	Masseprosent (%)		
	< 2 µm	< 20 µm	< 200 µm
T1 Ikke telefarlig		< 3	
T2 Litt telefarlig		3 - 12	
T3 Middels telefarlig	1)	> 12	< 50
T4 Meget telefarlig	< 40	> 12	> 50

Eksempler på kornfordelingskurver for jordmaterialer innen de enkelte telegrupper er vist i figur Ved.1-3.

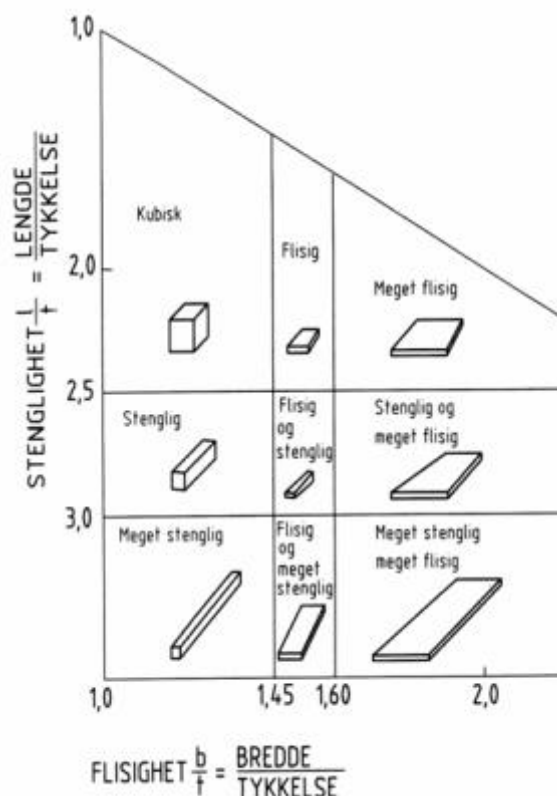


Figur Ved.1-3: Eksempler på telefarlighets-klassifisering

3.5 Kornform

Kornformen gis betegnelse etter forholdet mellom flisighet (bredde/tykkelse) og stenglighet (lengde/tykkelse). Tykkelsen settes lik den minste maskevidde i det stavsikt kornet kan passere og bredden lik den minste maskevidde i det maskesikt som kornet kan passere. Kornets lengde måles direkte. Kornformbetegnelsene fremgår av figur Ved.1-4 nedenfor.

I tillegg til kornformbetegnelsen angis om kornet er meget kantet, kantet, kantavrundet, avrundet eller meget avrundet. For materialer som inngår i standard sorteringer angis om materialet er knust (K), naturlig (N) eller delvis knust (NK). Overflaten betegnes som glatt eller ru.



Figur Ved.1-4: Kornformbetegnelser

3.6 Lagringstetthet

Jordartens relative lagringstetthet kan uttrykkes som en densitetsindeks I_D for grove jordarter (sand og grus) og avhenger av poretalet (e) ved naturlig lagring og hvordan dette forholder seg til største (e_{max}) (løseste lagring), og minste porettall (e_{min}) (fasteste lagring), bestemt i laboratoriet.

$$I_D = 100 \cdot (e_{max} - e) / (e_{max} - e_{min})$$

Omtrentlige angivelser av lagringstetthet er gitt i tabell Ved.1-9.

Tabell Ved.1-9: Betegnelser på lagringstetthet

Lagringstetthet	I_D (%)
Løs	< 30
Middels	30 - 80
Tett	> 80

3.7 Plastisitet

Plastisk jord kan også betegnes i henhold til målt plastisitetsindeks, se Tabell Ved.1-10.

Tabell Ved.1-10: Betegnelser på plastisitet

Betegnelse av leire	Betegnelse av plastisitet	I_p (%)
Lite plastisk	Lav	< 10
Middels plastisk	Middels høy	10 – 20
Meget plastisk	Høy	> 20

3.8 Organiske jordarter

Betegnelsen av jord som hovedsakelig inneholder organisk stoff er oppsummert i tabell Ved.1-11. I tilfeller der det foreligger et organisk materiale med mineralbestanddel, benyttes betegnelser som for eksempel: fin sandig torv.

Tabell Ved.1-11: Betegnelser på organiske jordarter

Benevnelse	Beskrivelse
Fibrig torv	Fibrig struktur, lett gjenkjennelig plantestruktur, viser noe styrke.
Delvis fibrig torv, mellomtorv	Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene.
Amorf torv, svarttorv	Ingen synlig plantestruktur, svampig konsistens
Gytje og dy	Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske komponenter.
Humus	Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold (utgjør vanligvis topplaget).
Mold, matjord	Sterkt omvandlet organisk materiale med løs struktur.

3.8.1 Humusinnhold

Humus er en fellesbetegnelse på organisk materiale i jordarter. Små mengder med fordelt organisk innhold i en jord kan produsere en distinkt lukt og farge. Intensiteten av lukten og fargen indikerer mengden av organisk innhold og bør beskrives.

Målt innhold av humus i mineraljordartene bør angis i masseprosent av tørrstoff. Da måleresultatet avhenger sterkt av hvilken

analysemetode som benyttes, skal metoden angis (gløding, lutekstraksjon, syretest).

3.8.2 Torv

Torv er mer eller mindre omvandlede planterester. Etter formulingsgraden klassifiseres torv i henhold til von Post skala H1 – H10, se tabell Ved.1-12.

3.8.3 Gytje og dy

Gytje og dy består av vannavsatte plante- og dyrerester. De kan virke fete og elastiske.

Gytje viser vanligvis organisk struktur og har en gråbrun eller grågrønn farge som blir lysere ved tørking. Grovgytje viser tydelig struktur, fingytje mindre tydelig.

Dy er en strukturløs masse rik på utfelte humuskolloider av brunsvart farge, som ikke blir lysere ved tørking. Overgangsformer mellom disse tilstandene finnes.

3.8.4 Mold og matjord

Mold er sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur.

Matjord er det øvre moldholdige jordlag.

3.8.5 Regler for benevning

- når innholdet av det organiske materiale utgjør mer enn 20 prosent av tørrstoffet, benyttes den organiske jordarts navn alene.
- når innholdet ligger mellom 20 og 6 prosent, benyttes den organiske jordarts navn i substantivform, mens det mineralske innhold angis i adjektivform.
- ligger innholdet mellom 6 og 2 prosent, benyttes den mineralske jordarts navn i substantivform, mens det organiske innhold angis i adjektivform.

Eksempler på benevning: Leirig gytje, sandig torv, gytjeholdig leire, humusholdig sand.

4. Mekaniske egenskaper

4.1 Skjærfasthet

En jordarts mekaniske styrke bestemmes ved konusforsøk, enaksiale trykkforsøk, forsøk i treaksialcelle eller ved direkte skjærforsøk i laboratoriet og ved vingebor eller trykksondering i felt. Målt styrke benevnes skjærfasthet.

Tabell Ved.1-12: Klassifisering av torv etter von Post skala

Type torv	Klasse	Kjennetegn
Fibertorv	H1	Helt uomvandlet torv, rent vann utskilles ved krysting av torven. Lett synlige planterester.
	H2	Nesten uomvandlet torv, vannet som utskilles ved krysting er nesten helt klart og fargeløst. Lett synlige planterester.
	H3	Meget lite omvandlet, svakt gjørmeholdig torv. Vannet som utskilles ved krysting er gjørmeholdig. Torvfibre presses ikke mellom fingrene ved krysting, opprinnelig torvstruktur er synlig.
	H4	Lite omvandlet, noe gjørmeholdig torv. Vannet som utskilles ved krysting er gjørmeholdig. Torven blir noe gjørmete ved krysting, men opprinnelig struktur er synlig.
Mellomtorv	H5	Noe omvandlet, gjørmete torv. Planterester svakt synlige. Noen fibre presses mellom fingrene sammen med gjørmete vann ved krysting. Den krystede torven er gjørmete.
	H6	Noe omvandlet, gjørmete torv. Planterester lite synlige. Mindre enn en tredjedel av torven presses mellom fingrene ved krysting. Den krystede torven er meget gjørmete.
	H7	Mye omvandlet, meget gjørmete torv. Planterester lite synlige. Omlag halvparten av torven presses mellom fingrene ved krysting. Utskilt væske har fast konsistens.
Svarttorv	H8	Mye omvandlet torv. Planterester meget lite synlige. Omlag to tredjedeler av torven presses mellom fingrene ved krysting. Gjenværende materiale er for det meste røtter og motstandsdyktige fibre.
	H9	Nesten fullstendig omvandlet, gjørmel-lik torv. Nesten ingen planterester er synlige. Nesten all torven kan presses mellom fingrene ved krysting.
	H10	Fullstendig omvandlet torv. Ingen planterester er synlige. All torven kan presses mellom fingrene ved krysting.

Ved udrenerte forsøk måles udrenert skjærfasthet c_u . Metoder for måling av udrenert skjærfasthet er vist i tabell Ved.1-13.

Skjærspenningen τ på et bruddplan i jorda kan uttrykkes med følgende formel

$$\tau = (\sigma - u + a) \cdot \tan\phi$$

hvor:

- τ = skjærspenning på bruddplanet
- σ = normalspenning på bruddplanet
- u = poretrykk i porevannet
- a = attraksjon i materialet
- ϕ = materialets friksjonsvinkel

Ved treaksialforsøk og trykksondering med poretrykksmåling kan jordas effektivspenningsparametere attraksjon a og friksjonsvinkel ϕ bestemmes.

Tabell Ved.1-13: Bestemmelse av udrenert skjærfasthet c_u

Udrenert skjærfasthet	Målemetode
c_{uC}	Aktivt treaksialforsøk (compression test)
c_{uE}	Passivt treaksialforsøk (extension test)
c_{uD}	Direkte skjærforsøk
c_{ufc} (uomrørt), c_{urf} (omrørt)	Konusforsøk (fall-cone test)
c_{uuc}	Enkelt trykkforsøk unconfined compression test)
c_{ufv} (uomrørt), c_{urfv} (omrørt)	Vingeborforsøk (field vane test)
c_{ucptu}	Trykksondering (med poretrykksmåling)

Betegnelser av leire og udrenert skjærfasthet gis i henhold til tabell Ved.1-14 nedenfor.

Tabell Ved.1-14: Betegnelser på leire ut fra udrenert skjærfasthet

Betegnelse av leire	Betegnelse av skjærfasthet	c_u (kPa)
Meget bløt	Svært lav	< 10
Bløt	Lav	10 – 25
Middels fast	Middels	25 – 50
Fast	Høy	> 50

4.2 Sensitivitet

Sensitivitet S_t er forholdet mellom udrenert skjærfasthet av uforstyrret og omrørt materiale hvor c_u er uforstyrret og c_{ur} omrørt verdi.

$$S_t = c_u / c_{ur}$$

Betegnelser basert på sensitivitet er vist i tabell Ved.1-15.

Tabell Ved.1-15: Betegnelser basert på sensitivitet

Betegnelse av leire	Betegnelse av sensitivitet	S_t (-)
Lite sensitiv	Lav	< 8
Middels sensitiv	Middels	8 – 30
Meget sensitiv	Høy	> 30

Med kvikkleire forstås en leire som i omrørt tilstand har skjærfasthet $c_{ur} \leq 0,5$ kPa.

4.3 Deformasjonegenskaper

4.3.1 Generelt

En jordarts primære motstand mot deformasjon er gitt ved materialets (deformasjonsmodul):

$$M = \Delta \sigma' / \varepsilon$$

Hvor ε er tøyningen forårsaket av effektivspenningendringen $\Delta \sigma'$.

I praksis vil en (eventuelt en kombinasjon av to) av følgende regnemodeller kunne representere en jordarts deformasjonsmotstand:

- 1) $M = \text{konstant}$ (overkonsolidert jord for spenninger lavere enn σ_c' , eventuelt ved svelling)
- 2) $M = m \cdot \sqrt{\sigma_a \cdot \sigma'}$ (sand, grus, grov silt)
- 3) $M = m \cdot \sigma'$ (leire, fin silt for spenninger høyere enn σ_c')

m = modultall

σ_a = referansespenning = 100 kPa

σ_c' = prekonsolideringspenning

Primærtøyningen (relativdeformasjonen) ε_{0-1} når effektivspenningen økes fra σ_0' til σ_1' , beregnes for de respektive regnemodellene.

Deformasjonen (setningen) av et jordlag med tykkelse H er gitt ved:

$$\delta = \sum_{0-H} \varepsilon \cdot H$$

4.3.2 Bestemmelse av modultall

Modultallet m kan finnes ved laboratorieforsøk, vanligvis i ødometer. Basert på valgt regnemodell foretas bestemmelsen av m fra $\sigma' - \varepsilon$ eller $\sigma' - M$ kurver.

Modultallet for friksjonsjordarter bestemmes alternativt ved feltforsøk (CPTU, skruplate).

Forsøksbetingelsene, for eksempel hovedspenningsforholdet, må tilpasses det praktiske problem, og m -verdien tas ut slik at det blir best mulig overensstemmelse med måleverdiene i det aktuelle spenningsområdet.

4.3.3 Empiriske verdier

Nedenstående Tabell Ved.1-16 gir en grov orientering om hvilke modultallverdier som kan forventes for norske jordarter:

Tabell Ved.1-16: Erfaringsverdier for modultall

Sand (regnemodell 2)		Leire (regnemodell 3)	
Lagring	m (-)	Vanninnhold	m (-)
Løs	< 100	Høyt (> 50 %)	< 10
Middels	100 – 250	Middels	10 – 30
Fast	> 250	Lavt (< 25 %)	> 30

4.3.4 Deformasjoners tidsforløp

Tiden (t) for en viss konsolideringsgrad (U_p %) er gitt ved:

$$t = T_p \cdot H^2 / c_v H^2$$

hvor:

- T_p = tidsfaktor avhengig av U_p og tøyningfordelingen med dybden.
- H = drengvegens lengde
- c_v = konsolideringskoeffisient, bestemmes normalt ved ødometerforsøk i laboratoriet

Norske leirer har normalt $c_v = 2 - 25$ m²/år, mens utenlandske høyplastiske leirer kan ha langt lavere verdier. For silt og sand kan c_v variere fra hundre til flere tusen ganger disse verdier.

5. Geologiske tilleggsopplysninger

Eksempler på tilleggsopplysninger som det kan være av interesse å ta med ved beskrivelsen av jordarter.

5.1 Opprinnelse

Morene, flysand, marin leire, elvesand, forvittringsgrus, skjellsand, fyllmasse.

5.2 Innhold, sammensetning, utseende

Kvartssand, fyllittgrus, blokk- og steininnhold, trerester, innhold av skjell, jernsulfid, saltinnhold, kalkinnhold,

5.3 Endringer etter at jordarten er avsatt

Overkonsolidert, forvitret, utvasket, oppsprukket, sementert, omdannet til tørrskorpe.

6. Referanser

NB! Det er til enhver tid gjeldende standard som er gyldig foran metodebeskrivelsen i R210

NGF, Melding nr. 2 Revidert 2011: Veiledning for symboler og definisjoner i geoteknikk, Identifisering og klassifisering av jord

NS-EN ISO 14688-1:2002: Geoteknikk – Identifisering og klassifisering av jord – Del 1: Identifisering og beskrivelse

NS-EN ISO 14688-2:2004: Geoteknikk – Identifisering og klassifisering av jord – Del 2: Klassifiseringsprinsipper

CEN ISO/TS 17892-9:2004: Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser. Laboratorieprøving av jord. Del 9: Konsolidert treaksialprøving av mettet jord.

NS 8018 (1993): Geoteknisk prøving. Laboratiemetoder. Bestemmelse av endimensjonale konsolideringsegenskaper ved ødometerprøving. Metode med kontinuerlig belastning.

Von Post, Lennart, (1921): Opplysninger rørende Sveriges Geologiska Undersøknings torvmarksrekognosering, Sveriges Geologiska Undersøkning, Serie D, no. 52, Stockholm.



Vedlegg 2 Bergartsklassifisering

Mars 2018 (erstatte Vedlegg 2, mai 1997)

1. Hensikt

Å klassifisere bergarter inngår som et ledd i å bestemme steinmaterialers brukbarhet (egenskaper) til ulike formål. Det er nødvendig med kunnskap om ulike petrografiske klassifikasjonssystemer for generell geologisk kartlegging av materialforekomster og vedrørende stabilitet og drift ved bygging av veg.

For ikke å overskride rammen for håndboken, beskrives et forenklet klassifikasjonssystem. Dette vil være veiledende ved videre undersøkelser og testing av steinmaterialer etter metode 112 eller 113, og delvis også metode 111 i Hb. R210. Systemet bygger på en visuell klassifikasjon av de hyppigst forekommende, norske bergarter, samt deres innhold av mineraler i sin alminnelighet.

2. Definisjoner

Bergart: Et naturlig dannet, fast stoff sammensatt av minst ett, helst flere mineraler.

Mineral: En molekylgruppe med en bestemt kjemisk sammensetning. De kan være ordnet i en bestemt krystallisasjonsform med særtrekk. De fleste mineraler er krystallinske.

Magmatiske bergarter: Bergarter som er størknet fra en smeltet masse, enten på eller nær jordoverflaten, vulkanske eller på større dyp, plutoniske (dypbergarter).

Sedimentære bergarter: Bergarter med opprinnelse i et sediment (avsetning på havbunn eller på jordoverflaten), og herdet hovedsakelig ved trykkpåvirkning.

Metamorfe bergarter: Omdannede bergarter med mer eller mindre bevarte særtrekk fra en tidligere fase eller opprinnelse (f.eks. magmatiske og/eller sedimentære).

Struktur i bergartssammenheng:

- lagmessig oppbygning eller skifrig (heterogen)
- homogen – jevnhet, massiv
- oppsprekking, opptreden av planparallele eller uregelmessig bruddflater i en eller flere retninger
- porfyrisk, der store enkeltkrystaller opptrer i en finkornet masse
- porøs, med tydelige hulrom
- forvitret, der ett eller flere forskjellige mineraler er omdannet og derved svekker bergartens fasthet, samt forandrer øvrige strukturer
- kornstørrelse:
 - finkornet (korndiameter < 1,0 mm)
 - middelskornet (korndiameter 1,0–5,0 mm)
 - grovkornet (korndiameter > 5,0 mm)
- amorf – glassaktig, ikke krystallin
- konglomeratisk, der ulike bergartsfragmenter ligger sementert i bergarten, gjerne i form av boller eller biter mer eller mindre rundet
- pegmatittisk, der svært store krystaller er utviklet som kropp, årer, konkresjoner eller bånd i en bergart
- teksturer, mikrostrukturer i mineralsammenheng
- form:
 - uregelmessig kornet menes at mineralene har uregelmessige korngrenser til hverandre
 - prismatisk betyr mer eller mindre avlange korn (f.eks. porfyrisk)
 - sjiktig betyr krystall med krystaloppbygning i sjikt/lag
 - stråleformet betyr krystallutvikling som stråler fra et punkt i form av lange prismer eller fibre

Viktige egenskaper hos mineraler:

- farge henspeiler på egenfargen hos mineraler. Enkeltmineraler vil i større mengder i en bergart gi farge til denne.
- brudd henspeiler på bruddflater som skyldes egenskaper karakteristiske hos enkelte mineraler i form av planparallele kløv i en eller flere retninger
- hardhet betegner ripemotstand mot et annet medium, f.eks. glass, stål, messing, fingernegl

- med kjent hardhet. Prøvd mot enkeltminerale etter Mohs hardhetsskala, tabell Vedl.2-1.
- krystallsystemer: Mineraler opptrer i sju ulike hovedformer og i et utall av varianter av disse avhengig av indre oppbygging.
 - krystallflater: Utviklede flater på enkeltkrystaller som har opphav i mineralets krystallform.
 - strekprøve utføres i forbindelse med hardhetstest. Mineraler kan eksempelvis risses mot et uglassert porselensskår for fargetest.

Mineraler: De viktigste bergartsdannende mineralene er silikater, hvorav feltspat utgjør ca. 60 % av jordskorpen. Pyroksen og amfibol utgjør ca. 16 %, kvarts ca. 12 %, glimmer ca. 4 %, mens de resterende 8 % består av mer enn 2000 kjente mineraler av ulik type. De viktigste mineraler og deres visuelle egenskaper er følgende: (se tabell Vedl.2-2).

Bergarter: I tabell Vedl.2- 3 er de viktigste bergartstyper som opptrer i Norge beskrevet. Det opptrer imidlertid mange varianter med avvikende mineralinnhold, eller som er så finkornet at de ikke lar seg bestemme visuelt. Mikroskopisk analyse kan da være aktuelt, se metode 112 og 113 i Hb. R210.

Tabell Vedl.2-1. Mohs hardhetsskala.

Mineral	Hardhet
Talk	1
Gips	2
Kalsitt	3
Fluoritt	4
Apatitt	5
Feltspat	6
Kvarts	7
Topas	8
Korund	9
Diamant	10
Referansemateriale	Hardhet
Negl	2,5
Messing	4,5
Stål	5,5
Glass	6,0

3. Referanser

Nystuen, J.P. (1972): Mineralogi og petrografi. Universitetsforlaget

Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Veglaboratoriet (1976): Bestemmelsestabeller for mineraler og bergarter. Internrapport nr. 704, Oslo

Kommentar 1. Denne klassifikasjonsmodellen, sammen med definisjoner på ulike typer mineraler og bergarter vil være den minimumkunnskap som skal til for å utføre en grov petrografisk klassifikasjon. Referanselisten gir henvisning til litteratur på norsk der basiskunnskaper om geologi og petrografi kan innhentes.

Tabell Vedl.2-2. De viktigste mineraler og deres visuelle egenskaper.

Mineral	Farge	Form	Kløvretninger	Hardhet	Strekfarge	Finnes i bergartene
Feltspat	Lys grå til hvit eller rødlig grå	Uregelmessig kornet eller prismatisk	2, av og til 3 nær terning	6	Hvit	Magmatiske, de fleste metamorfe, gråvakke, arkose
Amfibol	Svart, dyp brungrønn, grågrønn	Uregelm. kornet eller langprismatisk stenglig, fibrig	1-2, vinkel ca. 60/120°	5-6	Hvit til lys grønnlig	Magmatiske, metamorfe
Pyroksen	Svart, dyp brungrønn, grågrønn	Uregelmessig kornet eller kortprismatisk	1-2, vinkel ca. 90°	5-6	Lys grønnlig til brunlig	Magmatiske, enkelte metamorfe
Kvarts	Hvit til grå	Uregelmessig kornet	Ingen	7	Hvit	Enkelte magmatiske, metamorfe, sandstein, kvartsitt
Olivin	Olivengrønn til gulgrønn	Uregelmessig kornet	Svakt utviklet	6,5-7	Hvit	Magmatiske uten kvarts
Serpentin	Grønn til gulgrønn	Kornet eller fibrig	Svake	3-4	Grønnlig hvit	Metamorfe (omdannet olivin)
Kalkspat	Hvit til grå, gulaktig, brunaktig	Uregelmessig kornet	3 gode, rombohedralt	3	Hvit	Sedimentære, metamorfe. Bruser med saltsyre.
Dolomitt	Hvit til grå, gulaktig, brunaktig	Uregelmessig kornet	3 gode, rombohedralt	3(4-5)	Hvit	Sedimentære, metamorfe. Bruser med saltsyre.
Glimmer	Grålig hvit eller svartbrun	Sjiktig, plateformet	1 god	2-3	Hvit eller lys grønnlig til brunlig	Metamorfe. Elastiske enkeltsjikt typiske. Ofte "metallisk" glans
Kloritt	Grågrønn til gråsvart	Sjiktig, skjellaktig, kornet	1 god	1-2,5	Hvit til lys grønnlig til grå	Metamorfe. Ikke elastiske enkeltsjikt
Epidot	Grønn, gulgrønn, brungrønn	Uregelmessig kornet til prismatisk	1	6-7	Gråaktig	Metamorfe
Granat	Rødbrun, grønnbrun, svart	Runde korn, ofte med krystallform	Ingen	6,5-7,5	Hvit til blek rødbrun	Metamorfe
Kis (Ulike typer)	Metallisk gul, grå eller blåaktig m.m.	Kornet, men også andre former: Sjiktig, terning, oktaeder m.m.	1-3	1-6	Mørk grå til svart	Eruptive, metamorfe Av og til også i svart leirstein
Leir-mineraler	Hvit til grå, nyanser i grønt, brunt og blått	Kryptokrystallint, sjiktig	-	0-1	-	Omdanningsprodukter, hovedsakelig etter feltspat. Lyse typer er ofte svellende ved opptak av vann.

Tabell Vedl.2–3. De viktigste bergartstyper (fortsetter neste side).

Type og navn	Mineralinnhold	Ca. volum %	Struktur	Andre karakteristika
Magmatiske				
Basalt	Pyroksen (og amfibol) Feltspat (1 type) Olivin	50–80 40–10 0–10	Homogen, av og til porfyrisk eller porøs. Middelskornet	Mørk grå til grønnlig grå, massiv. Lavabergart.
Diabas	Som basalt. Lysere varianter har mer feltspat	Se over	Homogen, som regel finkornet	Mørk grå til grønnlig grå, massiv. Lavabergart. Opptrer som gangbergart.
Porfyr	Variierende med feltspat, pyroksen, amfibol og/eller kvarts	Variierer	Homogen, porfyrisk. Krystaller av ett mineral klart større enn grunnmassen som er finkornet	Porfyrisk med feltspat, pyroksen eller kvarts. Lavabergart eller gangbergart. Grå til brunlig grå, rustrød eller grønnlig grå
Pegmatitt	Kvarts, feltspat, glimmer, m.m.	Variierer	Svært grovkornet. Ofte krystaller i størrelse på flere cm	Hvit, grå, rødlig grå mest vanlig
Tuff	Slam og støvpartikler med ulik sammensetning	Variierer	Finkornet til amorf, skifrig lite fast eller glassaktig med fragmenter	Grå til brunlig i sjikt. Vulkansk sedimentær. Fragmenter av lavabergarter forekommer. Ligger mellom lavastrømmer.
Granitt	Feltspat (2 typer) Amfibol Glimmer Kvarts	50–70 20–0 0–20 30–10	Homogen, middelskornet. Finkornet = aplittisk	Lys grå til rødlig grå. Kan ha svak skifrig struktur (foliasjon) ved dannelse fra metamorfe b.a. "gneisgranitt"
Dioritt	Feltspat (1 type), amfibol	Variierer	Homogen, som granitt	Hvitaktig til grå
Granodioritt	Feltspat (2 typer), (pyroksen), glimmer, kvarts			Rødlig grå
Kvartsdioritt	Feltspat (1 type)			Lys grå
Syenitt	Feltspat (2 typer) Amfibol Glimmer Kvarts	60–80 30–10 10–0 0–10	Homogen, middelskornet	Grå til rødlig grå
Gabbro	Pyroksen Feltspat (1 type) Olivin	70–50 30–20 0–30	Homogen, middelskornet	Mørk grå til grønnlig grå eller brunlig. Av og til "lagdelt" med dioritt eller peridotitt. Grå, grågrønn. Brun ved forvitring.
Peridotitt	Olivin Pyroksen	70–30 30–70	Rundete korn, middelskornet	Lys grå til grå, rødlig eller gulaktig.
Sedimentære				
Kvarts-sandstein	Kvarts Feltspat, kalkspat, m.m.	90–100 10–0	Benket eller noe skifrig	Grå i nyanser, samt grønne eller rødlige. Sedimentasjonsstrukturer forek.
Gråvakke (sandstein) Arkose	Kvarts Feltspat Andre mineraler	Variierer	Benket eller noe skifrig	Variable farger. Sedimentasjonsstrukturer forek. Rundete b.-fragmenter forek.
Konglomerat	Bergartsfragmenter, "boller" i sandstein, gråvakke eller siltstein	Variierer	Boller fra 1 eller flere b.a., svakere skifrig/lagdelt	

Tabell Vedl.2–3. De viktigste bergartstyper (fortsetter fra forrige side).

Type og navn	Mineralinnhold	Ca. volum %	Struktur	Andre karakteristika
Siltstein Leirstein	Kvarts, feltspat, leirmineraler, organiske rester (kullstoff), m.m.	Varies	Utpreget skifrig og lagdelt. Finkornet til amorf.	Grå til nesten svart. Grønne og røde varianter ved innhold av jernoksyder. Svarte, ofte med svovelkis og/eller gips. Sedimentære strukturer. Strekprøve er svart ved innhold av kullstoff.
Kalkstein	Kalkspat/dolomitt Feltspat, kvarts, m.m.	80–100 20–0	Benket eller lagdelt. Finkornet til amorf.	Hvit til grå, varianter rødlige, grønne eller gulbrune. Bruser med fortennet saltsyre.
Metamorfe				
Kvartsitt	Kvarts Feltspat Andre mineraler	90–100 10–0	Kornig eller glassaktig. Svakt skifrig eller benket	Hvit til grå, splintrig brudd. Mer feltspat: arkose/sparagmitt
Fyllitt	Glimmer og kloritt Feltspat, kvarts, kalkspat, granat, m.m.	> 50 Varierer	Sterkt skifrig, bløt som regel finkornet til middelskornet. Ofte sterkt foldet	Middels grå til nesten svart, grønlig til brunlig grå.
Glimmerskifer	Glimmer Feltspat, amfibol, kvarts, granat, kalkspat, m.m.	> 50 Varierer	Skifrig, middelskornet, men ofte variabel kornstørrelse og/eller lagmessig sammensetning	Grå i nyanser, ofte i grønt eller brunt.
Gneis	Feltspat, kvarts, amfibol, pyroksen, glimmer, granat, m.m.	Varies	Oftest noe skifrig båndet eller benket. Inhomogen med variabel kornstørrelse	Nyanser i grått, rødlige feltspatrike, mørke bånd med amfibol, pyroksen og glimmer.
Amfibolitt	Amfibol Feltspat Glimmer, granat, kvarts, m.m.	> 50 < 40 Varierer	Noe skifrig eller massiv homogen. Middelskornet	Mørk grå til svart eller grønlig grå. Ofte som bånd eller større kroppar i gneis.
Grønnstein	Amfibol, (pyroksen) Feltspat, glimmer, (kloritt), serpentin, epidot, m.m.	> 50 Varierer	Massiv eller noe skifrig. Middelskornet.	Grågrønn. Omdannet gabbro (dioritt) eller basalt.
Marmor	Kalkspat, dolomitt Kvarts, feltspat, granat, m.m.	80–100 20–0	Benket, middelskornet.	Hvit til grå, marmorert også i gult, rødt, grønt eller brunt etter tidligere lagflate. Løses i saltsyre
Hornfels	Kalksilikater, feltspat, pyroksen, granat, kvarts, m.m.	Varies	Glassaktig, benket og båndet. Finkornet.	Nyanser i grått, ofte marmorert i grønt, gult eller brunt. Som oftest omdannet fra ulike skifre ved høy temperatur.
Serpentinitt Kleberstein	Serpentin Karbonater, talk, kloritt, m.m.	> 50 Varierer	Massiv middelskornet, eller som linser/kroppar/bånd med varierende kornstørrelse.	"Fet" å ta på. Farger i grønt og gult, som oftest brunforvitret overflate. Omdannet fra olivin. Kleber: overveiende grå marmorert.



Vedlegg 3 Grunnvannsbegreper

April 2017 (Ny)

1. Hensikt

Formålet med vedlegget er å forklare en del grunnbegreper knyttet til måling av grunnvann og poretrykk (se metode 1.2.3).

2. Definisjoner

2.1 Hydrostatisk trykkfordeling

I et åpent basseng med stillestående vann øker vanntrykket (p) lineært med dybden (d) og er gitt ved uttrykket

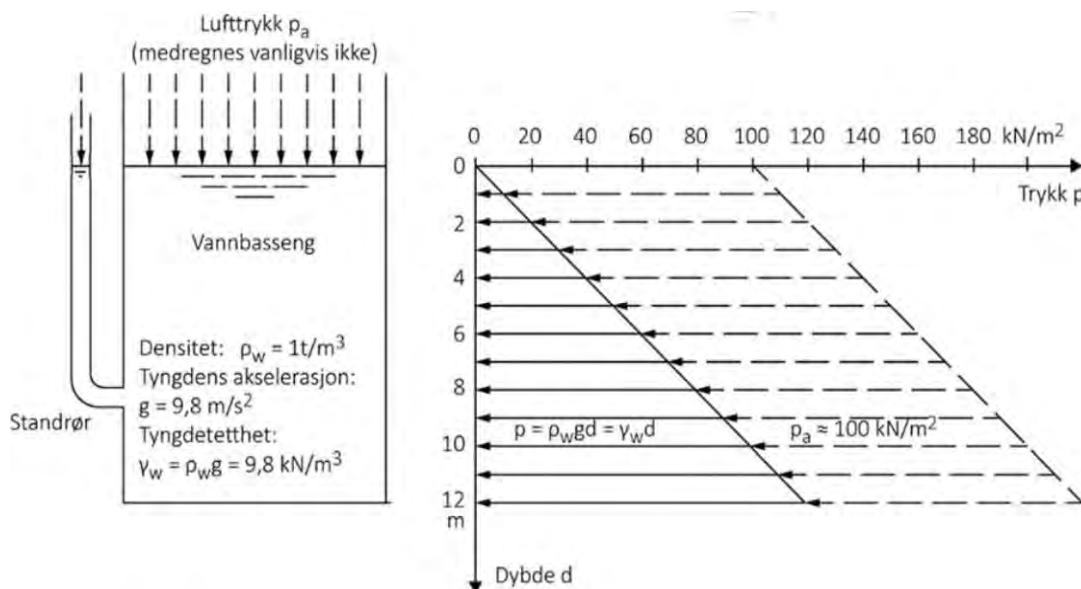
$$p = \gamma_w \cdot d = \rho_w \cdot g \cdot d$$

Her er ρ_w = vannets densitet (ca. 1000 kg/m^3), g = tyngdens akselerasjon, og $\gamma_w = \rho_w \cdot g$ = vannets tyngdetetthet (ca. $9800 \text{ N/m}^3 = 9,8 \text{ kN/m}^3$). Atmosfærens trykk, p_a , er vanligvis ikke medregnet, og vanntrykket p regnes således ikke som absolutt, men som overtrykk i forhold til atmosfærisk trykk. Formelen gjelder så vel åpne vannmasser (hav, innsjø, elv) som vann i brønner og standrør med ubetydelig strømning.

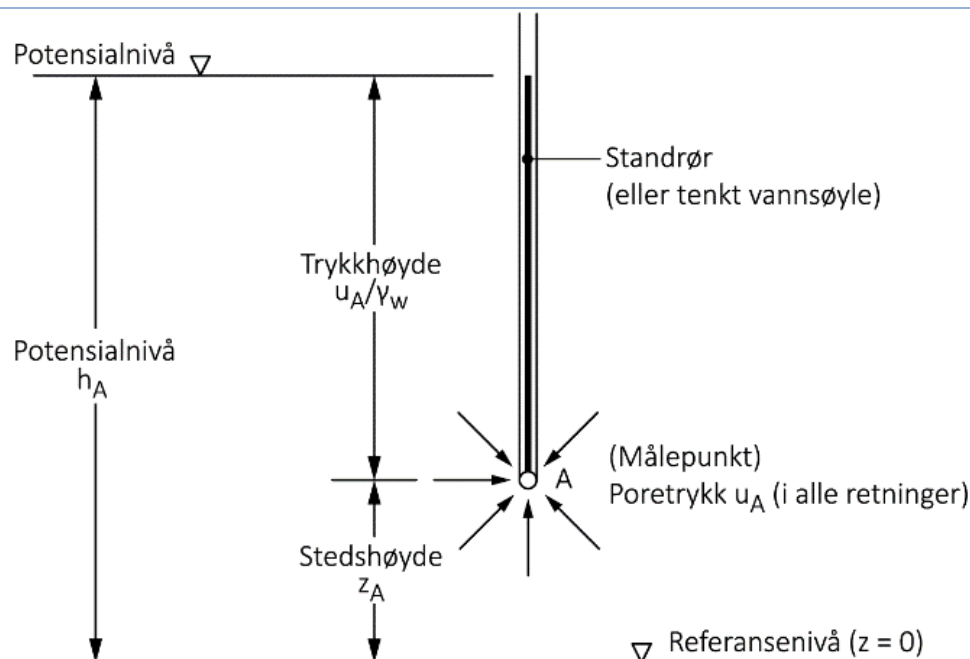
Hydrostatisk trykkfordeling er karakterisert ved at vanntrykket i enhver dybde i et punkt svarer til

tyngden pr. flateenhet av en vannsøyle som står i nivå med overflaten av vannbassenget. Dette er illustrert i figur Ved. 3-1 som representerer trykkforholdene når vannmassene er i likevektstilstand.

I grunnvann kan også hydrostatisk trykkfordeling forekomme, i første rekke der jordmassen er meget permeabel og ikke inneholder noe tettende lag. I slike avsetninger, typisk sand- og grusavsetninger, kan trykkforholdene i grunnvannet registreres med standrør. Dette er vertikale rør som i nedre ende er perforert og som regel utstyrt med et filter, og som i øvre ende er åpne mot fri luft. Hvis det innenfor et lite areal settes ned flere standrør til ulike dybder i permeabel grunn, og trykkfordelingen er hydrostatisk, vil vannstanden i disse rørene etter en tid stille seg i samme nivå uansett hvilken dybde rørene nedre ende står i. Det forutsettes at alle rør står dypt nok til at de kommuniserer med grunnvannet. Dette felles nivå betegnes som grunnvannstanden for avsetningen på et gitt sted, ved tidspunktet for observasjonene. Denne definisjonen av grunnvannstand gjelder imidlertid ikke under alle forhold. En mer generell definisjon er gitt i 2.4.



Figur Ved.3-1: Hydrostatisk trykkfordeling (NGF Melding nr. 6)



Figur Ved.3-2: Potensial, poretrykk og trykkehøyde i målepunkt (NGF Melding nr. 6)

Tabell Ved.3-1: Noen geohydrauliske begreper

Størrelse, symbol	Formel	Enhet	Definisjon
Poretrykk u		$\text{kN/m}^2 = \text{kPa}$	Trykket i porevannet med atmosfæretrykket p_a som nullpunkt
Absolutt trykk u_{abs}	$u + p_a$	$\text{kN/m}^2 = \text{kPa}$	Trykket i porevannet medregnet atmosfæretrykket p_a
Poreovertrykk Δu		$\text{kN/m}^2 = \text{kPa}$	Del av poretrykket som overstiger et valgt referanstrykk (u_0)
Trykkehøyde u/γ_w	$u/\gamma_w = u/(\rho_w \cdot g)$	m	Høyde av tenkt vannsøyle (med densitet ρ_w) som balanserer poretrykket i et punkt (ved tyngdeakselerasjon g)
Stedshøyde z		m	Nivå (kote) for et punkt regnet fra et valgt nullnivå ($z = 0$)
Potensialnivå h		m	Nivå (kote) for topp av tenkt vannsøyle som balanserer poretrykket i et punkt
Grunnvannstand		m	Nivå (kote) hvor $u = 0$ og visse andre vilkår er oppfylt

2.2 Ikke-hydrostatisk trykkfordeling

Sammenliknet med trykket i et åpent basseng med stillestående vann, som er entydig bestemt av dybden under vann-overflaten, er trykkfordelingen i grunnvannet også avhengig av en rekke andre faktorer, som nedbør, frost, snøsmelting, tørke, drenasje og eventuell pumping fra brønner. Påføring av belastning på grunnen, jordlagenes permeabilitet og kompressibilitet, og andre geologiske og topografiske forhold kan dessuten spille en stor rolle. Flere av disse faktorene varierer på et gitt sted med både dybden og tiden gjennom året, og dette gjør at en gjennomgående hydrostatisk trykkfordeling er et idealisert tilfelle som inntreffer sjelden eller bare tilnærmet.

Eksempelvis kan tynne lag av leire eller annet tettende materiale forårsake en trykkfordeling som er ikke-hydrostatisk eller bare delvis hydrostatisk. Ved å sette ned flere standrør på

samme sted til forskjellige dybder i permeable jordlag, kan det observeres om trykkfordelingen er hydrostatisk eller ikke. Stiller vannstanden seg ulikt i rørene, er trykkfordelingen ikke gjennomgående hydrostatisk. Det strømmer da vann gjennom ett eller flere jordlag. Strømningshastigheten kan være stor eller ubetydelig, avhengig av jordartenes permeabilitet.

2.3 Poretrykk

Det er som regel mest hensiktsmessig å beskrive trykkforholdene i grunnvannet ved hjelp av poretrykkbegrepet. De nedenstående definisjoner knytter seg til figur Ved. 3-2 og tabell Ved. 3-1.

Poretrykket defineres som trykket i porevannet angitt som kraft pr. flateenhet og med atmosfæretrykket som nullpunkt. Poretrykket kan også representeres ved trykkehøyden eller ved

potensialnivået, slik som vist på figur Ved. 3-2 og beskrevet i tabell Ved. 3-1.

I visse tilfeller kan det opptre negativt poretrykk knyttet til kapillært sug i finkornige materialer.

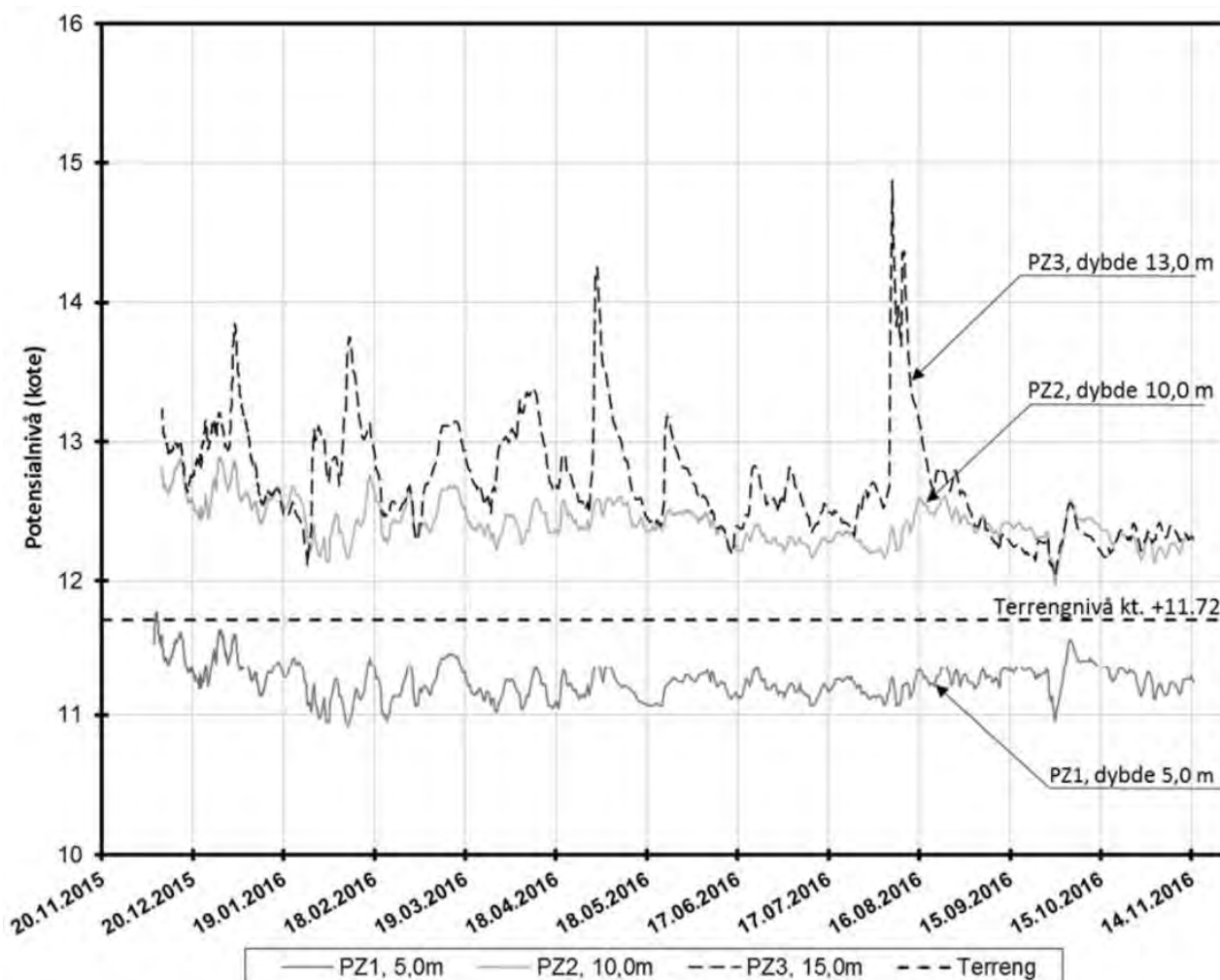
I delvis mettet jord vil trykket i porene også bestå som et gasstrykk, men dette kan avvike fra poretrykket, definert som et vanntrykk.

Absolutt poretrykk finnes ved å legge det aktuelle atmosfæretrykket p_a til det målte poretrykket (hvor for eksempel $p_a = 1013 \text{ mbar} = 101,3 \text{ kN/m}^2$).

Med poreovertrykk (Δu) menes den del av poretrykket som overstiger et visst referansetrykk. Som referansetrykk benyttes for eksempel et hydrostatisk fordelt, initielt poretrykk (u_0). Er poretrykket mindre enn referansetrykket, kan differansen betegnes som poreundertrykk.

En poretrykkmåler (piezometer) er et instrument som benyttes til å måle poretrykk i grunnvannet (se metode 1.2.3).

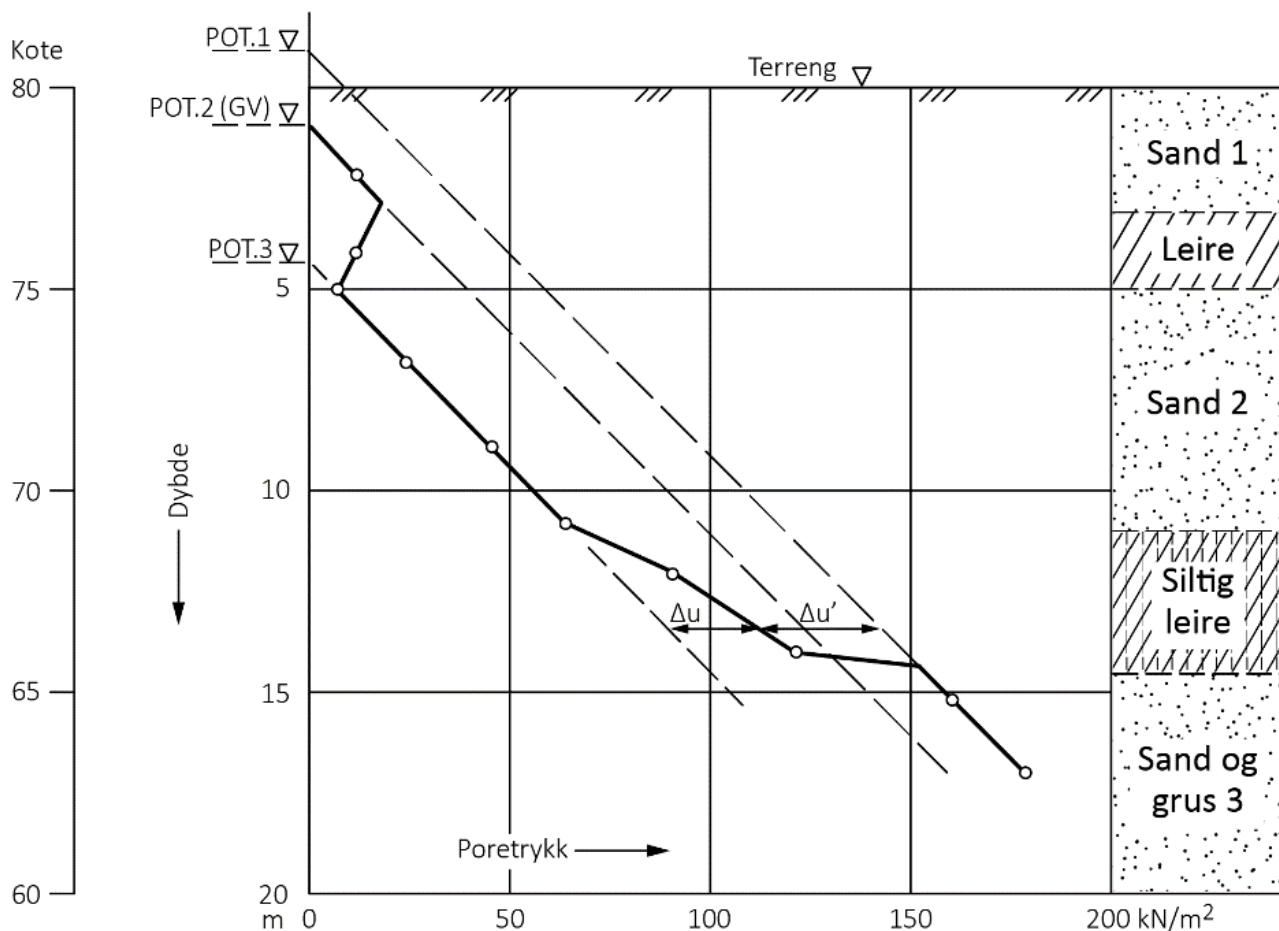
For å bestemme poretrykkforholdene i grunnen må det som regel foretas poretrykkmåling i flere dybder og over en viss tidsperiode. Ved fremstilling av tidsforløpet for poretrykket i ett eller flere målepunkter, er det ofte hensiktsmessig å bruke en nivåskala med kotehøyder for potensialnivået (h), dvs. det nivå en tenkt vannsøyle må stå i for å gi det målte trykket i målepunktet. Et eksempel på slik fremstilling er gitt i figur Ved. 1-3. Selve poretrykket kan da finnes av $u = \gamma_w \cdot (h-z)$, hvor $z =$ stedshøyde (kote) for målepunktet, slik det fremgår av figur Ved. 3-2.



Figur Ved.3-3: Eksempel på presentasjon av poretrykkmålinger (NGF Melding nr. 6)

Som et annet eksempel viser figur Ved. 3-4 resultatet av poretrykkmålinger i lagdelt grunn. Stiplede linjer viser forlengelser av hydrostatisk trykkfordeling i sandlagene. Disse linjene skjærer nulllinjen for poretrykket i tre ulike nivåer.

Hvert nivå representerer potensialnivået i det tilhørende permeable jordlag.



Figur Ved.3-4: Eksempel på poretrykksmålinger i lagdelt grunn (NGF Melding nr. 6)

2.4 Grunnvannstand og grunnvannflate

En generell definisjon av grunnvannstand er basert på trykkfordeling i grunnvannet og gjelder også for lite permeable jordmasser. Kort uttrykt sier den at grunnvannstanden er det nivå i eller under terrengnivå der poretrykket er lik null. Det stilles som tilleggskrav at poretrykket øker med dybden fra det nevnte nivå.

Ved grunnforhold som forutsatt i avsnittet ovenfor, faller den slik definerte grunnvannstanden sammen med vannstanden i et åpent standrør. I det generelle tilfellet kan grunnvannstanden (dvs. nulltrykknivået) bare finnes ved å utføre et passende antall poretrykkmålinger i forskjellige dybder og ekstrapolere poretrykkene til skjæring med null-linjen.

Nulltrykknivået har ingen direkte sammenheng med vanninnholdet eller metningsgraden i jordmassen. Ofte er jordmassen vannmettet også i den kapillære sonen over grunnvannstanden.

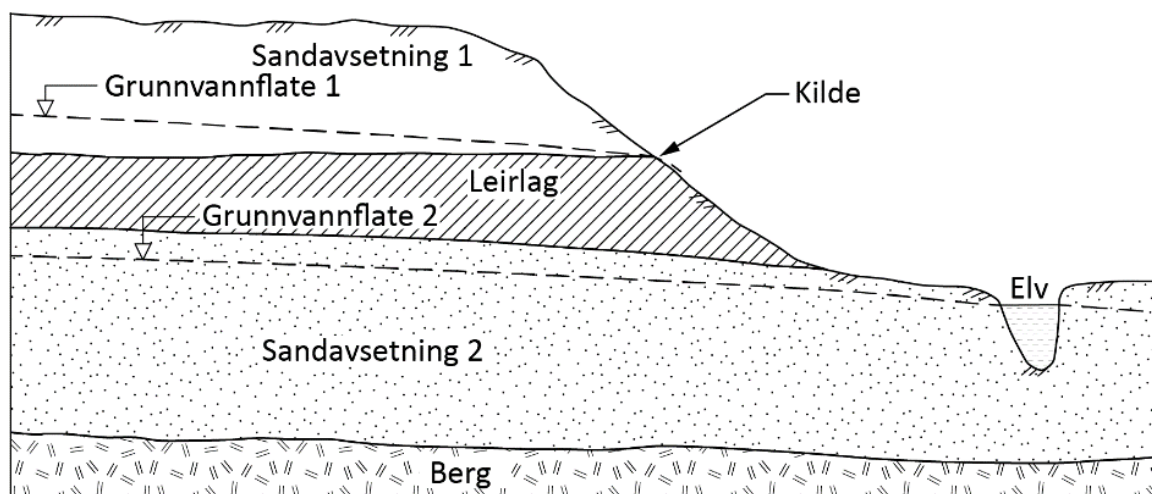
Ekstrapolasjon fra hydrostatiske partier av poretrykkkurven kan gi flere skjæringer med nulllinjen. På figur Ved. 3-4 er tre nulltrykknivåer bestemt på denne måten. Den ovenstående definisjon av grunnvannstand tilfredsstilles

imidlertid verken av nulltrykknivået for *sand 2* eller av det for *sand og grus 3*, fordi poretrykket ikke er null noe sted i disse jordlagene. Bare nulltrykknivået for *sand 1* kan derfor betegnes som en grunnvannstand, mens alle tre nivåene er potensialnivåer for de respektive lag.

I dette eksemplet er det antatt at det hersker hydrostatisk trykkfordeling i ett eller flere jordlag, men dette er ingen nødvendig forutsetning for å bestemme en grunnvannstand etter den definisjonen som er gitt.

Der trykkfordelingen er uoversiktlig eller avviker radikalt fra den hydrostatiske, særlig i leire, kan ikke alltid en entydig grunnvannstand bestemmes.

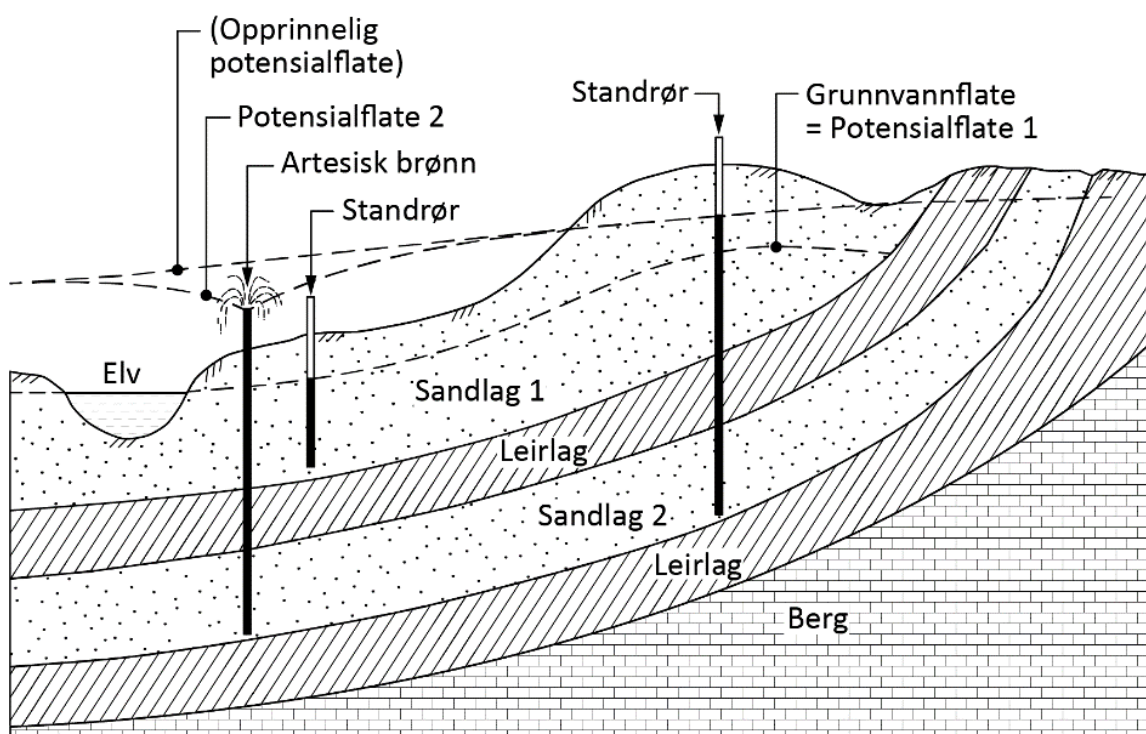
Når det gjelder forholdene over et visst område, brukes betegnelsen grunnvannflate eller grunnvannsspeil for den flaten som kan tenkes å fremkomme ved å forbinde grunnvannstanden på flere målesteder innenfor et område. Det kan i visse tilfeller være tale om flere grunnvannflater i samme område, se figur Ved. 3-5



Figur Ved.3-5: Eksempel på adskilte grunnvannflater, Johnson (1972)

En potensialflate er en trykkflate som fremkommer ved å forbinde potensialnivået på flere målesteder for et visst vannførende lag. Når en potensialflate ligger høyere enn terrenget og en eventuell fri vannflate, opptrer en artesiske tilstand som kan gi et utspring hvis det tettende laget punkteres eller eroderes av vannstrømmen.

Figur Ved. 3-6 viser et eksempel på artesiske poretrykksforhold, noe som er ganske vanlig i dalsenkninger, men som det er lett å overse hvis det for eksempel bare settes standrør ned i det øvre sandlaget.



Figur Ved.3-6: Eksempel på potensialoverflater, hvorav en representerer artesiske trykktilstand, Johnson (1972)

Både grunnvannflater og potensialflater er i alminnelighet krumme, som antydnet på figur Ved. 3-5 og 3-6, særlig i nærheten av aktive brønner og infiltrasjonspunkter. Selv om elver, innsjøer mm. ofte kommuniserer med grunnvannet, kan i visse tilfeller et frittstående vannbasseng ha liten

eller ingen relasjon til grunnvannflaten eller potensialflaten under bassenget.

Som eksemplene antyder er det ofte en vanskelig oppgave å kartlegge grunnvannforholdene. Arbeidsmåten må tilpasses så vel problemstillingen som de geologiske forhold, noe som

krever både teoretisk innsikt og kjennskap til målemetoder og utstyr.

2.5 Permeabilitet

Permeabilitet gir uttrykk for strømningspotensialet for vann i en jordart og påvirker i stor grad grunnvannsforholdene på et gitt sted. Permeabilitetskoeffisienten k er et mål for vannmengden som kan strømme gjennom en jordart under gitte ytre betingelser.

$$k = q/(A \cdot i) \text{ (m/s)}$$

hvor

q = vannmengde pr. tidsenhet som strømmer gjennom flaten A

A = brutto areal normalt på strømningsretningen

$i = \Delta h/\Delta l$ = trykkgradient i strømningsretningen

Den nominelle hastigheten som bestemmer vanngjennomgangen er gitt ved:

$$v = q/A = ki \text{ (m/s)}$$

og en tilnærmet verdi for midlere vannhastighet i porene er gitt ved porevannshastigheten:

$$v_p = v/n \text{ (m/s)}$$

hvor n er jordartens porøsitet.

Eksempler på permeabilitet i ulike ensgraderte masser med $d_{60}/d_{10} \leq 2$ er vist i tabell 3-2.

Tabell Ved.3-2: Eksempler på jordartspemeabilitet

Jordart	k (m/år)	k (cm/s)
Leire	10^{-5} – 10^{-2}	10^{-11} – 10^{-8}
Silt	10^{-3} – 10^2	10^{-9} – 10^{-4}
Sand	10^2 – 10^4	10^{-4} – 10^{-2}
Grus	10^3 – 10^5	10^{-3} – 10^{-1}

2.6 NADAG

Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG) viser borehull (punkter) hvor grunnundersøkelser er utført. NADAG inneholder data fra utførte geotekniske undersøkelser (geotekniske borer), og har en visningstjeneste for disse. Der rådata eller rapporter finnes linket opp mot undersøkelsespunkt, kan dette lastes. Det er således mulig å innhente informasjon om grunnforhold og grunnvannstand fra denne databasen, men da dette er historiske data, vil det ofte være nødvendig å innhente sanntidsrelatert informasjon om grunnvannsforhold ved nye observasjoner på et aktuelt sted.

3. Utstyr

For måling av grunnvannsnivå og poretrykk benyttes følgende typer utstyr (se metode 1.2.3):

- standrør
- åpen hydraulisk poretrykksmåler
- lukket hydraulisk poretrykksmåler
- membran-piezometer

4. Fremgangsmåte

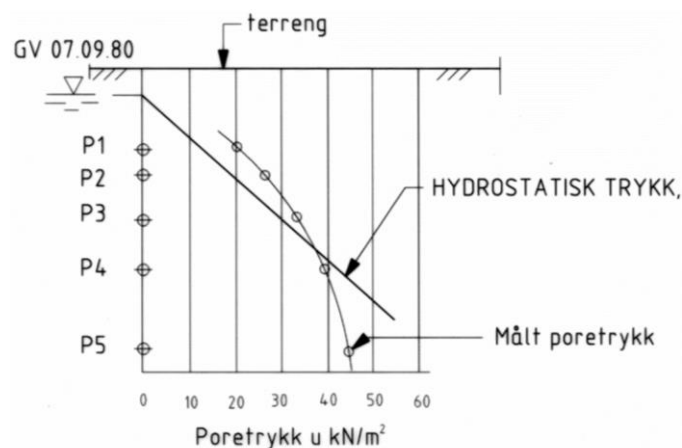
For utførelse av målinger se metode 1.2.3.

5. Resultater

Målte grunnvannsnivåer og poretrykk kan registreres på feltskjemaer eller elektronisk for videre bearbeiding. Elektronisk registrering muliggjør også overføring av måledata direkte til kontor og gir også muligheter til kontinuerlig overvåkning av grunnvannsnivå og/eller poretrykk og alarmangivelse med SMS-melding til mobiltelefon eller på annen måte.

6. Rapportering

Målte grunnvannsnivåer og poretrykk kan tegnes opp i profiler som vist på figur Ved. 3-7.



Figur Ved.3-7: Opptegning av målt poretrykk

7. Referanser

Norsk Geoteknisk Forening, Melding nr. 6, Veiledning for måling av grunnvannstand og poretrykk, Revidert versjon 2017.

Statens vegvesen (1988): Intern rapport nr. 1369, Brukerinstruks for svingende streng poretrykksmåler M 600, Veglaboratoriet, Oslo

Johnson Division, Universal Oil Products Co. (1972). "Ground water and wells. A reference book for the water-well industry". St. Paul, Minn., U.S.A., 1972.



Vedlegg

Vedlegg 4 Enheter

Mars 2018 (erstatte Vedlegg 4, mai 1997)

For bruk av enheter gjelder generelt reglene gitt i Det internasjonale enhetssystem (SI), Bureau International des Poids et Mesures. Følgende grunnenheter gjelder i SI:

Tabell Ved.4-1: Grunnenheter i SI systemet

	Grunnhet	Symbol
lengde	meter	m
masse	kilogram	kg
tid	sekund	s
elektrisk strøm	ampere	A
temperatur	kelvin	K
stoffmengde	mol	mol
lysstyrke	candela	cd

Av grunnstørrelsene er bl.a. følgende enheter avledet og gitt eget navn:

Tabell Ved.4-2: Avledede enheter i SI systemet

Størrelse	Navn	Symbol
kraft	newton	$N = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
frekvens	hertz	$\text{Hz} = \text{s}^{-1} = 1/\text{s}$
trykk, spenning	pascal	$\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$
energi	joule	$J = \text{N} \cdot \text{m} = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$
varme, arbeid effekt	watt	$W = J/\text{s}$

Andre enheter kan også benyttes sammen med SI-enhetene på grunn av deres praktiske betydning:

Tabell Ved.4-3: Avledede enheter i SI systemet

Størrelse	Navn	Symbol	Andre enheter
areal	kvadratmeter	m^2	1 dekar (daa) = 1 000 m^2
			1 hektar (ha) = 10 000 m^2
volum	kubikkmeter	m^3	liter, 1 l = 1 L = 1 $\text{dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$
			milliliter, 1 ml = 1 $\text{cm}^3 = 0,000 001 \text{ m}^3$
masse	kilogram	kg	gram, 1 g = 0,001 kg
			1 Mg = 1 000 kg = 1 tonn
densitet	kilogram pr. kubikkmeter	kg/m^3	1 $\text{Mg}/\text{m}^3 = 1 \text{ kg}/\text{dm}^3 = 1 \text{ kg}/\text{l} = 1 \text{ g}/\text{cm}^3$
trykk	pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m^2 , 1 MPa = 1 $\text{N}/\text{mm}^2 = 10 \text{ bar}$
temperatur	grad Celsius	$^{\circ}\text{C}$	
vinkel	radian	rad	$^{\circ}(\text{grad}) = \pi/180$, 1 rad = $2\pi = 180^{\circ}$

For å få tall som er lettere å arbeide med, gjerne tall mellom 0,1 og 1 000, kan enhetene kombineres med prefikser:

Tabell Ved.4-4: Kombinerte enheter med prefikser i SI systemet

Navn	Symbol	Potens	Faktor		Navn	Symbol	Potens	Faktor
tera	T	10^{12}	1 000 000 000 000		deci	d	10^{-1}	0,1
giga	G	10^9	1 000 000 000		centi	c	10^{-2}	0,01
mega	M	10^6	1 000 000		milli	m	10^{-3}	0,001
kilo	k	10^3	1 000		mikro	μ	10^{-6}	0,000 001
hekto	h	10^2	100		nano	n	10^{-9}	0,000 000 001
deka	da	10^1	10		piko	p	10^{-12}	0,000 000 000 001

1. Referanser

Bureau International des Poids et Mesures (2006): The International System of Units (SI)



www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker

ISBN: 978-82-7207-737-1

Trygt fram sammen