



Steinmaterialer til vegger- flyplasser-jernbaner



Lia Pukkverk, Franzeros Bruk.



Statens vegvesen

Veiledning

Steinmaterialer til veger, flyplasser og jernbaner

Håndbøker i Statens vegvesen

Dette er en håndbok i Vegvesenets håndbokserie, en samling fortløpende nummererte publikasjoner som først og fremst er beregnet for bruk innen etaten.

Håndbøkene kan kjøpes av interesserte utenfor Statens vegvesen til de priser som er oppgitt i håndbokoversikten - håndbok 022.

Det er Vegdirektoratet som har hovedansvaret for utarbeidelse og ajourføring av håndbøkene.

Ansvar for grafisk tilrettelegging og produksjon har Grafisk senter i Vegdirektoratet.

Vegvesenets håndbøker utgis på 2 nivåer:

Nivå 1 - Rød farge på omslaget - omfatter forskrifter, normaler og retningslinjer godkjent av overordnet myndighet eller av Vegdirektoratet etter fullmakt.

Nivå 2 - Blå farge på omslaget - omfatter veiledninger, lærebøker og vegdata godkjent av den avdeling som har fått fullmakt til dette i Vegdirektoratet.

Steinmaterialer til veger, flyplasser og jernbaner

Nr. 223 i Vegvesenets håndbokserie
Layout: InterConsult Group ASA (ICG)
Tegninger: David Keeping
Opplag: 1 200
Trykk: Novum Grafisk AS

ISBN 82-7207-502-4

Forord

I 1993 tok en del pukkprodusenter i Pukk og grusleverandørenes landsforening (PGL) initiativ til dannelse av *Arbeidsfellesskapet KPG* for å gjennomføre prosjektet: *Kvalitet av pukk- og grusindustriens produkter*.

Deltagere i Arbeidsfellesskapet har vært:

- Asfaltindustriens Servicekontor
- Institutt for veg- og jernbanebygging, NTNU
- Jernbaneverket
- Luftfartsverket
- Norges geologiske undersøkelse - NGU
- Pukk og grusleverandørenes landsforening - PGL
- Statens vegvesen

Det primære mål med prosjektet har vært å dokumentere egenskapene til steinmaterialer til bruk i bærende lag i veier, jernbaner og flyplasser og bidra til økt kunnskap og riktig bruk av materialene. Resultatene er rapportert i flere delprosjektrapporter og en sluttrapport.

Styret besluttet, i samarbeid med Statens vegvesen, å utarbeide en håndbok om bruk av slike materialer.

Følgende håndbokutvalg ble oppnevnt høsten 1996:

- | | |
|----------------------|---|
| • Per Dugstad | Pukk- og grusleverandørenes servicekontor |
| • Erling K. Hansen | Rådgivende ingeniør (leder) |
| • Torkjell Haustveit | Statens vegvesen Oppland |
| • Geir Lange | Luftfartsverket |
| • Peer-Richard Neeb | Norges geologiske undersøkelse |
| • Roar Nålsund | Statens vegvesen Sør-Trøndelag |
| | Fra 1998 Jernbaneverket Region Nord |
| • Geir Refsdal | Statens vegvesen Buskerud |

I tillegg til utvalgsmedlemmene har følgende bidratt i arbeidet med boka:

- | | |
|-----------------|-------------------------------------|
| • Gunnar Gran | Tidligere Statens vegvesen Buskerud |
| • Gunnar Hansen | Korsbrekke og Lorck A/S |
| • Hans Ruistuen | Tidligere Statens vegvesen Buskerud |

Håndboka er utgitt med egen forside av PGL/KPG og Statens vegvesen (håndbokserien).

Tittel og innhold er lik for begge utgavene.

Norges forskningsråd har gitt økonomisk støtte til prosjektet.

Håndbokutvalget vil takke alle som har bidratt i arbeidet.

Oslo, januar 2000

Arbeidsfellesskapet KPG

Innhold

Forord	3	
Kapittel 1	Generelt	7
	1.1 Innledning	7
	1.2 Innhold og målgrupper	8
	1.3 Perspektiver	8
	1.4 Målsetning	8
Kapittel 2	Rammer og retningslinjer	11
	2.1 Ressursforvaltning	11
	2.1.1 Arealplanlegging	11
	2.1.2 Lovverk	13
	2.1.3 Gjenbruk	16
	2.2 Etablering og drift av materialproduksjon	17
	2.2.1 Nye, permanente massetak	17
	2.2.2 Materialproduksjon innen et anleggsområde	17
	2.3 Dimensjonering av overbygninger	18
	2.4 Materialkrav	18
	2.5 Prøvningsmetoder	19
Kapittel 3	Materialer og løsninger	21
	3.1 Lokale forhold	21
	3.1.1 Tilgjengelige materialer	21
	3.1.2 Klima	21
	3.2 Bruksegenskaper til ulike materialtyper	22
	3.2.1 Bærelagsmaterialer	22
	3.2.2 Forsterkningslagsmaterialer	23
	3.2.3 Sand, grus og stein til frostsikring	24
	3.2.4 Materialer til drenering	24
	3.2.5 Materialer til røromfylling	24
	3.3 Dimensjonering	25
	3.3.1 Generelt	25
	3.3.2 Utredning av alternative løsninger	26
	3.4 Valg av løsning, kvalitet og økonomi	28
	3.4.1 Eksempel	30
Kapittel 4	Produksjon og håndtering av materialer	33
	4.1 Generelt	33
	4.2 Åpning og drift av massetak	34
	4.2.1 Grustak	34
	4.2.2 Massetak i fjell	35
	4.3 Utstyr til knusing og sikting	36
	4.3.1 Valg av knuseutstyr	36
	4.3.2 Valg av sikteutstyr	38
	4.4 Produksjon	39
	4.4.1 Boring og sprengning	39
	4.4.2 Utlasting, knusing og sikting	41
	4.5 Separasjon og forurensning	42

	4.5.1 Generelt	42
	4.5.2 Separasjon ved produksjon og lagring	43
	4.5.3 Separasjon ved transport	45
Kapittel 5	Utlegging og komprimering	47
	5.1 Generelt	47
	5.2 Utlegging	47
	5.3 Komprimering	51
Vedlegg		
	1 Referanser, tilleggs litteratur, adresser	55
	2 Geologi – materialkvalitet	57
	3 Dimensjonering av overbygning	67
	4 Massetak – materialproduksjon	75
	5 Prøvningsmetoder	87
	6 Standardsorteringer - produkt dokumentasjon	99
	7 Målerregler og omregningsfaktorer	103
	8 Jernbaneverkets spesifisering for ballastpukk	107
	9 Ordforklaringer	117
	10 Stikkord	123

1.1 Innledning

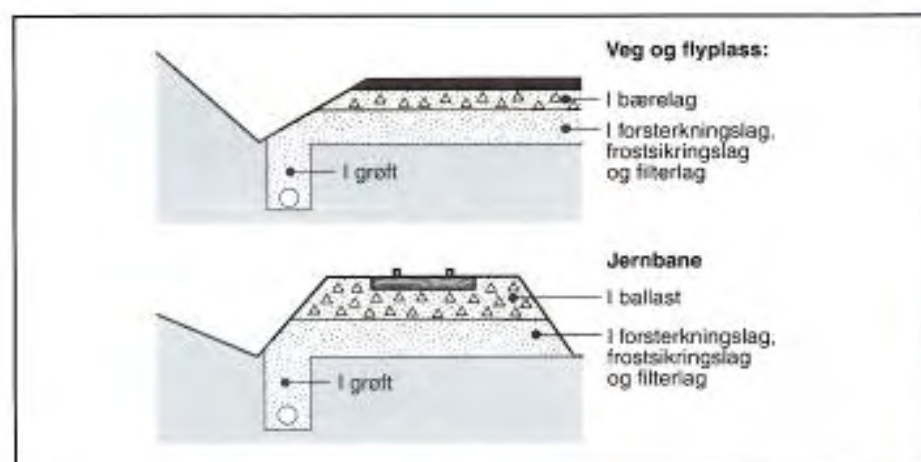
Tradisjonelt bygges overbygning i vårt land opp med lag av sand, grus og stein med et forholdsvis tynt asfaltdekke på toppen. Fordi lagene av sand, grus og stein ikke er stabilisert med bitumen, sement e.l., kaller vi lagene ubundne. I tillegg til å fordele belastninger mot underbygning/undergrunn, kan disse lagene også dekke behov knyttet til drenering, filter, erosjon- og frostsikring.

Med økende trafikk har tykkere, stabiliserte bærelag blitt vanlig også i Norge. Både av hensyn til økonomi og ressursbruk er det viktig å kunne fastslå hvor grensen mellom ubundne og stabiliserte bærelag bør ligge. Grensen vil avhenge både av aksellast/trafikkmengde, kvaliteten på tilgjengelige materialer og av lokale geologiske og klimatiske forhold.

Håndboka tar for seg bruk av ubundne stein- og grusmaterialer til oppbygging av veger, jernbaner og flyplasser - inkludert oppstillings- og parkeringsplasser - og beskriver når og hvordan knust fjell/grus kan benyttes i en lagvis oppbygging av fundamenter. Figur 1.1 viser hvor det er aktuelt å benytte slike materialer.

Håndboka er knyttet opp mot foreliggende regelverk og retningslinjer og det blir referert til disse. Den omtaler:

- Rammer gitt gjennom lovverk og tekniske retningslinjer
- Krav som stilles til materialer for ulike formål og hvordan vi kontrollerer disse.
- Valg av type materialer/lagoppbygging avhengig av lokale forhold.
- Tilvirkning av materialer, og hvilken betydning produksjonsmåten har for materialkvalitet.
- Bevaring av kvaliteten gjennom transport, lagring og i byggefasen.



Figur 1.1 Konstruksjonselementer der ubundne materialer kan brukes

Produksjon og uttak av fjell- og grusmaterialer berører vesentlige miljø- og ressursproblemer. Håndboka informerer om mål og rammer knyttet til ressursforvaltning og miljøproblemer og tar opp praktiske problemstillinger knyttet til materialtilvirkning og gjennomføring av byggearbeider.

Produksjon av sand, grus og knust fjell utgjør en stor industri i Norge. 3785 personer var sysselsatt i 1998.

Produksjon i 1998:	
Sand og grus	26,0 mill. tonn
Pukk	37,0 mill. tonn
	<u>63,0 mill. tonn</u>

Eksport (inkludert molastein):	
Offshore	1,7 mill. tonn
Europa	9,1 mill. tonn
	<u>10,8 mill. tonn</u>

Forbruk innenlands 52,2 mill. tonn

Fordeling av innenlands forbruk:	
Bærelag, forsterkningslag, ballast	39 %
Dekkematerialer	11 %
Betongformål	19 %
Annet	<u>31 %</u>

Produksjon og forbruk av sand, grus og pukk i Norge i 1998 (Kilde: NGU)

1.2 Innhold og målgrupper

Stoffet i de enkelte kapitler er rettet mot ulike målgrupper, og utformingen er søkt tilpasset dette slik det framgår av figur 1.2.

Kapittel	Se også vedlegg	Innhold	Primære målgrupper
2. Rammer og retningslinjer	2,3,4,5,6,7,8	Informasjon om lover, regler, grunnleggende standarder og retningslinjer som gir de rammebetingelser vi må arbeide innenfor.	Byggherrer Rådgivende ingeniører
3. Materialer og løsninger	3,4,5,6,7,8	Lokale geologiske, miljømessige og ressursmessige forhold. Dimensjonering og materialvalg, optimale løsninger.	Byggherrer Rådgivende ingeniører
4. Produksjon og håndtering av materialer	2,4,5,6,7,8	Omtale av arbeidsprosesser som inngår ved tilvirkning og levering av materialer med hovedvekt på forhold som er viktige for å sikre kvalitet.	Leverandører/ produsenter
5. Utlegging og komprimering	5,6,7,8	Omtale av arbeidsprosesser på byggeplassen med hovedvekt på forhold som er viktige for å sikre kvalitet.	Entreprenører Anleggsledere Formenn Fagarbeidere

Figur 1.2 Stoffinndeling og målgrupper

1.3 Perspektiver

De utviklingstrekk håndbokutvalget legger til grunn som mål i den faglige utvikling er:

- Bruk av knust fjell for å spare naturgrus der forekomstene er knappe sett i forhold til framtidige behov.
- Sikring av framtidige behov for grus og pukk bør vektlegges sterkere, bl.a. gjennom arealplanarbeid.
- En sterkere vektlegging av tekniske løsninger tilpasset lokale materialer, bl.a. basert på dokumenterte erfaringer om materialbruk og vedlikeholdsøkonomi. Statens vegvesen: «Vegbygging, håndbok 018», referanse [1] gir muligheter for alternative løsninger for oppbygging av overbygninger. Disse muligheter bør utnyttes bedre.
- Bedre grunnlag for å fastsette grenser for bruken av knuste materialer som alternativ til stabiliserte materialer. Forsøk - bl.a. gjennomført innen KPG-prosjektet - indikerer at høyverdige, knuste materialer kan brukes i større omfang enn i dag. Slike løsninger vil kunne være ressursbesparende sammenliknet med stabiliserte bærelag.

1.4 Målsetning

Målet med håndboka er å formidle aktuell kunnskap til praktisk hjelp i konkrete situasjoner og å vekke leserens lyst til å søke dypere inn i faget. Stoffet er forsøkt komprimert med hovedvekt på «hvordan». Innen enkelte delkapitler er det lagt inn utfyllende kommentarstoff i marginen som utdyper «hvordan» og forklarer nærmere om «hvorfor». Vedlegg 1 til 9 gir utdypende informasjon. Vedlegg 10 inneholder en stikkordliste.

Håndboka tar på ingen måte mål av seg til å gi en fullstendig oversikt innen det enkelte emne, men må suppleres med annen spesiallitteratur etter behov. Den tar for eksempel ikke for seg temaet «kvalitetssikring», da dette ligger inne som et eget element hos produsentene og ofte er knyttet opp til egne punkt i kontrakter.

Håndboka vil forhåpentligvis også være nyttig i undervisningsopplegg som supplement til andre lærebøker.

Lov- og regelverk samt tekniske retningslinjer utgjør til sammen et overordnet rammeverk for planlegging og prosjektering. Dette kapittel gir en oversikt over noe av innholdet i dette rammeverket, og det blir gitt henvisninger til hvor det kan finnes mer informasjon.

Lovverket har i første rekke som mål å sikre langsiktige samfunnshensyn og forebygge uakseptable ulemper for dem som blir berørt av produksjons- og byggeprosesser. De tekniske retningslinjer fra Statens vegvesen, Luftfartsverket og Jernbaneverket sammenfatter erfaringer om løsninger som anbefales for å sikre at aktuelle funksjonskrav blir oppfylt med lavest mulige bygge- og vedlikeholdskostnader.

2.1 Ressursforvaltning

2.1.1 Arealplanlegging

I samfunnsplanleggingen er det behov for å kartlegge landets beholdning av byggeråstoffer og forvalte de ikke-fornybare ressursene på en fornuftig måte. Ressursforvaltning avklares og tilrettelegges gjennom arbeidet med arealplaner. Viktige mål i lokal ressursforvaltning er å:

- Sikre verdifulle materialforekomster for framtidig utnyttelse
- Lokalisere materialforekomster ut fra hensyn til eksisterende bebyggelse og mulige transportruter med det mål å minimalisere transportbehovet

Det har i de senere år vært økende interesse og forståelse for de geologiske betingelser ved ressursforvaltning og kommunal arealplanlegging. For å kunne foreta en fornuftig forvaltning av ressursene og riktig utnyttelse av arealene, er det nødvendig med et geologisk grunnlagsmateriale, og først og fremst en oversikt over grusforekomster og bergarter for pukkproduksjon.

Geologisk informasjon om ressurser i grunnen vil, sammen med opplysninger om eksisterende arealbruk og framtidens behov, danne grunnlag for arbeidet med arealplaner. Det er viktig å være oppmerksom på ulike brukrinteresser og utnyttelser som kan være aktuelle innenfor de samme områdene. Ressursvurderinger må ofte gå på tvers av både fylkes- og kommunegrenser for å finne det beste og mest optimale uttakssted. Ut fra tilgjengelig informasjon, kan kommunene prioritere mulig bruk av arealer til råstoffuttak eller andre formål slik figur 2.1 illustrerer.

Ressursforbruk

Sand, grus og nyttbart fjell er i dag ressurser som finnes i begrensede mengder nær de største forbruksstedene. Forbruket av sand og grus skjer i rask tempo, særlig i områder med høy befolkningstetthet. Knapphet er allerede et problem flere steder i landet.

Norges geologiske undersøkelse, (NGU), har kartlagt forbruk og transportstrømmer for sand, grus og pukk for fylkene Østfold, Oslo, Akershus, Rogaland, Buskerud, Aust-Agder, Hordaland, Sogn og Fjordane, More og Romsdal, Sor-Trøndelag, Nord-Trøndelag, Nordland, Troms og deler av Finnmark. De har utviklet et system for budsjettering og regnskap over uttak og transportstrømmer av byggeråstoffer. Dette gir oversikt over fylkenes ressursituasjon og årlige forbruk, bidrar til å avdekke forsyningsproblemer i forhold til eksisterende og planlagte utbyggingsoppgaver, og gir mulighet for å sikre tilgangen på gode forekomster også for kommende generasjoner.

Ressursregnskapet viser også hvordan ressursene brukes i forhold til kvalitet, ressurstilgang og transportavstander. Arbeidet utføres av NGU i samarbeid med fylkeskommunene og kommunene og er avhengig av et samarbeid med produsenter/forbrukere.

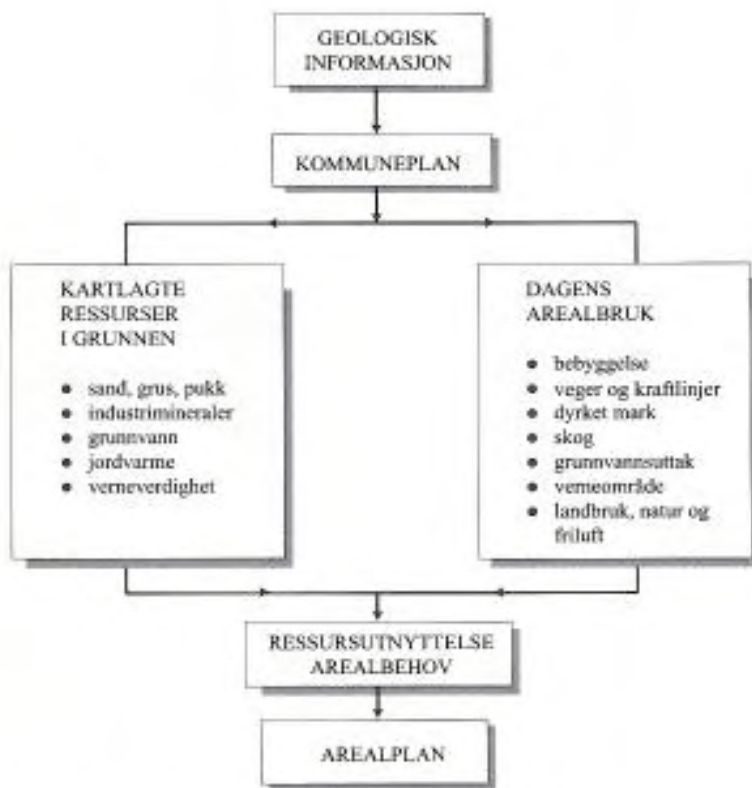
Ut fra ressursregnskap som nå er utført i 13 fylker, prognoserer NGU hvert år forbruket av sand, grus og pukk for hele landet.

Praktisk uttakbart volum

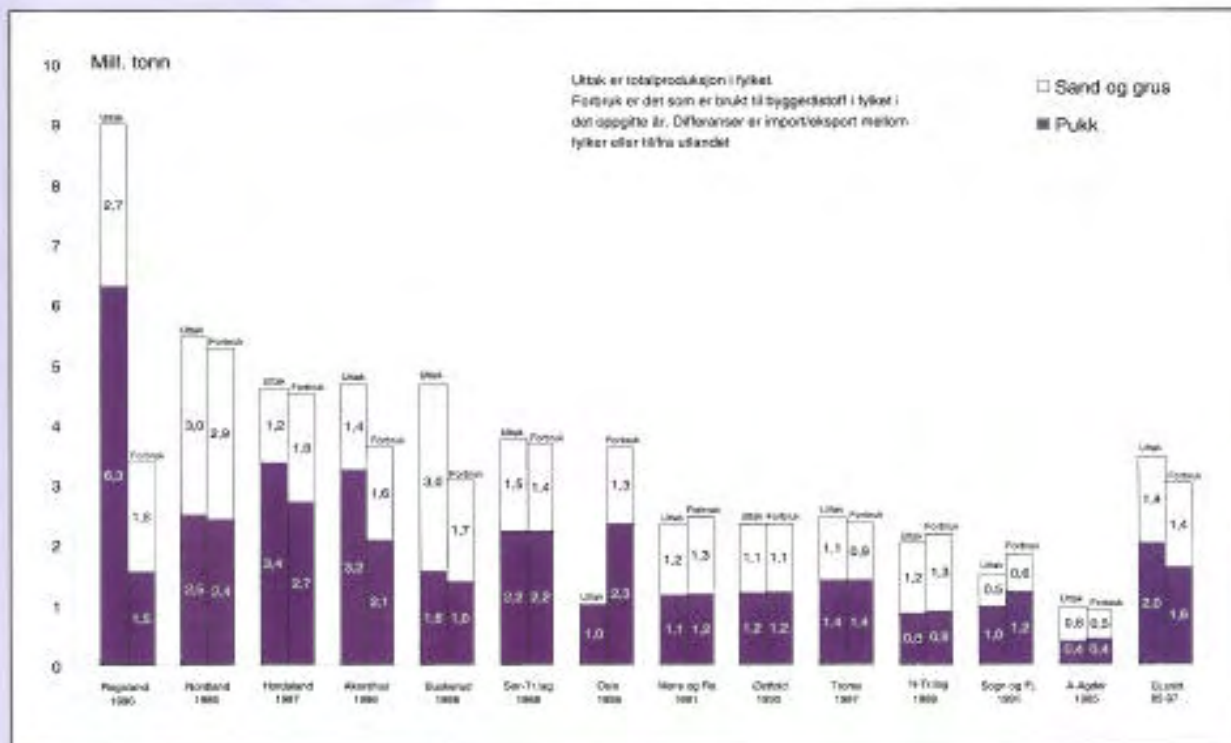
Det er mange faktorer som kan redusere uttakbart volum og utnyttning av en sand- og grusforekomst. For eksempel er det i Ullensaker kommune i Akershus beregnet at ca. 80% av det totale volum går ut pga. andre arealinteresser. Praktisk uttakbart volum er beregnet til ca. 80 mill. m³ av et totalt volum på ca. 400 mill. m³. (Referanse Ullensaker kommunes Forvaltningsplan for sand- og grusproduksjon i perioden 1996-2005).

Forvaltningsplan

Hensynet til langsiktig ressursforvaltning tilsier at kommunene bør utarbeide en forvaltningsplan for sand, grus og pukkressursene. Planen bør inneholde opplysninger om hvor store volum av forskjellige naturgruskviteter som finnes innen forsyningsområdet og gi anbefalinger om alternative materialer og ressursanvendelse.



Figur 2.1 Geologisk informasjon innen kommunal planlegging



Uttak og forbruk basert på ressursregnskap i 13 fylker. (NGU)

2.1.2 Lovverk

Generelt

Det finnes ingen enkelt lov som regulerer forvaltningen av sand-, grus- og fjellressursene. Utnyttelse er knyttet til en rekke lover og forskrifter. De viktigste lovene er:

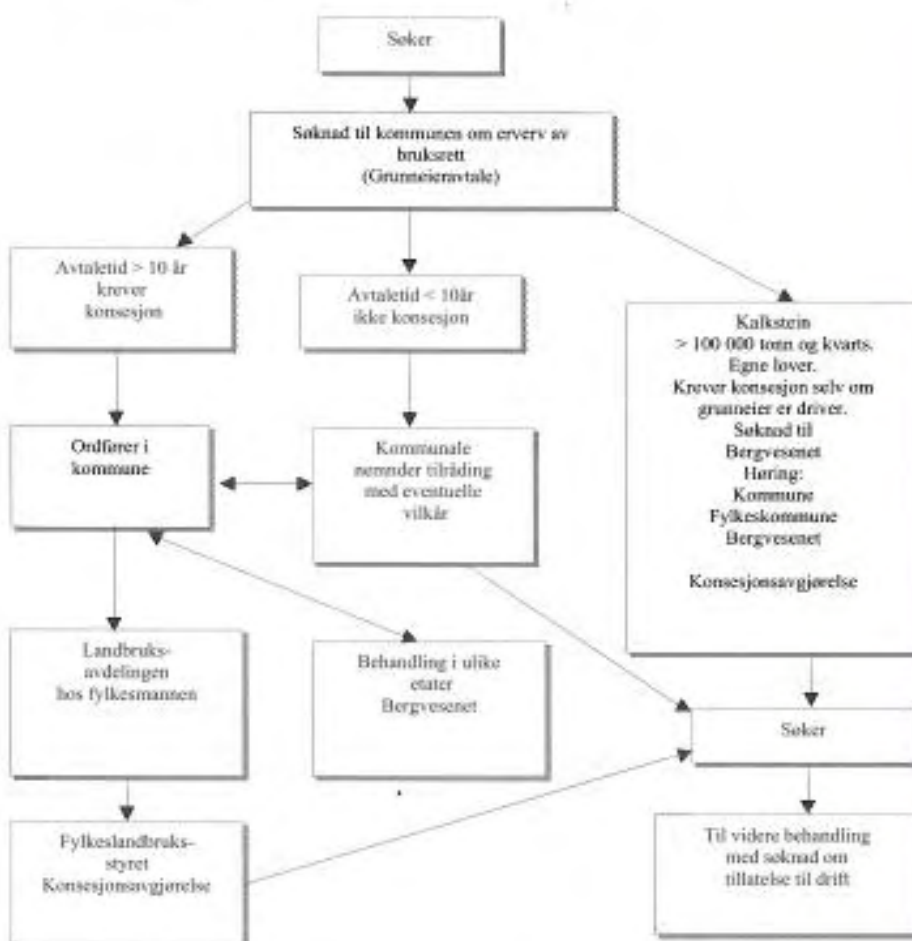
- Plan- og bygningsloven
- Konesjonsloven
- Forurensningsloven

Før en utnyttelse av sand-, grus- og fjellressurser kan starte, må eiendomsforholdene være avklart. Eiendomsoverdragelse eller leieavtaler over 10 år reguleres av Lov av 31. mai 1974 nr. 19 om konsesjon og forkjøpsrett for det offentlige ved erverv av fast eiendom. Den sentrale loven i forbindelse med selve uttaket er Lov av 14. juni 1985 nr. 77, Plan- og bygningsloven med senere endringer.

I tillegg skal det tas hensyn til:

- Kommunehelseloven
- Jordloven
- Skogloven
- Kulturminneloven
- Laks- og innlandsfiskekloven
- Villloven
- Naturvernloven
- Friluftsløven
- Vassdragsloven
- Reindrifsløven

Sand-, grus- og fjellressursene faller inn under den gruppe mineraler som benevnes som ikke-mulbare mineraler og tilhører grunneieren, i motsetning til mulbare mineraler som i utgangspunktet tilhører staten og reguleres av Lov av 30. juni 1972 nr. 30 om bergverk.



Figur 2.2 Behandling av søknad om erverv av bruksrett (Bergvesenet)

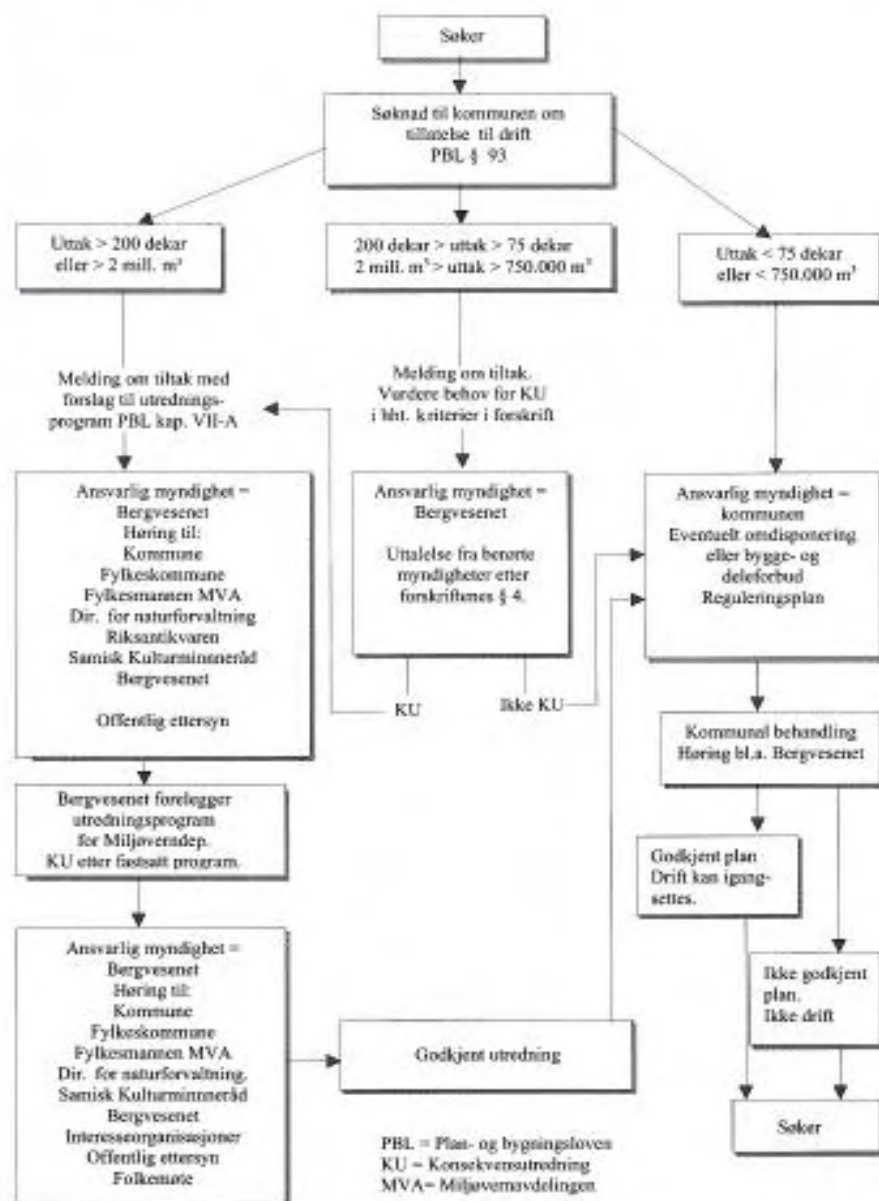
For alle uttak av masser utover grunneiers eget behov skal det innhentes tillatelse fra kommunen før drift igangsettes. Slike tiltak krever søknad og tillatelse etter Plan- og bygningsloven (PBL) § 93 bokstav i. Dette vil utløse krav om regulering etter § 23 i PBL. Saksbehandlingen vil være avhengig av



eiendomsforhold, beliggenhet og størrelse. Både kommunale, fylkeskommunale og statlige etater vil som oftest delta i behandlingen.

Derfor er det viktig at den som ønsker å starte et massetak, gjør seg kjent med den saksbehandling som er nødvendig for å innhente tillatelse til drift. Figur 2.2 viser saksgangen ved behandling av søknad om erverv av bruksrett til sand-, grus- og fjellforekomster. Figur 2.3 viser saksgangen ved behandling av søknad om tillatelse til drift. Det kreves ansvarsrett for alle søknadspliktige tiltak og for prosjektering. Ansvarsrett gis som hovedregel til foretak, ikke til enkeltpersoner. Ansvarsrett gis av kommunen knyttet til det enkelte tiltak.

Når det gjelder løsmasser på sjøbunnen, er det fylkeskommunen som er konsesjonsmyndighet.



Figur 2.3 Behandling av søknad om tillatelse til drift av mineraliske forekomster etter Plan- og bygningsloven (Bergvesenet)

Någjeldende lovverk (1999) kan bli endret gjennom forslag til ny «Minerallov» som er oversendt Stortinget for behandling. PBL vil imidlertid ikke bli endret, og saksgangen beskrevet i figur 2.3 vil bli opprettholdt.

Plan- og bygningsloven

Plan- og bygningsloven er det sentrale rammeverket for arealdisponering og ressursforvaltning i Norge. Lovens hensikt er at kommunene skal foreta en rullerende samfunnsplanlegging, herunder arealplanlegging innenfor statlige mål og retningslinjer.

En rekke allerede etablerte massetak rundt om i landet er startet ved at kommunen har fått en skriftlig eller muntlig melding og så ikke reagert. Dersom det i tillegg ikke forelå noe krav om konsesjon, kunne uttak drives uten noen krav til driften. Etter de siste endringene i Plan- og bygningsloven må en søke om tillatelse for å utføre vesentlige terrenginngrep. Blant annet steinbrudd, massetak og fyllinger regnes som slike inngrep. Det er dermed ikke lenger tilstrekkelig å bare sende inn melding for å etablere massetak av grus eller fjell.

I stadig sterkere grad blir det også stilt krav om regulering av eksisterende uttaksområder. Den som ikke allerede har godkjent reguleringsplan for sitt uttaksområde, bør sette i gang arbeidet med å utarbeide en slik plan da dette vil sikre vedkommendes uttaksrettslige stilling.

I gjeldende bestemmelser for kommuneplaner, står det at områder som er vist som områder for råstoffutvinning i en kommuneplan, skal reguleres/inngå i en bebyggelsesplan før uttak finner sted. For alle varige bygg og anlegg som for eksempel massetak, skal det kreves byggetillatelse.

For massetak beregnet for salg, skal melding med forslag til utredningsprogram sendes Bergvesenet dersom samlet berørt overflate er lik eller større enn 200 dekar (200.000 m²), eller samlet uttak omfatter mer enn 2 mill. m³ masse. For alle masseuttak beregnet for salg som omfatter totale arealer større enn 75.000 m² eller et totalt volum mer enn 750.000 m³, skal det sendes inn melding til Bergvesenet for å få vurdert om uttaket skal konsekvensutredes. Dette krav gjelder imidlertid ikke ved masseuttak for vegformål (Statens vegvesen).

Etter de nye reglene i Plan- og bygningsloven kan det kreves forhåndskonferanse mellom tiltakshaver, kommune og andre berørte parter for nærmere avklaring av innholdet og rammene for tiltaket. Det kan være nyttig å ta kontakt med Bergvesenet før prosessen settes i gang. Bergvesenet, som et statlig forvaltningsorgan som blant annet har ansvar for forvaltning av minerallovgivningen i Norge, er tildelt en sentral rolle ved behandling og godkjenning av meldinger og konsekvensutredninger etter Plan- og bygningsloven.

Ny «Teknisk forskrift» til Plan- og bygningsloven trådte i kraft 1. juli 1997. Samtidig ble det iverksatt flere nye forskrifter som produsentene bør kjenne til. Dette gjelder:

- Forskrift om saksbehandling og kontroll
- Forskrift om godkjenning av foretak for ansvarsrett

De nye forskriftene er funksjonsrettet, dvs. de stiller krav til egenskapene til et byggverk, men overlater i større grad enn tidligere til partene å dokumentere hvordan de vil oppfylle funksjonskravene.

Ved planlegging av kystnære massetak inngår ofte egen utskipingskai. Dersom en slik kai kan betjene skip over 1350 tonn, skal tiltaket konsekvensutredes. Etter forskriftenes Vedlegg 1 er Kystdirektoratet ansvarlig myndighet, men etter avtale vil Bergvesenet ivareta en samordnet behandling av utredningen av slike kaianlegg.

En rekke massetak kan drives uten konsesjon. Dette gjelder massetak i regi av kommune og stat, massetak med bruksrett under 10 år, massetak som drives av grunneier (også ved entreprenør), samt massetak som var i drift før reglene trådte i kraft.

Mye er i gang på denne fronten og i de kommende år vil forholdene bli mer avklart gjennom nye lover, forskrifter og retningslinjer.



Produksjon fra gjenbruksmasser.
(Kolo Veidekke AS)

Kravet i «Teknisk forskrift til PBL» om dokumentasjon av egenskaper til produkter som framstilles og omsettes for innbygging i byggverk, gjelder alle byggverk – også de som blir behandlet etter sektorlovgivning. Dette betyr at forskriftene også gjelder Statens vegvesen, Statkraft, Luftfartsverket, Jernbaneverket og andre offentlige byggherrer/etater som er tillatt å ha egen sektorlovgivning.

Grus og knust fjell er byggematerialer som nyttes både som tilslag i byggevarer og direkte alene som et selvstendig produkt. Disse materialene kommer derfor inn under «Teknisk forskrift».

Konsesjonsloven

Ved utleie/salg av eiendom eller rettigheter for mer enn 10 år, gjelder Lov om konsesjon av 1974. Der kreves opplysninger om skjøte, kontrakter og kart, samt utfylling av særskilt skjema som sendes ordføreren. Søknad om omdisponering og deling bør følge konsesjonssøknaden for samtidig behandling.

Konsesjoner vedrørende massetak vil som oftest inneholde vilkår om at driftsplan skal godkjennes av Bergvesenet. Bergvesenet skal føre tilsyn med driften og avslutningen av virksomheten. Ikke alle tidligere gitte konsesjoner for uttak av ikke-mutbare mineraler inneholder slike vilkår. Imidlertid skal alle nye konsesjoner sette slike vilkår.

Forurensningsloven

Etablering av knuseverk og annen virksomhet som genererer støy, støv og rystelser, reguleres gjennom bestemmelser i forurensningsloven. Behandlingen av utslippstillatelse bør skje samtidig med reguleringsplanbehandlingen. Utslippstillatelse behandles av fylkesmannens miljøvernnavdeling. Der det er tvil om myndighetsfordeling, skal saken sendes til fylkesmannen for avgjørelse av videre saksgang.

2.1.3 Gjenbruk

Ønsket om gjenbruk av nyttbare materialer har politisk kommet sterkere i fokus de senere år. Dette gjelder også materialer fra vegger som skal fjernes, betongrester fra bygg mv., samt restprodukter fra ulike typer industriell produksjon/virksomhet. En del av dette kan – eventuelt i foredlet form – benyttes i enkelte konstruksjonsdeler i overbygninger.

Kvaliteten av slike materialer må sammenholdes med de krav som stilles for aktuelle bruksområder. Gjenbruksmaterialer vil ofte ikke oppfylle de tradisjonelle krav til materialkvalitet. I slike tilfeller vil den praktiske bruken være avhengig av at det blir utviklet nye regler som sikrer de primære funksjons- og konstruksjonskrav med slike materialer.

Mellomlager må reguleres inn i kommuneplanene. Kommunene vil kunne gi opplysninger om eventuelle tilgjengelige produkter.

2.2 Etablering og drift av materialproduksjon

2.2.1 Nye, permanente massetak

Nye behov og muligheter, en endret markedssituasjon og hensyn til forvaltning av eksisterende ressurser innen det aktuelle område, er eksempler på forhold som kan utløse etablering av nye, permanente massetak.

På land

Åpning av nye massetak på land reguleres gjennom Plan- og bygningsloven. Bergvesenet godkjenner driftsplan i henhold til hjemler gitt i medhold av Konesjonsloven og Plan- og bygningsloven. Se punkt 2.1.2 foran.

Fra vassdrag og i strandsonen

Uttak av materialressurser i vassdrag reguleres ved Plan- og bygningsloven og Vassdragsloven. Uttak av materialressurser under strandsonen reguleres ved konsesjon gitt av fylkeskommunen. Nærmere opplysninger kan innhentes fra kommunen, fylkeskommunen og Bergvesenet.

2.2.2 Materialproduksjon innen et anleggsområde

For utbygger/prosjekteier vil materialressursene innen et anleggsområde kunne representere en betydelig verdi, i noen tilfeller være en avgjørende forutsetning for gjennomføring av prosjektet. Det er viktig at ressursene blir utnyttet best mulig, også sett fra et samfunnsøkonomisk synspunkt.

Med «anleggsområde» forstås her det areal som avgrenses direkte av det planlagte anlegg eller byggeprosjekt. Anleggsområdet vil som regel framgå av den plan som ligger til grunn for vedkommende myndighets godkjenning av prosjektet.

For uttak langs nye, regulerte veger, vil offentlige etater stå fritt til å utnytte lokale materialer innen det regulerte området dersom ikke andre særskilte avtaler eller bestemmelser foreligger.

Disponering av materialressurser innen et anleggsområde må knyttes til de områder som er regulert til masseuttak i forbindelse med anlegget. I kommunens godkjente reguleringsplaner for masseuttak vil det framgå hvilket areal som kan benyttes og hvilke begrensninger som er gitt. Eventuelle sidetak vil normalt være tatt inn i planen for prosjektet og dermed avklart innen rammen for dette.

Midlertidig materialproduksjon knyttet til gjennomføring av konkrete byggeprosjekter, faller inn under det regelverk som gjelder bygge- og anleggsvirksomhet generelt. Hvordan slik produksjon skal gjennomføres, vil være del av planene for det eventuelle prosjektet og derved inngå bl.a. ved godkjenning, skjønn mv.

Samfunnsmessige hensyn kan i flere tilfeller tale for uttak av materialressurser fra vassdrag og i strandsonen p.g.a. hensyn til oversvømmelser, framkommelighet mv. På den andre side vil slike uttak kunne føre til betydelige miljøproblemer, spesielt ved permanente massetak.



Pukleverk i vegskjæring.
(Statens vegvesen)

Kommunal- og regionaldepartementet arbeider med en veiledning om behandling av tiltak som er untatt fra bestemmelsene om byggesaksbehandlingen etter Plan- og bygningsloven. Etablering av materialproduksjon der offentlige etater som Statens vegvesen er tiltakshaver, vil komme inn under unntaksreglene i veiledningen.



Vedlegg 3 gir en fyldigere omtale av dimensjonering av overbygning for vegger, flyplasser og jernbaner.

Det foreligger utkast til flere CEN-standarder som gjelder overbygningsmaterialer, se «Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction», referanse [7] og «Unbound mixture – specifications», referanse [8]. Standardene vil trolig foreligge i år 2003. Eksisterende norske forskrifter må da være justert og tilpasset CEN-standardene.

2.3 Dimensjonering av overbygninger

For oppbygging av ubundne bærende konstruksjoner til vegger, jernbaner og flyplasser finnes det tekniske retningslinjer. Disse beskriver hvordan konstruksjonselementene skal dimensjoneres, avhengig av undergrunnens bæreevne og aktuelle belastninger, og setter krav til de materialene som kan benyttes. Retningslinjene er viktige for å sikre planlagt kvalitet med forankring i tidligere erfaringer og for å videreutvikle en faglig kompetanse, bl.a. ut i fra det mål å utnytte tilgjengelig ressurser optimalt.

Tekniske retningslinjer for ubundne konstruksjoner finnes:

1. For vegger i Statens vegvesen «Vegbygging, håndbok 018», referanse [1]. Kommunene legger også ofte referanse [1] til grunn, men foretar lokale tilpasninger, som for eksempel i Oslo.
2. For jernbaner i «Jernbaneverkets tekniske regler», referanse [2]:
 - JD 520 Underbygning - Prosjektering og bygging
 - JD 522 Underbygning - Regler for vedlikehold
 - JD 530 Overbygning - Prosjektering
 - JD 531 Overbygning - Bygging
 - JD 532 Overbygning - Vedlikehold
3. Luftfartsverket har egne retningslinjer som kan skaffes ved henvendelse. Når det gjelder materialkrav etc. benytter Luftfartsverket stort sett referanse [1].

2.4 Materialkrav

Det stilles krav til de steinmaterialer som tillates brukt i en overbygning, jo høyere opp i overbygningen dess strengere krav. En referanseoversikt over hvor materialkravene til de ulike lag i overbygninger finnes, er gitt i figur 2.4.

	Veg ¹⁾	Flyplass ²⁾	Jernbane ³⁾
Bærelag	520.12/523.1	520.12/523.1	
Ballast			JD 530 Kap 10.3 Vedlegg 8
Forsterkningslag	520.12	520.12	JD 520 Kap.6.3.3
	522.1	522.1	
	522.2	522.2	
Filterlag	520.12/521.2	520.12/521.2	JD 520 Kap.6.3.1
	Frostsikringslag 520.12/524.1	520.12/524.1	JD 520 Kap.6.3.1

¹⁾ Statens vegvesen: Vegbygging, håndbok 018, referanse [1]

²⁾ Statens vegvesen: Vegbygging, håndbok 018, referanse [1]

³⁾ Jernbaneverkets tekniske regler JD 520, 522, 530, 531, 532, referanse [2]

Figur 2.4 Referanser til materialkrav mv.

En oversikt over krav og veiledende verdier for mekaniske egenskaper for ubundne steinmaterialer til vegoverbygninger er vist i tabellen figur 2.5. I hovedsak dekker tabellen også overbygninger på flyplasser, dvs. for rullebaner, taksebaner og oppstillingsplasser.

For jernbaner er materialkravene omtalt i vedlegg 3 under jernbaner. I vedlegg 8 er teknisk spesifisering for ballastpukk til jernbaner tatt med i sin helhet.

Egenskaper	Bærelag ¹⁾			Forsterkningslag ²⁾		
	Knust grus (Gk)	Knust fjell (Fk)	Forkilt pukk (Fp)	Sand/grus	Pukk/kult	Sprengt stein
Steinklasse Min.	3	3	3	4 (5) ³⁾	4 (5) ³⁾	4 (5) ³⁾
Flisighet av mat.>11.2 mm Maks.	1,50	1,55	1,60	-	1,70	-
Korngradering (1)	Fig.523.2	Fig.523.4	Fig.523.7	-	-	-
Cu-verdi Min.	-	-	-	15% ⁴⁾ (5) ⁵⁾	-	-
Steinstørrelse mm Maks.	-	-	-	150	250	2/3 ⁶⁾ lagty.
Mat.<75µm av mat.<19 mm						
- ved produksjon Maks.	7%	7%	7%	8%	8%	-
- ferdig utlagt Maks.	9%	9%	9%	9%	9%	9% ⁷⁾
Andel svake korn Maks.	30%	-	-	40%	35% ⁸⁾	35% ⁸⁾
Andel knuste flater (steinklasse, flisighet m.v. se ordforklaringer) Min.	50%	-	-	-	-	-

¹⁾ Valg av bærelagstype, referanse [1] fig. 510.4

²⁾ Valg av forsterkningslagstype, referanse [1] fig. 510.5

³⁾ For atkomstveger og g/s-veger er kravet klasse 5 eller bedre, også for øvre forsterkningslag

⁴⁾ Gjelder hovedveger. For andre vegtyper er kravet min. 10

⁵⁾ Gjelder nedre forsterkningslag

⁶⁾ Maks. 1/2 lagtykkelse ved bæreevnegruppe 4 eller dårligere

⁷⁾ Gjelder når steinlaget er mettet med subbus

⁸⁾ Andelen svake korn skal også for knuste materialer maksimalt være 40%, referanse [1], 522.1.

Figur 2.5 Utdrag av krav og veiledende verdier for mekaniske egenskaper for steinmaterialer til ubundne bærelag og forsterkningslag for veger med fast dekke. (Referanse [1] fig. 520.2 og fig. 520.3)

2.5 Prøvningsmetoder

Oppførsel og egnethet av steinmaterialer til bærelag og forsterkningslag er knyttet til korngradering og produkttegenskaper som styrke, stabilitet og bestandighet. Aktuelle prøvningsmetoder for ubundne materialer til forsterkningslag og bærelag er gitt i tabellene i figur 2.6 og 2.7. I tabellene er det vist til metoder og beskrivelser i Statens vegvesen: «Laboratorieundersøkelser, håndbok 014», referanse [3] og «Feltundersøkelser, håndbok 015», referanse [4]. Andre metoder kan også være aktuelle.



Andre prøvningsmetoder som ikke er tatt med her kan være aktuelle i spesielle tilfeller, for eksempel: Mineral- og bergartsbestemmelse (14.413/14.419), Belegg (14.453), Humus (14.444/14.445).



	Prøvningsmetoder	Beskrivelse metode nr ¹⁾
Generelle egenskaper	Visuell styrkevurdering NGU	14.414
	Densitet, sand	14.421
	Densitet, grus og pukk	14.422
	Vanninnhold	14.426
	Kornfordeling, tørr-våtsikting	14.432/434
Styrke/ Slitasjemotstand	Flisighet og sprøhet (fallprøve)	14.451
	Abrasjon	14.454
	Kulemølle	14.455
	Los Angeles	14.456
Stabilitet/ Komprimering/ Bæreevne	Standard Proctor	14.461
	Modifisert Proctor	14.462
	CBR	14.463

¹⁾ Se Statens vegvesen: Laboratorieundersøkelser, håndbok 014, referanse [3]

Figur 2.6 Laboratoriemetoder

	Prøvningsmetoder	Beskrivelse metode nr ¹⁾
Prøvetaking	Prøvetaking av tilslag	15.311
	Neddeling av tilslagsprøver	15.312
	Prøvetaking av utlagte materialer	15.321
	Prøvetaking i veg	15.431
Stabilitet/ Komprimering	Sandvolumeter	15.323
	Vannvolumeter	15.324
	Isotopmåling	15.325
	DCP	15.326
	Nivellering	15.327
Bæreevne	Platebelastning	15.328
	Nedbøyning med Dynaflect	15.411
	Nedbøyning med fallodd	15.412

¹⁾ Se Statens vegvesen: Feltundersøkelser, håndbok 015, referanse [4]

Figur 2.7 Feltmetoder

I kapittel 2 ble det felles overordnede rammeverk gjennomgått. I arbeidet med konkrete prosjekter må en utrede mulige alternative løsninger for oppbygging. En må legge til grunn de overordnede rammer og tilpasse disse til de lokale forutsetninger både når det gjelder valg av materialer og byggeteknisk utforming. Dette kapittel beskriver en slik prosess.

3.1 Lokale forhold

3.1.1 Tilgjengelige materialer

Lokal geologisk informasjon

Rundt om i landet finnes det geologisk informasjon innen berggrunnsgeologi, kvartærgeologi, ressurskartlegging av byggeråstoffer, geokjemi og geofysikk som kan være nyttig både for pukk- og grusprodusenter, forbrukere og offentlige etater. Informasjonen kan hentes fra Norges geologiske undersøkelse (NGU), universitetene, biblioteker, fylker og kommuner.

Oversikter fra produsenter/leverandører

Produsenter/leverandører vil kunne gi informasjon om egne produkter, leveringsbetingelser mv. Opplysninger om produsenter/leverandører som er medlemmer i Pukk- og grusleverandørenes landsforning (PGL) fås fra Pukk- og grusleverandørenes servicekontor.

Grus- og pukkdatabasen, en offentlig ressursoversikt

Grus- og pukkdatabasen er et EDB-basert kart- og registersystem for sand-, grus- og fjellforekomster. Databasen gir oversikt over sand- og grusressurser, prioriterte områder med mulighet for fjelluttak, samt alle steder med masseuttak. Kopier for avgrensede områder og hele landet kan bestilles fra NGU, Grus- og pukkdatabasen.

Supplerende undersøkelser

Som et supplement til den informasjon som kan hentes fra kildene nevnt foran, vil det i praksis ofte være aktuelt med lokale tilleggsundersøkelser. Dette vil rette seg mot mer detaljert informasjon om kvalitet og volum for alternative lokale materialer tilpasset de aktuelle behov.

3.1.2 Klima

Dimensjoneringstabellene for vegoverbygninger i «Vegbygging, håndbok 018», referanse [1] tar utgangspunkt i sikring av bæreevne og skiller ikke mellom ulike klimaforhold. Begrunnelsen ligger bl.a. i at selv om for eksempel frostdybden på et sted er liten, så kan konsekvensene ved en stadig veksling (frysing/tining) høyt i konstruksjonen (for eksempel i bærelaget) være like problematisk bæreevnemessig som når frosten går ned i en telefarlig undergrunn og gjør denne svak ved tining. Ved dimensjonering av en overbygning må en derfor ta stilling til om det i tillegg er ønskelig å frostsikre konstruksjonen for å unngå telehiv.

Det geologiske materialet foreligger enten som kart i ulike målestokker, publikasjoner og rapporter med regionale oversikter eller som detaljerte undersøkelser.

Grus og pukkdatabasen 1999 referanse [17].

For den enkelte forekomst er det lagret opplysninger om:

- Arealbegrensning basert på digitale omriss
- Mektighet anslått i felt
- Volum basert på areal og midlere mektighet
- Enkel kvalitetsvurdering som bygger på/omfatter:
 - Kornstørrelsesfordeling anslått i massetak, vegskjæring etc.
 - Mineral- og bergartskortelling, innhold av mekanisk svake korn i grustraksjonen og innhold av glimmer i sandtraksjonen.
 - Sprøhets- og flisighetsanalyser i enkelte forekomster der NGU eller Statens vegvesen har utført detaljundersøkelser
- Arealbruksfordeling grovt vurdert under befarung
- Arealbrukskonflikter. En tenkt situasjon med alle konflikter som oppstår når hele forekomsten drives ut
- Driftsforhold i masseuttak
- Navn på leverandører og produsenter
- Rapportreferanser

Klimaavhengig dimensjonering?

Selv om ikke den bæreevnemessige dimensjoneringen av vegoverbygninger mht. tykkelser er forskjellig, kommer klimaforholdene i noen tilfeller inn ved valg av materialkvalitet. Det gjelder for eksempel mht. hvor mange fryse-tine vekslinger et materiale skal kunne tåle (for sementstabilisert grus) og hvilke temperaturer det skal tåle (for bitumenstabiliserte materialer og vegdekker).

Som en tommelfingerregel kan en si at jo mer vann en vegoverbygning inneholder (det vil normalt tilsi høyt finstoffinnhold) og jo høyere i konstruksjonen fuktigheten ligger, jo mindre isingsfølsom vil vegen være. En moderne vegoverbygning som er bygget opp av mye stein både i bærelag og forsterkningslag er derfor også meget isingsfølsom.

Bruk av isolasjonsplater kan gi økt ising på vegoverflaten om høsten. Isingstendensen vil minske med økende tykkelse av overbygningen over platene, økende vanninnhold i grusen over platene og med minskende isolasjonstykkelse. Særlig har vanninnholdet stor betydning. I en slik sammenheng er det derfor en fordel å bruke grus med et finstoffinnhold som ligger opp mot det maksimalt tillatte. Det er viktig med utsplesing i overgangene mellom isolerte og uisolerte partier. For nærmere informasjon se: «Sikring mot teleskader», referanse [5]. Her oppgis bl.a.:

- laveste midlere lufttemperatur i en 3-dagers periode
- vinterens midlere varighet
- maksimal frostdybde i sandig grus uten snødekke
- vinterens varighet ved 160 vær-stasjoner

Materialtilpassning avhengig av klima

I fuktig kystklima og på eksisterende veger med mangelfull drenering vil vannet ha stor innflytelse på hvordan bærelaget oppfører seg. «Åpne bærelag» av typen forkilt pukk (Fp) vil være mer fordelaktig enn «tette bærelag» som knust grus (Gk) og knust fjell (Fk) i slike tilfeller - de forhindrer at det oppstår poreovertrykk i materialet når tunge biler passerer. Det er da spesielt viktig å unngå bruk av graderte bærelagsmasser med høyt innhold av finstoff.

Frostsikring

I referanse [1] er det oppgitt hvilken overbygningstykkelse som er nødvendig for veger ved normalvinter, 5-års vinter, 10-års vinter, mv. Det kan likevel skje at frosten i en kortere periode i løpet av vinteren kan gå litt dypere enn forutsatt, men for en veg spiller dette normalt liten rolle. Konstruksjoner som krever full frostsikring, som for eksempel jernbaner og vannledninger, kan derfor ikke dimensjoneres etter tabellen i referanse [1]. Når det gjelder frostsikring av jernbane, vises til «Jernbaneverkets tekniske regler», JD 520 kapittel 9, referanse [2].

Isingsfare

Ved utstråling fra en vegoverflate (i klarvær) oppstår det en varmetapping som kan føre til at dekketemperaturen ligger 1-3° lavere enn lufttemperaturen. Forskjellen mellom luft- og dekketemperatur kan føre til kondensering og rimdannelse på dekket.

3.2 Bruksegenskaper til ulike materialtyper

3.2.1 Bærelagsmaterialer

Aktuelle materialer til bærelag er bl.a. knust grus (Gk) og knust fjell (Fk). Sorteringen kan være 0-32 mm, eventuelt 0-64 mm. Bærelaget kan også bygges opp av forkilt pukk, for eksempel knust fjell 22-64 mm tilpasset 10 cm lagtykkelse. Grusbærelag (Gk) anbefales generelt bare til lavtrafikkerte veger med årsdøgntrafikk, ÅDT < 300. For ÅDT mellom 300 og 1500 anbefales Gk bare som nedre bærelag. For jernbaneformål brukes utelukkende pukk i sortering 25-63 mm som bærelag (ballast).

I praksis kan det være vanskelig å opprettholde graderingskravet til knust grus, (Gk). Materialet er sensitivt i forhold til gradering og mindre endringer kan gi store utslag i bæreevnen. For å oppnå tilstrekkelig stabilitet kreves at over halvparten av korn større enn 8 mm i Gk skal ha knuste flater. Knust fjell vil som regel være et bedre materiale sammenliknet med grus. Alle korn har knuste flater. Pakket vil slikt materiale (Fk) oppnå høy stabilitet. Andelen finstoff blir som regel lavere ved produksjon av Fk enn ved knusing fra grus til Gk. Fk har dermed «mer å gå på» opp til den terskelverdi av finstoff som gjør at laget mister stabilitet ved oppfukning.

Bærelag av forkilt pukk (Fp), eventuelt penetrert og forkilt pukk (Pp), har erfaringsmessig gitt mindre dekkevedlikehold enn velgraderte bærelag, spesielt grusbærelag (Gk). Forskjellen er størst der betingelsene for oppfukning av bærelaget er ugunstig pga. mangelfull vannavrenning/drenering og/eller der innholdet av finstoff i bærelagsgrusen Gk og Fk er høyt. Dette er

bakgrunnen for avgrensning av bruksområdene gjengitt i figur 3.1 for de ulike standardiserte bærelagstypene. Utlegging av forkilt og penetrert pukk er mer krevende arbeidsmessig. Ved arbeid på veg under trafikk, kan trafikkavviklingen bli vanskeligere. Slike ulemper reduseres vesentlig ved valg av egnet utstyr til utlegging og tilpasset forkilingsmasse.

3.2.2 Forsterkingslagsmaterialer

Vanlige materialtyper til bruk i forsterkningslag er

- *Sams grus* med tilsetning av knust materiale fra grovere stein til sorteringer 0-120 eller 0-200 mm.

Sams grus gir tilfredsstillende resultater (oppfylte funksjonskrav) i forsterkingslag forutsatt en tilstrekkelig god mekanisk styrke og at finstoffinnholdet holdes på et lavt nivå. Tilsetning av knust materiale gir bedre stabilitet, men sand/grus med riktig kornfordelingskurve har vist seg å gi nær tilsvarende egenskaper som knuste materialer.

- *Sprengt stein* med avretting på toppen for å oppfylle krav til jevnhet og homogenitet.

Avrettingsmassen må tilpasses, men kan for eksempel bestå av sorteringen 20-120 mm. Fordelen med sprengt stein er at den er meget rimelig å bruke forutsatt kort transport. Øvre del av steinfyllinger vil tilsvare forsterkingslag av sprengt stein. Tunnelstein som inneholder mye finstoff er mindre godt egnet til forsterkingslag, se krav i referanse [1] figur 520.2.

- *Pukk - kult*

De mest aktuelle sorteringer er 0-120/20-120 og 0-150/20-150 mm. Lastfordelingsevnen til de ulike sorteringene synes å øke noe med økende øvre nominelle steinstørrelse. For å sikre god drenering og unngå at massene skal bli vannømfintlige, er det generelt ønskelig at det meste av massen under 20 mm fjernes før bruk. Ved produksjon av grovpukk fra mindre sterke bergarter, er en frasikting av 0-20 mm nødvendig. Det økte hulrommet gjør at den etterfølgende finstoffdannelse ikke er like kritisk for bæreevnen. Sorteringen 0-200 mm har vært en del brukt. Fordelen med den er at den er rimeligere å produsere, men den har lett for å bli vannømfintlig fordi lavt hulrom gjør at den raskere enn andre sorteringer kan bli mettet med finstoff. Finstoffet har dessuten lett for å konsentreres i lokale partier i massen på grunn av separering. De store steinene gjør at massen er noe vanskelig å legge ut i korrekt høyde, og kan derfor kreve et eget avrettingslag. Denne sorteringen anbefales derfor ikke brukt til vegformål. Sorteringene 20-100 og 20-120 er dyrere å produsere enn 0-150 og 0-200 mm. Sorteringene 20-100 og 20-120 er imidlertid enklere å håndtere ved utlegging, og det er lettere å oppfylle kvalitetskravene.



(KPG-prosjektet)

Ved både veg-, jernbane- og flyplassbygging er det forsterkningslaget som utgjør de store volumene på anleggene. Det er mulig å spare en del penger ved å legge arbeid i valg av materialtype og løsning. Minimumskravene til materialstyrke og lagtykkelse omtales i kapittel 2.4 og vedlegg 3.

For jernbaneformål brukes gjerne velgradert maskinkult 0-300 mm. Det vises til «Jernbaneverkets tekniske regler» JD 520 kapittel 6, referanse [2].

Forsterkning av grusveger

Statens vegvesens normaler gir retningslinjer for forsterkning av grusveger til nærmere definert standard. En rekke ganger, for eksempel ved vedlikehold/utbedring av lite trafikkerte grusveger, kan det være aktuelt å benytte enklere «prøve-og-se» opplegg, for eksempel slik:

1. Ved svært dårlig bæreevne: Når vegen er på det bløtaste om våren, «gruses» den med sortering 0-32 mm fra knust fjell. Dette gjelder bare de bløtteste strekningene hvor det knapt er framkommelig. Det kan være nødvendig med en tykkelse på opptil 15-20 cm for å få veien kjørbær igjen. 0-32 mm fra knust fjell er godt egnet for dette formålet fordi det høye innholdet med grove korn gir massen et steinskjelett som er gunstig for bæreevnen. 0-32 mm framstilt ved knusing av elvegrus kan gjøre samme nytten som knust fjell. 0-32 mm gir dårlig kjørekraft i den første tiden etter «grusing».
2. Ved dårlig bæreevne: Vegen gruses med 0-16 eller 0-22 mm (knust fjell) etter at gammelt siltelag er høvlet ut på kantene (oppnår bedre binding mellom gammel og ny masse). Eventuelt løse masser langs kanten av vegen kan deretter skrapes inn og over de nye massene for å redusere faren for steinsprut. Biltrafikken sørger for nødvendig komprimering. Opplegget gjentas etter behov.

Ensgradert pukk

I anleggsbransjen omtales slike masser som «selvkomprimerende», et uttrykk som ikke er helt dekkende. Også disse massene krever noe komprimering, men virkningen i form av redusert hulrom er lite, kanskje 10%, dvs. at ettersetningene er små.

3.2.3 Sand, grus og stein til frostsikring

Frostsikring oppnås mest effektivt ved å bruke sorteringer som inneholder en del finkornig materiale som kan lagre vann. Men materialet må ikke inneholde så mye finstoff at det blir telefarlig. Alt fra 0-32 mm til 0-500 mm kan brukes, avhengig av hva som er tilgjengelig. Men største diameter må ikke være større enn halve lagtykkelsen.

Både jernbane og flyplass dimensjoneres frostfritt. Les mer om frostsikring i «Sikring mot teleskader», referanse [5]. Frostsikring av jernbane er behandlet i referanse [2], JD 520 kapittel 6 og 9.

3.2.4 Materialer til drenering

Ensgraderte sorteringer (også omtalt som trange sorteringer eller korte sorteringer) som for eksempel 11-16 mm, er bedre egnet som dreneringsmateriale enn velgradert materiale som for eksempel 0-32 mm. Trange sorteringer har det høyeste hulrominnholdet av tilgjengelige steinmaterialer. Dreneringsmessig er det her ingen forskjell mellom grus og pukk. Ulempen ved ensgraderte sorteringer er at dette gjerne er de dyreste materialene å framstille. Ved å øke sorteringens lengde noe, for eksempel 8-32 mm, vil også prisen gå ned. Dreneringsegenskapene reduseres bare i mindre grad.

Som en god nummer to er sorteringen 0-32 mm av knust fjell. En høy andel med grove korn, gir et høyt hulrominnhold og dermed god drenerende virkning. Innholdet av finstoff er ofte lite, noe som også er viktig.

Av naturlige løsmasseforekomster er grus fra elver best egnet. Den er som regel velgradert og omtrent helt fri for finstoff. Breelvvavsetninger (terrasse-dannede grusforekomster fra istiden) inneholder en del finstoff (ofte opp til 4-5%) og er derfor ikke like godt egnet.

Drenerende åpne masser som ligger omgitt av finkornige masser, må ofte «pakkes inn» i et filter. Filteret er nødvendig for å hindre at finstoff vaskes inn og tetter til drenermassene. Behovet for filter er størst når de drenerende massene er åpne, for eksempel består av 11-16 mm, mindre når de drenerende massene er velgraderte, for eksempel består av 0-32 mm. Les om filterkriterier i referanse [1] kapittel 521.

3.2.5 Materialer til røromfylling

Omfylling av rør i grunnen skal komprimeres så godt at det ikke skjer setninger i massen i ettertid. Setninger kan føre til deformasjoner og svanker på rørene. Pukk er lettere å komprimere enn velgradert grus. Ensgraderte sorteringer som 11-16 eller 8-16 mm er de beste fordi de krever mindre komprimering, men er samtidig de dyreste. Ved valg av litt mindre ensgradert materiale, synker prisen samtidig som massen har omtrent de samme komprimeringsegenskapene.

3.3 Dimensjonering

Dimensjonering av overbygninger generelt er behandlet mer utfyllende i vedlegg 3. Dette delkapittel behandler spesielt vegfundamenter og beskriver en framgangsmåte for utredning av alternative forslag fram til valg av løsning. Målet er å sikre at best mulig løsning blir valgt med hensyn til både kvalitet og økonomi. Beskrivelsen er knyttet opp til rammer og retningslinjer som gjelder for vegbygging, men prinsippene i opplegget bør også kunne tillempes ved planlegging av jernbaner og flyplasser.

3.3.1 Generelt

Referanse [1] beskriver dimensjoneringsopplegg etter nivå 1, 2 og 3. Nivåinndelingen er forklart i vedlegg 3.

Nivå 1 Standardløsninger i tabeller

Tabellene med standardløsninger etter nivå 1 er enkle å bruke og sikrer en enhetlig dimensjonering. Løsningene er et kompromiss mellom ønsket om standardisering av et begrenset antall konstruksjonstyper med de fordelene dette har for effektivitet, kvalitet og muligheter for erfaringsoppbygging, og den fleksibilitet et system med mange materialvarianter gir.

Ukritisk bruk av dimensjoneringstabeller kan imidlertid svekke en fokusering på hovedmålet - det å finne fram til det best mulige alternativ tilpasset de lokale forutsetninger. Hva gjør vi dersom lokale materialer ikke passer inn blant tabellenes standardløsninger? Velger vi - for raskt -

- å hente inn standardmaterialer med høye transportkostnader?
- å gå over til å benytte stabiliserte materialer?
- «presser» vi de lokale materialer inn i standardgruppene og lukker øynene for en mulig kvalitetsbrist?

De løsningene som ligger inne i tabellene er bare et utvalg av de nærmest utallige løsninger og muligheter som kan tenkes. Nivå 1 avviser ikke andre løsninger, men gir rom for dem gjennom det som betegnes som nivå 2. Forutsetningen er at løsningene må dokumenteres gjennom laboratorieforsøk og/eller på annen måte.

Nivå 2 Alternative materialer og løsninger til nivå 1

Dimensjonering etter nivå 2 har som siktemål å gjøre bruk av lokale materialer og løsninger så langt dette er forsvarlig. Løsninger under nivå 2 kan deles i tre grupper:

- 2a) Dokumenterte, alternative løsninger som ikke er beskrevet under nivå 1 (dimensjoneringstabellene), men hvor materialene tilfredsstiller alle kravene i referanse [1].
- 2b) Dokumenterte løsninger hvor materialene ikke tilfredsstiller alle krav i referanse [1], men hvor det kan dokumenteres at alle funksjonskrav er oppfylt og at levetiden er minst like lang som for nivå 1, uten at det er nødvendig med ekstra vedlikeholdsinnsett.



- 2c) Løsninger hvor materialene ikke tilfredsstillende alle kravene i referanse [1] og som derfor i tillegg til byggekostnadene må inkludere ekstra vedlikeholdskostnader for å opprettholde funksjonskravene i vegens levetid.

I de tilfeller det finnes holdepunkter for å benytte dimensjonering etter nivå 2, vil det ofte være betydelige beløp å spare, se påfølgende tekst og eksempel.

Nivå 3 Mekanistisk dimensjonering

Dimensjonering etter nivå 3 vil være særlig aktuelt for forskningsformål med etterprøving og evaluering av nye løsninger i henhold til nivå 1 og 2, og for oppdatering av dimensjoneringstabellene. Ved særlig store og viktige nyanlegg bør nivå 3 benyttes som supplement i arbeidet med å komme fram til de mest optimale løsningene.

3.3.2 Utredning av alternative løsninger

Standard løsning (Nivå 1)

Standardløsninger i dimensjoneringstabellene danner utgangspunkt og referanse. Minst ett alternativ bør alltid være en standardløsning.

Tabellen i figur 3.1 viser bruksområdene for ubundne bærelag. Figur 3.2 viser tilsvarende for forsterkningslag

	Øvre bærelag				Nedre bærelag		
	ÅDT				ÅDT		
	300	1500	3000	5000	300	1500	5000
Knust grus (Gk)	■				■		
Knust fjell (Fk)	■	■			■	■	
Forkilt pukk (Fp)	■	■	■		■	■	■
Penetrert pukk (Pp)	■	■	■	■		■	■

Figur 3.1 Bruksområder, ubundne bærelag. Utdrag fra referanse [1] fig. 510.4

	ÅDT				
	300	1500	5000	10000	15000
Grus, sand	■	■	■	■	■
Pukk, kult	■	■	■	■	■
Sprengt stein	■	■	■	■	■

Figur 3.2 Bruksområder for forsterkningslag. Fra referanse [1] fig. 510.5

En sammenstilling av krav og veiledende verdier for de mekaniske egenskaper for bærelagsmaterialer er gitt i fig 3.3. En mer fullstendig tabell er gitt i kapittel 2 figur 2.5.

	Kvalitetskrav		
	ADT		
	0 - 300	300 - 1500	1500 - 5000
Steinklasse	Min. 3	Min. 3	Min. 3
Flisighet	1,50 - 1,60	1,50 - 1,60	1,50 - 1,60
Andel svake korn	< 30%	< 30%	
Andel knuste flater	> 50%	> 50%	
Korngradering	Innenfor grensekurver		
Andel finstoff (ferdig komprimert)	Maks. 9% mat. < 75 µm av mat. < 19 mm		
Komprimert	Min. 98% Modifisert Proctor og tilsvarende		

Figur 3.3 Materialkrav ubundne bærelag. Fra referanse [1] fig. 520.3 og V3.8

Hvis det finnes tilgjengelige materialer som tilfredsstillt kravene i figur 3.1, figur 3.2 og figur 3.3 kan nivå 1-løsninger utarbeides med grunnlag i dimensjoneringstabellene.

Lokalt tilpassede løsninger (Nivå 2)

Referanse [1] gir handlingsrom for tilpassing av lokale løsninger (nivå 2). Det blir gjort rede for hvordan dette handlingsrommet kan nyttes og hvem som har myndighet til å fravike krav, referanse [1] fig. 002.1.

Nærmere fastlagte funksjonskrav til ferdig veg, som for eksempel aksellast og kjørbarehet (jevnhet, spor) danner basis for alle alternative løsninger. Dette gjelder både standardløsninger i dimensjoneringstabellene og lokalt tilpassede løsninger. I tillegg kreves det at påregnelig ressursbehov for å opprettholde funksjonskravene gjennom vegens levetid, i grove trekk skal være kjent.

Mens løsningene i dimensjoneringstabellene i nivå 1 er forutsatt å være likeverdige når det gjelder framtidige behov for drifts- og vedlikeholdstiltak (noe som ikke alltid er tilfelle i virkeligheten), vil forutsetningene om likeverdige drifts- og vedlikeholdskostnader ikke være oppfylt for nivå «2c-løsninger». Sammenlikning av alternativer må i tillegg til byggekostnader også inkludere aktuelle kostnadsandeler knyttet opp til framtidige tiltak for å oppfylle funksjonskravene i vegens levetid.

Hvis tilgjengelige materialer har mangler i forhold til kravene, er det spørsmål om det finnes handlingsrom for utvidelse av bruksområdene i figur 3.1 og figur 3.2, eller til avvik fra verdiene i figur 3.3. Finnes det erfaringer og dokumentasjon for at andre lokale materialtyper kan nyttes? Finnes det erfaringer som godtgjør at standardiserte og andre materialtyper kan brukes ved større trafikk enn de grensene tabellen oppgir? Finnes det opplysninger om lokale materialer (lastfordelingskoeffisienter) som kan nyttes? Er det mulig å forbedre materialkvaliteten ved ytterligere prosessering etc.?

Etter gjennomgang av tilgjengelig opplysninger, erfaringsdata, materialundersøkelser etc. må resultatene sammenfattes. Konklusjonene kan for eksempel være:

- Det finnes tilgjengelige materialer som tilfredsstillt kravene i referanse [1], men som har en høyere/lavere lastfordelingskoeffisient enn

Relevant dokumentasjon må kombinere informasjon om:

- materialtyper/lagtykkelser
- testresultater
- trafikkbelastning
- reasfalteringsfrekvens/dekkekostnader

Slik dokumentasjon vil kunne finnes:

- som lokal erfaring fra eksisterende vegnett
- ved undersøkelse av lastfordelingskoeffisienter gjennom spesielle undersøkelser

det nivå 1 forutsetter. En kan da justere lagtykkelsene tilsvarende. (Nivå 2).

- Ikke-normerte materialtyper har gjennom modifisert korngradering eller andre tiltak fått dokumentert lastfordelingskoeffisienter på høyde med de som gjelder for dimensjonering etter nivå 1, og kan dermed benyttes på linje med dem. (Nivå 2a).
- Dokumenterte erfaringer fra mangeårig bruk av ikke-normerte lokale materialer viser funksjonsegenskaper og dekkelevetider med samme vedlikeholdsinnsett fullt på høyde med nivå 1-løsninger. De må derfor kunne aksepteres på linje med dem. (Nivå 2b).
- Dokumenterte erfaringer fra mangeårig bruk av ikke-normerte lokale materialer viser at for å opprettholde funksjonsegenskapene på samme nivå som ved nivå 1-løsninger, kreves en bestemt øket vedlikeholdsinnsett. (Nivå 2c).

3.4 Valg av løsning, kvalitet og økonomi

Hvilket av foreliggende alternative løsninger bør velges i et konkret tilfelle? Hva bør styre valg av løsning? Hvordan kan oppgaven å velge løses rent metodisk?

Valg mellom alternative løsninger vil kunne avgjøres på grunnlag av en sammenlikning av kostnader. Dette fordi dimensjoneringen som regel legger til grunn at alle løsninger skal oppfylle de samme funksjonskrav, både ved ferdigstillingen og under etterfølgende bruk. I tillegg til byggekostnader må en kjenne størrelsen på de framtidige kostnader knyttet til det å opprettholde fastsatt funksjonsstandard.

I de tilfeller det er kjent at vedlikeholdskostnadene er like store kan denne kostnadsdelen holdes utenfor ved sammenlikningen.

Ofta vil imidlertid de løsninger som skal sammenliknes, være ulike når det gjelder behov for tiltak gjennom konstruksjonens levetid. Noen av løsningene kan for eksempel være billigere enn standardløsningene i dimensjonerings-tabellene å bygge, men dyrere å vedlikeholde (hyppigere behov for dekkefornyelse).

Bygge- og aktuelle vedlikeholdskostnader kan summeres etter at vedlikeholdskostnadene er skrevet ned til nåverdi. Nåverdien av aktuelle framtidige kostnader beregnes etter formelen (3.1):

$$K_0 = \sum_0^N \frac{K_n}{(1+p)^n} \quad \text{eller} \quad K_0 = \sum_0^N K_0 \cdot C_n \quad (\text{Formel 3.1})$$

K_0 = Nåverdi av kostnader i årene 0 til N

N = antall år

K_n = kostnader i år n

p = kalkulasjonsrente i %

$C_n = \frac{1}{(1+p)^n}$ = nåverdifaktor

Nåverdien av framtidige årlige tilleggskostnader (K_n i formel 3.1) kan beregnes med støtte i tabell, figur 3.4. K_n blir da summen av produktene (nåverdifaktoren C_n og tilleggskostnad K_n) for alle aktuelle år. Dersom den årlige tilleggskostnaden er konstant, kan denne multipliseres med summen av aktuelle nåverdifaktorer, se eksempel 3.4.1.

År	Nåverdifaktor - C_n					
	Kalkulasjonsrente					
	4%	5%	6%	7%	8%	9%
1	0,9615	0,9523	0,9434	0,9345	0,9259	0,9174
2	0,9245	0,9070	0,8900	0,8734	0,8573	0,8416
3	0,8890	0,8638	0,8396	0,8163	0,7938	0,7721
4	0,8548	0,8227	0,7920	0,7629	0,7350	0,7084
5	0,8210	0,7835	0,7472	0,7129	0,6805	0,6499
6	0,7903	0,7462	0,7049	0,6663	0,6301	0,5962
7	0,7599	0,7106	0,6650	0,6227	0,5834	0,5470
8	0,7306	0,6768	0,6274	0,5820	0,5402	0,5018
9	0,7025	0,6446	0,5919	0,5439	0,5002	0,4604
10	0,6755	0,6139	0,5583	0,5083	0,4631	0,4224
11	0,6495	0,5846	0,5267	0,4750	0,4288	0,3875
12	0,6246	0,5568	0,4969	0,4440	0,3971	0,3555
13	0,6005	0,5303	0,4688	0,4149	0,3677	0,3261
14	0,5774	0,5050	0,4423	0,3878	0,3404	0,2992
15	0,5552	0,4810	0,4172	0,3624	0,3152	0,2745
16	0,5339	0,4581	0,3936	0,3387	0,2918	0,2518
17	0,5133	0,4363	0,3713	0,3165	0,2702	0,2310
18	0,4936	0,4155	0,3503	0,2958	0,2502	0,2119
19	0,4746	0,3957	0,3305	0,2765	0,2317	0,1944
20	0,4563	0,3768	0,3118	0,2584	0,2145	0,1784
21	0,4388	0,3589	0,2941	0,2415	0,1986	0,1637
22	0,4219	0,3418	0,2775	0,2257	0,1839	0,1501
23	0,4057	0,3255	0,2618	0,2109	0,1703	0,1377
24	0,3901	0,3100	0,2464	0,1971	0,1577	0,1269
25	0,3751	0,2953	0,2330	0,1842	0,1460	0,1159
30	0,3083	0,2313	0,1741	0,1313	0,0993	0,0753
35	0,2534	0,1812	0,1301	0,0936	0,0676	0,0489
40	0,2082	0,1420	0,0972	0,0667	0,0460	0,0318
50	0,1407	0,0872	0,0543	0,0339	0,0213	0,0134

Figur 3.4 Faktorer for diskontering til nåverdi

I tillegg til kostnader kan det være grunn til å ta inn ulike typer sidehensyn når valg av løsning skal avgjøres. Sidehensyn vil være «ulempes» og «fordeler» som ikke blir konkretisert som kostnader eller innsparinger.

Eksempler på slike typer sidehensyn:

- Miljømessige konsekvenser
- Ønske om en lokal standardisering rundt et fåtall løsninger. Det ligger

Om ikke annet er fastlagt, blir det foreslått å benytte formelen med valgt $p=7\%$. I de fleste tilfeller vil det være tilstrekkelig å avgrense beregninger av aktuelle tiltakskostnader til de første 25 år etter bygging.

Et alternativ vil også kunne være sammenlikninger der en inkluderer bruker-kostnaden i tillegg til vedlikeholds-kostnaden. En slik sammenlikning vil være aktuell i de tilfeller normale funksjonskrav blir fraveket. Slike særtilfeller vil betinge en individuell presisering av hvilke premisser som skal danne grunnlag for kostnadssammenlikninger.

fordeler ved dette som ikke kommer til uttrykk ved kostnadssammenlikningen.

- Ønske om å utprøve nye løsninger tilpasset lokale forhold. Manglende praktisk erfaring, utstyr mv. gjør at slike løsninger blir relativt kostbare sammenliknet med innarbeidede løsninger. En forventer betydelige fordeler seinere direkte og/eller indirekte (både kostnader og kompetanse).
- Lokale klimavariasjoner kan tilsi lokalt tilpassede løsninger. Eksempel: Lokal tendens til underkjøling av kjørebane/glatt kjørebane ved overgang fra høst til vinter. Dersom ekstra kostnader for å ivareta problemet ikke er trukket inn i kostnadssammenlikningen, vil alternative løsninger som reduserer problemet kunne være et viktig sidehensyn.
- Risikovurderinger/usikkerhet når det gjelder beregnede kostnader: Overslagene for enkelte alternativ er mer usikre enn andre.

3.4.1 Eksempel

Eksempelet gjelder valg mellom to typer bærelag til en konkret vegstrekning, figur 3.5.

Først må vi samle og dokumentere de opplysninger som inngår i dimensjoneringen:

1. Den konkrete vegstrekning med dimensjoneringsforutsetninger som vegklasse, trafikk, forutsatt framtidig aksellast etc. Vi velger i vårt eksempel en samleveg (S), se referanse [1]. Vegen skal dimensjoneres for 10 tonns aksellast og den dimensjonerende årsgjennomsnittstrafikken (ÅDT) er 1500.
2. Vi må sette opp tverrsnitt av framtidig vegoverbygning med
 - forsterkningslagstype, kvalitet, tykkelse
 - de aktuelle bærelag
 - framtidig vegdekke

I vårt eksempel oppfylder forsterkningslaget retningslinjenes krav.

Det er aktuelt å velge mellom bærelag: Alternativ A og B.

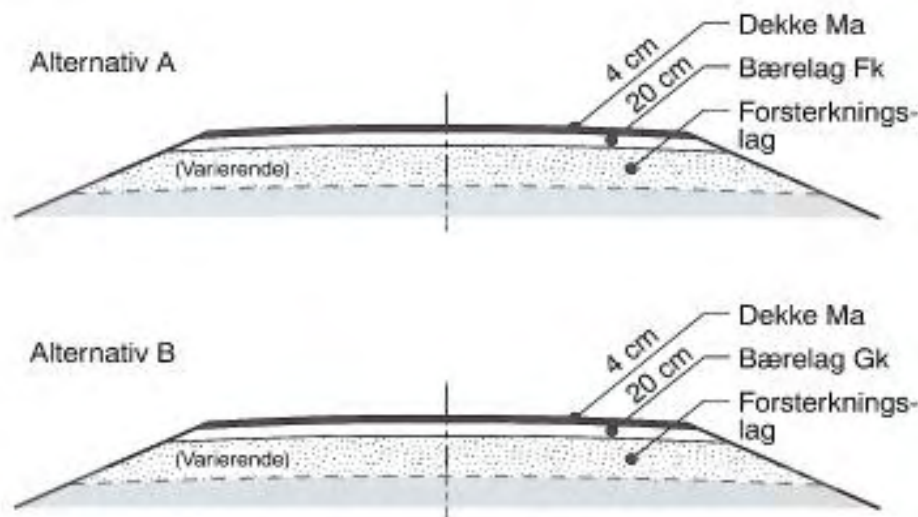
Alternativ A: Fk (knust fjell) som oppfylder alle kravene i retningslinjene. Kostnad 42,- kr/m².

Erfaring: Dekkefornyingsstakt 12 år.

Alternativ B: Gk (knust grus) som ikke oppfylder retningslinjenes krav, men med dokumenterte erfaringer som viser at funksjonskravene er oppfylt med 9 års dekkefornyingsstakt.

Kostnad 35,- kr/m².

Begge alternativ har samme type dekke: Mykasfalt (Ma) som koster kr. 450,- pr meter veg.

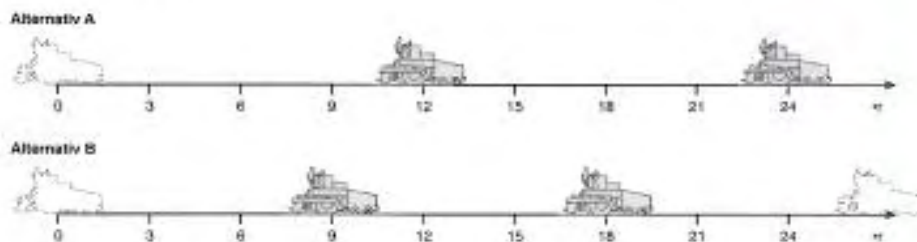


Figur 3.5 Eksempel - valg mellom alternative bærelag

- En økonomisk sammenlikning av alternativer forutsetter en beregning av **byggekostnader**. Hvor mye vil det koste å bygge respektive alternativ? Hva vil det koste å **opprettholde** vegstandarden, for eksempel ved dekkefornyning?

Ved beregning av byggekostnader foreslås at Statens vegvesen «Prosesskode-1, håndbok 025», referanse [6] eller tilsvarende blir lagt til grunn. Når alle aktuelle prosesser er identifisert, vil det være mulig å fastlegge hvilke av disse som må trekkes inn i sammenlikningen. Videre vil det være mulig å finne fram til hvordan disse prosessene skal kalkuleres. I vårt tilfelle, ved bruk av referanse [6], er kostnadene for **alternativ A** kalkulert til kr 357,- pr. lm veg og **alternativ B** til kr 298,- pr.lm veg.

- En sammenlikning av alternativer vil ofte betinge at også bestemte **vegholdskostnader** trekkes inn, sammen med byggekostnadene. I vårt tilfelle er vi nettopp i en situasjon som gjør dette nødvendig. Alternativ A forventes å måtte reasfalteres hvert 12. år, alternativ B hvert 9. år



Figur 3.6 Reasfalteringsfrekvens alternativ A og B over en periode på 25 år

	Alternativ A	Alternativ B
Byggekostnad, bærelag, kr pr lm	357,-	298,-
Kostnader (nåverdi) i reasfaltering over en periode på 25 år	$450(0,444+0,197) = 288,-$	$450(0,544+0,296) = 378,-$
Sum	645,-	676,-

Figur 3.7 Kostnadsberegninger for eksempelet

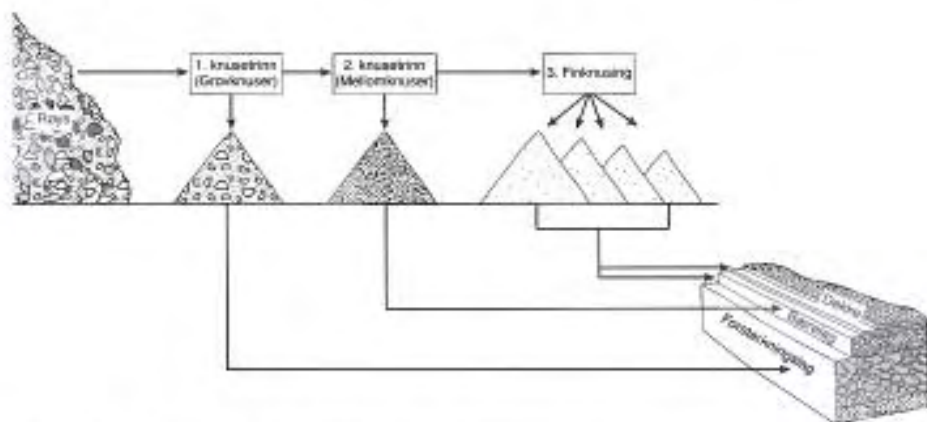
Nåverdi (med byggeåret som sammenlikningsår) av framtidige reasfalteringskostnader for alternativene A og B kan beregnes med støtte i figur 3.4. Restverdien av dekkene etter 25 år er ikke tatt med i sammenlikningen. I alternativ A trengs nytt dekke først 11 år etter det 25. året, mens alternativ B vil trenge nytt dekke allerede etter 2 år. Kostnadssammenlikningen i figur 3.7, som omfatter aktuelle byggekostnader og nåverdi av aktuelle framtidige vedlikeholdskostnader, viser at alternativ A er økonomisk det gunstigste alternativet.

Måten materialproduksjon, lagring og transport utføres på, vil være avgjørende for kvaliteten på produktene når de kommer fram til byggeplassen. En god økonomi ved gjennomføring av byggeoppgaver forutsetter et bevisst forhold til kvalitet. Riktig kvalitet er planlagt kvalitet, hverken bedre eller dårligere.

I dette kapittel omtales de kvalitetsegenskaper som påvirkes av produksjonsprosessene, forhold ved prosessene som virker inn på resultatene og tiltak som kan settes inn for å forbedre produktene. Når det gjelder en mer systematisk beskrivelse av aktuelle produksjonsprosesser vises til vedlegg 4.

4.1 Generelt

Kvaliteten og økonomien er avhengig av hvordan produksjonsprosessene styres. Små og lite kostnadskrevende tiltak kan ha stor innvirkning. Figur 4.1 viser en prinsippskisse av pukkverksprosessen ved framstilling av vegbygningmaterialer.



Figur 4.1 Framstilling av materialer til vegoverbygning

Teknisk forskrift under Plan- og bygningsloven fastlegger regler for godkjenning og kontroll som skal sikre forutsatt kvalitet på ferdig konstruksjon. Forskriften stiller bl.a. krav til produsentenes dokumentasjon av produktkvalitet og beskriver hvilke plikter og hvilket ansvar den enkelte produsent har som produsent og leverandør.

Produsenten skal sørge for at varens egenskaper er dokumentert før varen omsettes eller brukes i et byggverk. Slik dokumentasjon skal være tilgjengelig ved omsetning og bruk av produktet. Dokumentasjonen skal gjøre det mulig å identifisere varens egenskaper og opprinnelse.

Vedlegg 6 gjengir de opplysninger som kreves i et «bestillings-/dokumentasjonsskjema» med utgangspunkt i forskriftens krav til dokumentasjon av produktens kvalitetsegenskaper.

4.2 Åpning og drift av massetak

Det stilles krav om driftsplaner ved åpning av nye massetak, se punkt 2.1.2. Planen skal godkjennes av Bergvesenet. Bergvesenet har utarbeidet «Standardvilkår for drift av massetak. Krav til driftsplan – massetak i løsmasser/dagbruddsdrift/underjordisk drift», referanse [10].

Videre vises det til Statens vegvesen: «Planlegging av massetak, håndbok 178», referanse [9]. Håndboka omhandler i det vesentlige istandsetting og etterbruk av massetaksområder. Nyttig informasjon finnes også i «Vassdrags-håndboka, Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø», referanse [11].

4.2.1 Grustak

Hva er viktig ved drift av grustak?

Avdekking

Vegetasjon, jord mv. på toppen fjernes slik at en kommer ned til masser med forutsatt kvalitet. Avdekkingen må skje så godt ut til sidene fra uttaket at avdekkingsmasse ikke raser ned i taket. Steinrike morenemasser og tilsvarende kan benyttes til produksjon av knust bærelagsgrus (Gk) etter at overskudd av finstoff er frasortert, for eksempel ved vasking.

Sikkerhet og kvalitet

Det er viktig å legge opp driften i et grustak slik at en unngår ukontrollerte ras fra stoffen. Generelt bør forekomster angripes på tvers av lagretningen for å sikre kontrollerte ras og homogen råvare, men lokale forhold kan komme i konflikt med denne målsettingen. Stuffhøyden må tilpasses utstyr og lokale forhold.



Figur 4.2 Eksempel på lagdeling/driftsretning (T. Myrvang)

Til forsterkningslag kan grus ofte benyttes direkte slik den blir tatt ut fra stoffen, eller om nødvendig bare sorteres over en rist som fjerner overstørrelser.

Viktige krav til knust bærelagsgrus (Gk) er:

- Minimum andel knust materiale
- Maksimum andel finstoff

Det vises til kapittel 2, figur 2.5.

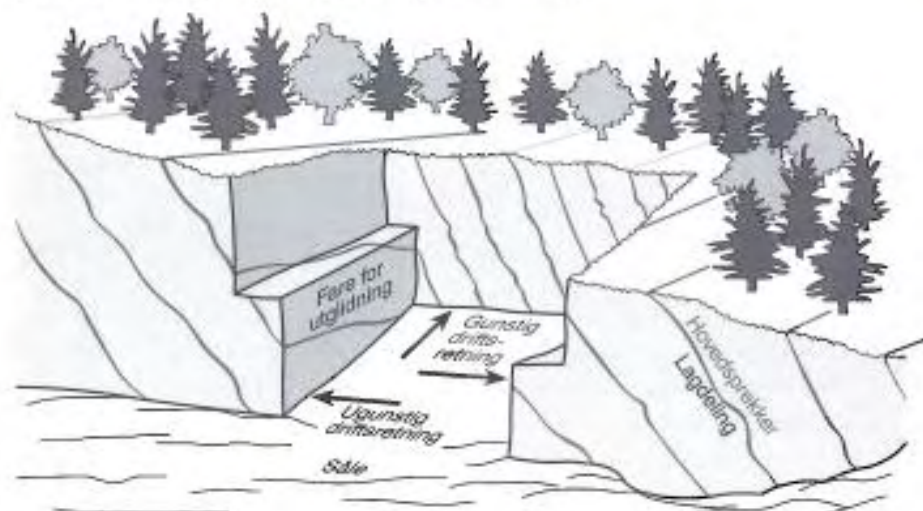
For å sikre nødvendig andel knust materiale, må uttaket legges opp slik at massen blir tilført nødvendig overstørrelse av stein for knusing. Krav til gradering og maksimalt finstoffinnhold kan for eksempel gjøre det nødvendig å frasortere sand- og siltlag i stoffen.

4.2.2 Massetak i fjell

Hvordan angripe stoffen i et fjelltak og hvilke hensyn bør styre arbeidsopplegget?

Hensyn til adkomst, støy mv. vil innvirke på hvordan et nytt fjelltak bør angripes. Under drift av taket er det viktig å legge opp arbeidet slik at sikkerheten blir ivaretatt og driftsøkonomi og materialkvalitet sikret. Vegetasjon, jord og forvitret fjell (dagfjell), skal ikke inngå i produksjonen og må fjernes.

Sikkerhet ivaretas ved å legge opp sprengning slik at sprengningsflaten (bakstoff) blir mest mulig stabil. Stabiliteten av sprengningsflaten er direkte avhengig av driftsretning. Driftsretningen må tilpasses sprekke mønsteret i fjellet, både av hensyn til sikkerhet og av hensyn til ønsket fragmentering. Figur 4.3 viser ugunstige og gunstige driftsretninger i oppsprukket fjell. Det er viktig å ha oppmerksomheten rettet mot mulige endringer i sprekke mønster og tilpasse driftsretningen til slike endringer. Overgangssonene kan være problematiske og krever spesiell oppmerksomhet.



Figur 4.3 Sprekke mønster og driftsretning i fjelltak

Ved at steinmaterialer har en viss mengde knuste flater, øker den indre friksjonen og det oppstår en større stabilitet.



Farlig fjellfot. (Per Dugstad)

Gunstig driftsretning går vesentlig på sikkerhet. Som regel har fjellet flere sprekke retninger eller sprekkegenerasjoner. Hver sprekkegenerasjon har ofte samme karakter mht. råtasone, leirfyllinger eller tynne sprekker (benkninger). Slike egenskaper ved fjellet har stor betydning både for fragmentering og stabilitet av stoffen.

Fjellkvaliteten vil ofte variere, spesielt innen store materialtak. Dette kan skyldes skiftende tykkelse av dagfjell og endringer i bergartstyper. Det er derfor vanlig med flere angrepspunkter for å tilpasse uttaket til de krav aktuelle produkter skal oppfylle.

Driftsretningen påvirker driftsøkonomien på flere måter. Med en stabil bakstufte spares rensk- og sikringskostnader, samtidig som en står friere ved valg av pallhøyde. En driftsretning som gir solvarme inn i stoffen reduserer ulempene og kostnader med frost.

Når det gjelder hensyn til sikkerhet og miljø ved arbeid i massetak, vises til «Arbeidstilsynets veiledninger», bestillingsnummer 111 og 112, referanse [12] og [13].

4.3 Utstyr til knusing og sikting

Kvalitet er dels knyttet til egenskapene i det råmateriale som nyttes, og dels et spørsmål om hvordan arbeidsprosessene utføres fram til ferdig produkt. Råmateriale og produksjonsopplegg må derfor ses i sammenheng. Er råmaterialet svakt sett i forhold til de produktkrav som skal nås, kan det være nødvendig med en skånsom og noe dyrere produksjonsprosess. Når råmaterialet er sterkt, er det lettere å tilfredsstille kvalitetskravene. Produksjonsprosessen kan da gjøres enklere og billigere.

Fjerning av primær- og sekundærsubbus fører til at en oppnår bedre kvalitet av materialene ved finknusing.

4.3.1 Valg av knuseutstyr

Hva bør styre valg av knuseutstyr?

Valget går både på spørsmål om type knuser og antall knusestrinn samt på spørsmål om et mobilt eller stasjonært anlegg.

Figur 4.4 gir et bilde av bruksområdene for de vanligste typer knusere. Her vil bl.a. styrken på råmaterialet, krav til sorteringer og produksjonskapasitet ha betydning.

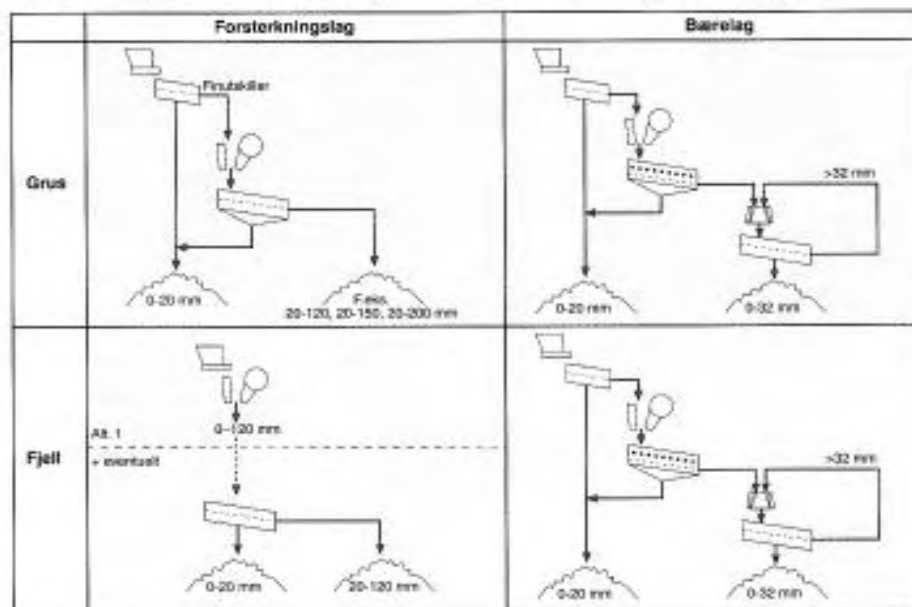
Knuser	Bruksområde					
	1.knusestrinn Vanlig reduksjonsforhold 3:1 (5:1) f.eks. inn 900 mm, ut 300 mm		2.knusestrinn Vanlig reduksjonsforhold 3:1 f.eks. inn 300 mm, ut 100 mm		Finknusing < 30 mm	
	Sterkt materiale > 800 m ³ /h	Svakt matr. < 800 m ³ /h	Sterkt matr.	Svakt matr.	Sterkt matr.	Svakt matr.
Kjølknuser	1	1	2			
Spindelknuser	(1)	2	2	1	2	
Konknuser				2	1	1 1
Slagknuser	3	3	1	3	1	
Sentrifugalknuser						1 1

Vurdering av egnethet: 1 = Best 2 = God 3 = Mulig (anbefales ikke)

Figur 4.4 Bruksområdene for knusere

Les mer om knusere i vedlegg 4.

Et mobilt verk (midlertidig produksjonsanlegg) vil kunne «skreddersys» for kravene til forsterknings- og bærelagsmasser. Anlegget blir da vesentlig enklere enn et stasjonært anlegg. Figur 4.5 gjengir alternative flytskjemaer for mobile anlegg. Les mer om stasjonære og mobile anlegg i vedlegg 4.



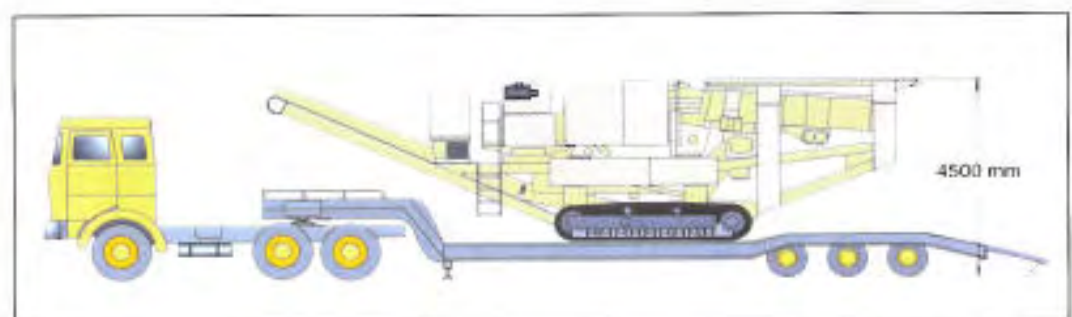
Figur 4.5 Flytskjema for framstilling av forsterkningslags- og bærelagsmasse i grustak og fjelltak

Bruk av mobilt knuseanlegg er aktuelt når brukbare råmaterialer er tilgjengelig på eller nær anlegget. Mobile anlegg med to knusestrinn betinger imidlertid relativt gode råmaterialer for at kvalitetskravene til bærelagsmasser skal kunne oppfylles. Spesielt ved knusing av forsterkningslagsmasser med behov for store volumer, vil mobile anlegg kunne gi store ressurs- og kostnadsmessige fordeler. Mobile knuseanlegg vil også kunne være konkurransedyktige i forhold til nærliggende stasjonære anlegg ved knusing av bærelagsmasser.



Mobilt anlegg med spesielt høy kapasitet. (Bjørn Ellert Eriksen)

Mobile anlegg har relativt lave transport- og riggekostnader. Dieseldrevne anlegg gjør det mulig å drive uavhengig av tilgang på elektrisk kraft.



Transport av mobilt verk. (Nordberg)

4.3.2 Valg av sikteutstyr

Hva bør styre valg av sikteutstyr?

Siktebehovet vil styre valget. Ved sikting av grus og pukk vil formålet kunne være:

1. Å tilrettelegge massen for videre bearbeiding (grosikting, for eksempel forsikting, primærsikting). Ved forsikting deler vi massen i to sorteringer, enten ved å sortere fra finstoff eller skille ut overstørrelse. Nøyaktigheten av skillegrensen kan være mindre viktig. I slike tilfeller vil holdbarhet av sikteduk og siktemaskiner stå sentralt.
2. Å sikre at knuserens kapasitet blir utnyttet samt å forbedre kornform og kvalitet av de knuste produktene. (Mellomsikting, for eksempel sikting i lukket krets i samband med knuseprosessen).
3. Å dele opp de knuste materialene i standard sorteringer. (Finsikting, for eksempel sorteringssikting, sluttsikting).

Type siktemaskin	Sikteoppgave (ca. fraksjonsområde i mm)			
	Grosikting > 100 mm	Mellomsikting 20-100 mm	0-50 mm	Finsikting < 30 mm
Konvensjonell, frittvingende, sirkulær	x	x	x	x
Konvensjonell, (horisontal), frittvingende, lineær	x ^o	x	x	x
Frittfallsikt, frittvingende, lineær	(x)	x	x	x

^o Kan benytte vibrasjonsmaterie med støvgaller

Figur 4.6 Bruksområde for ulike siktemaskiner

Sikteduken kan være spent direkte eller festet i lett utskiftbare moduler. Materialet i duken kan være stål, gummi eller plast. Valg av type sikteduk vil i første rekke være spørsmål om:

- Gradering av det materialet som skal siktes
- Separasjonsgrensen for siktingen
- Slitestykke av duken, økonomi
- Støy

Ved valg av sikteduk, er det vanlig å velge sikteduk med åpninger som er mellom 10% og 20% større enn den nominelle kornstørrelsen som definerer sorteringen. For å sikte for eksempel sorteringen 8-16 mm, velges sikteduk med maskeåpninger 9(10) og 18(20) mm.

Den nye CEN-standard prEN 13242, referanse [7], innfører nye krav til sikte- renhet for sorteringer. Standarden vil inn- føre kvalitetskategorier med forskjellige krav til mengder over- og understørrelser. Den strengeste kategorien blir litt streng- ere enn de krav som gjelder i dag, se ved- legg 6 figur V6.1 og V6.2. Det er viktig å ta med seg dette ved valg av siktemaskiner og sikteduk.

4.4 Produksjon

4.4.1 Boring og sprengning

Hvordan vil bormønster og sprengning påvirke produksjonskapasitet og materialkvalitet?

Økonomi og kvalitet er i første rekke knyttet til maksimal steinstørrelse og finstoffdannelse i røysa. Ved at maksimal steinstørrelse er tilpasset første knusestrinn, reduseres kostnader til kostbar pigging og spretting. Høyt innhold av finstoff i røysa kan være uttrykk for unødig hard sprengning, dvs. for mye eller for sterk konsentrasjon av sprengstoff. Hard sprengning gir dessuten riss og sprekker i materialet og derved redusert produktkvalitet. I praksis kan en til en viss grad styre fragmenteringen, forutsatt at egenskapene til fjell og sprengstoff er kjent. Normale pallhøyder med dagens laste- og transportutstyr er 12-18 meter.

Det er ofte nødvendig å prøve seg fram, både når det gjelder bormønster og valg av sprengstoff, for å finne fram til hva som gir det beste resultat.



Figur 4.7 Vellykket salve, god planlegging (Dyno)

Plassering og retning for hvert enkelt borhull står sentralt ved planlegging av sprengningsarbeider. Nøyaktighet i ansett, lengde og helling ved boring er en forutsetning for optimal plassering av sprengstoffet. Plasseringen vil virke inn på fragmentering og finstoffdannelse. Figur 4.7 viser foto av en vellykket salve.



Figur 4.8 Lite vellykket salve, sprengningsenergien resulterer i sprut (Dyno)

En lite vellykket salve, som vist på foto figur 4.8, kan skyldes geologiske forhold som oppsprekking, men kan også være et resultat av boravvik og overlading.

Ved store pallhøyder bør det nyttes teknisk utstyr som sikrer og kontrollerer bornøyaktigheten.

Et boravvik kan skyldes at ansettet for det enkelte borhull er feilplassert og/ eller at retningen av borstrengen blir en annen enn forutsatt. Flere forhold kan føre til at borstrengen bøyes av, men ofte har dette sammenheng med lagdeling og oppsprekking i fjellet. Omfanget av boravvik vil også være avhengig av boroperatørens måte å arbeide på. Dette gjelder både nøyaktighet av ansett og eventuelt for høyt matetrykk som presser boret i en feil retning. Spesielt i de øverste metrene og gjennom vanskelige slepper er det lett å få boravvik. Type borkrone og borstengenes stivhet virker også inn på hvor lett borstrengen bøyes av. Fjelllets lagdeling og oppsprekking vil kunne føre til avbøyning av borstengene som vist på figur 4.9.

Utvikling av nye borkroner og stenger som reduserer boravvik, har i dag høy prioritet. Det samme gjelder for utstyr som kan måle boravvik.



Figur 4.9 Mulige konsekvenser ved boring i lagdelt fjell

Borhull bør under slike forhold kontrolleres for mulig avvik før lading da avvik kan resultere i farlige utkast ved sprengning. Boravvik vil generelt påvirke fragmentering av røysa fordi sprengstoffet blir feilplassert.

Dette vil i neste omgang påvirke kapasitet og kostnader ved etterfølgende spretting og knusing. Boravvik øker dessuten faren for sprut og for gjenstående ujamm såle. Det siste gjelder spesielt for seige bergarter.

4.4.2 Utlasting, knusing og sikting

Hvilke forhold påvirker kvalitet og kapasitet i produksjonsprosessen?

Med en gitt utstyrsoppstilling for knusing og sikting, vil spesielt følgende forhold virke inn på kvalitet og kapasitet:

- Stor forskjell i gradering av tilført masse
- Variasjon i mengde tilført masse
- Varierende fuktforhold i tilført masse
- Riktig justert verk, gjelder både knusekammer og sikteduker
- Vedlikeholdstilstand av verket

Aktuelle tiltak

Når tilførte masser (røysa) blir for uensartet:

- Det viktigste er at lasteoperatøren laster slik at verket så langt mulig blir matet med et gjennomsnitt av materialet i røysa.
- Skjerpe kravene til boring/sprengning med det mål å sikre jevnt fragmentert røys som er tilpasset første knusetrinn.

Når tilført mengde materiale varierer for mye:

- Sikre at tilstrekkelig mengde sprengt masse er tilgjengelig.
- Sikre jevnest mulig tilførsel på første knusetrinn.
- Legge inn buffersilo etter første knusetrinn for å jevne ut variasjonene fra knusetrinnet, samt matesilo foran hvert knusetrinn.

Når fuktforhold i tilført masse varierer for mye:

- Tilføre vann under siktingen. Fuktighet i tilførte masser kan virke inn på kapasiteten for enkelttyper siktemaskiner, for eksempel frittfalls-sikt.
- Det er viktig at alle komponenter i et verk er tilpasset hverandre med hensyn til kapasitet og valgt knusekammer, avhengig av råmaterialet og produktkrav. Innstilling på de ulike enheter må endres tilpasset det aktuelle produktet.

Vedlikehold av verket:

- Etterjustering i knuseren må foretas i takt med slitasjen. Når slitasjen nærmer seg ca. 70% gjennomsliting av slitestålet, er det fornuftig å skifte sliteplater. Stor slitasje fører til redusert kvalitet. Dessuten reduseres knusekapasiteten.
- Sikter er utsatt for generell slitasje. Slitasjen fører gradvis til at produktet blir mer grovkornig. Jevnlige tilsyn, utbedring og om nødvendig utskifting, kan være avgjørende for produktkvaliteten.



(Per Dugstad)

Av miljøhensyn nyttes støvdempende midler (såpeløsninger). Dette kan føre til at finstoff binder seg til materialpartiklene (gir belegg). For visse bruksområder er dette uheldig, til dels uakseptabelt. Se «Jernbaneverkets tekniske regler», referanse [2] om belegg.

4.5 Separasjon og forurensning

Et hvert utgangsmateriale med en gitt korngradering og homogenitet, vil påvirkes av de arbeidsprosesser som inngår ved lagring og transport. Håndteringen av materialet vil endre materialsammensetningen. Materialet vil i større eller mindre grad bli utsatt for separasjon og forurensning ved innblanding av tilfeldige og uønskede masser for eksempel under opplasting fra lager.

Separasjon og forurensning må holdes under kontroll for å sikre at kravene til korngradering og finstoffinnhold er oppfylt ved levering.

Viktige spørsmål blir derfor:

- Hvorfor oppstår separasjon?
- Hvor oppstår separasjon og hva kan gjøres for å motvirke separasjon?

4.5.1 Generelt

Hva menes med separasjon og hvorfor oppstår separasjon?

Separasjon innebærer en redusert homogenitet. Ved transport og lagring oppstår separasjonen i første rekke ved arbeidsprosesser der massene kan rase fritt nedover en tipp eller en bratt skråning. Massene vil da «skille» seg fordi de største partiklene «ruller» lengst, samles i foten og lengst ut i fra tippunktet.

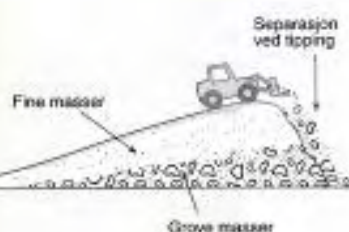
Hvorfor er det viktig å vektlegge forhold som påvirker separasjon?

Et av de viktige kvalitetskravene for materialer til ubundne bære- og forsterkningslag går på homogen korngradering. Ved levering skal materialet oppfylle bestemte krav til gradering.

I arbeidsprosesser fram til leveringsklart materiale, vil materialets korn-sammensetning kunne endres i større eller mindre grad gjennom separasjon. Ved å legge arbeidet opp slik at tendensen til separasjon er minst mulig, vil en kunne unngå kostnader med særskilte arbeidsprosesser for å sikre at kravene til korngradering og homogenitet blir oppfylt. Dersom separasjonen har kommet for langt må materialene siktes og blandes på nytt.

Hva skjer i den ferdige konstruksjonen dersom det bygges inn inhomogene materialer ?

Konsekvenser av en skadelig separasjon, dvs. at kravene til korngradering ikke lenger er oppfylt, er at den ferdige konstruksjon blir uensartet oppbygd, noe som etterhvert vil føre til ujevn overflate. Graderingen av materialene og dermed egenskapene til konstruksjonen vil variere lokalt. Lokale partier med mer enskornig gradering vil få økt porøsitet fordi det mangler materiale som kan fylle hulrommene mellom de grovere korn. Av samme grunn blir det færre kontaktpunkter mellom steinpartikler pr. volumenhet. Dermed øker faren for at trafikken skal kunne omlagre og knuse ned materialene i vedkommende lag. Laget vil heller ikke oppnå like høy tetthet og egenstabilitet som når materialene er velgraderte. Lagets evne til å fordele trafikklaster mot underliggende lag blir redusert, og sjansene for deformasjoner øker.



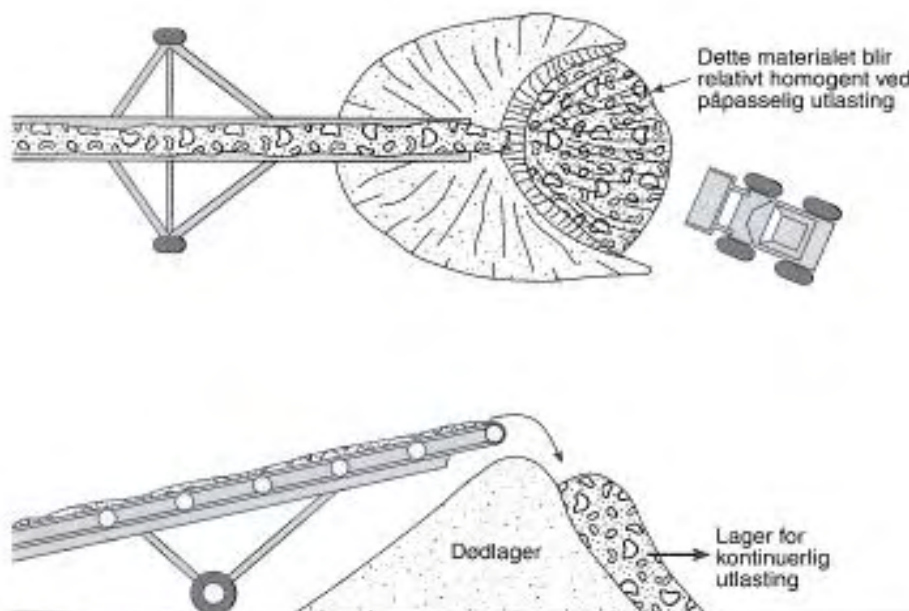
4.5.2 Separasjon ved produksjon og lagring

Hvor oppstår separasjon og hva kan gjøres for å redusere separasjonen?

Separasjon oppstår ved håndtering av alle masser som ikke er ensgradert. Materiale med sorteringer som for eksempel 11-16 mm er i liten grad utsatt for separasjon. Problemene oppstår ved håndtering av materialer med «lange» sorteringer for eksempel 0-32, 0-64, 22-120 mm.

I knuseverket

Separasjon av lange sorteringer under produksjonsprosessen oppstår for eksempel ved fall fra transportbånd og ned i haug. De største partiklene vil legge seg nederst/ytterst. Faren for separasjon og nedknusing er til stede allerede ved fall 4-5 meter. Omfanget av separasjonen motvirkes ved at massene tas unna etter hvert (unngår å bygge opp høye kjebler) og ved at det benyttes hjullaster med stor skuff slik at en i størst mulig grad får med hele graderingen i én og samme skuff. Figur 4.10 viser aktuelt arbeidsopplegg ved utlasting av haug under transportbånd.



Figur 4.10 Opplasting under transportbånd

I silo

Masser som det er kortvarig lagring på, legges ofte i ferdigvaresilo. Dette gjelder i hovedsak sorteringer med maksimalstørrelse opp til 32 mm. I siloer kan separasjon oppstå på ulike måter avhengig av massens sortering, fuktinnhold og tapping.

Utforming av siloen er avgjørende for å motvirke separasjon. Konsentrasjon av finstoff kan motvirkes ved vibrasjonsanlegg som forhindrer at dette fester



(Luftfartsverket)

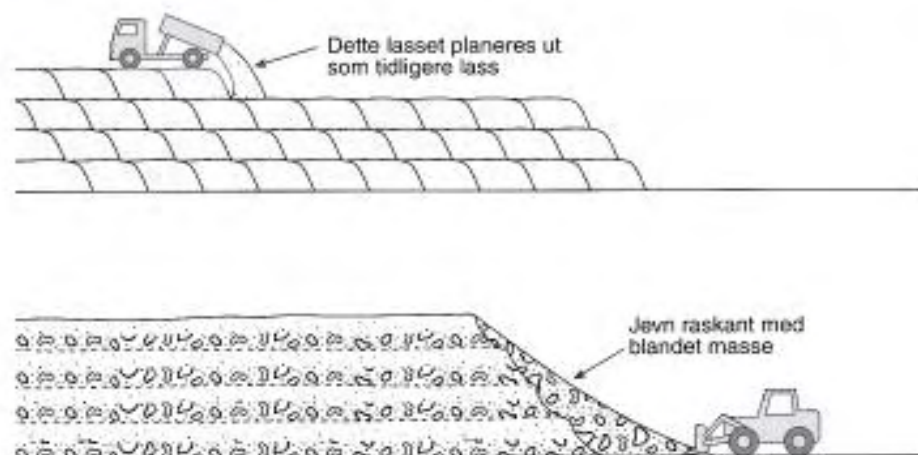
Eksempel fra taksebane C ved Bergen lufthavn, Flesland:
Taksebanen ble i 1991 rehabilitert med et 20 cm lag knust 22-120 mm og asfalt. Allerede etter 3 dagers trafikk oppstod det tydelige spor. Ved kontrollmåling med retttholt ble det registrert spor opp til 19 mm på flere partier. Oppgraving ble foretatt og årsaken var klar: Massen av 22-120 mm var sterkt separert. På flere plasser ble det registrert høyt hulrom, for eksempel kunne hele laget på strekninger være oppbygd bare av 120 mm pukk. Trafikken resulterte i en betydelig etterkomprimering. Manglende lastfordeling med stor stein i toppen førte dessuten til at dekket lokalt ble presset ned i konstruksjonen av trafikken. Ved fortsatte målinger i noen måneder ble det registrert at setningene stoppet opp på 20 – 25 mm. Etter ny reasfaltering, har dekket holdt seg.

seg til sidene og rundt utløpet. Dette er spesielt viktig når massene er fuktige og lett kleber til siloveggen.

I mellomlager

I mange tilfeller er det aktuelt å mellomlagre sorteringer på produksjonsstedet før utkjøring til byggeplassene. Både selve utformingen av lageret, måten det bygges opp på og framgangsmåte ved opplasting/utkjøring, kan være avgjørende for at krav til gradering skal bli oppfylt.

Utforming av lagerplassen har konsekvenser for kvalitet av leveranser og for økonomien ved produksjonen. Det er bl.a. viktig å utforme mellomlageret slik at en unngår innblanding av uønskede materialer. For å unngå dette må lagerplassen avrettes og avsluttes med en stabil overflate. Det kan være aktuelt å legge en membran (fiberduk e.l.) mellom lager og stedlige masser. Lageret bør plasseres og utformes slik at svinnet blir minst mulig. Videre er det viktig å sikre at planlagt lagvis uttak kan gjennomføres.



Figur 4.11 Mellomlagring – tiltak mot separasjon

Ved tipp i mellomlager kan separasjon oppstå tilsvarende som i «kjeglen» fra knuseverket. Omfanget av separasjonen reduseres ved en lagvis oppbygging som vist på figur 4.11. Separasjonen for knuste bærelagsmaterialer 0-32/0-64 mm blir som regel akseptabel dersom maksimal lagtykkelse ikke overstiger 2,0 meter. Lagtykkelsen må vurderes i hvert enkelt tilfelle avhengig av bl.a. fuktighet i massene.

Ved etterfølgende utlasting vil et lagvis uttak gi liten separasjon. Et annet, noe ugunstigere alternativ, kan være å laste ut hele lagoppbygningen under ett som vist på figur 4.11.

Dersom lagerhaugen inneholder kornstørrelser mindre enn 4 mm, vil vanning før utlasting motvirke separasjon. Ved uttak fra mellomlager om vinteren, må det sikres at massene som kjøres ut ikke inneholder is eller snø som kan bli bygget inn i konstruksjonene.

Ved prøvetaking av ferdigvarer er det viktig å ta hensyn til separasjonen ved å ta ut prøver på forskjellige steder og blande enkeltprøvene for å få fram en representativ prøve, se vedlegg 5, prøvetaking av tilslag.

4.5.3 Separasjon ved transport

Hvilke konsekvenser kan transport ha for kvalitet av materialer, hvilke tiltak er nødvendige?

På lastebil

Opplasting og transport vil utsette materialene for en viss nedknusing og separasjon, og andelen finstoff øker. De svakeste hjørnene og de steiner som har riss, vil bli avslipt/knust. Dette er en prosess som vil fortsette i enda sterkere grad under etterfølgende utlegging og komprimering. I den grad slike prosesser framskynder nedknusing som trafikken ellers ville forårsake senere, er de ønskelige og ikke skadelige.

Når det gjelder velgraderte bærelagsmasser, for eksempel 0-32 mm og 0-64 mm med en relativ høy andel finstoff, er det spesielt viktig å motvirke separasjonen. Slike masser bør om nødvendig vannes før opplasting og transport.

Det overordnede kravet mht. andel finstoff, gjelder materiale i ferdig veg/flyplass/jernbane. Andelen finstoff ved produksjon, må settes så lavt at det er plass til den økning opplasting/transport og spesielt utlegging/komprimering vil forårsake, innenfor gjeldende krav. Problemet må ses i sammenheng, både med kvaliteten av steinmaterialene (hvor lett materialet knuses ned), hvordan materialproduksjonen blir utført og hvordan etterfølgende prosesser blir lagt opp. Alle arbeidsoperasjoner fra materialene blir produsert til ferdig produkt/konstruksjon innebærer fare for separasjon og nedknusing.

Båttransport

Ved båttransport er det viktig å tenke kvalitet ved levering. Faren for separasjon er meget stor både ved lasting og lossing, og det er nødvendig med spesielle prosedyrer for å motvirke denne. For eksempel ved lasting fra bånd, må massene fordeles kontinuerlig til båtens rom.



Lagvis oppbygd lager.
(Luftfartsverket)

Økning av finstoff er ugunstig

Referanse [1], figur 520.2 og 520.3 stiller krav om maksimalverdier for finstoffandel henholdsvis 1% og 2% lavere ved produksjon enn til det som er krav for ferdig veg. Dette er knyttet til erfaringer med mekanisk gode steinmaterialer sammen med gode arbeidsopplegg. Svakt steinmateriale og «dårlig» arbeidsopplegg kan gi vesentlig mer enn 2% økning. Dette må en ta hensyn til ved bestilling.

Nedknusningsmotstand kan øke

Eksempel på registrert virkning av opplasting/transport: Ved bygging av forsøksfelt på Gardermoen lufthavn i 1995 ble Los Angeles-verdi målt på 0-32 mm materialet tatt ut fra pukkverket. Det ble tatt nye prøver da massen ble tippet på feltet. Los Angeles-verdiene ble altså målt før og etter innbygging, henholdsvis til verdiene 27 og 24. Dvs. bedre masse etter transport – svake hjørner var slitt vekk.



(BMH Kelve AB)

Kapittel 4



I dette kapittel behandler vi utlegging og komprimering av sand, grus og ulike typer knuste grus- og steinmaterialer med egenskaper tilpasset forskjellige bruksområder.

5.1 Generelt

Hva må vi passe på ved utlegging og komprimering for å sikre at ferdig konstruksjon oppnår planlagt kvalitet?

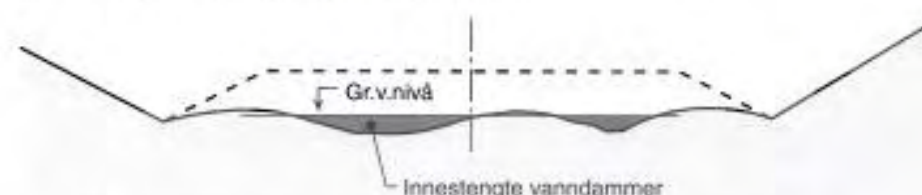
Dette må vurderes i hvert tilfelle med utgangspunkt i de funksjonskrav som skal oppfylles, avhengig av de materialer som skal nyttes og av lokale forhold (grunnforhold, grunnvannsnivå/vannavrenning og plassforhold). I praksis er det ofte slik at flere funksjonskrav skal oppfylles samtidig. Spørsmål om hva som er viktig, bør vurderes for funksjonskravene enkeltvis:

- Dersom lastspredning og stabilitetskrav er målet - hva er kritisk under utlegging og komprimering?
- Dersom dreneringskrav er hovedmålet - hva er kritisk, hva kan redusere eller ødelegge en forutsatt drenerende virkning?
- Dersom målet er å unngå innvasking/inntrenging av masser fra grunnen inn i en åpen konstruksjon, for eksempel av pukk, hva kan svekke eller ødelegge denne målsetting?
- Dersom målet er å hindre frostskafer/telehiving - hva er kritisk under utlegging og komprimering?

Kritiske forhold kan være geometrisk nøyaktighet, forveksling mellom materialer tiltenkt ulike formål, at materialer blir blandet vilkårlig sammen, separasjon eller nedknusing og utilstrekkelig komprimering.

5.2 Utlegging

Hvilken betydning har jevnhet på det underlag som vi skal fylle knuste steinmaterialer oppå?



Figur 5.1 Tverrprofil veg, virkning av ujevn undergrunn/underbygning

Ujevnhet (avvik fra planlagt teoretisk nivå) har betydning for:

- Tykkelsen av overliggende lag: Er tykkelsen av dette laget viktig må ikke underlaget komme høyere enn forutsatt.
- Dreneringen: Ujevnhet kan resultere i innestengte vanddammer som igjen kan føre til redusert bæreevne og ujevne telehivinger.

Måten utlegging og komprimering utføres på, avgjør om planlagte konstruksjoner oppnår forutsatte egenskaper. Gode og dyre materialer hjelper lite dersom arbeidet med utlegging og komprimering blir utført på feil måte.



Utlegging, komprimering. (Statens vegvesen)



(Statens vegvesen)

- Påvirker bæreevne: Blir et overliggende lag av ensgradert pukk som avbindes i toppen for tykt (mer enn 2 x maks. steinstørrelse), vil laget ikke oppnå forutsatt stabilitet.
- Påvirker kostnader/materialforbruk: Vi betaler for midlere lagtykkelse, men verdien og nytten tilsvarer som regel minste tykkelse.

Hvilken betydning har lav fasthet/lokal oppbløting av byggegrunnen for utfylling av første lag? Hvordan takle eventuelle problemer?

Utlegging på bløt grunn kan lett resultere i lokale deformasjoner. Konsekvensene blir de samme som når traubunnen ikke blir planert med tilstrekkelig jevnhet og sidefall. I verste fall kan det oppstå brudd under utplaneringen med sammenblanding av masser i undergrunnen og tilførte materialer.

I noen tilfeller kan bæreevnen i trauet være så lav at en videre lagvis oppfylling kan synes umulig. Traubunnen må da forsterkes på en eller annen måte før den lagvise oppbyggingen kan starte. Se «Vegbygging, håndbok 018», referanse [1] 522.3. I de aller fleste tilfeller kan problemene med bløt undergrunn takles ved et tilpasset arbeidsopplegg. De mest aktuelle tiltak er:

- Kjøre ut første lag av tilførte materialer i en tykkelse som er tilpasset det transport- og planeringsutstyr som nyttes. Målet er å sikre tilstrekkelig lastspredning slik at traubunnen/underbygningen ikke blir overbelastet.
- Benytte anleggsutstyr med lavt marktrykk, spesielt under utplaneringen. Lavt marktrykk betyr reduserte påkjenninger og reduserte krav til lastspredning over bløt grunn. (Veghøvler har vanligvis høye marktrykk, - bulldosere kan ha svært lave marktrykk).

Se også «Veg på bløt grunn, grunnforsterkning, håndbok 188», referanse [14].

Hvorfor bygges et fundament som regel opp lagvis med flere typer materialer (filterlag, forsterkningslag, bærelag) - med bare ett lag ville alt bli enklere ?

Kravene til overbygningen varierer sterkt fra topp til bunn. Det er behov for materialer med ulike egenskaper, se også kapittel 2.4 og vedlegg 3.

- I bunnen av fundamentet er det ofte behov for et filterlag. Påkjenningen på dette nivået er liten.
- I toppen av fundamentet er påkjenningene store, det kreves materialer som er stabile og bestandige for store påkjenninger.

En lagvis oppbygging bidrar til å sikre homogenitet, jevnhet og tilstrekkelig komprimering.

En lagvis oppbygging øker mulighetene for å benytte lokale materialer og sikrer en bedre utnyttelse av høyverdige steinmaterialer.

Stabiliteten i bærelag av ensgraderte materialer som forkilt pukk (Fp), oppnås ved en låsing/forkiling i topp og bunn av laget. Dersom lagtykkelsen overstiger det dobbelte av maks. steinstørrelse mister laget stabiliteten.

Hvordan tippe tilførte overbygningsmaterialer ?

Tipping er starten på utleggingen. Skadelig separasjon er hovedproblemet ved tipping. Velgraderte materialer som for eksempel sorteringer 0-32 og 0-120 mm er mest utsatt for separasjon. Ensgraderte materialer, for eksempel 8-16 mm og 16-32 mm, er mindre utsatt.

Tendensen til separasjon reduseres ved at «transportlengden» under utleggingen gjøres så kort som mulig (materialene plasseres så langt mulig der de skal ligge). Forslag til praktisk opplegg:

Forsterkningslag:

- Materialer med gradering tilsvarende 0-120 mm tippes inne på avplanert flate og doses fram med full bredde. Finstoffet vil da være med å stabilisere toppen på det laget vi legger ut. Materialene bør være «jordfuktige» ved uttipping. Tørre materialer bør vannes for å redusere separasjonen.

Bærelag:

- Utlegger anbefales. Velgraderte materialer bør være jordfuktige.
- Materialer med gradering tilsvarende 0-32 mm kan «dras ut» i tilnærmet riktig tykkelse - ferdig komprimert - ved tipping fra bil med strølem. Materialer på bilen må være fuktige. Legges materialene ut i flere parallelle striper, er tendensen til separasjon særlig stor i de langsgående skjøtene.

Hvor viktig er det å motvirke separasjon og hvordan gjøres dette?

Separasjon er først og fremst skadelig ved at stabiliteten av materialene forringes og ved at planlagte, filtrerende egenskaper blir borte. Et lag av for eksempel 0-120 mm får etter separasjon en ujevn og redusert lastfordelende evne. En separasjon som konsentrerer finstoffet, kan føre til lokal mangelfull bæreevne, se også referanse [1] figur 522.2. En annen virkning kan bli en uheldig infisering av stedlige masser fordi separasjonen fører til at laget stedvis vil bli åpent og mister filtrerende egenskaper.

Tiltak for å motvirke separasjon:

- Vanne massene i lagerhaugen
- Minst mulig bearbeiding av massene under utleggingen
- Lav hastighet på transportutstyr som kjører på avplanert flate

Se også kapittel 4.5.



(KPG-prosjektet)



Doser med utlegger.
(Statens vegvesen)

For den som utfører jobben og sitter igjen med en overflate som ikke oppfyller krav til jevnhet, kan det være nærliggende å foreslå at ujevnhetene «tas» inn i neste lag. Løsningen bryter med retningslinjenes intensjoner og krav til jevnhet for de enkelte lag i overbygningen, og er generelt ikke å anbefale. Kvaliteten vil ofte bli dårligere og prisen som regel høyere. Spørsmålet kommer ofte opp når underlaget for det første asfaltlaget er for ujevnt. Opprettingen kan utføres med asfalt, forutsatt at dette skjer ved et separat lag, og ikke på bekostning av tykkelsen på overliggende lag.

Hvilke typer utstyr er egnet for utlegging?

Figur 5.2 viser aktuelt utstyr ved utplanering av ulike lag i overbygningen.

Utlegging av :	Valg av utstyr	
	Best egnet	Kan også brukes
Filterlag, sand- og grusfraksjoner	Doser (Hovel på fast underlag)	Hovel, beltegående frontlaster m.v.
Forsterkningslag, sand, grus, pukk	Doser evnt. doser med utlegger	Som filterlag
Forsterkningslag, pukk, kult	Doser med utlegger	Doser, beltegående frontlaster
Forsterkningslag, sprengt stein	Doser	Beltegående frontlaster, gravemaskin
Bærelag, gradert (Gk, Fk)	Utlegger	Lastebil med spredder samt hovel
Bærelag, ensgradert (pukk)	Utlegger	Lastebil med spredder samt hovel

Figur 5.2 Valg av utstyr for utlegging av lag i overbygningen

Hvordan kan vi redusere behovet for oppretting i øvre lag av overbygningen?

Behovet for opprettinger blir mindre dersom vi:

- Sørger for at underlaget (traubunnen) oppfyller normalkrav til jevnhet før lagoppbyggingen starter.
- På forhånd klarlegger hvor mye det enkelte lag «minker» ved komprimeringen (kjenner nødvendig overhøyde ved utlegging).
- Forvisser oss om at det utstyret som skal benyttes er i god stand.
- Sikrer at geometriske anvisninger (stikning/høyder) er riktige.
- Fastlegger arbeidsopplegget med klart definerte kvalitetsmål i samråd med utførende. Om mulig velge maskinfører som har praktiske erfaringer fra tilsvarende arbeider.

Hvordan kan en på enkleste og billigste måte justere opp ujevnheter som har blitt for store?

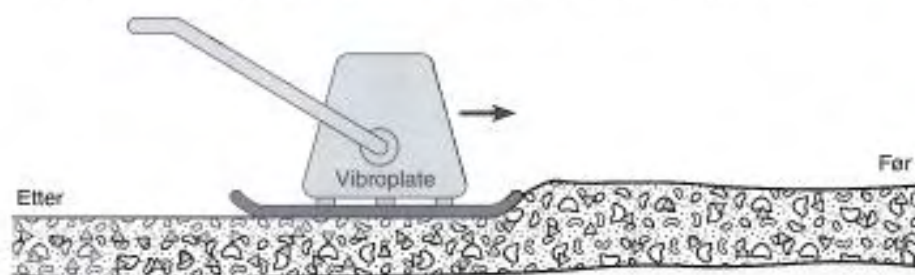
- Lag av knuste steinmaterialer kan som regel rives opp i overflaten og etterplaneres. Hele overflaten bør i tilfelle rives opp, eventuelt med tilføring eller fjerning av materialer avhengig av om nivået generelt ligger for lavt eller for høyt.
- Når det gjelder grovfraksjonerte materialer som for eksempel knust 0-120 mm, kan det være økonomisk lønnsomt å avgrense opprivingen bare til de områdene som ligger for høyt og rette opp alle svanker med et mer egnet finkornig materiale. Et materiale er egnet dersom det:
 - a) er tilstrekkelig finkornig for de svankene som skal rettes opp, men
 - b) ikke så finkornig at masser forsvinner ned i underliggende lag ved planering og komprimering og
 - c) har tilsvarende stabilitetsegenskaper som underliggende lag

- Det kan være vanskelig å planere sprengt stein innenfor de grenser for høydeavvik som gjelder for forsterkningslag. Behov for tiltak og valg av tiltak bør klarlegges i planleggingsfasen. Løsningen kan være å legge inn ett eget avrettingslag. Materialene her må oppfylle de krav som stilles til forsterkningslag (kommentarer over) og må tilpasses aktuelt bærelag. Det vises til referanse [1] 522.2.

Bruk av «subbus» til oppretting kan arbeidsmessig synes fordelaktig, men som regel er løsningen ikke akseptabel av hensyn til punktene b) og c).

5.3 Komprimering

Hvorfor komprimere og hva skjer under komprimering?



Figur 5.3 Virkning av komprimering

Ved komprimering omlagres enkeltsteiner til en tettere innbyrdes lagring på bekostning av hulrom, se figur 5.3. En tettere lagring fører til at laget samlet får økt lastfordelende evne og blir mer motstandsdyktig mot videre omlagring og deformasjoner, for eksempel pga. biltrafikk.

Hva er egnet komprimeringsutstyr - er det nok med én type valse på anlegget?

I de fleste tilfeller vil det ikke være nok med én type komprimeringsutstyr på et anlegg.

I grøfter har vi behov for utstyr som kan betjenes manuelt, f.eks. vibroplater og små valser. På store flater vil gradering, lagtykkelse og komprimeringskrav variere. Utstyr må velges tilpasset de materialene som skal komprimeres og lagtykkelser. Egenskaper ved underliggende lag vil også kunne virke inn.

Når det gjelder egnet utstyr for komprimering av ubundne steinmaterialer i overbygningslag vises til referanse [1] figur 521.4, 522.3, 523.6 og 523.8. Figur 5.4 gjengir en veiledning for valg av komprimeringsutstyr.

Komprimeringsutstyr			Knust grus og knust fjell	
Valsestype	Total vekt (tonn)	Statisk lineær vekt (kg/cm)	Lagtykkelse (mm)	Min. antall overfarer
Vibrerende slepevals	3-5	15-25	200	5
			300	7
	5-8	25-35	200	4
			300	6
	> 8	> 35	200	3
300			5	
Selvgående vibrovals	6-8	15-25	200	5
			300	7
	8-10	25-35	200	4
			300	6
	10-13	35-45	200	4
300			6	
Tandemvals	2-4	(15-25)x2	200	7
			300	10
	4-8	(15-25)x2	200	5
			300	7
	8-13	(25-35)x2	200	4
300			5	

Figur 5.4 Veiledning for valg av komprimeringsutstyr og antall overfarer, se referanse [1] figur 5.23.6.

Valg av utstyr må tilpasses de lokale forhold. Antall overfarer styres av krav til komprimeringen.

Når undergrunnen er bløt eller består av sensitive leirige og siltige masser, må det velges utstyr med begrenset dybdevirkning. Tungt og dyptvirkende komprimeringsutstyr vil i slike tilfeller kunne redusere fastheten (bygge opp poreovertrykk) i undergrunnen, noe som kan resultere i at hele oppbygningen blir «gyngende». Bære- og forsterkningslag vil da ikke la seg pakke. Komprimeringen kan først tas opp igjen når undergrunnen har gjenvunnet fasthet (ett døgn eller mer).

Tungt utstyr med høy statisk lineær vekt (> 35 kg/cm) sammen med høy amplitude har stor dybdeeffekt.

Enkelte materialtyper «tar komprimering», andre ikke, - hvorfor?

Når materialene «tar komprimering», omlagres enkeltkorn til en tettere lagring. Overflaten setter seg og blir mer bæredyktig. Dersom materialene ikke «tar komprimering» mislykkes omlagringen til tettere lagring. Det valgte komprimeringsutstyr er uegnet. Årsakene kan være flere, men oftest er utstyret for tungt eller slår for hardt i forhold til bæreevnen i det laget som det komprimeres på eller i forhold til underliggende lag. Komprimeringen resulterer i en omlagring med bruddkarakter.

Motforholdsregler vil som regel være å velge et lettere utstyr, benytte vibrasjonsvalser som har mindre dybdeeffekt, benytte vibrasjonsplater i stedet for vibrasjonsvalser, eventuelt kjøre uten vibrasjon de første og de siste overfartene.

Som det framgår av vedlegg 7, er effekten av komprimering, målt som volumreduksjon eller redusert porevolum, forskjellig for velgraderte og ensgraderte sorteringer.

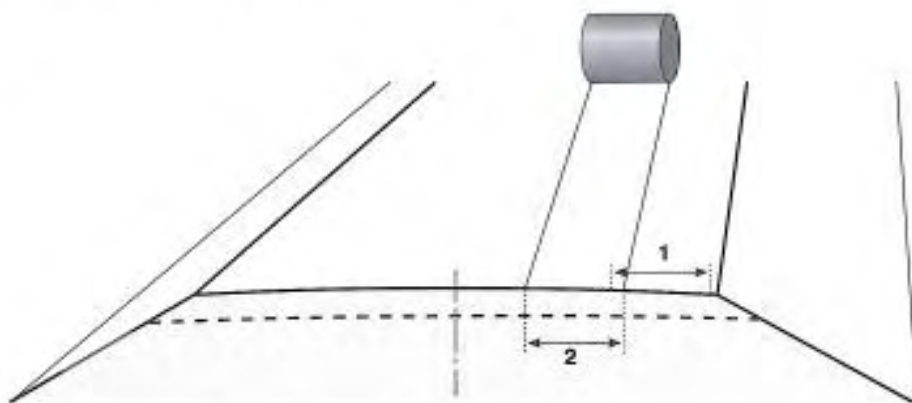
Når er det nødvendig å vanne, og hvorfor?

I knuste steinmaterialer har de enkelte korn skarpe hjørner. Ved komprimering, når enkeltkorn skal omlagres innbyrdes, må friksjonen mellom de skarpe kantene overvinnes. Vann virker her som et smøremiddel og reduserer behovet for energi for å overvinne friksjonen. Særlig ved vibrerende komprimering vil selv små mengder av vann virke effektivt. Virkningen av vann er lett synlig ved vibrerende komprimering av betong.

Bruk av vann er et hjelpemiddel til å oppfylle et gitt krav til komprimeringsgrad. Behovet er derfor både avhengig av komprimeringskravet, hvor effektivt komprimeringsutstyret er og hvor tunge massene er å komprimere. Vanning kan redusere komprimeringsarbeidet og kostnadene. Redusert komprimeringsarbeid reduserer dessuten risikoen for skadelig nedknusing. Vanning er spesielt aktuelt ved komprimering av godt graderte materialer (0-32, 0-63 mm mv.) som inneholder en del finstoff. Hensynet til mulig separasjon under lasting, tipping/utplanering, tilsier vanning på lager. Som regel er det nødvendig å øke vanninnholdet i massene ytterligere under komprimeringen.

Hvor bør komprimeringen starte og hvilket kjøremønster bør nyttes?

Effekten blir best når komprimeringsflaten har en viss «sideinnspenning». Ved komprimering på toppen av et fyllingsprofil «gir massene etter» ut mot fyllingssiden. Starter komprimeringen med en overfart langs yttersiden, som vist på figur 5.5, vil den neste overfarten innenfor få en viss sidestøtte og komprimeringseffekten bedres. Starter komprimering med overfart midt inne på fyllingen, vil etterfølgende parallelle overfarter få en «myk side» mot sidebegrensningene som resulterer i mer ujevn komprimering og en mer omfattende sidevegs forskyvning av overbyggningsmaterialer.



Figur 5.5 Rekkefølge ved komprimering

Komprimeringen skal alltid starte i ytterkantene av den aktuelle flate, med parallelle overfarter og med 10-20 cm overlapping mellom overfartene.



Vanning og komprimering av bærelag - 1909 (Statens vegvesen)



(KPG-prosjektet)

Enkelte komprimeringsmaskiner er utstyrt med responsglvere. Responsregistreringer gir informasjon om lokale variasjoner og et relativt bilde av hvilken virkning antall overførter har.

Hvordan fastlegge om komprimeringen er god nok?

For å sikre tilsiktet stabilitet, settes det krav til komprimeringen. Det vises til referanse [1] 521.23, 522.4, 523.113 og 523.123 med krav til komprimering av filter-, forsterknings- og bærelag. Sammen med kravene er det gitt regler for hvordan komprimeringsgraden skal måles, se vedlegg 5.

Krav til komprimeringsgrad for graderte materialer av sand, grus, Gk og Fk er satt som en prosent tørr densitet av den som oppnås på samme materiale med et fast definert komprimeringsarbeid (Modifisert Proctor). Kravet kontrolleres ved måling av densitet. For materialer grovere enn 63 mm (pukk, kult og sprengt stein), kan komprimeringsbehovet fastlegges på grunnlag av en prøvekomprimering. Det kreves et antall overførter inntil siste overfart gir en setning (deformasjon) mindre enn 10 % av sum setning fra komprimeringen starter, se referanse [1] 522.4. For Fp er det satt minimum og maksimum krav til antall overførter av egnet utstyr, se referanse [1] figur 523.8.

Er det skadelig å komprimere «for mye»?

Dersom komprimering fortsetter etter at fastlagte krav er oppfylt, er resultatet i beste fall unødvendige komprimeringskostnader.

Ved komprimering gis steinmaterialene en hardhendt mekanisk behandling som kan forringe kvaliteten. De negative følgene av komprimering er unødvendig oppsprekking og nedknusing av steinmaterialet og produksjon av finstoff. Unødvendig oppsprekking reduserer evnen til å tåle framtidige påkjenninger. Nedknusingen endrer materialenes korngradering, noe som kan redusere stabilitetsegenskapene. Spesielt skadelig er en omfattende produksjon av finstoff. Mengden av finstoff kan bli så stor at materialene får plastiske egenskaper. Spesielt for mekanisk svake materialer som alt i utgangspunktet inneholder mye finstoff, er det viktig å unngå overkomprimering. Det er svært viktig å overholde retningslinjenes krav når det gjelder andel finstoff. Bruk av vann reduserer behovet for komprimering.

Hvordan bør utlegging og komprimering over isolasjonsplater utføres?

For å unngå skader på platene under utkjøring/utplanering må lagtykkelsen tilpasses transport- og planeringsutstyret. Valg av komprimeringsutstyr må tilpasses lagtykkelsen over platene. Tynne lag (<30 cm tykkelse) kan komprimeres med lett utstyr, gjerne platevibratører.

Referanser

- [1] Statens vegvesen, «Vegbygging, håndbok 018», Vegdirektoratet/1999, ISBN 82-7207-474-5
- [2] Jernbaneverket, «Jernbaneverkets tekniske regler»
 - JD 520 Underbygning - Prosjektering og bygging
 - JD 522 Underbygning - Regler for vedlikehold
 - JD 530 Overbygning - Prosjektering
 - JD 531 Overbygning - Bygging
 - JD 532 Overbygning - Vedlikehold
- [3] Statens vegvesen, «Laboratorieundersøkelser, håndbok 014», Vegdirektoratet/1997, ISBN 82-7207-451-6
- [4] Statens vegvesen, «Feltundersøkelser, håndbok 015», Vegdirektoratet/1997, ISBN 82-7207-439-7
- [5] Sætersdal, R. m.fl., «Sikring mot teleskader», Utvalget Frost i jord/1976, ISBN 82-007-3
- [6] Statens vegvesen, «Prosesskode – 1, håndbok 025», Vegdirektoratet/1994, ISBN 82-7207-355-2
- [7] Norges Byggstandardiseringsråd, prEN 13242, «Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction» (høringsutgave)
- [8] Norges Byggstandardiseringsråd, prEN 13285, «Unbound mixture – specifications» (høringsutgave)
- [9] Statens vegvesen, «Planlegging av massetak, håndbok 178», Vegdirektoratet/1994, ISBN 82-7207-451-6
- [10] Bergvesenet, «Standardvilkår for drift av massetak. Krav til driftsplan- massetak i løsmasser/ dagbruksdrift/underjordsdrift» (Trondheim august 1999)
- [11] Sæterbø E. m.fl., «Vassdragshåndboka, Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø», Tapir/1998, ISBN 82-519-1290-3
- [12] Arbeidstilsynet, «Veiledning nr 111»
- [13] Arbeidstilsynet, «Veiledning nr 112»
- [14] Statens vegvesen, «Veg på bløt grunn, grunnforsterkning, håndbok 188», Vegdirektoratet/1995
- [15] Neeb, P.-R. m.fl., «Byggeråstoffer. Kartlegging, undersøkelse og bruk», Tapir Forlag/1992, ISBN 82-519-1122-2
- [16] Miljøverndepartementet, «Mineralske lausmasser», rundskriv T-5/96

Tilleggs litteratur

- Brekke, P. Z., «Behandling av mineralske løsmasser etter Plan- og bygningsloven – regler for konsekvensutredning», Bergvesenet (ikke publisert)
- Erichsen, E., «Pukkregisteret, statistisk sammenstilling av analysedata», NGU/1998, upublisert
- Landsforeningen for bygg og anlegg, «Asfaltboka», BA-forlaget/1997, ISBN 82-91414-07-6
- Neeb, P.-R., «Grus- og Pukkregisteret 1998 med katalog over utgitte kart og rapporter», NGU/1998 (Rapport 98.126)
- Sandvik, K.L., Digre M., og Malvik T., «Oppredning av primære og sekundære råstoffer», Tapir/1999, ISBN 82-519-1333-0

- Ulvik, A., «Ressursregnskap for sand, grus og pukk i Rogaland fylke 1996», NGU/1997 (Rapport 97.178)
- Wolden, K., «Grunnlagsmateriale for forvaltning av sand, grus og pukk i Jærenregionen», NGU/1998 (Rapport 98.078)
- Wolden, K., «Sand- og grusundersøkelser på Gardermoen, Ullensaker kommune», NGU/1996 (Rapport 96.027)

Adresser

- **Bergvesenet**, Postboks 3021, 7441 Trondheim. Besøksadresse: Leiv Eriksonsv. 39. Telefon 73 90 40 50
- **Jernbaneverket**, Postboks 1162 Sentrum, 0107 OSLO. Besøksadresse: Stortorvet 7. Telefon 22 45 50 00, Internett: www.jernbaneverket.no
- **Luftfartsverket**, Postboks 8124 Dep., 0032 Oslo. Besøksadresse: Wergelandsvn. 1. Telefon 22 94 20 00
- **Norges geologiske undersøkelse (NGU)**, Pukk- og grusregisteret, Postboks 3006, 7002 Trondheim. Telefon 73 90 40 11, Internett: <http://www.ngu.no>
- **Pukk- og grusleverandørenes servicekontor**, Postboks 5487 Majorstua, 0305 Oslo. Besøksadresse: Essendropsgt. 3. Telefon 23 08 77 85 / 23 08 77 87, e-mail: pgl@pil.no, Internett: www.pgl.no
- **Statens vegvesen, Vegdirektoratet**, Postboks 8142 Dep., 0033 Oslo. Besøksadresse: Grensevn. 92. Telefon 22 07 35 00

Innledning

Bergartene er bygd opp av ett eller flere mineraler. Disse er igjen bygd opp av ett eller flere grunnstoffer. Et geologisk oversiktskart over Norge viser grovt hvor mange ulike bergarter det er og hvordan disse fordeler seg i geologiske områder, se figur V2.1. Hver bergartstype har fått én farge på oversiktskartet. Innenfor hvert område er det igjen mange variasjoner i berggrunnen. Ved mer detaljert berggrunnskartlegging kan en skille bergartene enda bedre på kart i større målestokker, vanligvis fra 1: 250.000 til 1:50.000.

I hvilken grad fjell og løsmasser egner seg som byggematerialer er avhengig av mekaniske, fysiske og kjemiske egenskaper. Ulike bergarter og løsmasser kan ha forskjellige bruksformål.

Lokale variasjoner i både fjellgrunnen og løsmassene har betydning for steinmaterialenes kvalitetsegenskaper. Gjennom prøvetaking av berggrunnen og løsmassen kan en få svar på steinmaterialenes kvalitet og mulige variasjoner.

Utnyttelsen av steinmaterialene er avhengig av kompetanse og den teknologi som legges til grunn i produksjonsprosesser.

Les mer om geologi i boka «Byggeråstoffer. Kartlegging, undersøkelse og bruk», referanse [15].

Geologiske faktorer som styrer steinkvaliteten

De faktorer som er bestemmende for steinmaterialets kvalitet er:

- Fjellgrunnen: Mineraler og bergarter utgjør basis for et sand- og grusmateriale og knust steinmateriale fra en fjellforekomst.
- Omdannende prosesser: Fysiske og kjemiske prosesser som har medført forvitring og omforming av materialet. Forkastninger, knusningssoner og sprekker i berggrunnen med mulige mineralutfellinger har også betydning for hva fjellet kan brukes til.
- Transport- og avsetningsbetingelser: Hvordan og under hvilke betingelser et sand- og grusmateriale er transportert og avsatt.

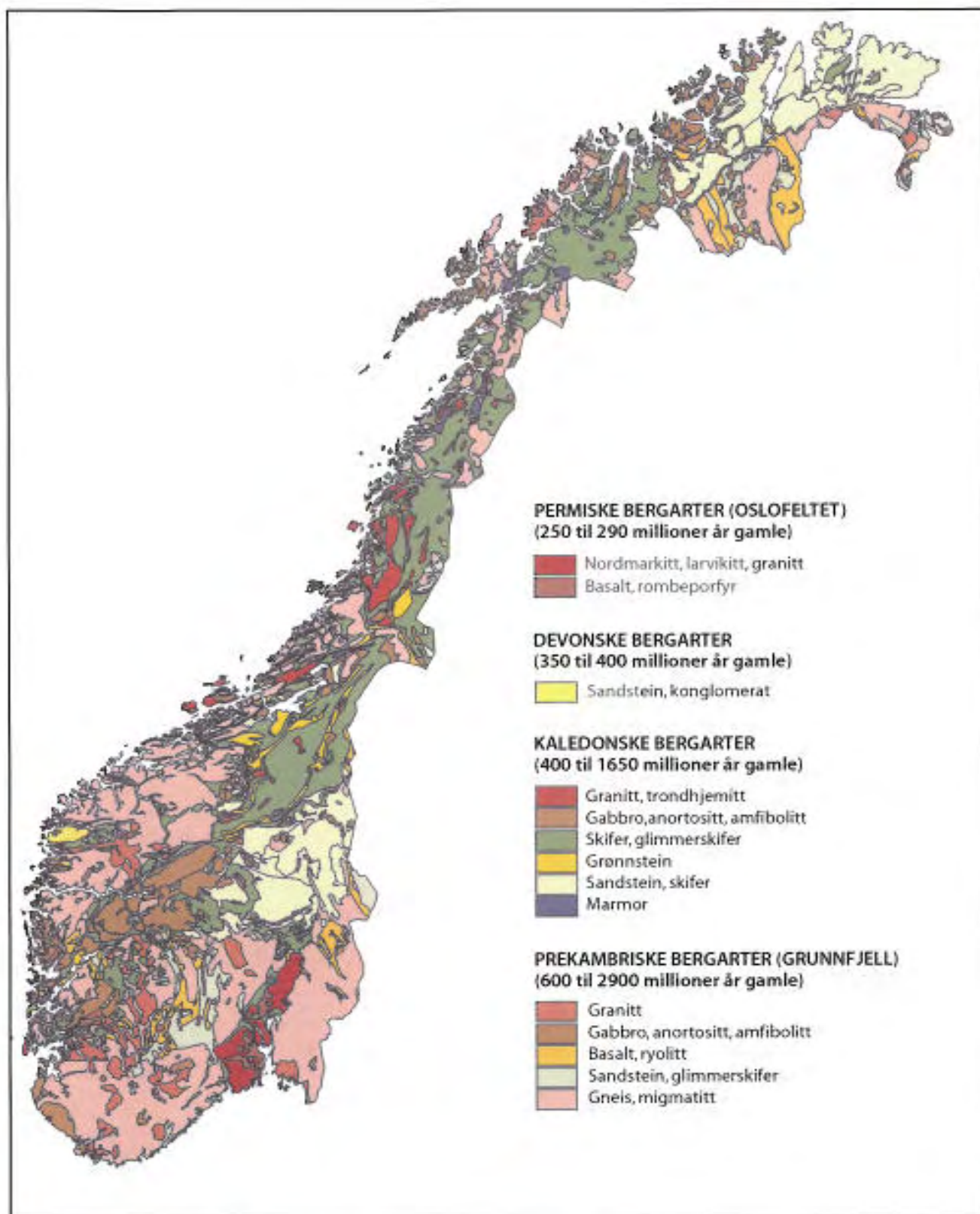
Før produktet kommer fram til brukerstedet er kvaliteten også bestemt av den produksjon og foredling det har gjennomgått og den behandling det utsettes for under transport og lagring.

Mineraler og bergarter

Mineraler består av uorganiske kjemiske forbindelser med bestemte sammensetninger. En bergart er et naturlig dannet aggregat av ett eller flere mineraler eller bergartsfragmenter som er sammenkittet eller sammenvokst. Ved bergartsundersøkelse i mikroskop av tynnslip eller bergartskorn beskriver vi mineralfordeling og gir bergarten et navn. Gjennom bergartsnavn og dannelselse kan en si noe om de ulike mineralenes mengde, opptreden, tekstur og kornstørrelse. Bergartene kan være omvandlet og kjemisk påvirket slik at bergarten er forvitret og dermed svekket i mekaniske egenskaper. Mineralene kan for eksempel være feltspat, kvarts og glimmer. Bergartene er for eksempel granitt, gneis og gabbro.

En bergart har vanligvis et variert mineralinnhold, men enkelte mineraler dominerer. De mest vanlige mineralene er feltspat, kvarts og glimmer. De vanligste pukkbergartene er gneis (17 %), granitt (13 %), gabbro (10 %), sycnitt (10 %), gneisgranitt (10 %). Disse representerer 60 % av det totale antall pukkverk i Norge. Gjennomsnittlig densitet på norske bergarter i pukkverk er 2,79 g/cm³.

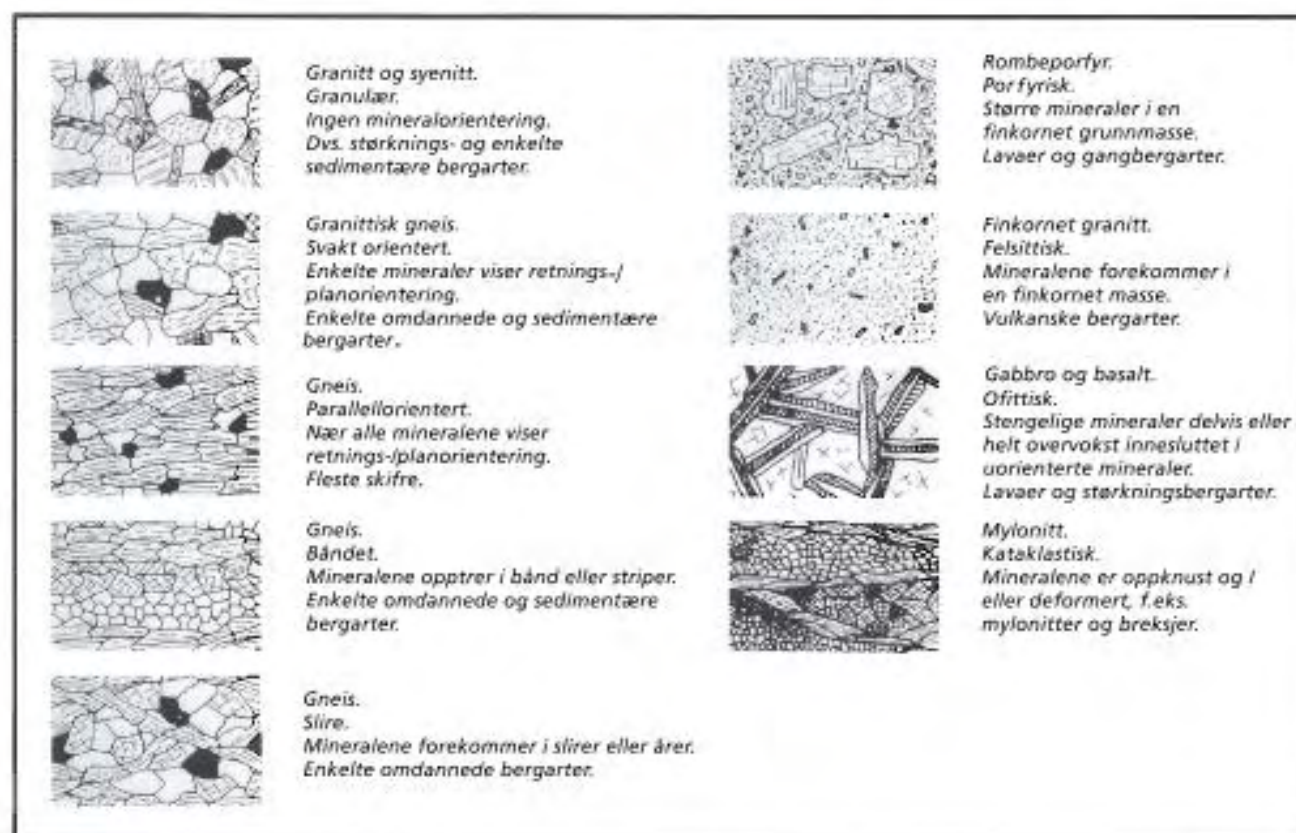
Bergartenes navn er ikke avgjørende for hva slags mekanisk kvalitet en kan få av knust fjell til bygg og anlegg. Kornstørrelsen av mineraler i bergarter har innvirkning på bergartens mekaniske egenskaper. Kornstørrelsen i en bergart kan variere fra finkornig, middelmørnig til grovkornig eller bergarten kan være jevnkornig til ujevnkornig. Finkornige bergarter vil ofte ha bedre mekaniske egenskaper og gi et sterkere materiale enn grovkornige bergarter.



Figur V2.1 Berggrunnskart over Norge. (NGU)

Teksturen forklarer mineralenes kornstørrelse, kornform og orientering i bergarten og er en viktig parameter ved klassifisering av de mekaniske egenskapene. Pukken kan for eksempel klassifiseres etter ulike teksturer som i NGUs Pukkdatabase, se figur V2.2. Bergarter som er grovkornige og uten mineralorientering er ofte sprø, men ved knusing kan en oppnå et kubisk materiale. Bergarter som er orientert, båndet eller lagdelt har ofte en eller flere svakhetsretninger som kan medføre redusert mekanisk styrke og et flisig materiale. Noen bergartsstrukturer, som porfyriske og ofittiske strukturer, har ofte en gunstig innvirkning på de mekaniske egenskapene til en bergart ved at enkelte mineraler fungerer som sammenkitting eller armering av bergarten.

Bergartene deles inn i tre hovedgrupper etter dannelsesmåten: Sedimentære, eruptive (størkningsbergarter) og metamorfe (omdannede bergarter). Bergartene er et resultat av de geologiske krefter som virker på jordoverflaten og inne i jorden.



Figur V2.2 Vanlige bergartsstrukturer med varierende kornstørrelser. Tynnslipene er 3 cm lange og 1,5 cm brede (Norsk Bergmekanikkgruppe 1985 og NGU)

Sedimentære bergarter

De sedimentære bergartene er dannet ved sammenpakking, herding og eventuell omkrystallisering av et sediment.

Sedimentære bergarter	Opprinnelse
Tillit	Breevavsetningen/morene - kantet materiale
Breksje	Rasmateriale - skarpkantet materiale
Konglomerat	Breev- og elveavsetninger av grus - skarpkantet til velrundet
Sandstein	Avsetninger av sand eller grusig sand
Kvartssandstein	Sandstein av kvarts eller vesentlig kvarts
Arkose	Feltpatrik sandstein
Gråvakke	Leirig siltig sandstein
Leirstein/leirskifer	Avsetninger av leire - som oftest i hav
Kalkskifer	Avsetninger av leire og kalk - som oftest i hav
Mergel	Kalkholdig leire
Kalkstein	Et sediment med minst 50% kalkspat
Dolomitt	Karbonatbergart med minst 50% av mineralet dolomitt

Figur V2.3 Eksempler på sedimentære bergarter

Eruptivbergarter

Eruptivbergarter eller størkningsbergarter er dannet ved størkning og krystallisering av smeltet bergmasse. Det dannes dypbergarter, gangbergarter og dagbergarter.

Dypbergarter	Gangbergarter	Dagbergarter (Lavaer)
Granitt	Granittporfyr	Ryolitt
Syenitt	Syenittporfyr	Trakytt
Dioritt	Diorittporfyr	Andesitt
Gabbro	Diabas	Basalt
Anortositt		

Figur V2.4 Opprinnelse til vanlig forekommende eruptive bergarter

Metamorfe bergarter

Metamorfe eller omdannede bergarter har sin opprinnelse ved at en eruptiv eller sedimentær bergart forandrer mineralsammensetning, tekstur og indre struktur ved påvirkning av trykk, varme og kjemiske oppløsninger.

Metamorfe bergarter	Opprinnelse
Gneis	En hvilken som helst omdannet bergart
Kvartsitt	Kvartssandstein
Fyllitt	Leirstein/leirskifer
Marmor	Kalkstein og/eller dolomitt
Amfibolitt	Gabbro, diabas og basalt
Hornfels	Kalkskifer, mergel og/eller kalk
Glimmerskifer	Fyllitt og leirstein/leirskifer
Grønnstein	Basalt
Myolitt	En hvilken som helst omdannet bergart

Figur V2.5 Eksempler på metamorfe bergarter

Opprinnelsen kan også være forvitrede bergarter eller organiske rester som sedimenteres i vann eller avsettes på land. I figur V2.3 er de mest vanlige sedimentære bergarter tatt med.

Dypbergartene/gangbergartene har ofte en grovkornig tekstur hvor mineralkornene kan sees med det blotte øyet. Dagbergartene er ofte mer fin-kornige på grunn av hurtig størkning. De mest vanlige eruptivbergartene er sammenstilt i figur V2.4.

De mest vanlige metamorfe bergartene er gneis, kvartsitt, fyllitt, marmor, amfibolitt, hornfels, glimmerskifer, og grønnstein.

Gneiser er blant de dominerende bergarter i landet og er også den mest vanlige bergart brukt til pukk i bygg og anlegg. Dette er bergarter med ulik mineralogisk sammensetning og tekstur. Felles for gneisene er en stripet, lagdelt eller båndet struktur med mer eller mindre parallellorienterte mineralkorn. De vanligste gneiser er granittisk gneis, amfibolittisk gneis og glimmergneis.

Materialforekomster fra berggrunnen

Berggrunnen i Norge kan deles inn i geologiske områder avhengig av bergartenes dannelse, se figur V2.1

Grunnfjellsområdene i Syd-Norge

I grunnfjellsområdene i Syd-Norge dominerer bergartstyper av forskjellige gneiser, granitter og beslektede bergarter med større eller mindre innslag av mer basiske bergarter som dioritt, gabbro og amfibolitt. Blant de mer spesielle områder innen grunnfjellet kan nevnes Egersund-feltet med anortositt og noritt og kvartsitt-området i Telemark. I enkelte områder med grovkrystallinsk feltspat og kvarts finner vi bergarter vi kaller pegmatitter spesielt på Sørlandet og i Østfold.

De enkelte bergartene er ofte faste og homogene og har gode mekaniske egenskaper. Dominerende mineraler i bergarter fra disse områdene er feltspat og kvarts, mens det er sjelden å finne høye glimmerinnhold. I enkelte områder er det også viktig å sjekke eventuelt innhold av reaktiv kis før oppstart av pukkverk. I grunnfjellsområdene er bergartene som oftest godt egnet for framstilling av gode knuste materialer. Kan her vise til stor pukkproduksjon i hele Rogaland og deler av Vest-Agder, Aust-Agder, Telemark, Akershus og Østfold.

Oslofeltet

Oslofeltet står i særstilling både som geologisk område og når det gjelder lokaliteter for produksjon av knust fjell. Her finner vi en mektig lagserie med så godt som uomvandlede sedimentbergarter, hovedsakelig bestående av kalksteiner, noen leirskifre og sandsteiner. Den andre hovedgruppen av bergarter her er intrusive bergarter, blant annet basalter, diabaser, porfyrer, syenitter og granitter. Dessuten er det lokaliteter med den svært tette og harde bergarten hornfels som er en omdannet kalk-leirskifer. Det er ulike bergarter med mange interessante steinbruddslokaliteter i dette området egnet til forskjellige formål. Knust fjell fra Oslofeltet har tradisjonelt vist meget gode egenskaper til bruk i bygg og anlegg. I dag er det særlig betydelig steinmaterialproduksjon i Akershus, Vestfold, sydlige del av Buskerud og Oslo.

Grunnfjellsområdene i Møre og Romsdal

Dette grunnfjellsområdet består i hovedsak av gneisbergarter som er mye omvandlet. En finner også bergarter med god mekanisk styrke her, men stedvis er gneisbergartene ofte lite homogene og med høyt innhold av glimmer. I dette området er det også spredte lokaliteter med tunge bergarter som olivin og eklogitt.

Fjellområdene i Nord-Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane, Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark

Tre bergartstyper dominerer i dette området: Omvandlede/foldede sedimentbergarter (med fyllitt), intrusivbergarter, dvs. ulike bergarter som er trengt opp gjennom andre bergarter og grunnfjellsbergarter. Disse tre hovedgruppene inneholder igjen en lang rekke bergartstyper med varierende materialegenskaper. Eksempelvis domineres store deler av Sør-Troms og Nordland av glimmerskifre. Disse bergartene gir små muligheter for steinmateriale med god mekanisk kvalitet fordi de ofte inneholder 20-30 % glimmer. Svake og glimmerrike skiferbergarter er også et problem i deler av Trøndelag, fjellområdene i Sør-Norge og Ryfylke/Hordaland.

Blant gruppen omvandlede sedimentbergarter finnes noen bergarter (siltsteiner og sandsteiner) som har høy motstand mot knusing, men som samtidig er meget bløte, dvs. har høye abrasjonstall. De analysemetoder en bruker for å plukke ut slike bløte bergarter er abrasjonsmetoden, kulemølle og Los Angeles metoden.

I fjellområdene i Ryfylke ligger store fjellpartier med fyllitt. Uttakssteder i disse områdene kan inneholde for stor andel av bergarter lite egnet som byggeråstoffer.

Nord-Troms og Finnmark

På Finnmarksvidda, i Sør-Varanger og ved Altafjorden består berggrunnen av grunnfjellbergarter, hovedsaklig gneiser, granitter og kvartsitter. I en sone fra Nord-Troms til Varangerhalvøya består bergartene av omdannede sedimentære bergarter, hovedsaklig sandstein, kvartsitter, konglomerat og leirskifer. I kystsonen fra Hammerfest og mot nordøst består bergartene av glimmerskifer, fylitter, grønnskifer og leirskifer. Dette er stort sett bergarter med svake mekaniske egenskaper. Derfor vil knust fjell fra disse bergartene ofte ha dårlig mekanisk kvalitet.

Grunnfjellsområdene gir vanligvis knust fjell med god mekanisk kvalitet. I Finnmark, spesielt i sandsteinsområdene, og i indre strøk av Nord-Troms, er bergartene alkalieraktive, men ofte av god mekanisk kvalitet. Alkalieraktive bergarter kan føre til skader i betong.

Regionale forskjeller i mekanisk kvalitet

Ved å sammenstille mekanisk kvalitet som for eksempel sprøhet og flisighet fylkesvis og etter geologiske områder og bergarter, er det mulig å få en oversikt over mekaniske kvalitetsvariasjoner. I analysedelen i Grus- og pukkdatabasen kan en få en oversikt over kvalitetsvariasjoner i samme type bergart i ulike områder.

Materialforekomster fra løsmassene

Generelle trekk i Norges kvartærgeologi

Kvartærgeologien omhandler den yngste perioden av jordens geologiske historie - Kvartærtiden. Perioden er preget av store klimasvingninger med istider og varmere mellomistider. Under istidene var landet mer eller mindre dekket av innlandsbreer som gravde ut og transporterte med seg store mengder løsmateriale. Mye av dette materialet ble fraktet ut i havet og avsatt der. Tyngden av ismassene førte til at jordskorpen ble presset ned. Da isen smeltet vekk, hevet landet seg igjen i forhold til havnivået - mest i indre strøk og noe mindre ved kysten. Landhevingen har ført til at store arealer med gammel hav- og fjordbunn i dag ligger over havnivået.

Løsmassene som finnes på land i dag, er for det meste dannet under og etter siste istid. De største forekomstene er knyttet til hevede hav- og fjordområder, dalfører og enkelte viddeområder i innlandet.

Innholdet på kvartærgeologiske kart

Kartet viser løsmassenes utbredelse og egenskaper. Det gir også opplysninger om dannelsesmåte, overflateformer, innlandsisens bevegelsesretning og avsetningsforhold. Kartet framstiller forholdene nær markoverflaten. Mektighet og lagfølge er angitt hvor data foreligger. For de sorterte avsetninger som for eksempel breelv-avsetninger og elveavsetninger, er kornstørrelsene på kartet angitt på grunnlag av en visuell vurdering i felt, og bruk av 1 meters lett bærbar stikkbor. For de usorterte avsetninger (for eksempel morenemateriale) er kornstørrelser ikke vist på kartet, men blokkrik overflate og store enkeltblokker kan være angitt.

Løsmassenes inndeling

Løsmassene er inndelt etter dannelsesmåte og -miljø. Det er således de ulike geologiske prosessene som avspeiles gjennom inndelingen på kartet. Kart kan illustrere løsmassenes fordeling slik som vist i figur V2.6.

Kartet viser:

- Morenemateriale (grønn) er løsmasser avsatt direkte av isbreer. Det danner et mer eller mindre sammenhengende dekke over berggrunnen. Andre løsmasstyper ligger ofte på et underlag av morenemateriale. Morenematerialet består oftest av alle kornstørrelser fra blokk til leir, men mengden av ulike kornstørrelser kan variere. Bergartsfragmenter i materialet er som regel ganske skarpkantet. På og nær markoverflaten er som regel blokk og steininnholdet høyere enn mot dypet. Særlig blokkrike arealer er angitt. Utrast materiale fra mektige moreneavsetninger er svært vanskelig å avgrense fra morenemateriale forøvrig ved vanlig overflatekartlegging.

- Breelavsetninger (orange) er løsmasser avsatt av strømmende smeltevann fra isbreer. De kjennetegnes ved at materialet er lagdelt og sortert etter kornstørrelser. Sand og grus er oftest de dominerende kornstørrelser. Stein og gruskorn er som regel rundet.



Figur V2.6 Utsnitt fra kvartærgeologisk kart over Norge (NGU)

- Hav- og fjordavsetninger (lyseblå og mørkeblå) er løsmasser bunnfelt i havet. På grunn av land hevingen finnes disse avsetningene ofte høyt over dagens havnivå. Silt og leire er oftest de dominerende kornstørrelser. I mange områder har det gått leirskred.
- Elve- og bekkeavsetninger (gul) er dannet etter istiden ved at rennende vann har gravd, transportert og avsatt materiale. Disse avsetningene har mange fellestrekk med breelavsetningene, men de er som regel bedre sortert og har ofte bedre rundete korn.

- Lave elvesletter omfatter tidligere lave elveavsetninger og elveleiematerialet i tilknytning til dagens elveløp. De er karakterisert ved lite mektige sand- og grusavsetninger over andre løsmassetyper og generelt høy grunnvannstand (1-2 m under overflaten).
- Elvedelta dannes der elver munner ut i rolig vann. Eldre elvedelta vil pga. landhevingen bli hevet over havnivået. Har elven hatt stor materialtilgang, kan elvedeltaer inneholde betydelige sand- og grusressurser.
- Ur (mørk rosa) er brukt som en fellesbetegnelse på avsetninger dannet ved steinsprang.
- Skredmateriale er brukt om materiale i bratte dal- eller fjellsider og består av en blanding av nedrast forvittringsmateriale og morenemateriale med innslag av ur og organisk materiale. Mektigheten er ofte liten, men tiltar mot de lavereliggende deler av skråningen. Mektige flomskredvifter foran elver og bekker i dalsider kartlegges ofte som elve- og bekkeavsetninger.

Kornstørrelser

De hovedfraksjoner for kornstørrelser som brukes er vist i tabellen figur V2.7:

Leir (L)	< 0,002 mm
Silt (Si)	0,002 - 0,06 mm
Sand (S)	0,06 - 2,0 mm
Grus (G)	2,0 - 60 mm
Stein (St)	60 - 600 mm
Blokk (Bl)	> 600 mm

Ved omtale av sorterte avsetninger angis hovedfraksjonen i substantivform, for eksempel grusig sand (dvs. mest sand, grus utgjør mer enn 10 prosent, andre hovedfraksjoner utgjør mindre enn 10 prosent). I tabell V2.7 er de ulike fraksjoners standardiserte forkortelser angitt i parentes.

Figur V2.7 Hovedfraksjoner for kornstørrelse, «Laboratorieundersøkelser, håndbok 014», referanse [3]

Forholdet mellom to kornstørrelser (graderingstallet), definert som C_p , angis normalt ved forholdet mellom den kornstørrelsen der 60 vektprosent passerer og der 10 vektprosent passerer.

Materialets gradering gis følgende betegnelse:

$C_p = d_{60}/d_{10}$	Betegnelse
< 5	Ensgradert
5 - 15	Middels gradert
> 15	Velgradert

Figur V2.8 Betegnelse på gradering, referanse [3]

Sand- og grusforekomstene

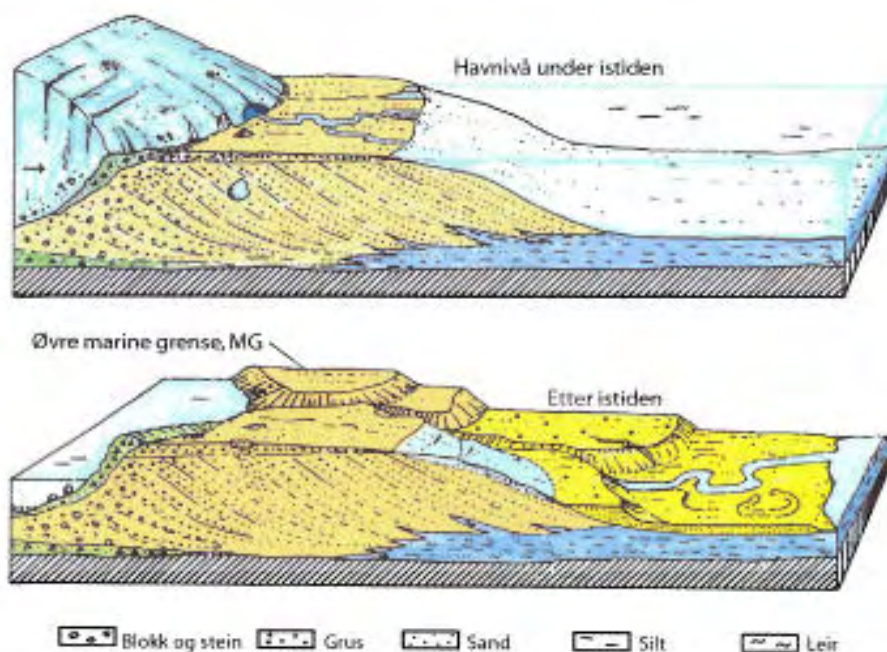
Sand og grus er løsmasseforekomster avsatt under siste istid. De største forekomstene er breelavsetninger dannet under isavsmeltningen for 13.000 til 8.500 år siden. Det meste av materialet tas ut på land i grustak over grunnvannsnivå, men en del tas ut i elver, deltaer i fjorder og på havbunnen langs kysten.

Sand og grusforekomstene inndeles i bestemte kornfraksjoner, som vist i figur V2.7. I dagligtale blir sand og grus brukt om hverandre som en felles betegnelse på løsmasser til bygge og anleggsformål.

Kvalitetsvariasjoner i sand- og grusmaterialer henger sammen med den lokale fjellgrunnen. Det kan forekomme blandinger av materialer med forskjellig bergartssammensetning. Av vesentlig betydning er dessuten variasjoner i dannelsesbetingelsene for løsmasseforekomstene som isbevegelse, avsmeltningsforløp, drenerings-, erosjons- og sedimentasjonsbetingelser.

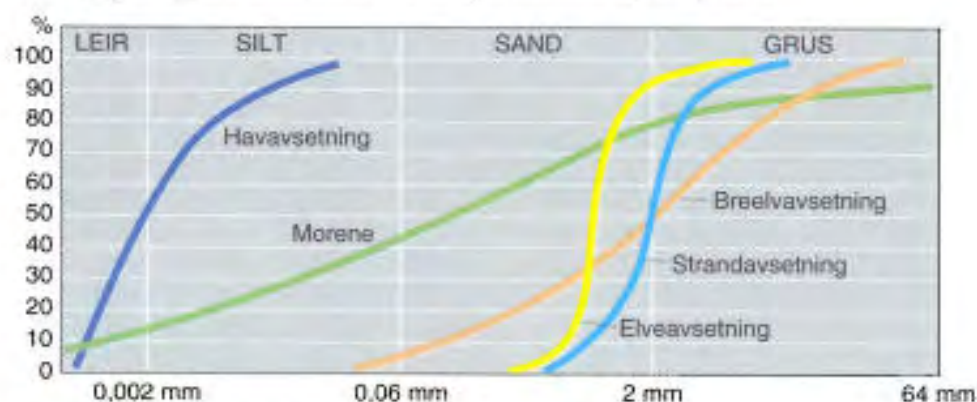
Havets høyeste nivå i Norge etter istiden varierer mellom 220 meter ved Skedsmo til 0 meter i kyststrøkene. Mange av de mest verdifulle sand- og grusforekomstene har sin beliggenhet der breelvene hadde utløp ved isfronten. I kontakt med havet eller en fjordarm, ble sand- og grusforekomstene avsatt. Det er derfor ofte i de

områder som lokalt ligger i høyeste havnivå, marin grense, en kan forvente å finne de største sand- og grusavsetningene. De viktigste sand- og grusforekomstene med materiale av høy kvalitet er avsatt av rennende vann, dvs. smeltevann under isens tilbaketrekning. Avhengig av avsetningssted og -måte, har de forskjellige smeltevannsavsetninger forskjellig overflateform, karakter og navn. Eksempelvis er et isranddelta avsatt av smeltevann foran isen hvor isfronten i lengre tid har vært stasjonær og stått ut i havet eller i en innsjø. På steder hvor smeltevannselver har strømmet i sprekker eller tunneler i isen, ligger det i dag langstrakte rygger av sand, grus og stein. Disse kaller vi grusåser eller eskere. Sanduravsetninger er større sletter med materiale som er spylt fram foran isen, vanligvis over havnivå. Løsmasser som er avsatt i innsjøer eller bredemte sjøer, er ofte finkornige og ensgraderte.



Figur V2.9 Isranddelta (NGU)

Breelvmateriale bygges opp til et delta foran isfronten. Karakteristisk er et topplag av grus og stein, skrålag av sand og grus og mer horisontale bunnlag med finsand, silt og leire.



Figur V2.10 Noen typiske kornfordelingskurver (NGU)

Geografisk inndeling av løsmassene

Noen av de største og viktigste forekomstene av smeltevannsavsatte breelvavsetninger finner vi i områder som både har hatt stor isstrømning, betydelig smeltevannsdrenasje og stor landheving etter istiden. Eksempler på slike steder har vi i områder rundt Oslofjorden helt opp til Mjøsa og i deler av Trøndelag og i deler av kystsonen i hele Nord-Norge.

Karakteristisk er det at en disse stedene, sammen med store sand- og grusavsetninger, også finner mektige avsetninger med marin leire.

Sørlandet karakteriseres av sandurer, sandurdeltaer og deltaer i dalførene. Spesielle avsetningsbetingelser har her medført at sand og grus ofte finnes også over mer finkornige masser (tidligere avsatt - før breframstøt) og gjerne også med nokså begrenset mektighet.

Vestlandsdalene karakteriseres av til dels mektige randavsetninger som deltaer, randåser, etc. Disse finnes ofte ved fjellterskler eller innsnevring i dalene eller fjordene. Langs de dypeste fjordene finnes dessuten vifteavsetninger og deltaer ved munningen av sidedaler der elver har strømmet ut av sidene av breen. Innover i landet her kan en også finne breelvavsetninger i form av eskere og avsetninger på toppen av fjellterskler der isen har brukket mellom to daler og smeltvann har strømmet i sprekkene.

Jæren er et helt spesielt område, fordi dette er det eneste sted i landet hvor en finner avsetninger fra eldre istider med betydelig mektigheter. Det er her løsmassemektigheter opp til 90 meter hvor en øverst finner bunnmorene fra siste istid. Under er det ofte marin leire og deretter stedvis morenelag. Underst er det lagdelt sand og grus. På Jæren er det også øst for flatlandet både en rekke forskjellige smeltevannsavsetninger (eskere, innsjødeltaer og randavsetninger) med begrenset mektighet, samt en del finstoff-fattige breavsetninger i form av leside- og nedsmeltingsmorener.

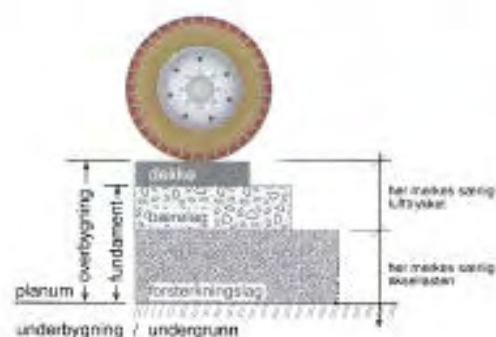
I de sentrale indre deler av Sør-Norge finner vi ikke tydelige israndavsetninger. Her antas det å ha skjedd en relativt hurtig, vertikal nedsmelting av isen som var igjen. Sand- og grusforekomstene er her knyttet til dødisavsetninger som grusåser, grusterasser og bresjødeltaer.

Det bør nevnes at Nordland generelt er fattig på løsmasser. Dette kan skyldes den korte avstanden mellom vannskillet og åpent hav, dvs. stor gradient og iserosjon. Sand- og grusforekomster finnes først og fremst i de store dalførene under marin grense eller i sidedaler som munnar ut i hoveddaler og stedvis i fjorder der randavsetninger krysser fjordene.

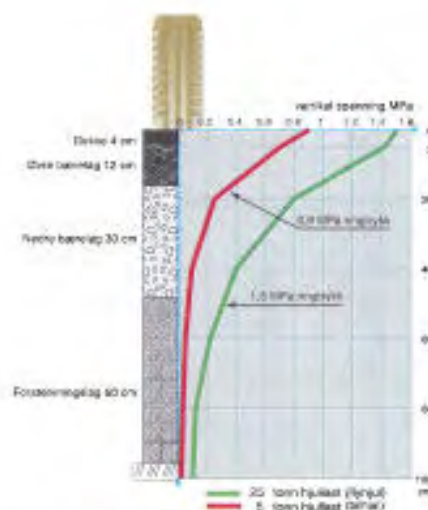
Det finnes en rekke mektige forekomster i form av bl.a. randavsetninger, sandurer og fluviale avsetninger. I Nord-Troms og Finnmark er landet bredere og Ra-linjen ligger langt inne i landet. Ra-linjen er en sammenhengende løsmasserygg som kan følges fra Østfold-Vestfold, rundt kysten og helt til Finnmark, se figur V2.6. Den ble dannet for ca. 10.000 år siden.

Veger

En vegoverbygning er normalt bygget opp lagvis som vist i prinsipp på skissen i figur V3.1. Illustrasjon av vertikalspenningen i en overbygning er vist i figur V3.2.



Figur V3.1 Vegoverbygning (Statens vegvesen)



Figur V3.2 Vertikalspenning

Ut fra lagenes funksjon er det vanlig å skille mellom vegdekket og vegens fundament, hvor det siste er et samlebegrep for bærelag, forsterkningslag og eventuelt filterlag.

- **Vegdekkets** primære oppgave er å gi trafikken et stabilt, jevnt og trafiksikkert underlag. Det er også ønskelig at dekket er tett slik at nedtrengning av vann til de underliggende lagene er minst mulig.
- **Vegfundamentets** primære oppgave er å fordele belastningen fra trafikken på et større areal slik at påkjenningene på materialet i undergrunnen ikke er større enn den tåler.

For hvert lag i vegoverbygningen er det viktig at de materialer som anvendes, tåler de påkjenningene de blir utsatt for. Derfor er det for eksempel nødvendig å sette strengere krav til materialene i bærelaget enn til materialene i forsterkningslaget.

En vegkonstruksjon påkjennes av trafikken ved et antall gjentatte belastninger samt de dynamiske virkninger av disse. Belastningene karakteriseres ved ringtrykk (dekktrykk, lufttrykk), antall hjul, aksellast, antall aksler, etc.

Konstruksjonen påvirkes også av klimaet knyttet til:

- temperaturforhold (absolutt temperatur og antall temperaturvekslinger)
- nedbørsforhold/fuktforhold

Ringtrykk. I Norge er det tillatt med et ringtrykk (dekktrykk) på opptil 0,9 MPa (9 kg/cm² eller 128 psi). Bilenes dekkutrustning kontrolleres ved innførsel i Norge. Siden gjennomfører tilsynsmyndighetene i praksis ingen kontroll av ringtrykket.

Aksellasten merkes først og fremst i forsterkningslaget og undergrunnen (se figur V3.1 og V3.2). Tillatt aksellast i Norge er i stor grad 10 tonn på riksvegnettet, men mange fylkesveger har ennå en stor andel 8-tonns veger. På flyplasser kan hjullastene komme opp i 25 tonn.

Antallet gjentatte belastninger fører etterhvert til permanente deformasjoner og spordannelse i vegdekket. Dette er tatt vare på i dimensjoneringen av veger ved at vi dimensjonerer for ulike ÅDT (ÅDT = årsmiddelt trafikk = gjennomsnittlig antall biler pr. døgn)

Temperaturen innvirker spesielt på bituminøse lag. Stivheten på disse lagene er bestemt av temperaturforhold og deres evne til å motstå bevegelser (setninger, deformasjoner, kryp) vil derfor variere. For sement-

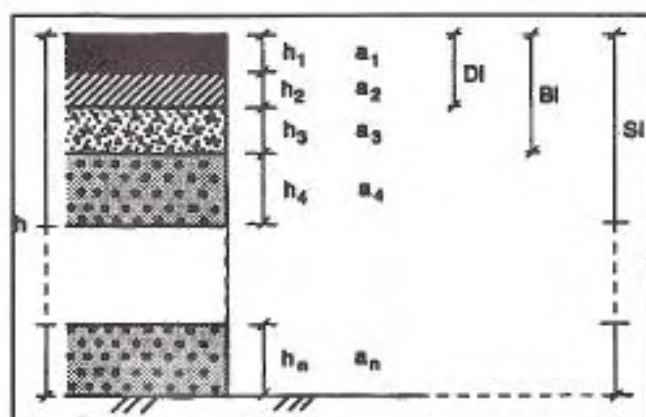
stabiliserte lag er det særlig vekslingene mellom frysing og tining som kan føre til rask nedbrytning dersom en ikke har tatt spesielt hensyn til dette ved proporsjoneringen.

Nedbør og frost påvirker ubundne lag og kan føre til stabilitetsproblemer knyttet til tining (vannømfintlighet).

Dimensjoneringsmetoder i Norge

Regler for dimensjonering av vegoverbygninger, både nybygging og forsterkning, er gitt i Statens vegvesen: «Vegbygging, håndbok 018», referanse [1].

Dimensjoneringsreglene er basert på indeksmetoden hvor tykkelsen til de enkelte lag omregnes til ekvivalente lagtykkelser ut fra materialenes lastfordelende evne, se figur V3.3.



Indeksmetoden kan kort beskrives ved hjelp av formel V3.1:

$$SI_n = \sum_{i=0}^n a_i \cdot h_i \quad (\text{Formel V3.1})$$

hvor SI_n = indeksverdien for de n øverste lag i vegkonstruksjonen

a_i = lastfordelingskoeffisienten til materialet i lag i

h_i = tykkelsen på lag i

Figur V3.3 Indeksmetoden

Noen typiske verdier for lastfordelingskoeffisienten er gitt i tabellen, figur V3.4:

Materialer	Bindemiddel	Lastfordelingskoeffisient
Vegdekker		
Varmblandet asfalt, unntatt drengasfalt	B 60 - 180	3,00
Drengasfalt	B	2,00
Myk drengasfalt	MB	1,25
Mykasfalt	MB>6000	1,50
Bærelag		
Asfaltert grus	B 60 - 180	3,00
Asfaltert pukk	B	2,00
Knust fjell, Fk		1,35
Knust grus, Gk		1,25
Forsterkningslag		
Sand, grus Cu>10		1,00
Pukk, kult		1,10
Sprengt stein		1,00

Figur V3.4 Eksempler på lastfordelingskoeffisienter, utdrag fra referanse [1] figur 512.1

Ved nybygget veg er det satt krav til indeksverdiene på tre nivåer i vegkonstruksjonen. Alle tre krav skal oppfylles.

- Dekkeindeks regnes fra overkant av dekket ned til toppen av det øverste lag i konstruksjonen hvor lastfordelingskoeffisienten er $<2,5$. (Gjelder bare for veg med ÅDT >3000).
- Bærelagsindeks regnes fra toppen av dekket ned til toppen av det øverste lag i konstruksjonen hvor lastfordelingskoeffisienten er $<1,25$.
- Styrkeindeks. Alle lag inngår.

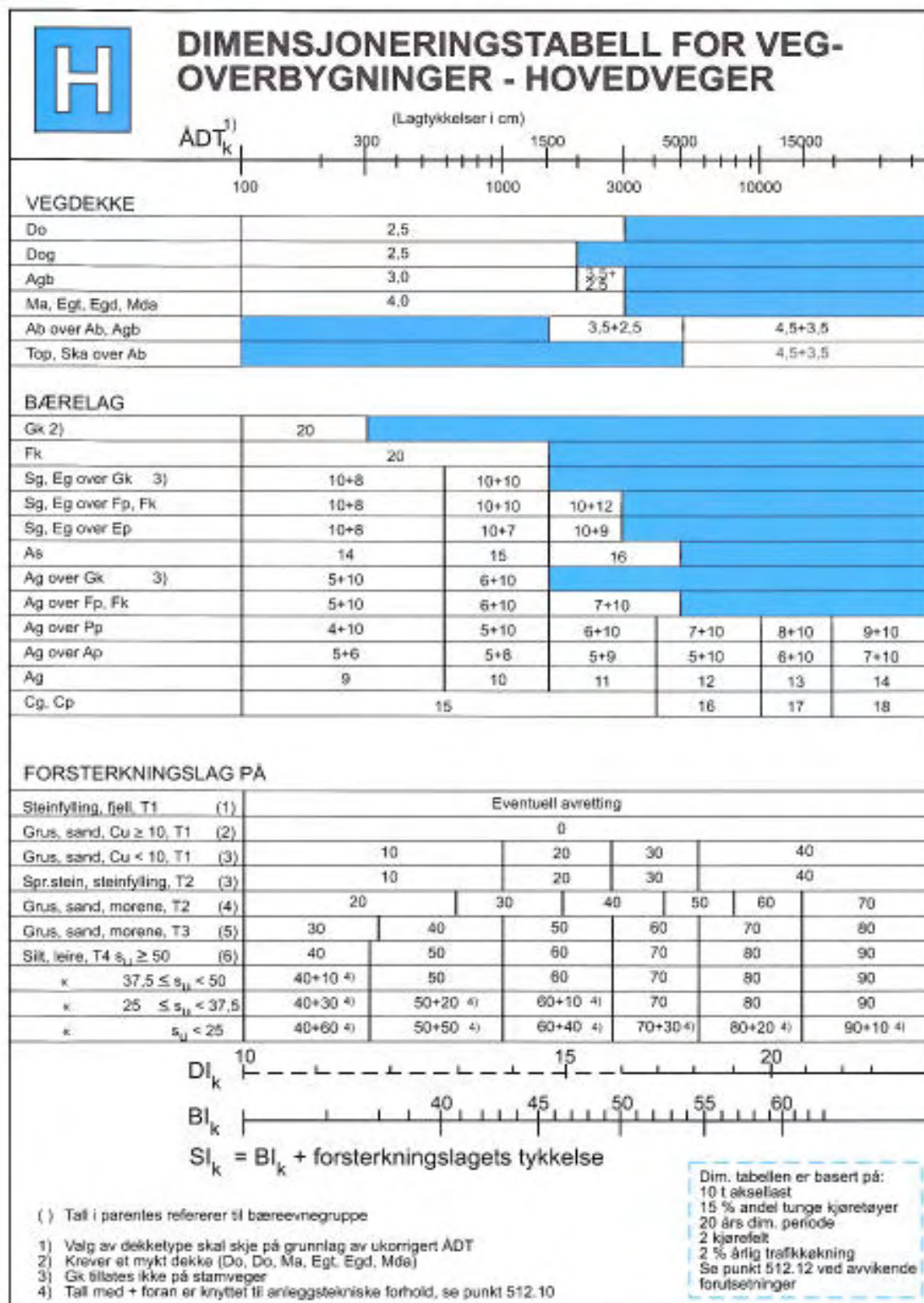
Dimensjoneringsreglene i referanse [1] setter krav til dekkeindeks og bærelagsindeks ut fra trafikkmengde, andel tungtrafikk, trafikkvekst, dimensjoneringsperiode og krav til kjørekomfort. Kravene til styrkeindeks er satt som en funksjon av styrken til materialene i grunnen og anleggstekniske forhold i tillegg til de faktorer som bestemmer kravene til dekkeindeks og bærelagsindeks. For stamveger er det satt krav om at styrkeindeksen skal oppfylle kravene til en veg med 13 tonn tillatt aksellast, ellers er det forutsatt en tillatt aksellast på 10 tonn.

Normalt dimensjoneres vegoverbygningen ut fra krav til bæreevnen i teleløsningsperioden. Det aksepteres at frost trenger ned i vegens underbygning, men det forutsettes at det iverksettes særskilte tiltak for å sikre at omfanget av ujevnt telehiv er akseptabelt.

I referanse [1] beskrives dimensjonering etter tre framgangsmåter (tre nivåer):

- **Nivå 1 (Tabellverdier)**
Dimensjonering er basert på indeksmetoden. Krav til materialenes lastfordelingskoeffisienter bygger på en enkel klassifisering av materialene i grunnen og i overbygningen. Verdiene som anvendes i dimensjoneringen er generelle, midlere verdier som er fastsatt for de ulike materialer, og de hentes fra tabeller i referanse [1], (kfr. figur V3.4). Dimensjoneringstabell for hovedveger er vist i figur V3.5. «Nivå 1-dimensjonering» er alltid utgangspunktet i alle dimensjoneringsoppdrag.
- **Nivå 2 (Tillempede tabellverdier)**
Dimensjonering er basert på indeksmetoden på samme måte som nivå 1. Såvel krav til overbygningen som til lastfordelingskoeffisienter bestemmes med målinger i felt og/eller laboratoriet. Hensikten med nivå 2 i forhold til nivå 1 er å gi mulighet for bedre å utnytte lokale forhold når det gjelder tilgang på materialer.
- **Nivå 3 (Mekanistiske metoder)**
En mekanistisk dimensjonering hvor nødvendige lagtykkelser bestemmes ut fra beregninger av spenninger, tøyninger og/eller nedbøyninger for de ulike lag i vegkonstruksjonen i forhold til gitte krav. Kravene kan være gitt eksplisitt eller indirekte ut fra beregningsmodeller for tilstandsutvikling. Anvendelse av nivå 3 er i praktisk dimensjonering i Norge inntil videre begrenset til forsknings- og utviklingsarbeider, men utvikling av en tilpasset metode for norske forhold pågår.

Om dimensjonering av vegoverbygninger, se også referanse [1] vedlegg 4 og vedlegg 5.



Figur V3.5 Eksempel på dimensjoneringstabell, referanse [1], figur 512.3

Flyplasser

Dimensjoneringsforutsetninger

Grunnleggende forutsetninger

Banesystemer skal fundamenteres frostoffritt. Bærekonstruksjonen skal bestå av ikke-telefarlige materialer, dvs. materialer som ikke kan trekke opp kapillært vann til frostsonen. Målet er å sikre mot telehiv.

Fra toppen av bærekonstruksjonen skal lastene fra et fly kunne fordeles nedover i konstruksjonen. Dekket som legges oppå, om det er asfalt, betong eller belegningsstein, skal ikke bidra nevneverdig til denne lastfordelingen. Dekket legges for at flyene skal ha noe å rulle på, samtidig som det skal kunne brøytes effektivt.

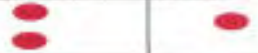



For å uttrykke styrken på et banelegeme på flyplasser benyttes PCN-verdi, (PCN= Pavement Classification Number). Når vi har beskrevet en riktig bærekonstruksjon er den i stand til å oppta kreftene fra flyhjulene.

For å måle styrken på bærekonstruksjonen benyttes platebelastning.

En platebelastning foretas ved at en sirkelformet stålplate med diameter 76 cm legges på bærekonstruksjonen og påføres en last på 10 tonn. Den maksimale nedbøyningen i bærekonstruksjonen måles i avstander på 0,25, 0,5, 1,0 og 1,5 meter fra platekant. Lasten fjernes og en måler tilbakegangen i bærekonstruksjonen. Dette uttrykker bærekonstruksjonens evne til å oppta påkjenninger fra flyhjul.

Laster

Laster som opptrer på flyplasser er få, men store. Flyplasser deles inn i tre kategorier ut ifra det største flyet som trafikkerer plassen. Figur V3.6 viser hjulkonfigurasjonen til ulike fly innen hver vektklasse:

Hovedgruppe	Flytype	Hovedhjul	Nesehjul
A	Single	DHC-6 Twin Otter	
B	Dual	B737	
	Dual Tandem	B767	
C	Double dual tandem/complex	B747	

Figur V3.6 Prinsippskisse hjulkonfigurasjoner (Luftfartsverket)

Dimensjoneringsklasser

Flyplasser dimensjoneres etter det tyngste flyet som går i rutetraffic på flyplassen, eventuelt justert for frakt-fly eller tyngre militærfly. Inndeling av norske flyplasser skjer etter maksimalvekt i tre klasser:

Klasse	Beskrivelse	Maks. last
A	Kortbaneplasser	20 tonn
B	Stamruteplasser	150 tonn
C	Store	450 tonn
	Framtidige flytyper	6 - 700 tonn

Figur V3.7 Dimensjoneringsklasser (Luftfartsverket)

Dimensjoneringsmetoder

Dimensjoneringsmetoder for flyplasser er utarbeidet i USA, Storbritannia, Tyskland, Canada og Frankrike. Alle disse metodene er empiriske og viser praksis i de enkelte land. Som eksempel kan det nevnes at enkelte metoder forutsetter at maksimalt oppnåelige CBR-verdi (California Bearing Ratio) på en bærekonstruksjon er 50%. Andre igjen har ikke tilgang på gode masser som sprengstein/pukk og forutsetter dermed sement- eller bitumenstabiliserte bærelag. Av de nevnte land er det kun Canada som benytter tilsvarende metoder/grunnlag som Norge. Canada har tilsvarende problem med frost som Norge, og har tilgang på gode materialer, slik at sammenlikninger kan trekkes mer direkte.

Styrken på undergrunnen klassifiseres i CBR-verdi, som er grunnens skjærstyrke i forhold til ett gitt referansematerial, (CBR=100% tilsvarer dette referanse materialet). For beregning av CBR-verdi på undergrunn kan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) benyttes. Denne måler nedtrengning i undergrunnen i antall mm pr. slag. Resultatet fra denne målingen benyttes for å bestemme CBR-verdi i %.

FAAs (Federal Aviation Administration, USA) dimensjoneringsmetode benytter undergrunnens CBR-verdi, antall årlige avganger og dimensjonerende flylast (mest kritisk flytype). Ut i fra disse tre parametrene bestemmes nødvendig overbygningstykkelse. Problemet med denne metoden er at den ikke tar hensyn til gode mekanisk stabiliserte materialer og er dermed lite egnet for norske forhold.

Øvrige metoder som benyttes bygger på tilsvarende forutsetninger.

Dimensjonering etter Transport Canada

Av eksisterende dimensjoneringsmetoder har Luftfartsverket valgt Transport Canadas «Manual of Pavement Structural Design». Denne går ut på å komme fram til nødvendig tykkelse av overbygningen på grunnlag av undergrunnens bæreevne. Grunnens bæreevne er den last i kilonewton som forårsaker en varig deformasjon på 12,5 mm etter 10 lastrepetisjoner målt på en stålplate med platediameter 75 cm. Transport Canada (som tilsvarer Luftfartsverket i Norge) har beskrevet nødvendige tykkelser ut ifra disse målte verdier, samt kvalitet på tilgjengelige materialer. De tar ikke spesielle hensyn til antall lastrepetisjoner.

Flyplasser dimensjoneres ut i fra «ruteflyets» ringtrykk og eventuelt forventet charter- eller militærtrafikk. For ringtrykk $>1,5$ MPa er det i regi av ICAO (International Civil Aviation Organization) startet et arbeid for å se på faktisk nedbrytning. Dette arbeidet skal legge grunnlaget for dimensjonering for framtidige fly med maksimum avgangsvekt >600 tonn. Luftfartsverket i USA har under oppføring en fullskala testrigg hvor ulike dekkekonstruksjoner skal nedbrytes av hjulgrupper på 120-135 tonn med tilsvarende legg som det B 777 200-flyet har, se figur V3.8. Nye beregninger, og etterhvert også erfaringer fra større flyplasser i UK og USA, viser at DC 10 og B 747 (Jumbojet) fortsatt er de flytypene som gir størst påvirkning på banesystemene.



Figur V3.8 Fullskalaforsøk, dimensjonering for framtidige flytyper (Luftfartsverket)

Retningslinjer

Følgende retningslinjer gjelder:

1. Alle dekketyper som tilfredsstillers funksjonskravene, skal vurderes ved mensjoneringen.
2. Det mest kostnadseffektive oppbyggingsalternativ skal velges.
3. Valg av dekketype skal gjøres slik at årlige vedlikeholdstiltak ikke er nødvendige, dersom ikke flyplassens bruk tilsier at andre dekketyper kan benyttes.
4. Oppbygging av nye områder som oppstillingsplattform, holdingområde, rullebancender etc. skal ha betongdekke dersom trafikken består av tyngre fly med ringtrykk over 1,0 MPa.
5. Nye asfaltdekker på oppstillingsplasser bør behandles med middel som er motstandsdyktig mot drivstoffspill.

Bærekonstruksjonen skal bestå av ikke telefarlige materialer. Videre er minimumstykkelser for bærekonstruksjoner med asfaltdekker som vist i figur V3.9.

Lag	Ringtrykk				
	< 0,5 MPa	0,5-0,75 MPa	0,75-1,0 MPa	1,0-1,5 MPa	>1,5 MPa
Asfaltdekke	5,0 cm	6,5 cm	8,0 cm	10,0 cm	?
Pukk (mekanisk stabilisert)	15 cm	23 cm	25 cm	30 cm	?
Nedre lag ikke telefarlige materialer	Nødvendig tykkelse for å oppnå tilstrekkelig lastfordeling og frostfri fundamentering				

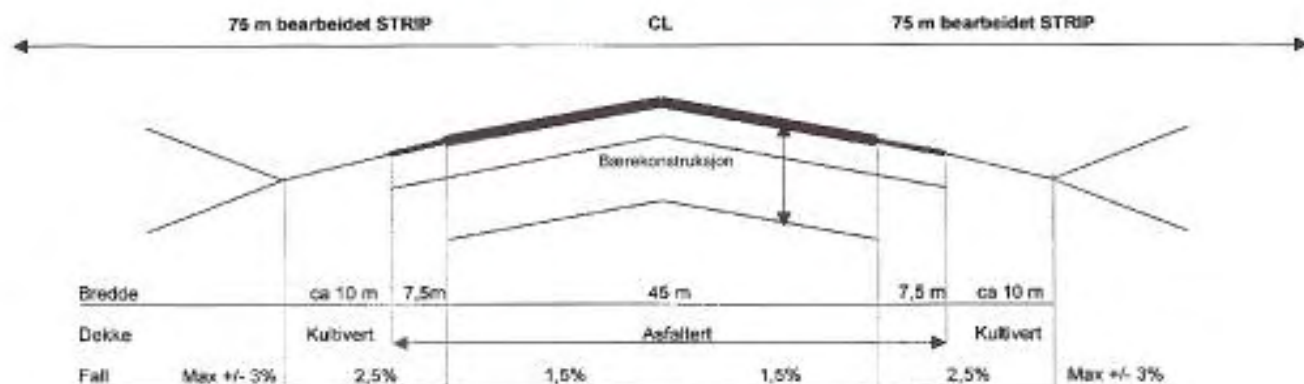
Figur V3.9 Minimum lagtykkelser i flyplassoverbygninger (Luftfartsverket)

Med frostsikring menes minimumstykkelse angitt i egen tabell basert på h_{30} i boken «Sikring mot teleskader», referanse [5]. Tilstrekkelig lastfordeling finnes ut ifra tabell basert på bærekonstruksjonens bæreevne uttrykt i S (S = verdi fra platebelastning, og er den verdi i kN som på en 750 mm plate gir 12,5 mm nedbøyning) og hjulkonfigurasjonsklasser.

Gangen i dimensjoneringen av et fleksibelt flyplassdekke etter den canadiske metoden er kort skissert som følger:

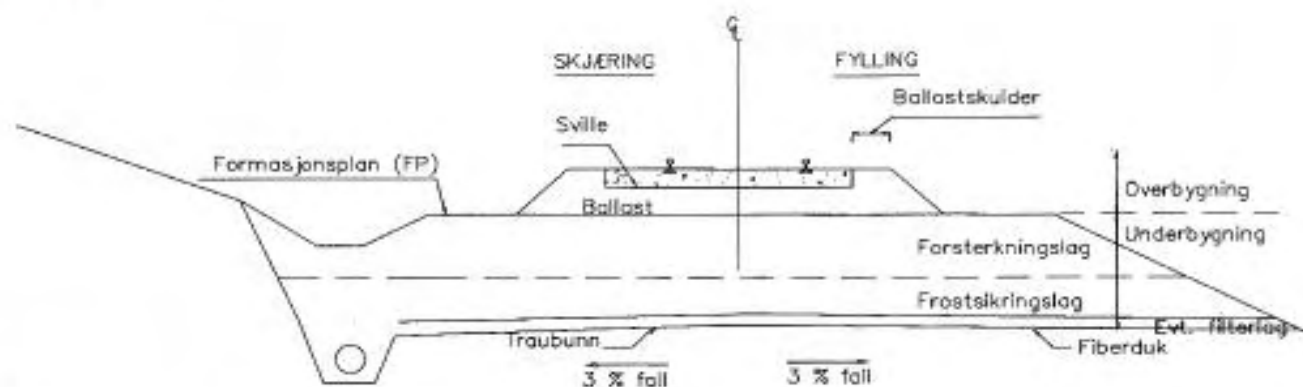
1. Aktuelle flytyper som vil kunne trafikker flyplassen jevnlig, velges ut med tilhørende ARL-verdier. (ALR-verdi = Aircraft Load Rating). Dimensjonerende ALR bestemmes.
2. Bæreevnen til undergrunnen (S-verdi) bestemmes av standarddiagrammet.
3. Ekvivalent tykkelse av bærekonstruksjon med standardmateriale bestemmes av standarddiagrammet.
4. Denne tykkelsen kontrolleres mot nødvendig konstruksjonstykkelse for frostfri fundamentering, h_{30} .
5. Den største av tykkelsene bestemt under pkt. 3 og pkt. 4 velges som standardtykkelse. Komponering av de ulike lag foretas på grunnlag av standardtykkelse, aktuelle materialer og ekvivalentfaktorene gitt i egen tabell. (Standardtykkelsen skal minst være summen av alle lagtykkelsene multiplisert med de respektive ekvivalentfaktorene).
6. Minimumskrav til tykkelser for dekke- og bærekonstruksjon kontrolleres ut fra ringtrykket til dimensjonerende fly.

Nødvendige tabeller finnes i Luftfartsverkets retningslinjer for flyplassbygging, som kan utleveres ved forespørsel.



Figur V3.10 Tverrprofil rullebane, banekonstruksjon og skuldre (Luftfartsverket)

Jernbaner



Figur V3.11 Prinsippskisse for oppbygging av jernbanefylling. Viser til «Jernbaneverkets tekniske regler», JD 530 kapittel 10 (Ballast) og JD 520 kapittel 6 (Banelegeme), Referanse [2]

Krav til materialer

- Ballast:** Det brukes kun pukk til ballast, sortering 25-63 mm. Det vises til vedlegg 8.
- Forsterkningslag:** Forsterkningslag skal bygges opp av bæredyktige, godt drenerende og ikke telefarlige materialer i henhold til NS 3420, K32 Forsterkningslag.
- Forsterkningslag av kult skal ha en maksimum steinstørrelse ikke større enn halve lagtykkelsen den legges ut i.
- For forsterkningslag av knust fjell gjelder samme krav som for sprengstein.
- Forsterkningslag av grusmaterialer skal bestå av velgraderte masser fra naturlige grusforekomster. Materialet kan inneholde stein, men maksimal kornstørrelse skal ikke overskride 150 mm.

Se også kapittel 2.4 figur 2.5.

Et massetak er et sted i naturen hvor en høster ikke-fornybare ressurser av grus, sand og fjell. Massetaket blir ofte oppfattet som sår i naturen. Vi må prioritere og legge opp driften av massetaket med minst mulige ulemper for omgivelsene, inkludert plante- og dyreliv. Ved siden av selve massetaket er det også vanligvis et produksjonsutstyr som kan virke irriterende og medføre støy og støvulempet for nærmiljøet. Transport ut av massetak kan også gi miljøbelastninger for nærliggende bebyggelse.

Alle ovennevnte aktiviteter må en søke å løse på en akseptabel måte i det en retter seg etter de mål og krav som settes til slike aktiviteter fra tilsynsmyndighetene. Dette regelverket endres i takt med hva som kan oppnås gjennom ny teknologi. Etterbruken av massetak må avklares på forhånd slik at utformingen av uttaket kan tilpasses denne, se Statens vegvesen: «Planlegging av massetak, håndbok 178», referanse [9].

Massetak i løsmasser (grus og morene)

Hvordan kan massetaket utformes for å fungere tilfredsstillende og godtas av nærmiljøet? Det er en vesentlig forskjell i så måte mellom massetak i løsmasser (grustak) og steinbrudd. I et grustak er det færre valgmuligheter. Israndavsetningene (terrasseformede løsmasseavsetninger) er de viktigste grusforekomstene og må avbygges på en slik måte at en oppnår en jevn kvalitet av de uttatte masser under hele driftstiden. Dette innebærer en bred driftsstuff og et relativt stort område som til stadighet er under produksjon.

Konsentrerer en seg om visse soner, vil produktene variere over tid, hvilket er til stor ulempe for kundegrupper som betong- og asfaltprodusenter. Et godt drevet grustak krever ryddige forhold med hensyn til avdekking over større områder, noe som fører til mulige ulemper med sandflukt og synlige nakne (vegetasjonsløse) felter. Det er til en viss grad mulig å skjerme driften ved at en unngår å bryte ned de gamle, ytre begrensninger til avsetningene og at adkomsten skjerms ved en kurvet trase som reduserer innsikten til produksjonsstufen og den trafikkerte bruddsålen.

Avdekkingsmasser kan med fordel lagres som voller som både demper støyutslipp og gir en rask etablering av vegetasjon. Slike voller skjermer også for innsikten og gir en viss demping av ulempene ved støv og visuell forurensning.

Andre viktige løsmasseavsetninger er eskere (grusåser) og morenetak. Grusåsene som snor seg som høyde-rygger i terrenget er vanskelige å utnytte på en skånsom måte. En drift på denne type grusforekomst medfører vanligvis at en spiser seg framover i forekomsten og lar skankene stå igjen.

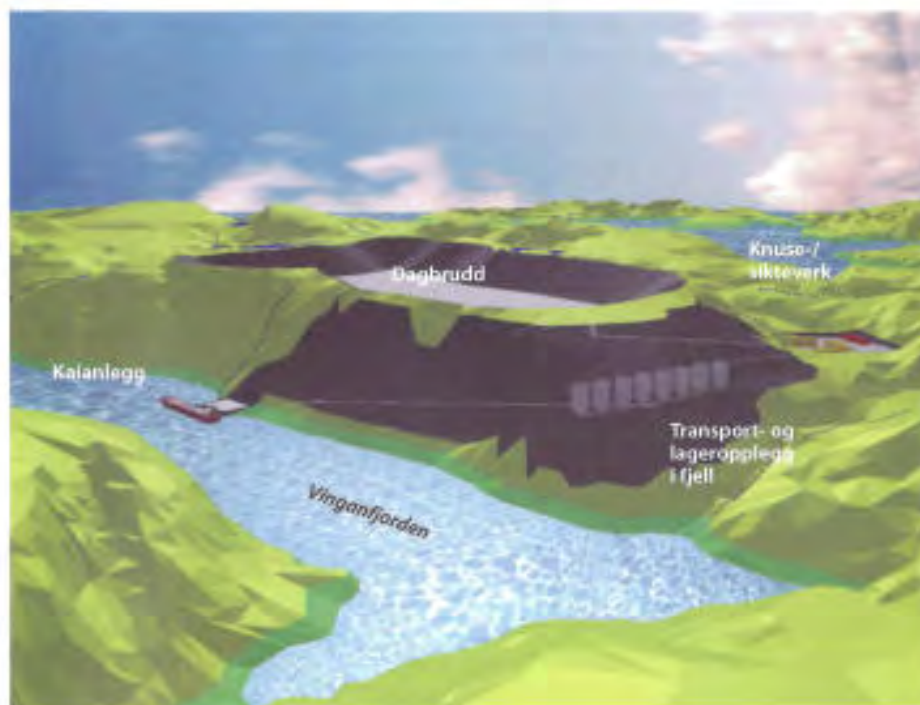
Rene morenemassetak er i mindretall når det gjelder de økonomisk viktige tak. Derimot ses slike massetak ofte i fjellheimen i forbindelse med mindre veg- og damanlegg. Morenemassetak inneholder ofte for mye finstoff for betong og bærelagsformål. Massene må i slike tilfelle vaskes.

Massetak i fjell

Massetak i fjell (steinbrudd) har langt flere muligheter enn grustak til å bli utformet på en tilfredsstillende måte med hensyn til de miljøkrav som stilles.

Det er viktig her å velge en driftsform som ender opp med at formen på steinuttaket harmonerer med de andre topografiske landskapsformer i massetaketets omgivelser. Valgmulighetene for et miljømessig tilfredsstillende steinbrudd er derfor ofte styrt av andre ytre faktorer enn massetak i løsmasser.

Viktige hjelpemidler for å planlegge massetak i fjell er topografiske kart i målestokk 1:5000 og 1:1000, flyfoto med stereoskopisk dekning, opplysninger om vindretninger etc. En bruker i dag også digitalt kartgrunnlag for å plassere massetak best mulig i terrenget ved hjelp av 3D-modellering. Figur V4.1 viser en 3D-modell.



Figur V4.1 3D-modell fra Fosén (NGU)

Myndighetenes krav til utforming og drift i massetaket framgår av «Mineralske lausmasser», Miljødepartementet, Rundskriv T-5/96, referanse [16]. Fylkesmannen ved miljøvernavdelingen, stiller krav som skal ivareta forholdet til naboer, miljø og sikkerhet samt etterbruk av området.

Planlegging av produksjonsanlegg

Ved planlegging av et produksjonsanlegg for steinmaterialer må knuse- og sikteprosessen alltid ses i sammenheng.

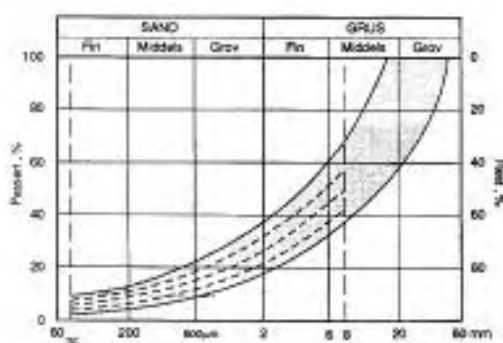
Formålet med å sikte materialene under knuseprosessen er:

1. Å hindre at uønsket overstørrelse eller understørrelse av materialet mates til det neste knusetrinn i en lukket operasjonsprosess. I forbindelse med matestasjonen eller etter første knusetrinn, vil det være aktuelt å ta ut 0-16 mm eller 0-22 mm. Dette for å sortere fra et uønsket, svakt materiale som enten er forvitret dagfjell, sleppemateriale, leirsoner, borkaks, og oppsmuldret fjell rundt sprengstoffet. Dette kalles primærsubbus. Det øvrige materialet kan - i den form det nå foreligger - være egnet som forsterkningslagsmateriale direkte, eller knuses videre.
2. Å hindre at små kornstørrelser og ferdig knust materiale, i ukontrollerte mengder, mates inn i en knuser. Dette fører til at pakking unngås i etterfølgende knusetrinn og effektivitet øker.
3. Å produsere produkter som imøtekommer spesifikke krav.

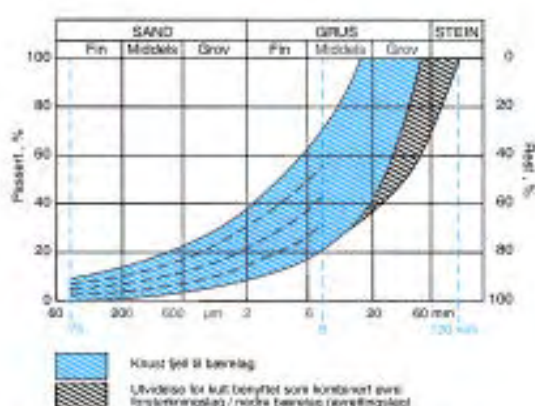
Etter andre knusetrinn får en ut et produkt som også er egnet til forsterkningslags- og bærelagsmaterialer, eventuelt etter forutgående frasikting av overkorn (for eksempel >64mm). Kvaliteten på steinmaterialet er avgjørende for hvorvidt produktet må frasiktes finstoff for å kunne brukes til bærelag. Overkornproduktet >64 mm går enten i lukket krets tilbake til samme knuser, til et tredje knusetrinn, eller er i seg selv et ferdig produkt (for eksempel kult 64-200 mm).

Etter tredje knusetrinn kan produktet benyttes direkte til bærelag, forutsatt en tilstrekkelig kontroll på over størrelsen. Finstoffinnholdet i dette produktet er vanligvis så lite at det tilfredsstiller kravene til bærelag. I andre tilfelle kan dette produktet blandes med bærelagsproduktet fra andre knusetrinn og derved forbedres kvaliteten. Forbedringen gjelder både med hensyn til kontroll på finstoffmengden og kornformen. Under knuseprosessen viser det seg at kornformen av steinmaterialet blir best ved kornstørrelser tilsvarende størrelsen på utgående spalteåpning på knuseren. Ved å knuse materialet gjennom to knusetrinn med forskjellig spalteåpning og blande disse knuste produkter, oppnås en forbedret kvalitet på kornformen i sluttproduktet over en større del av graderingen.

I den senere tid er det blitt mer og mer vanlig å framstille materialer for bærelagsformål etter ovennevnte prosess. Den krever en relativt enkel planløsning, gir tilfredsstillende produkter med minimal sikting og har en rimelig produksjonskostnad. Figurene V4.2 og V4.3 viser grensekurver henholdsvis for knust grus (Gk) og knust fjell (Fk).



Figur V4.2 Grensekurver for knust grus (Gk)



Figur V4.3 Grensekurver for knust fjell (Fk), referanse [1] figur 523.3 og figur 523.5

Driftsplan

For alle massetak skal det foreligge en driftsplan. Bergvesenets retningslinjer for utarbeidelse av driftsplaner er gjengitt i «Standardvilkår for drift av massetak. Krav til driftsplan – massetak i løsmasser/dagbrudd/underjordsdrift», referanse [10]. Vanligvis må en driftsplan revideres hvert 5. år. Driveren har ansvar for driftsplanen.

Bergvesenet har hjemmel for å godkjenne driftsplanen samt å føre tilsyn med driften. Formålet er å sikre at forekomster blir avbygget på en ressursmessig forsvarlig måte innenfor samfunnsmessig akseptable rammer. Bergvesenet ivaretar med dette sikkerhet for omgivelser (mennesker og husdyr) og den bergmekaniske sikkerhet. Arbeidstilsynet er tilsynsmyndighet i forhold som går på arbeidstakerens sikkerhet.

Boring og sprengning, fragmentering

Boring og sprengning av fjellet for viderebehandling av steinen i et knuseverk utføres av den enkelte pukkverksdriver eller av spesialiserte boring- og sprengningsfirma. Kriterier for et godt og tilfredsstillende boring- og sprengningsarbeid er at røysa er jevnt fragmentert, har passe framkast som gir en lett opplasting samt at avløsningsflaten i såle og bakstuff er jevn. Bakstuffen bør etter sprengning være avløst med en plan flate uten rasfarlige partier og overheng. Dette er ofte vanskelig p.g.a. geologiske forhold med lagdeling og sprekker. Det viktigste kriterium for tilfredsstillende sprengning er at røysa har et minimum av stor blokk som må ettersprenges eller slås i stykker med hydraulisk hammer.

Den absolutt billigste måte å knuse fjellet på, er ved boring og sprengning. Det blir langt dyrere å produsere steinmaterialer av sprettstein og stein som slås i stykker med hydraulisk hammer.

Sprengningen er en brutal påkjenning på fjellet med hensyn til et ønske om å bibeholde fjellets iboende, gode mekaniske egenskaper. Nye undersøkelser viser at ved å tilpasse bormønsteret og sprengstoffet til fjellets egenskaper, har dette en merkbar betydning for kvaliteten av de knuste produkter samt mengden av finstoffdanning. Dette gjelder finstoffdanning både i røysa og under knuseprosessen.

Når en salve fyres av, er det særlig to egenskaper ved sprengstoffet som er viktige. For det første det støtet (slaget) som detonasjonen forårsaker, for det andre den mengde av sprenggasser som dannes. Støtet gir opphav til sprekkedanning i fjellet. Støtbølgene som dannes ved detonasjonen har, alt etter sprengstoffets egenskaper, en hastighet på mellom 3000 m/s til 6000 m/s.

Det viser seg at sprengstoff som har en høy detonasjonshastighet (6000 m/s) gir den beste fragmentering, videre oppnås et kvalitetsmessig bedre pukkprodukt med hensyn til styrke (sprøhetstall) i de knuste pukkfraksjoner. Dette er kanskje noe uventet. I tillegg til å ivareta kvaliteten i fjellet, er det også muligheter for at en ved riktig valg av sprengstoff, til en viss grad også kan styre mengden av finstoffdanning.

Valg av bormønster og bordiameter er også viktige kriterier for fragmenteringen av røysa. Det er imidlertid vanskelig å gi anvisninger til et optimalt valg, da geologiske forhold som styrken av fjellet og sprekkemønster i fjellet er vel så viktige parametre for et godt sprengningsresultat som bormønster og sprengningsopplegg.

Knusing og sikting

De steinmaterialene som brukes i forsterkningslag og bærelag, utgjør ca. 40% av all steinmaterialproduksjon som skjer her i landet. Disse materialer går inn i bærekonstruksjoner i fundamenter for veier, jernbaner og flyplasser, og blir betegnet som ubundne steinmaterialer. Bergartene som brukes for disse formål er generelt sterke og abrasive, men tidvis noe sprø bergarter. Dette er egenskaper som må tas i betraktning ved valg av produksjonsutstyr. De påkjenninger som bergartsproduktene blir utsatt for, er stort sett frostpåkjenninger og dynamiske knaende bevegelser som gir abrasiv slitasje, og i mindre grad slagpåkjenninger. Til forsterkningslagsmaterialer kan en bruke sorteringer opp til maksimalt 200/300 mm steinstørrelse avhengig av lagtykkelse. I bærelagskonstruksjoner brukes som regel steinstørrelse opp til 64 mm, men også her må maksimal steinstørrelse tilpasses lagtykkelsen.

Krav til materialene i bærelag er generelt strengere enn kravene til forsterkningslag. Dette gjelder både geologisk betingete egenskaper og produktens egenskaper som kornform og gradering.

Egenskapene til de enkelte knusertyper

Ved valg av produksjonsutstyr er det viktig å ta hensyn til knuserens reduksjonsgrad og kapasitet. Reduksjonsgraden R defineres som forholdet mellom dimensjonen av inngående og utgående steinstørrelse.

$$R = \frac{D_{80\%}}{d_{80\%}} \quad (\text{Formel V4.1})$$

Her er $D_{80\%}$ = den maskevidde hvor 80% av inngående materiale passerer og $d_{80\%}$ = den maskevidde hvor 80% av utgående materiale passerer.

Reduksjonsgraden har betydning for produktkvaliteten. Ved nedknusing i flere trinn er det viktig at reduksjonsgraden ikke er for høy på de avsluttende trinn. Knuserne står i en produksjonslinje og må være tilpasset hverandre, slik at de tar imot stein fra foregående knusetrinn. Etter tredje knusetrinn vil en normalt kunne ha en maksimal steinstørrelse på ca. 30 mm. Mellom de nevnte knusetrinn har en som regel muligheter for å ta ut allerede ferdige produkter ved å frasikte disse. Disse produktene er typiske produkter som anvendes som ubundne steinmaterialer i forsterkningslag og bærelag.

Benevnelsene på ulike knusere avspeiler ulike funksjonsmåter. Vi skiller mellom:

- Kjefteknuser (To typer: Pendelknuser og rotasjonsknuser)
- Spindelknuser
- Konknuser
- Slagknuser
- Sentrifugalknuser

Slagknusere er i mindre grad brukt her til lands ved framstilling av ubundne materialer. De er spesielt egnet for framstilling av kubiske produkter for asfalt og betong, og da til sorteringer under 20 mm. De kan også være egnet for grovknusing av bløte bergarter som for eksempel kalkstein og marmor.

Sentrifugalknuser er også lite brukt for framstilling av materialer til ubundne bærelag.

Kjefteknuser

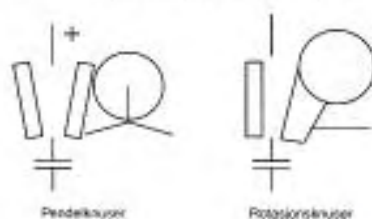
Denne knusertypen er den eldste og sannsynligvis den mest populære knusertypen også i dag for første knuse-trinn. Den består av en bevegelig og en fast knuseplate, og finnes i to utgaver: Pendelknuser og rotasjonsknuser, se figurene V4.4 og V4.5, som viser prinsippene og forskjellene på disse knuserne. Kjefteknuser knuser steinen ved hjelp av trykkrefter. I den senere tid er rotasjonsknuser blitt mest vanlig på grunn av mindre vekt og større kapasitet. Ved knusing av sterkt slitende bergarter (kvartsitter) er pendelknuser å foretrekke da de medfører mindre ripende slitasjer på knuteplatene.

Kjefteknuserens fordeler:

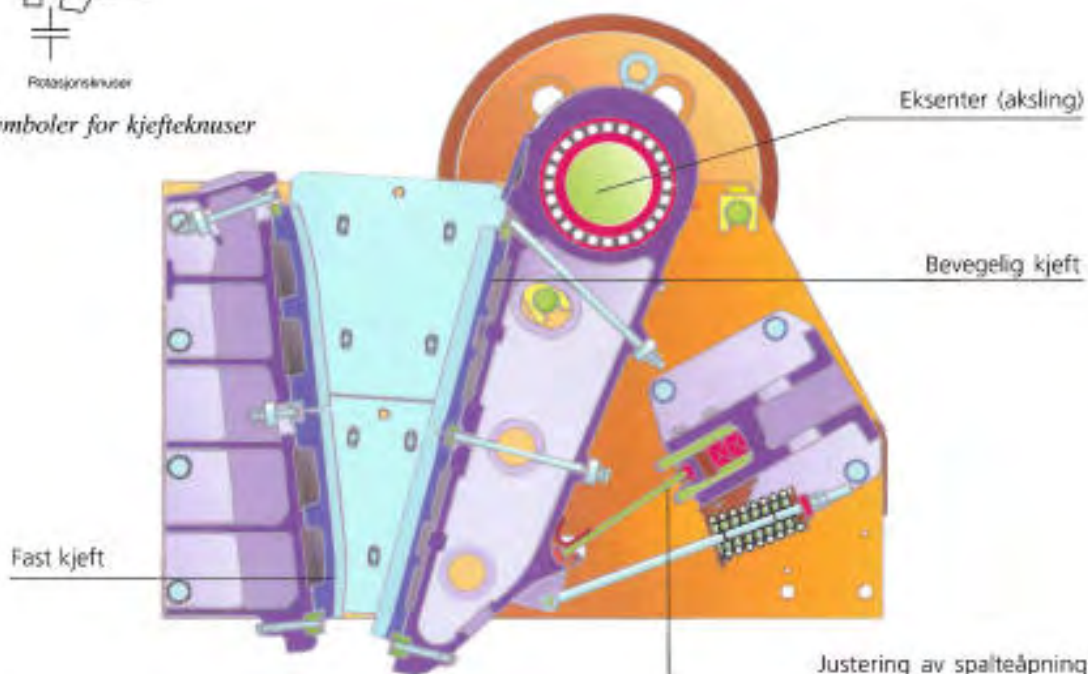
- De passer for alle harde bergartstyper for framstilling av ubundne steinmaterialer

Ulemper:

- Krever normalt en matestasjon
- Kan ha problemer med vått og klissent materiale



Figur V4.4 Tegnesymboler for kjefteknuser



Figur 4.5 Kjefteknuser (Rotasjonsknuser) (Nordberg)

Spindelknusere (Gyratory knuser)

Populært kan denne type knuser beskrives som en kjefteknuser med sirkulært knusekammer, dvs. at den stasjonære, ytre knuseveggen står i ro som en trakt, mens den bevegelige konen er en spindel som beveger seg eksentrisk i bunnen av knusekammeret. Den bevegelige knusekone har et lite utslag i toppen og maksimalt utslag i bunnen av knusekammeret.

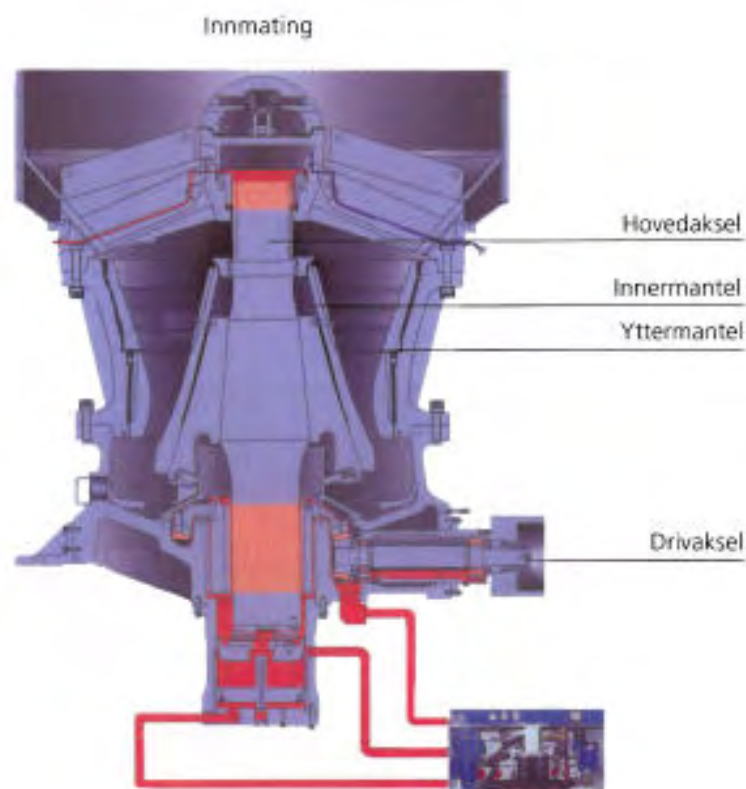
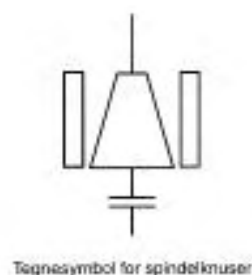
Spindelknuserne knuser steinmaterialene vesentlig ved hjelp av trykk, men den konkave konstruksjonen av knuseplatene fører også til noe istykkermaling av steinen.

Spindelknuserens fordeler er:

- Er egnet for alle harde, abrasive bergarter.
- Kan sjokkmates, og krever ingen matestasjon. Brukt som sekundær knuser anbefales matestasjon.
- Har en mye høyere kapasitet enn en sammenlignbar kjefteknuser.

Ulemper:

- Har lavere reduksjonsgrad enn en sammenlignbar kjefteknuser.



Figur V4.6 Spindelknuser (Gyratory) (Svedala)

Konkuserer

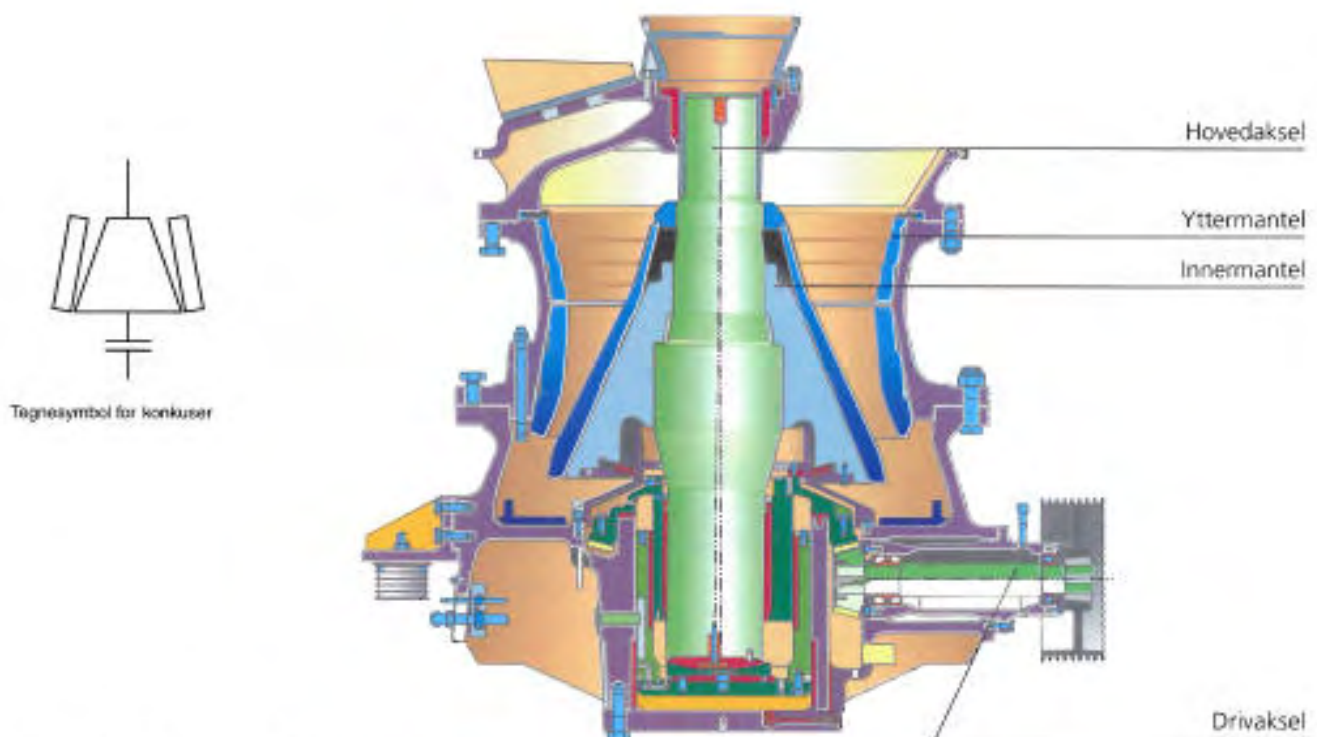
Konkuserne er utviklet fra spindelknusere, og hovedforskjellen mellom spindelknusere og konkuser er utformingen av knusekammeret. Den bevegelige knusekjevten er her mye kortere og bredere enn hos spindelknuseren, se figur V4.7. En annen forskjell er at rotasjonshastigheten av den bevegelige knuseplaten (konen) er mye større enn hos spindelknuseren. Knuseprosessen i en konkuser er en kombinasjon av trykk- og slagpåkjenninger på steinmaterialene.

Konkuserens fordeler:

- Konkuserne kan med fordel brukes til knusing av harde, abrasive bergarter.

Ulemper:

- Krever 100% fylling av matekammeret for å oppnå kvalitetsprodukter. (Ved utilfredsstillende mating, dvs. halvfullt knusekammer, får en skjev slitasje på slitementlene og tendens til korn med ugunstig kornform).



Figur V4.7 Konkuser (Nordberg)

Sentrifugalknuser

Sentrifugalknuser er en relativt ny knusertype hvor de enkelte steinpartiklene slynges ut i høy hastighet mot en «seng» av samme steintype. Hjørne og kanter av steinen blir slått av og svake steinpartikler knuses til finstoff.

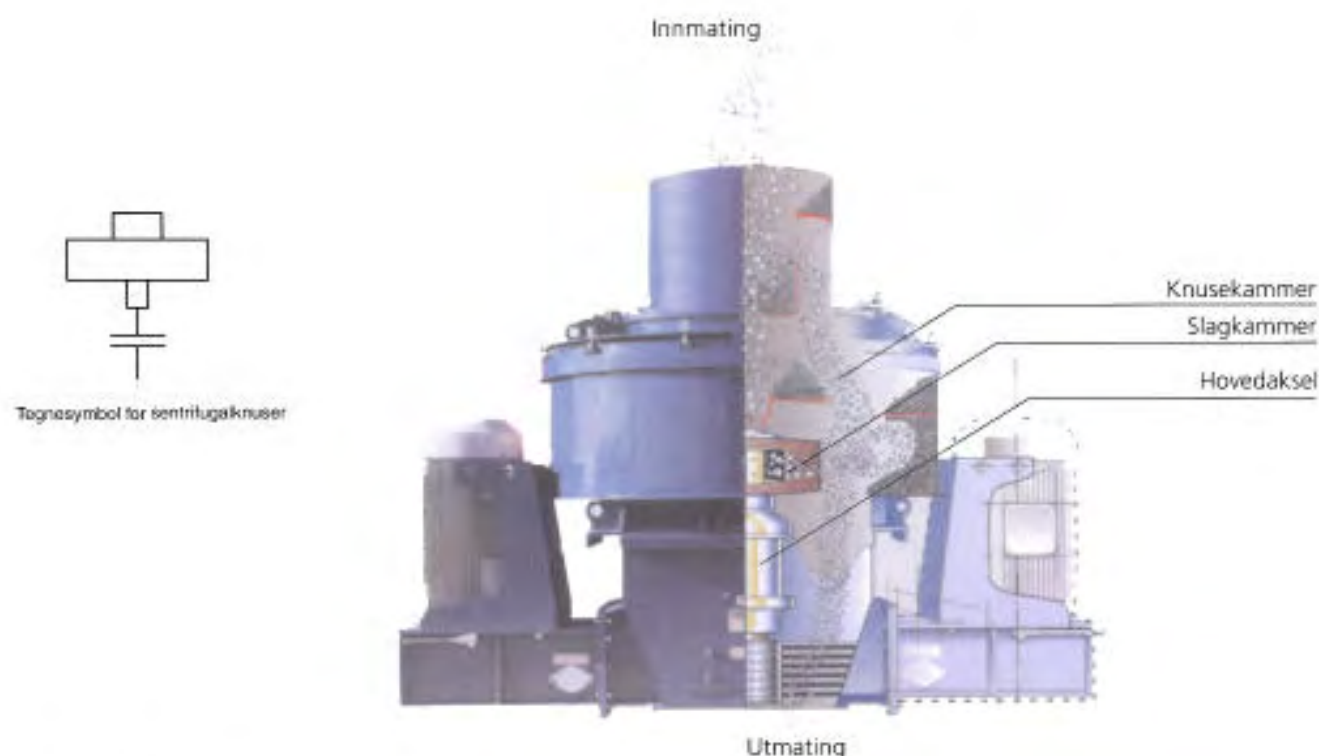
Knuseren fører til forbedret produktkvalitet når det gjelder kornform og mekaniske egenskaper. Reduksjonsgraden varierer med mengden som mates inn.

Fordeler ved sentrifugalknuser:

- Forbedrer de mekaniske egenskaper

Ulemper:

- Den produserer finstoff som det kan være vanskelig å finne anvendelse for



Figur V4.8 Sentrifugalknuser (Svedala)

Nye typer knuser

En helt ny type, vibrerende konkknuser, er blitt utviklet i løpet av 1990-årene. Denne knuseren har bevegelig ytterkon og fast innerkon. Ytterkonden har en horisontal sirkulær bevegelse og er drevet av fire sett eksentervektorer fastmontert til ytterkonden. Dette gir en større grad av interpartikulær knusing med en tykkere «seng» av steinmateriale enn hva en har i konvensjonelle konkknuser. Til nå har denne knusertypen blitt brukt innen metallurgisk industri.

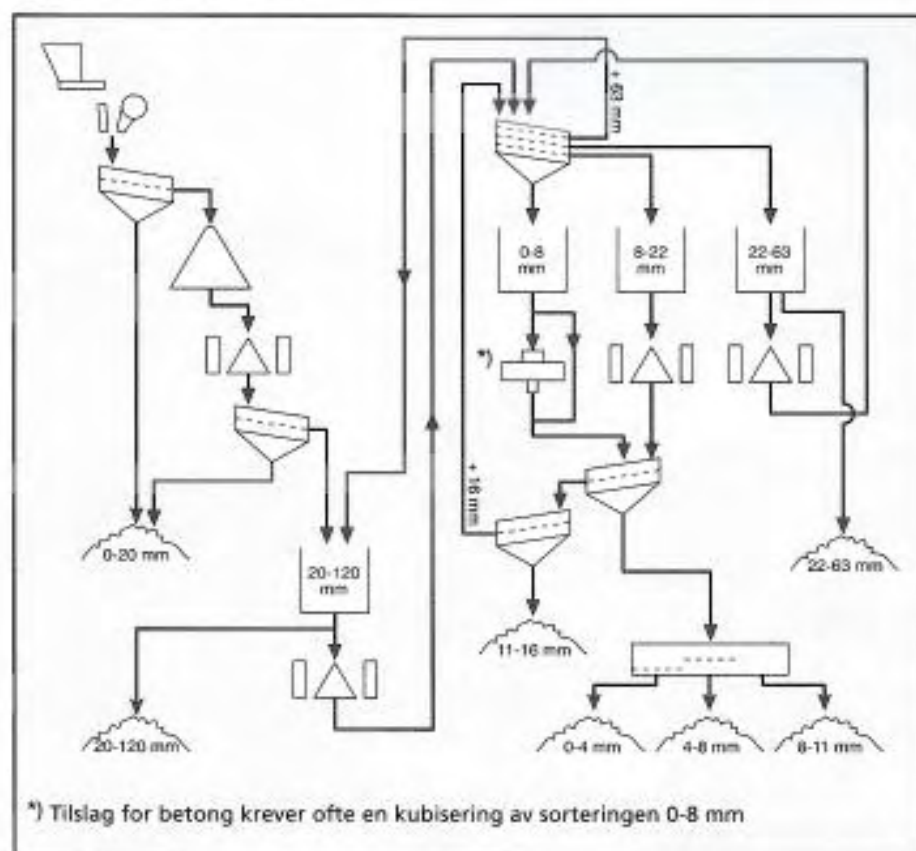
Knuseverk, stasjonære og mobile

Pukkverk består av knusere i en produksjonslinje i kombinasjon med sikte- og transportutstyr. Pukkverk kan være stasjonære eller mobile.

Et produksjonsanlegg (knuseanlegg) består av en kjede knuse- og sorteringsutstyr.

Stasjonære anlegg

Et stasjonært produksjonsanlegg vil som regel ha en utstyrsoppstilling tilpasset flere produkttyper/kvalitetskrav. Figur V4.9 gjengir flytskjema for et stasjonært anlegg. Ved produksjon av materialer til forsterkningslag og bærelag vil det som regel være spørsmål om å benytte bare de deler av anlegget som er nødvendig for å oppnå tilstrekkelig kvalitet.



Figur V4.9 Eksempel på flytskjema for stasjonært anlegg (Svedala)

Mobile verk

Mobile verk vil kunne være aktuelle ved produksjon av materialer til bære- og forsterkningslag, spesielt forsterkningslag. Sammenliknet med for eksempel knusing av materialer til asfaltdekker med bl.a. krav til optimal kubisitet, kan produksjonsopplegget forenkles vesentlig.

Som det framgår av flytskjema i figur 4.5 (kapittel 4), kan forsterkningslagsmassen produseres ved å benytte én kjefteknuser, eventuelt i kombinasjon med frasikting av finstoff og overstørrelse. Bærelagsmasse vil vanligvis kreve to knusestrinn, eventuelt med et tredje for å øke kapasiteten. Figur V4.10 viser et mobilt verk i produksjon.



Figur V4.10 Mobilt verk (Nordberg)

Mobile knuseverk kan være hjulgående eller beltegående. De hjulgående betinger oppbygging av fundamenter og kjøreramper ved hver ny oppstilling. De beltegående trenger ingen slike forarbeider. Dessuten er de flyttbare i materialtaket, og kan derved mates direkte av gravemaskin ved stoffen. Figur V4.11 gjengir fordeler/ulemper i en sammenlikning mellom hjul- og beltegående mobile verk.

	Grovknuser		Finknuser	
	Hjul	Belter	Hjul	Belter
Fordeler	Kostnad anskaffelse	Fleksibilitet i massetaket	Transport, vanlig henger	Fleksibilitet i massetaket
Ulemper	Mer omfattende rigg Trenger ekstern energikilde	Mer omfattende vedlikehold	Mer omfattende rigg Begrenset siktekapasitet finfraksjonen	Mer omfattende vedlikehold

Figur V4.11 Sammenlikning av mobile grovknusere og finknuser

Siktemaskiner og sikteduker

Valg av siktemaskiner må tilpasses den utstyrkjeden de skal gå inn i (type knusere/kapasiteter mv.), egenskaper ved det materialet som skal siktes, hvilke materialtyper som skal produseres og kvalitetskrav som stilles til disse.



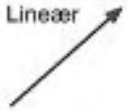
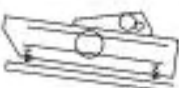


Viktige faktorer ved det materialet som skal siktes er:

- Kornsammensetningen av det materialet som skal siktes
- Mengde innmatet materiale
- Fuktighet
- Kornform
- Densitet og overflateegenskaper

Sikteoppgavene kan deles i tre hovedgrupper:

- **Grovsikting:** (ca. > 100 mm). Forsikting, primærsikting, skalpering etc. med frasikting av overstørrelse eller finstoff.
- **Mellomsikting:** (ca. 20 – 100 mm). Sikting til spesifikke sluttprodukter eller i lukket krets for videre nedknusing.
- **Finsikting:** (< 30 mm). Sluttsikting av et materialet i flere undersorteringer.

Siktemaskinene arbeider etter tre hovedprinsipp som vist i figur V4.12:

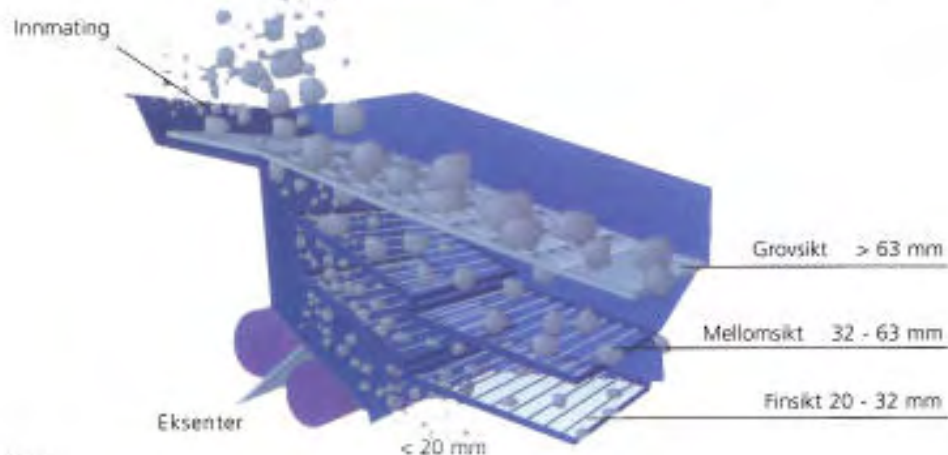
Beskrivelse	Bevegelse	Symboltegn
Konvensjonelle sikt (frittvingende)	Sirkulær 	
	Lineær 	
Frittfallssikt (frittvingende)	Lineær 	

Figur V4.12 Siktemaskinprinsipp

Viktige faktorer ved siktemaskin og sikteduk er:

- Type sikt (stavgaller, stålplate, gummiduk, plastduk, ståltrådsikt)
- Størrelse og form på hull i sikteduken
- Kvaliteten av sikteduken
- Totalt sikteareal og fritt sikteareal (trådsikt har større fritt sikteareal enn tilsvarende dimensjoner på gummi- og plastduker)
- Helning på sikteduken
- Lengde og retning av «slagene» i sikteprosessen
- Slagfrekvens

Figur V4.13 viser i prinsipp hvordan et frittfallssikt arbeider. Utstyret egner seg til sikting av velgraderte grove masser.



Figur V4.13 Frittfallssikt (Svedala)

Et sikts effektivitet kan påvirkes sterkt av forhold som variasjoner i fuktighet, belegg på steinkorn og endring av kornform fra kubisk til flisig eller stenglig.

Slagfrekvens og slagform er bestemmende for en siktemaskins bruksområde. Siktedukene kan bestå av stål, gummi eller plast. De kan festes til siktemaskinen på ulike måter, enten direkte eller til lett utskiftbare moduler. Figur V4.14 gjengir bruksområder for ulike typer sikteduker.

Type sikt	Sikteoppgave		
	Grovsikting	Mellomsikting	Finsikting
Stavgaller ¹⁾	x		
Stålplate	x	x	
Gummiduk	x	x	x
Plastduk ²⁾			x
Ståltrådduk		x	x

¹⁾ Gjelder overstein · ²⁾ Spesielt egnet ved våtsikting

Figur V4.14 Sikteoppgaver - sikteduk

Karakteristiske trekk ved siktedukene:

- **Stavgallere** og **fingermatere** utfører også en form for sikting, men brukes først og fremst ved forsikting (skalpering). Dette er utstyr som tåler en ujevn og hard belastning og har lang levetid.
- **Gummiduker** er blitt mer vanlige ved forsikting og for sikting i lukket krets. Gummidukene har betydelig lengere levetid enn tråddukene, men gir vanligvis en dårligere sikterenheter enn tråddukene på ett og samme sikteareal.
- **Plastduker** er et alternativ til gummiduker og er bedre egnet til små og middels store hulldimensjoner. Sikterenheter er noe bedre enn for gummiduk.
- **Ståltrådduk** med kvadratiske, rektangulære eller langmaskede åpninger. Gjennomhullede stålplater brukes også i spesielle sikter og har stort sett samme egenskaper som trådduker. Disse brukes mest til sikting av grovkornede produkter som krever store sikteåpninger.

Statens vegvesen: «Laboratorieundersøkelser, håndbok 014», referanse [3] og «Feltundersøkelser, håndbok 015», referanse [4], gir detaljerte, fullstendige og oppdaterte beskrivelser av alle prøvningsmetoder.

I denne oversikt er det - i en meget kortfattet form - gitt en beskrivelse av de mest aktuelle prøvningsmetodene med omtale av,

- hvilke egenskaper som prøvningsmetoden gir uttrykk for
- hva slags prøveutstyr som brukes
- kortfattet om hvordan analysen utføres

Visuell styrkevurdering av bergartskorn, NGUs metode

Undersøkelsen er utviklet for grusmaterialer, og er mindre egnet for pukk. Metoden er basert på bergartskornenes ripemotstand og en visuell bedømmelse av knusemotstanden, og gir en grov bestemmelse av materialets innhold av korn i de ulike styrkegrupper.

Prøven skal bestå av ca. 150 korn i fraksjonen 8,0-16,0 mm.

Bergartskornene sorteres og betegnes som vist under:

Styrkegruppe	Betegnelse
1	Meget sterke korn (finkornige bergarter som granitt, kvartsitt, kvartsandstein og gabbro)
2	Sterke korn (middelskornige bergarter som gneis og harde skifere)
3	Svake korn (grovkornede, bløte eller lagdelte bergarter som kalkstein og fyllitt)
4	Meget svake korn (bergartskorn som lar seg knuse med fingrene, som bløt skifer)

Metoden er beskrevet i referanse [3], metode 14.414.

Spesifikk densitet for sand (materiale < 4 mm)

Densiteten beregnes på grunnlag av prøvens masse bestemt ved veiing i luft, og samlet netto volum av prøvens enkelte partikler bestemt ved hjelp av pyknometer. Det kreves et prøvevolum som er minst 15% av pyknometerets volum.

Metoden er beskrevet i referanse [3], metode 14.421.

Spesifikk densitet for grus, pukk og stein (materiale > 4 mm)

Densiteten beregnes på grunnlag av prøvens masse bestemt ved veiing i luft, og samlet netto volum av prøvens enkelte partikler bestemt ved neddykking i vann. Det kreves et prøvevolum på ca. 500 g renvasket og ovnstørret prøve.

Metoden er beskrevet i referanse [3], metode 14.422.

Vanninnhold

Undersøkelsen utføres for å bestemme en prøves vanninnhold ved hjelp av veiing før og etter tørking. Prøven tørkes til konstant vekt. Vanninnholdet beregnes i masseprosent av den tørkede prøvens masse. For grus tas det ut en prøve på 700-1000 gram.

Metoden er beskrevet i referanse [3], metode 14.426.

Kornfordeling ved tørr-/våtsikting

Tørssikting

Mengden av kornstørrelsene innen fastsatte fraksjoner bestemmes ved tørssikting. Mengdebestemmelse av de enkelte fraksjonene baseres på oppveing av gjenværende materiale på de enkelte sikt.

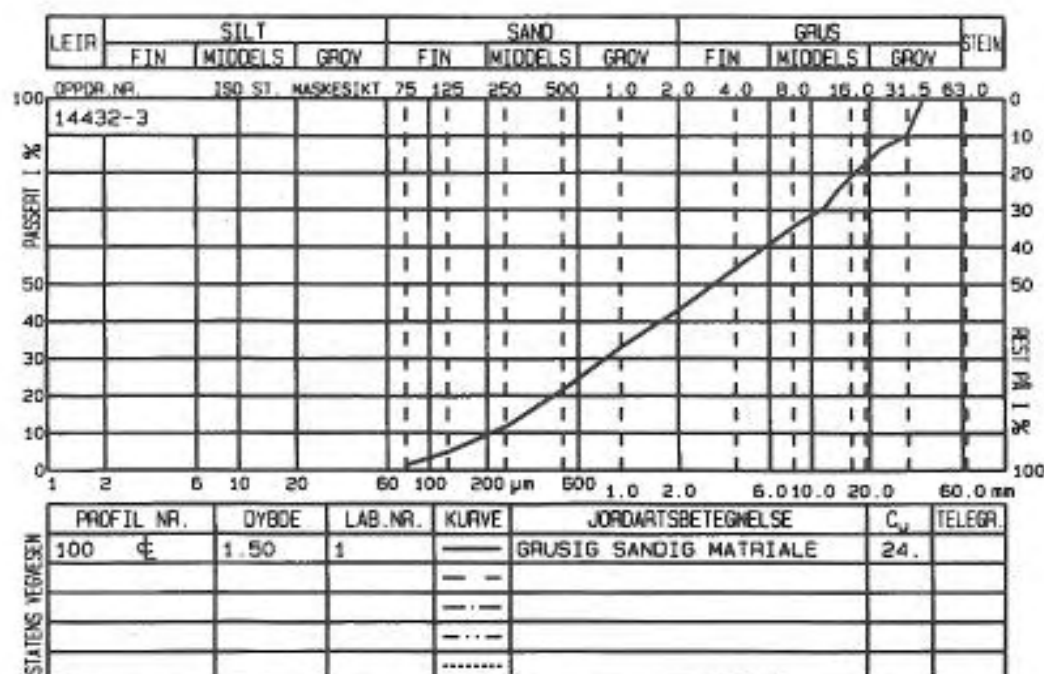
Tørssikting brukes bare når finstoffinnholdet er lite, høyst 5% mindre enn 75µm og når det ikke forekommer belegg på steinene (i slike tilfeller brukes våtsikting).

Materiale større enn 19,0 mm overføres til en siktesats med 63,0-31,5-19,0 mm siktter og rystes for hånd inntil det ikke passerer mer materiale gjennom siktene. Eventuelt finstoffbelegg på steinene børstes av og overføres til prøven <19 mm.

Materiale mindre enn 19,0 mm siktes gjennom en siktesats med følgende siktter: 16,0-8,00-4,00-2,00-1,00 mm og 500-250 -125 -75 µm og bunn.

Minste prøvemengde som kreves for å utføre en sikteanalyse er:

90% av mat. passerer (mm)	125	63	31,5	19	16	8	4	2	<2
Prøvestørrelse (kg)	50	25	10	2	1,3	0,3	0,15	0,10	0,10



Figur V5.1 Eksempel på kornkurve, tørrsikting

Våtsikting

Våtsikting brukes når prøven inneholder mye finstoff (mer enn 5%), og når finstoffet kitter steinmaterialene sammen eller når finstoffet forekommer som belegg på de grovere partiklene. Våtsikting kombinert med slemmeanalyse (referanse [3] metode 14.433) brukes for å bestemme telefarlighetsgraden av vegbyggingsmaterialer (sand, grus, morene o.l.). Våtsikting brukes også når det er av spesielt stor betydning å fastslå nøyaktig innhold av materiale $< 75 \mu\text{m}$.

Undersøkelsen utføres i flere trinn:

1. Vasking/våtsikting av prøven på bestemte sikt for å skille grove og fine partikler.
2. Sikting av de grove partiklene fra den våtsiktede og tørkede prøven gjennom standard siktesatser av duk med kvadratiske sikt, samt summasjonsveeing.
3. Eventuelt slemmeanalyse for de fineste partiklene (når fordeling av korn $< 75 \mu\text{m}$ ønskes).

Metodene er beskrevet i referanse [3], metode 14.432 og 14.434.

Flisighet og sprøhet (fallprøve)

Fallprøven gir et uttrykk for steinmaterialenes motstandsevne mot nedknusing. Metoden er utviklet i Sverige og ligner noe på den engelske Aggregate Impact Test. Metoden kan brukes både for naturgrus og pukk.

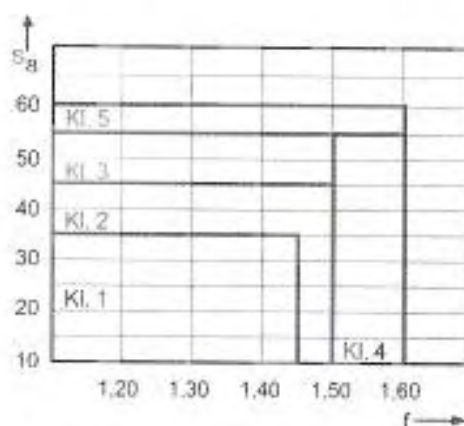
Fallprøven utføres med fraksjonen 8,0-11,2 mm. I en morter utsettes materialet for slag fra et 14 kg lodd som faller 20 ganger fra en høyde på 25 cm. Den prosentvise andelen av materialet som etter knusingen har en kornstørrelse mindre enn 8,0 mm kalles steinmaterialets ukorrigerte sprøhetstall (s_a). Dette tallet korrigeres for pakningsgraden i morteren, og en får deretter beregnet sprøhetstallet (s_p).

Steinmaterialets kornform uttrykkes ved flisighetstallet (f). Flisighetstallet beskriver forholdet mellom kornenes midlere bredde og tykkelse.

Steinmaterialene deles inn i fem klasser avhengig av flisighet (f) og sprøhet (s_p). Steinklasse 1 er best og 5 er dårligst.



Figur V5.2 Fallprøveapparat (Statens vegvesen)



Figur V5.3 Klassifisering av steinmaterialer etter flisighet og sprøhet

Metoden er beskrevet i referanse [3], metode 14.451.

Abrasjon

Abrasjonsmetoden brukes for å bestemme et steinmateriales motstandsevne mot nedsliting. Testen gir det dominerende bidraget til slitasjemotstanden (S_a -verdien). Abrasjonsverdien er også et uttrykk for steinmaterialets ripemotstand og motstand mot slitasje generelt, for eksempel ved anleggstrafikk.

Abrasjonstesten benyttes for steinmaterialer fra knust fjell og for knust grus med ensartet bergartssammensetning. For materialer med mer enn 20% svake og skifrige bergarter bør ikke abrasjonstesten brukes.

Metoden benyttes for alle steinmaterialer som skal brukes i høytrafikkerte veier. Ved denne metoden bestemmes et steinmateriales volumtap (i cm^3) under tørr sliping med slipepulver mot en roterende stålplate.

Steinmaterialer klassifiseres slik etter abrasjonsverdi:

Abstrasjonsverdi (a)	Klassifisering
under 0,35	Meget god
0,35 - 0,45	God
0,45 - 0,55	Middels
0,55 - 0,65	Svak
over 0,65	Meget svak

For å lage prøvestykker til denne undersøkelsen kreves minst 2 kg kubisk materiale i fraksjonen 11,2-12,5 mm. Hver prøve består av 3 prøvestykker med 25 steinkorn. Hvert prøvestykke slipes 3 perioder à 20 omdreininger, og det gjennomsnittlige volumtapet for en slipeperiode av disse i alt ni slipeperioder er lik abrasjonsverdien (a).

Figur V5.4 Klassifisering av steinmaterialer etter abrasjonsverdi

Metoden er beskrevet i referanse [3], metode 14.454.

Kulemølle

Testen simulerer den slitasje det grove tilslaget utsettes for i et asfaltdekk med piggedekktrafikk. Slitasjen simuleres ved at stålkuler og tilslaget tromles i en liten stålsylinder. Testen utføres på tilslag i fraksjonen 11,2-16,0 mm. Mølleverdien er prosent gjennomgang på 2 mm-siktet.

Kulemøllemetoden er godt egnet dersom det er vanskelig å fastlegge nedknusningsmotstand og slitasjemotstand på grunnlag av sprøhet.

Til prøven trengs minst 5 kg materiale.

Det er normalt ikke satt krav til mølleverdi, men krav kan gis i enkelte tilfelle. Til orientering er CEN-klassifiseringen også vist i tabellen.



Figur V5.5 Kulemølle (Statens vegvesen)

Norsk klassifisering		CEN Classification	
Kulemølleverdi	Betegnelse	Nordic abrasion value	CEN Category
under 6	Meget god	< 7	AN 7
6 - 9	God	< 10	AN 10
9 - 13	Middels	< 14	AN 14
13 - 18	Svak	< 19	AN 19
over 18	Meget svak	< 30	AN 30
		No requirement	AN NR

Figur V5.6 Klassifisering av steinmaterialer etter kulemølleverdi

Metoden er beskrevet i referanse [3], metode 14.455.

Los Angeles metode (nedknusingsmotstand)

Ved Los Angeles-metoden undersøkes materialets motstand mot nedknusing (prosent gjennomgang på 1,6 mm-sikten) ved at tørt tilslag (standardsortering 10,0-14,0 mm) tromles med stålkuler.



Figur V5.7 Los Angeles prøveutstyr (Statens vegvesen)

Vekttapet er et uttrykk for motstandsevnen mot nedknusing. Metoden er et alternativ til fallprøven, og er bedre egnet dersom materialet inneholder mer enn 40% svake korn.

Prøven til laboratoriet skal inneholde minst 15 kg av fraksjonen 10,0-14,0 mm. Dette er ikke noen vanlig fraksjon i Norge, men kan siktes ut fra en 11-16 mm fraksjon. Prøven kan også settes sammen av 10 kg av fraksjonen 8-11 mm og 10 kg av fraksjonen 11-16 mm. Tilslaget skal siktes på sifter med åpningene 10, 12,5 og 14 mm.

Veiledende klassifisering av steinmaterialer ut fra Los Angeles-metoden av sortering 10-14 mm er vist i tabellen. Til orientering er CEN-klassifiseringen også oppgitt.

Norsk klassifisering		CEN - Classification	
Los Angeles-verdi	Klassifisering	Los Angeles Coefficient	Category
under 15	A	< 15	A
15 - 20	B	< 20	B
20 - 25	C	< 25	C
25 - 30	D	< 30	D
over 30	E (dårligst)	< 40	E
		< 50	F
		No requirements	G

Figur V5.8 Klassifisering av steinmaterialer etter Los Angeles-verdi

Metoden er beskrevet i referanse [3], metode 14.456.

Los Angeles-undersøkelse etter ASTM-prosedyre, er den eneste standardiserte metode for undersøkelse av materiale større enn 14 mm, ASTM-C535.

Jernbaneverket har sin egen prosedyre for Los Angeles-undersøkelse, se vedlegg 8.

Standard Proctor

Metoden brukes for å bestemme hvilket vanninnhold som er det gunstigste for å få best mulig komprimering av steinmaterialer opp til 19 mm. Prøven stemples normalt i en 2 liters sylinder i tre like tykke lag. Hvert lag stemples 50 ganger med en 2,63 kg stamper, som faller 30 cm for hvert slag.

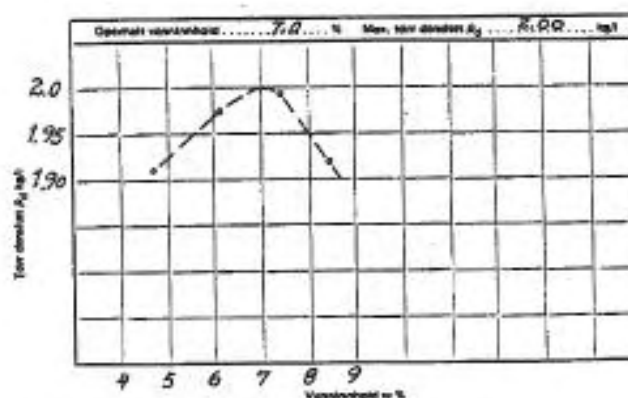
En prøve består av 5 enkeltprøver i en serie med varierende vanninnhold. Prøvene tilsettes vann slik at det blir en økning i vanninnholdet fra prøve til prøve på 1-2%.

Enkeltprøve 3 bør ha et vanninnhold som ligger i nærheten av det optimale. Fordi hvert forsøk fører til noe nedknusing av steinmaterialet, utføres hvert forsøk på nytt materiale. For hvert forsøk kreves ca. 5,5 kg materiale. Totalt bør en derfor ha ca. 25-30 kg for å gjennomføre én prøve.

Resultatet av forsøkene tegnes opp som vist i figuren.



Figur V5.9 Utstyr for Standard Proctor (Statens vegvesen)



Figur V5.10 Opptegnet resultat fra forsøk

Metoden er beskrevet i referanse [3], metode 14.461.

Modifisert Proctor

Prøvingen utføres som for Standard Proctor, men stamperen veier 4,8 kg og fallhøyden er 45 cm. Det fylles i 5 lag.

Metoden er beskrevet i referanse [3], metode 14.462.

CBR (California Bearing Ratio)

Metoden brukes i Norge i de få tilfeller der et bærelagsmateriale (knust fjell eller knust grus) kornkurve ikke er i samsvar med grensekurvene, mens de øvrige krav er oppfylt.

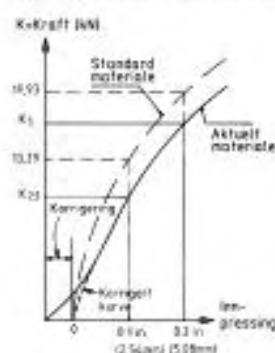
I utlandet er CBR ofte en svært viktig prøvemethode både for undergrunns- og overbyggningsmaterialer.

CBR-undersøkelsen utføres på materiale under 19 mm. Materialet stemples inn i en CBR-sylinder til en fastsatt densitet. CBR uttrykkes som motstand mot en stempelinntrengning på 2,54 mm i forhold til den motstand et referansemateriale med tilsvarende komprimeringsgrad har (100% CBR).

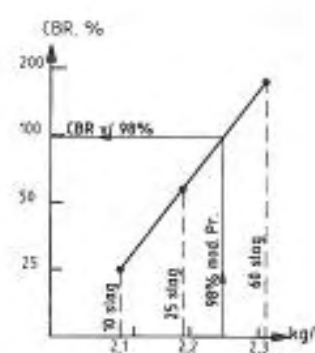
For hver prøve skal det lages i stand 6,0 kg oppfuktet materiale.



Figur V5.11 CBR-presse (Statens vegvesen)



Figur V5.12 Tolkning av CBR-kurve



Figur V5.13 CBR som funksjon av densitet

Metoden er beskrevet i referanse [3], metode 14.463.

Prøvetaking av tilslag

Metoden omfatter prøvetaking fra knuseverk, steintipp, siloer, transportbånd, lagerhauger og fra leveranser. Avhengig av kornstørrelsen, som vil kunne variere sterkt, vil det ved prøvetaking være nødvendig å bruke ulikt utstyr. Prøvene skal tas slik at det blir representative prøver av produktet. Delprøver tas forskjellige steder for å unngå at ett delprodukt blir overrepresentert.

Ved bruk av prøvetakingsskuffe skal åpningen på skuffen være minst tre ganger så stor som de største korn som skal prøvetas, og lengden på skuffen skal være større enn åpningen.

Uansett hvor tilslagsprøven blir tatt ut, skal den bestå av minst 10 delprøver som **til sammen** ikke skal veie mindre enn 20 kg. Emballeringen må foretas slik at ikke finstoff går tapt under transport.

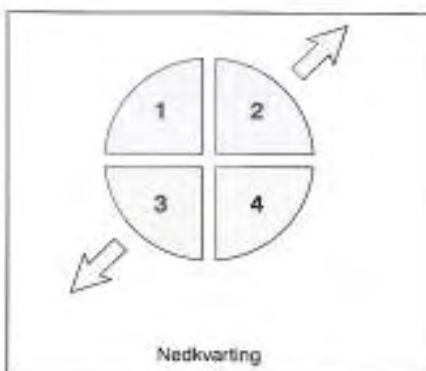
Metoden er beskrevet i referanse [4], metode 15.311.

Neddeling av tilslagsprøver

Neddeling av prøven er nødvendig der prøven blir uhåndterlig i et laboratorium. Prøvemengden må være representativ med hensyn til størrelsen av de partikler som prøvetas.

Analysetype	Mengde i vekt nedsplittet til
Siktekurve	
- filtersand og silt/finsand	2 kg
- materiale inntil 8 mm	5 kg
- materiale inntil 25 mm	15 kg
- materiale over 25 mm	30 - 50 kg
Fallprøve, 8 - 11,2 mm	15 kg
Abbrasjons-metoden 11,2 - 12,5 mm	2 kg
Kulemølle-metoden 11,2 - 16,0 mm	min. 5 kg
Andre analyser når intet annet er oppgitt	30 - 50 kg

Figur V5.14 Nødvendige prøvemengder



Figur V5.15 Nedkvartering

Metoden er beskrevet i referanse [4], metode 15.312.

Prøvemengden er avhengig av graderingen i produktet og det formål prøven er tatt ut for. Noen eksempler på behov for prøvemengder er vist i figur V5.14.

Prøver kan inneholde mye støv som kan gå tapt i tørt vær, så det kan være gunstig å fukte prøven noe før neddeling. Støvmaske bør brukes ved neddelingen.

Ved kvarting av prøvematerialet blandes materialet godt sammen på et Brett eller en presenning ved at det tømmes mot ett punkt slik at det dannes en kjegle. Kjeglen klappes med spade til jevn tykkelse, og prøven deles i fire deler som vist. Alt materiale i to motstående deler fjernes, og de gjenværende to deler blandes på nytt til en kjegle som klappes ned. Videre nedkvartering og blanding foretas inntil ønsket prøvemengde er oppnådd.

Nedkvartering kan også foretas med prøvesplitter med spalter eller med roterende prøvesplitter.

Prøvetaking av utlagte materialer

Formålet er å ta prøver av utlagt materiale for å avgjøre om kravene er oppfylt. For å ta opp prøven, brukes ofte spade, spett, motorspett eller traktorgraver. Prøvene legges tett emballert i plastposer med merking både inni og utenpå posen.

Maksimal kornstørrelse (mm)	Anbefalt prøvestørrelse (kg)
16	5
32	20
64	100
120	250
200	400

Figur V5.16 Anbefalte prøvestørrelser

Metoden er beskrevet i referanse [4], metode 15.321.

Prøvetaking i veg

Prøven er aktuell for eksempel ved forsterkning av en eksisterende veg eller flyplass der det er behov for å bestemme oppbygningen av eksisterende overbygning. Det tas da prøver ut av de enkelte materialag i overbygning og fra undergrunnen. Til oppgraving av prøvehull kan for eksempel brukes traktorgraver, borrhigg med naverbor, motorspett eller spade. Prøvehullenes plassering bestemmes etter at den aktuelle strekning er delt opp i delstrekninger med enhetlig kvalitet på bakgrunn av for eksempel skader, topografi, grunnforhold, dremsforhold o.l. Ett prøvehull på hver delstrekning er tilstrekkelig når lengden av denne ikke er mer enn 500 m.

På veg plasseres prøvehullene i ytre hjulspor eller minst 0,5 m inn fra dekkekannten.

Prøve tas av de enkelte lag fra toppen og nedover.

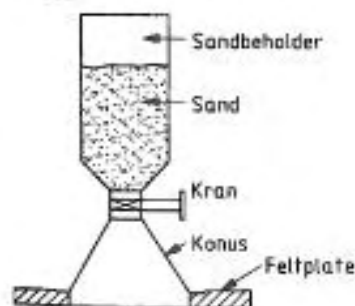
Vi har ingen standardisert metode for å ta prøver av steinlag. Laboratoriet i Statens vegvesen Oppland har utført en del forsøk med å grave opp 1,0 x 1,0 m for å komme fram til en metode. Det vanlige er imidlertid å angi største og minste størrelse og beskrive steinlaget på grunnlag av det. Dersom steinlaget er mer eller mindre mettet med finstoffholdig materiale, tas prøve av dette laget, og en prøver skjønnsmessig å angi metningsgraden (se «Vegbygging, håndbok 018», 522.1 og figur 522.2, referanse [1]).

Når prøvetakingen er gjort, skal tilbakefylling av de oppgravde materialene skje på en slik måte at de i størst mulig grad blir lagt ned på sin «riktige» plass.

Metoden er beskrevet i referanse [4], metode 15.431.

Sandvolumeter

Sandvolumeter brukes for å kontrollere komprimering på sand- og grusmaterialer. Målingene utføres ved at det graves et hull ned i det aktuelle laget.



Figur V5.17 Sandvolumeter

Metoden er beskrevet i referanse [4], metode 15.323.

Volumet av hullet bestemmes ved å fylle det med en tørr, ensartet sand med kjent densitet. I tillegg tørkes oppgravde materialer fra hullet. Dette gir grunnlag for å beregne prøvehullets volum, tørr masse i prøvehullet og tørr densitet for massen i prøvehullet.

Vannvolumeter

Vannvolumeter brukes for å kontrollere komprimering av sand- og grusmaterialer. Målingene utføres ved at det graves et hull ned i det aktuelle laget.

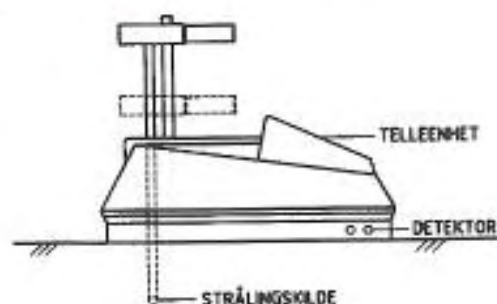


Figur V5.18 Vannvolumeter

Metoden er beskrevet i referanse [4], metode 15.324.

Volumet av hullet bestemmes med et vannvolumeter ved at en gummiballong fylles med vann og presses ned i prøvehullet. I tillegg tørkes oppgravde materialer fra hullet. Dette gir grunnlag for å beregne prøvehullets volum, tørr masse i prøvehullet og tørr densitet for massen i prøvehullet.

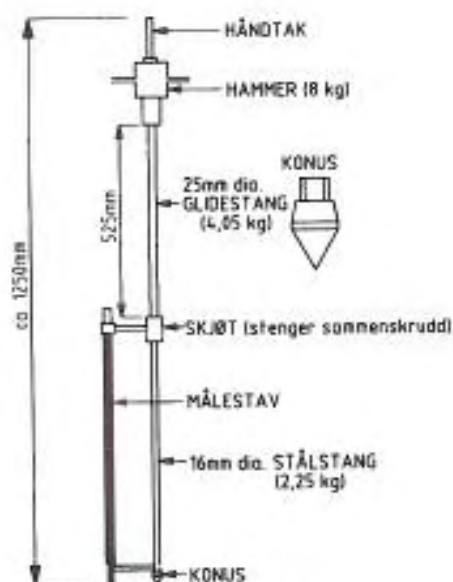
Isotopmåling



Figur V5.19 Isotopmåler

Metoden er beskrevet i referanse [4], metode 15.325.

DCP



Figur V5.20 Manuell DCP

Metoden er beskrevet i referanse [4], metode 15.326.

Isotopmålingen er basert på en radioaktiv gammakilde og brukes til måling av densitet og vanninnhold. Isotopmåleren kan brukes som overflatesonde (0-30 cm) eller som dybdesonde. Personell som skal bruke utstyret forutsettes å ha opplæring i strålehygiene, måleprinsipp og praktisk bruk av utstyret. Målemetoden er ikke egnet for grove steinmaterialer.

DCP (Dynamic Cone Penetrometer) brukes for å måle skjærstyrken for sand- og grusmaterialer. Utstyret er spesielt godt egnet til bruk på bærelags- og forsterkningslagsmaterialer i forbindelse med planlegging av forsterkningsarbeider.

DCP-utstyret består av en stang med en spiss i den ene enden. Spissen rammes ned ved at et lodd slippes med 52,5 cm fallhøyde. Ut fra nedtrengningen av spissen, som registreres for hvert slag (eventuelt hvert 5. slag), beregnes materialets DCP-verdi, vanligvis i lameller med 5 cm tykkelse.

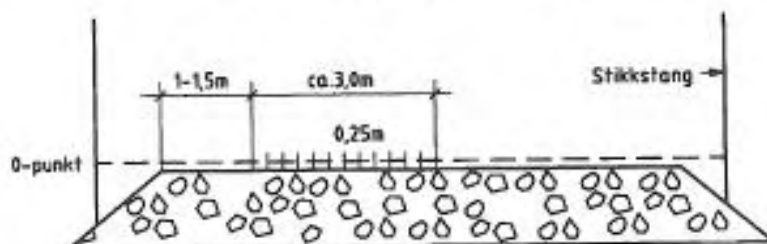
På grunnlag av DCP målinger kan en anslå materialets CBR-verdi ved ulike formler. (Se rapport nr. 65 i Laboratorieserien fra Statens vegvesen, Veglaboratoriet 1994).

Utstyret er enkelt, billig og gir mye informasjon i forhold til oppgraving. Både manuelt og automatisert utstyr finnes.

Nivellering

Nivellering er godt egnet til komprimeringskontroll på grove steinmaterialer som maskinkult o.l.

Høyden på det aktuelle laget måles både før komprimering og etter hver passering av komprimeringsutstyret. Laget anses tilfredsstillende komprimert når siste passering gir en setning som er mindre enn 10% av totalsetningen.

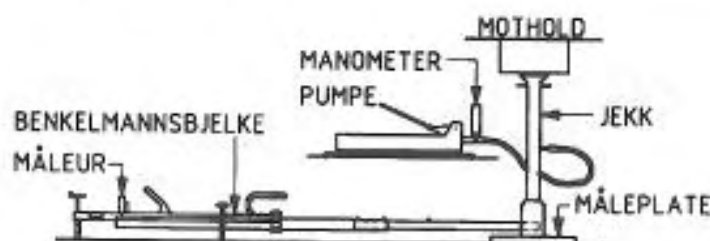


Figur V5.21 Prinsippskisse for nivellering

Metoden er beskrevet i referanse [4], metode 15.327.

Platebelastning

Platebelastning brukes for kontroll av komprimering på utlagte materialer med maksimal kornstørrelse mindre enn 150 mm. Platebelastning kan også brukes for å måle bæreevne og stabilitet. Metoden er arbeidskrevende og brukes i dag lite i Statens vegvesen. Luftfartsverket benytter platebelastning ved dimensjonering av flyplassoverbygninger, kfr. vedlegg 3.



Figur V5.22 Platebelastningsutstyr

Metoden er beskrevet i referanse [4], metode 15.328.

Nedbøyningsmåling med Dynaflect

Dynaflect brukes for å fastlegge nedbøyningen på en veg under last. Nedbøyningen brukes som et uttrykk for vegens bæreevne, uttrykt ved aksellast i tonn. Dynaflect er ikke egnet til å fastlegge E-verdier for lagene i overbygningen.

Utstyret er montert på en tilhenger og trekkes av en litt større personbil. Ved hjelp av to eksentrisk opplagrede svinghjul som roterer mot hverandre, produseres en vertikal pulserende last som overføres til vegbanen via to stålhjul. Dynaflectens vekt er ca. 900 kg, og den pulserende lasten er slik at lasten under målingene varierer mellom ca. 650 og 1150 kg. Vegbanen blir stående og vibrere i takt med lastpåkjenningen i en frekvens på 8 Hz, og utslagene registreres av fire sensorer, plassert i forskjellige avstander fra lastsenteret. Utstyret måler typisk 10-15 km pr. dag med 50 m måleavstand.



Figur V5.23 Dynaflect (Statens vegvesen)

Metoden er beskrevet i referanse [4], metode 15.411.

Nedbøyningsmåling med fallodd

Fallodd brukes for å fastlegge nedbøyningen på en veg under last. Nedbøyningen brukes som et uttrykk for vegens bæreevne, enten gjennom beregnede E-verdier for lagene i overbygningen eller omgjort til aksellast i tonn.

Falloddet er montert på en tilhenger og trekkes av en stor personbil. Falloddet påfører normalt en belastning på 50 kN («5 tonn») mot en sirkulær belastningsplate ved å løfte en vekt til forskjellige høyder. Vegbanen blir satt i bevegelse og nedbøyningsbassenget registreres av opptil sju sensorer hvorav én er plassert i last-senteret. Utstyret måler typisk 10-15 km pr. dag.



Figur V5.24 Fallodd av typen Dynatest (Statens vegvesen)

Metoden er beskrevet i referanse [4], metode 15.412.

Standardsorteringer

Figur V6.1 angir standardsorteringer for steinmaterialer og krav til siktenøyaktighet for disse.

Handels- betegnelse mm	Standardsortering mm	Tilstand ¹⁾	Maks tillatt mengde		Maks 5% skal passere mm	Maks 85% skal passere mm	Alt skal passere mm
			% understr.	% overstr.			
Filler	0 - 0,075	N K NK		20			0,5
0 - 2	0 - 2	N K NK		15			4
0 - 4	0 - 4	N K NK		15		2	8
0 - 8	0 - 8	N K NK		15		4	11,2
0 - 16	0 - 16	N K NK		15		8	22,4
0 - 20	0 - 22,4	N K NK		15			31,5
0 - 32	0 - 31,5	N K NK		15			37,5
0 - 64	0 - 63	N K NK		15			75
2 - 4	2 - 4	N K NK	25	15	1		8
4 - 8	4 - 8	N K NK	25	15	2		11,2
8 - 11	8 - 11,2	N K NK	25	15	4		16
8 - 16	8 - 16	N K NK	20	15	4		22,4
8 - 22	8 - 22	N K NK	20	15	4		26,5
11 - 16	11,2 - 16	N K NK	15	20	8		22,4
16 - 22	16 - 22,4	N K NK	25	15	8		26,5
16 - 32	16 - 31,5	N K NK	15	15	11,2		37,5
22 - 32	22,4 - 31,5	N K NK	20	15	11,2		37,5
22 - 53	22,4 - 53	N K NK	15	15	16		63
22 - 64	22,4 - 63	N K NK	15	15	16		75
22 - 120	22,4 - 125	K NK	15	15	16		160
22 - 150	22,4 - 160	K NK	15	15	16		200
32 - 53	31,5 - 53	N K NK	15	15	19		63
32 - 64	31,5 - 63	N K NK	15	15	22,4		75
64 - 120	63 - 125	K NK	15	15	31,5		160

¹⁾ Betegnelsene N, K og NK står for : N = naturlig, K = knust og NK = blandet masse. For størrelser over 4 mm er vanlig betegnelse for N = singel og K = pukk

Figur V6.1 Standardsorteringer med krav til maksimalstørrelser, over- og understørrelser. Kilde: «Vegbygging, håndbok 018», referanse [1] vedlegg 3 side 307.

I den kommende CEN-standard prEN 13242, «Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction», referanse [7], er det andre regler for overstørrelser og understørrelser, se figur V6.2.

Aggregate description	Size mm	Percentage passing by mass				
		Oversize			Undersize	
		2 D ¹⁾	1,4 D ²⁾³⁾	D ⁴⁾	d ³⁾	d /2 ²⁾³⁾
Coarse aggregate	D/d < 2 or D < 11,2	100	98 to 100	85 to 99	0 to 20	0 to 5
	D/d > 2 and D > 11,2 mm	100	98 to 100	90 to 99	0 to 15	0 to 5
Fine aggregate (sand)	D < 4 mm and d = 0	100	98 to 100	85 to 99	-	-

¹⁾ For aggregate sizes where D is greater than 63 mm (e.g. 80 mm and 90 mm) only the oversize requirements related to the 1,4 D sieve apply since there is no ISO 565/R20 series sieve above 125 mm.

²⁾ Where the sieves calculated as 1,4 D and $d/2$ are not exact sieve sizes in the ISO 565/R20 series then the next higher or lower sieve size respectively shall be adopted.

³⁾ For special uses additional requirements may be specified from the following:

- the sieve which 100% passes may be less than 1,4 D
- the percentage passing d may be 0 to 10
- the percentage by mass passing $d/2$ may be 0 to 2

⁴⁾ The percentage passing D may be greater than 99% but in such cases the supplier shall document and declare the typical grading including the sieves D , d , $d/2$ and sieves in the Basic Set plus set 1 og basic set plus set 2 intermediate between d and D . Sieves with a ratio less than 1,4 times the next lower sieve may be excluded.

Figur V6.2 CEN-standard, Draft prEN 13242: April 1998

Produktdokumentasjon

Bakgrunn

I forskrifter til Plan- og bygningsloven (PBL) stilles krav om at produsent/leverandør av materialer og byggevarer skal dokumentere produktens egenskaper før de omsettes. Dokumentasjonen skal legges opp i samsvar med EUs byggeveredirektiv. Intensjonen er å sikre at produkter som produseres eller omsettes for å inngå i byggverk, skal oppfylle krav under eller i henhold til PBL.

Innholdet og presentasjonen av dokumentasjonen er foreløpig ikke fastlagt. I en overgangsfase må dokumentasjonen derfor bygge på de egenskaper som har vært dokumentert under tidligere regelverk, nasjonale standarder og opplysninger om kommende innhold i felles-standarder (CEN-standarder).

Forslag til punkter i produktinformasjon

Foreløpig foreslås at følgende blir dokumentert ved levering av stein- og grusmaterialer til oppbygging av ubundne lag i fundament for veier, flyplasser og jernbaner:

1. **Produsent/leverandør, ansvarlig:** Navn og adresse for vedkommende firma. Navn på drifts-ansvarlig.
2. **Stedidentifikasjon:** Navn på materialtaket, hvor det ligger, kartreferanse.
3. **Geologisk identifisering:** Hvilke bergart(er)/type avsetning materialtaket ligger i. Bergarten(e)s mineralske sammensetning med karakteriserende tynnslip (som gir et bilde av hvor ensartet bergarten er). Materialets (spesifikke) densitet bør oppgis, med variasjonsområde. Innhold av «skadelige/uønskede» mineraler oppgis, for eksempel kis.
4. **Material- og produktkvalitet:** Viser til aktuelle kvalitetskrav for bære- og forsterkningslag, figur 2.5 i kapittel 2.

Måleregler for ubundne materialer i bære- og forsterkningslag

1. Normalt legges følgende forutsetninger til grunn ved levering av materialer fra produsent/leverandør:

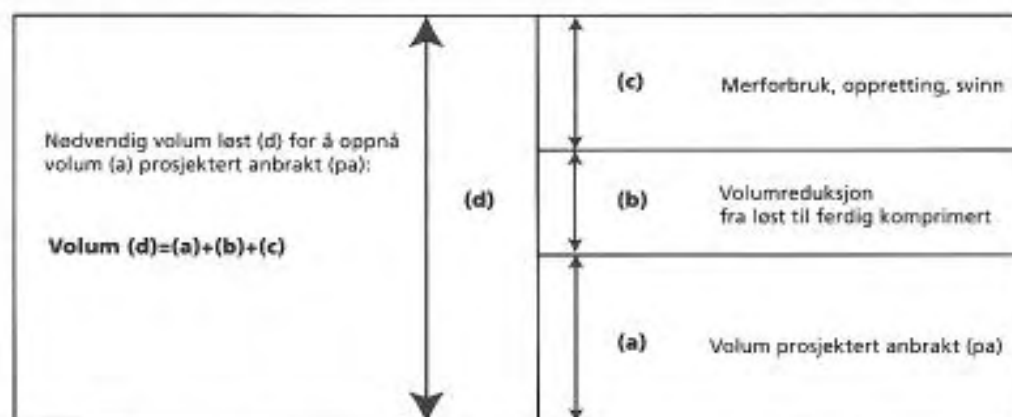
- **Målerregel:** Vekt/masse
- **Måleenhet:** Tonn (Alternativt: Volum løst, måleenhet m^3)
- **Tilstand:** Løst lagret, som regel lastet på bil

2. Levering av ferdige bære- og forsterkningslag, baseres som regel på følgende forutsetninger:

- **Målerregel:** Prosjektert anbrakt volum (pa), dvs. teoretisk beregnet volum.
- **Måleenhet:** Volum m^3
- **Tilstand:** Fast lagret og ferdig komprimert

Referanse: Statens vegvesen, «Prosesskode – 1, håndbok 025» [6].

Den som skal kalkulere kostnader/gi tilbud på levering av ferdige bære- og forsterkningslag, må beregne nødvendige mengder tilførte materialer. Figur 7.1 gir et bilde av aktuelle omregninger.



Figur V7.1 Sammenheng mellom volum prosjektert anbrakt (pa) og nødvendig tilføring av volum løst.

Aktuelle omregninger

Trinn 1: Omregning fra tonn masse løst lagret til volum m^3 løst lagret.

Dette gjelder ved levering/salg fra produsent/leverandør. Foruten gradering, vil densitet, fuktighet og kornform ha innvirkning på densiteten (romvekten) ved løs lagring. Densiteten endres proporsjonalt med steinmaterialets spesifikke densitet, ρ_s . Variasjonene i densitet ved løs lagring er store, og densiteten bør derfor måles.

Figur V7.2 gir et bilde av hvilken betydning kornsammensetningen m.v. kan ha for densiteten under ellers like forhold. Figuren gjengir målte densiteter fra fem leverandører for nærmere spesifiserte fraksjoner, løst, ved «naturlig fuktighet». Leverandørene benytter råmaterialer karakterisert ved spesifikke densiteter, ρ_s .

Knuse-trinn	Varesort	Sortering mm	Lev.1 ¹⁾	Lev.2 ²⁾	Lev.3 ³⁾	Lev.4 ⁴⁾	Lev.5 ⁵⁾
			$\rho_s=2,65$	$\rho_s=2,75$	$\rho_s=2,75$	$\rho_s=2,78$	$\rho_s=2,94$
Løs densitet : ρ (tonn/m ³)							
1	Subbus	0- 4	1,29	1,49			
		0-18	1,56				
		0-20		1,55			1,60
	Kult	20 - 120	1,58	1,43	1,46		
2	Bærelag	0 - 32	1,55		1,68		
		0 - 60	1,52	1,61			
	Pukk	12 - 22	1,36				1,45
		25 - 63			1,42		1,50
		32 - 64	1,42				1,50
	Kult	60 - 120					1,60
		64 - 120					1,60
3	Pukk	4 - 8	1,24				1,40
		5 - 8				1,41	
		8 - 11	1,30	1,32		1,39	
		8 - 12					
		8 - 16					1,40
		11 - 16	1,32	1,31		1,45	
		11 - 22	1,36				
		16 - 22		1,35			1,45
		16 - 32	1,39				1,45
		25 - 63	1,42				
		32 - 64					1,50

¹⁾ Produsent 1: Bergart: Gneis

Målt løst lastet på lastebil

²⁾ Produsent 2: Bergart: Syeritt

Målt løst lastet på lastebil

³⁾ Produsent 3: Bergart: Gneis

Målt løst lastet i kasse 1,0x1,0x1,0 m

⁴⁾ Produsent 4: Bergart: Kvartsdioritt

Målt løst lastet i kasse 1,0x1,0x1,0 m.

⁵⁾ Produsent 5: Bergart: Gneis

Tørket og målt i 10 liters spann (NS 427 A).

Figur V7.2 Eksempler, registrert densitet (romvekt) av ulike sorteringer i løs tilstand

Trinn 2: Omregning fra volum m³ i løs tilstand til volum m³ ferdig komprimert.

Det vises til figur V7.1. For å oppnå et volum (a) ferdig komprimert, trengs et volum (a) + (b) av materialer i løs tilstand. Volumet (b) tilsvarer reduksjonen i porevolum fra løs tilstand til ferdig komprimert.

Nødvendig volum tilført løst materiale kan generelt uttrykkes ved å multiplisere det aktuelle volum ferdig komprimert med omregningsfaktoren $F = [(a) + (b)] / (a)$

Omregningsfaktoren varierer mye, avhengig av gradering, komprimeringskrav, kornform og grad av nedknusing under utlegging og komprimering.

Omregningsfaktorene kan bestemmes ut i fra densiteter målt ved komprimeringsforsøk. Figur V7.3 gjengir normale variasjonsområder for omregningsfaktorer fra fast til løst.

Varesort	Sortering, mm	Omregningsfaktor F (fast til løst)
Subbus	0 - 20	1,20 - 1,30
Kult	20 - 120	1,15 - 1,30
Kult (sams)	0 - 120	1,15 - 1,30
Bærelag	0 - 32	1,15 - 1,30
Bærelag	0 - 64	1,15 - 1,30
Pukk	22 - 64	1,05 - 1,20
Pukk	8 - 11	1,05 - 1,15
Pukk	11 - 16	1,05 - 1,15

Figur V7.3 Omregningsfaktorer, volum ferdig komprimert til volum løst – normale variasjonsområder

Når det totale behov for tilføring av materialer i løs tilstand skal beregnes, må også merforbruket (c) i figur V7.1 inkluderes. Merforbruket går med til:

- Eventuell oppretting av svanker i underliggende lag.
- Innfylling i et porøst og åpent underlag.
- «Svinn» av materialer i alle arbeidsprosesser fra utkjøring, eventuelt mellomlagring, til ferdig konstruksjon klar til overlevering.

Merforbruket vil i praksis kunne variere innen vide grenser avhengig av nøyaktighet og påpasselighet. I størrelsesorden kan merforbruket ligge på:

- For lagtykkelser tilsvarende bærelag, 20 - 40% av volum prosjektert anbrakt.
- For tykkere lag/forsterkningslag, 10 - 30% av volum prosjektert anbrakt.

En samlet omregningsfaktor fra volum prosjektert anbrakt til volum løst på 1,5 – 1,6 for et bærelag, vil betinge stor nøyaktighet under alle arbeidsprosesser.

Jernbaneverkets spesifikasjoner for ballastpukk

- Teknisk spesifikasjon – Ballastpukk
- Jernbaneverket rutiner for testing av ballastpukk
- Skjema til bruk for registrering på laboratoriet



Jernbaneverket
Hovedkontoret
Teknisk avdeling
Over- og underbygning



Teknisk spesifikasjon

Ballastpukk

Utgave/versjon :	2.0
Utarbeidet av :	IDMTB/VI
Dato utarbeidet :	29.06.98
Kontrollert av :
Dato kontrollert :
Godkjent av :
Dato godkjent :

Tekniske spesifikasjoner, ballastpukk

Innholdsfortegnelse

1. Hensikt.....	3
2. Omfang	3
3. Funksjon.....	3
4. Krav	3
4.1 Slitestykke	3
4.2 Kornform	3
4.3 Fraksjonering	3
4.4 Finstoffinnhold.....	3
5. Prøvetaking og kontroll	4
5.1 Godkjenning av bergartsressurs	4
5.2 Rutinekontroll	4
5.3 Ansvarsforhold i avtaleperioden	4
6. Vedlegg.....	5

1. HENSIKT

Hensikten med dette dokument er å beskrive objektive krav slik at leverandør kan produsere, kontrollere og levere ballastpukk i samsvar med Jernbaneløstets krav.

2. OMFANG

Denne spesifikasjonen gjelder for prøvetaking, kontroll og krav til ballastpukk i Jernbaneløstet.

3. FUNKSJON

Ballastpukken skal overføre belastningene fra sviller til underbygning. For å gi en jevn fordeling av kreftene skal ballastpukken:

- ha tilstrekkelig bæreevne
- være drenerende
- være ren (dvs. fri for forurensning og finkornet materiale)
- sikre at sporet får jevn elastisitet.

4. KRAV

4.1 Slitestyrke

Bergarter til produksjon av ballastpukk skal minst ha god slitestyrke iht. kurvediagram i vedlegg 1, basert på Los Angeles test (slitestyrke).

4.2 Kornform

Ballastpukken skal minst ha god kornform iht. kornformdiagram i vedlegg 1, basert på korntelling. Definisjon av flisig og stenglig pukk er gitt i skjema i vedlegg 1.

4.3 Fraksjonering

Ballastpukkens kornkurve skal ligge innenfor definert område iht. fraksjoneringsdiagram i vedlegg 1. Ballastpukkens fraksjonering skal være 25 - 63 mm, målt på firkantsikt.

Toleransekravene er:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------|
| - Jevn kornfordeling | |
| - Innhold av materiale over 63 mm: | maks. 10 vekt-% |
| - Innhold av materiale under 25 mm: | maks. 10 vekt-% |
| - Maksimal tillatt steinstørrelse: | 73 mm |

Pukken skal for øvrig være fri for jord og vekstresten og andre kvalitetsforringende bestandeler.

4.4 Finstoffinnhold

Innhold av materiale < 1,6 mm skal maks. være 0,5 vekt-%, målt ved tørrsiktning.

5. PRØVETAKING OG KONTROLL

5.1 Godkjenning av bergartsressurs

5.1.1 Kontroll av bergartens slitestyrke

Pukkverk/produsenter som for første gang, eller etter mer enn ett års opphold, ønsker å levere ballastpukk til Jernbaneverket, skal dokumentere å ha en bergartsressurs som tilfredsstillende gjeldende krav til slitestyrke.

For å få undersøkt bergartens slitestyrke, skal det sprenges ut en salve fra aktuelt bruddsted. Deretter skal det knuses opp et tilstrekkelig parti for å ta ut en representativ prøve av fraksjonen 25 - 63 mm, for testing i Los Angeles-maskin iht. Jernbaneverkets prosedyre.

Under forutsetning av at bergartens slitestyrke er tilfredsstillende, skal det før levering av ballastpukk gjennomføres en fullstendig kvalitetskontroll for å dokumentere at pukken tilfredsstillende gjeldende kvalitetskrav.

5.1.2 Fullstendig kvalitetskontroll

Pukkverk/produsenter som skal levere ballastpukk til Jernbaneverket skal årlig, eller for hver 10.000 m³ produsert ballastpukk, gjennomgå en kvalitetskontroll. Kvalitetskontrollen skal omfatte slitestyrke, kornform og fraksjonering.

En fagkyndig representant fra Jernbaneverket skal være til stede ved uttak av prøver som skal ligge til grunn for godkjenning av bergartsressursen.

For fullstendig undersøkelse av ballastpukken skal en prøve på 45 - 50 kg av fraksjonen 25 - 63 mm, fordelt på 2 kolli, sendes til:

Geolageret c/o NSB Ekspressgods, Schweigaardsgate 15, 0191 OSLO.

Melding om forsendelse gis samtidig til:

Geoseksjonen ved Jernbaneverket Ingeniørtjenesten, 0048 OSLO.

5.2 Rutinekontroll

Pukkleverandør har ansvar for at rutinekontroll blir utført for hver 2500 m³ produsert ballastpukk. Jernbaneverket har ansvar for at rutinekontrollen også utføres for hver 2500 m³ utlagt pukk i sporet.

I en rutinekontroll skal pukkprøven siktes og veies for å bestemme fraksjoneringen. Innholdet av materialet < 1,6 mm og pukkens kornform skal kontrolleres.

5.3 Ansvarsforhold i avtaleperioden

De enheter som har ansvar for produksjon og utlegging av ballastpukk til Jernbaneverket, har også ansvar for at rutinekontroller blir utført i henhold til gjeldende regelverk.

Dersom resultatet fra to fortløpende prøvetakinger ikke tilfredsstillende girte kravspesifikasjoner, kan Jernbaneverket omkostningsfritt, når som helst i avtaleperioden, kreve materialet omsiktet eller returnert.

Pukkverk plikter å underrette Jernbaneverket dersom:

- ballastpukk planlegges tatt fra andre områder i pukkverket enn fra bruddstedet der siste pukkprøve ble tatt og godkjent
- fjellet på bruddstedet har endret karakter som kan påvirke pukkens kvalitet
- pukkvaliteten av andre årsaker har endret seg betydelig i forhold til tidligere leveranser

6. VEDLEGG

Vedlegg 1: Registreringsskjema *Vurdering av pukkprøve*

Krav beskrivelse	Oppfylt (ja/nei)	Leverandør referanser	Leverandør kommentarer
4.1 Slitestykke			
4.2 Kornform			
4.3 Fraksjonering			
4.4 Finstoffinnhold			

Jernbaneverkets rutiner for testing av ballastpukk.

Mengden testmateriale som brukes er ca 40 kg.

1. Uttak av prøve

For å få et mest mulig representativt utvalg av pukkmassen ved prøveuttak, bør prøven tas fra transportbåndet under produksjon ved at båndet stanses, og prøven graves ut i hele båndets bredde. Grunnen til dette er at dersom prøven tas fra depot/silo vil den ofte være separert og ikke representere den riktige kornkurven. Dersom det ikke er mulig å ta ut prøve direkte fra produksjon, må det tas hensyn til uttaksmetoden under vurdering av prøven.

2. Kornform

Tar ut 100 tilfeldig valgte korn fra prøven og teller opp andel flisige, stenglige og kubiske. Resultatene plottes i klassifiseringskjema. Definisjon på flisig og stenglig er gitt i Jernbaneverkets tekniske spesifikasjon for ballastpukk.

3. Pukkdensitet

Pukkdensiteten måles for å få en omregningsfaktor fra vekt til volum. Det benyttes 10 liters målesylinder.

Løs densitet: Fyller målesylinder og veier denne. Densiteten er vekt/volum av målesylinder.

Pakket densitet: Stamper inn 3 lag pukk i sylindere med 10 slag på hvert lag. Til stampingen benyttes et standard slaglodd (2,63 kg). Prøven veies og densiteten beregnes ved å dele prøvens vekt på målesylindere volum.

4. Siktetekurve

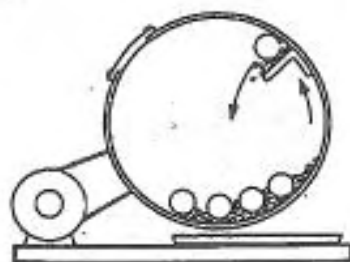
Sikter prøven over en siktesats på 63 mm, 50 mm, 40 mm, 32 mm, 25 mm og 16 mm. Siktene er perforerte platesikt med kvadratiske hull. Veier ut hver fraksjon og regner ut prosent av total prøvevekt. Tegner opp kurven etter disse resultatene. Kurven skal ligge innenfor det hvite feltet på skjemaet i vedlegget i spesifikasjonen for ballastpukk.

Fraksjonen <16 mm siktes på sikt 1,6 mm og det veies ut hvor stor prosentandel dette utgjør av total materialmengde. Kravet til finstoffinnhold er maksimalt 0.50% av prøvens totalvekt.

Dersom en kun har to sikter tilgjengelig, en 63 mm og en 25 mm vil en ikke få et komplett bilde av kornkurven. Imidlertid vil resultatene av denne siktingen gi en rimelig god indikasjon på kornfordelingen. For at kornkurven totalt sett skal tilfredstille de gitte krav bør det være noe over og understørrelser ved sikting. Dvs at det ligger noen få steiner igjen på 63 mm siktet, og at noe av materialet er sluppet igjennom 25 mm siktet.

5. Slitestyrke (Los Angeles)

Tar ut 5 kg av fraksjon 32-40 mm og kjører 500 omdreininger med 12 stålkuler å ca 440g. Dersom denne ligger nær grensen for godkjenning gjentas prosedyren med fraksjon 40-50 mm og/eller 25-32 mm. Resultat plottes i skjema, som viser grense for godkjenning.



FIGUR 5.1 Los Angeles Maskin

6. Bergartsdensitet

For å finne bergartsdensiteten brukes 3-4 håndstykker av prøven. Disse veies i tørr tilstand og neddyppet i vann. Densiteten regnes ut som tørrvekt dividert på differansen mellom tørr og våt vekt.

7. Vurdering

For vurdering av prøveresultatene brukes materialkrav gitt i Jernbaneverkets tekniske spesifikasjon for ballastpukk. Ut fra dette finnes om den gitte prøve ligger innenfor de krav som stilles til pukkens egenskaper for bruk i Jernbaneverket.



PUKKUNDERSØKELSER VED JERNBANEVERKET



Prøvetaking/dato	Jrv	Geo	Lev	Dato for testing														
Løpende produksjon				Bergart:														
Silo				Bergartsdensitet:														
Depot				Pukkdensitet, løs pakket:														
Vogn																		
Linjen																		
Annen måte																		
2.1 Siltestyrke				3 Fraksjonering														
Fraksjon	25-32	32-40	40-50	Slikekurven skal ligge mellom de skraverte feltene Maks innhold over 63 mm : 10% Maks innhold under 25 mm : 10% Maks innhold under 16 mm : 0,5% Maks størrelse : 73 mm														
Silfaste				Innhold av materiale < 16 mm : _____ %														
<p>Silfaste er vektprosent av materiale fra hver av fraksjonene som passerer 2 mm sikt eller 500 omrørringer i Los Angeles maskin.</p>				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Kubisk, god kantet form</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Flisig, bredden > 2 x tykkelsen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Stenglig, lengden > 2 x bredden</td> <td></td> </tr> </table>		Kubisk, god kantet form		Flisig, bredden > 2 x tykkelsen		Stenglig, lengden > 2 x bredden								
Kubisk, god kantet form																		
Flisig, bredden > 2 x tykkelsen																		
Stenglig, lengden > 2 x bredden																		
2.2 Kornform				Godkjenning														
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td>Ja</td> <td>Nei</td> </tr> <tr> <td>Ballastpukk</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Ja	Nei	Ballastpukk									
	Ja	Nei																
Ballastpukk																		
VURDERING AV PUKKPRØVE 				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="4" style="width: 20px; text-align: center;">/</td> <td>Målestokk</td> <td>Dato</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tegnet av</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Kontr. av</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Godkjent av</td> <td></td> </tr> </table>		/	Målestokk	Dato			Tegnet av			Kontr. av			Godkjent av	
				/	Målestokk		Dato											
	Tegnet av																	
	Kontr. av																	
	Godkjent av																	
Jernbaneverket Hovedkontoret				Tegningsnr GK 2342														
				Rev.														

A

ABRASIVE BERGARTER

Bergarter med en høy andel harde mineraler.

ABRASJONSVERDI (a)

Uttrykk for steinmaterialets slitestyrke.

Uttrykkes som volumtap i cm^3 ved et bestemt slitasjearbeid på et standardisert prøvestykke.

AKSELLAST

Den totale last på kjøretøyets aksel.

ANSETT

Det punkt på overflaten hvor boring i fjell begynner.

ASFALT

En ensartet blanding av steinmaterialer og bitumen.

ASTM

Forkortelse: American Standard of Testing Materials.

B

BERGART

Naturlig dannet aggregat av ett eller flere mineraler eller bergartfragmenter som er sammenkittet eller sammenvokst.

BERGGRUNNSGEOLOGI

De geologiske forhold nær jordoverflaten.

BLOKK

- 1) Bergfragment med kornstørrelse >600 mm
- 2) Del av en bergmasse, oftest avgrenset av sprekkflater.

BOREMØNSTER

Et bestemt geometrisk mønster for plassering og retning av borhull.

BORKAKS

Knust/malt materiale dannet ved boring i fjell.

BORSTRENG

Det enkelte borhull i fjell, benyttes ofte ved beskrivelse av borhullets forløp.

BÆREEVNE

Den aksellast en veg er tillatt for eller den aksellast en veg kan tåle, f.eks. vurdert på grunnlag av nedbøyningsmåling.

BÆRELAG

Det øverste lag under veg- eller flyplassdekke. Deles ofte i nedre og øvre bærelag. Hovedfunksjonen til bærelaget er å oppta spenninger knyttet til ringtrykk.

BÆRELAGSINDEKS

Sum av ekvivalentverdier for alle lag regnet fra vegens overflate og nedover til det første lag i konstruksjonen med en lastfordelingskoeffisient $<1,25$.

C

CBR-VERDI

Uttrykk for et steinmaterialets relative bæreevne (i %) i et forhold til et referansemateriale som har $\text{CBR}=100\%$. CBR-verdien bestemmes ved den belastning som skal til for å gi et stempel med diameter 49,6 mm en inntregning på 2,54 mm i et materiale under gitte forsøksbetingelser.

CEN

Forkortelse: European Committee for Standardization (Comité Européen de Normalisation).

CU-VERDI (GRADERINGSTALL)

Forholdet mellom kornstørrelser, normalt ved 60% og 10% gjennomgang i en kornkurve.

D

DEKKEINDEKS

Sum av ekvivalentverdier for alle lag regnet fra vegens overflate og nedover til det første lag i konstruksjonen med en lastfordelingskoeffisient $<2,5$. (Gjelder vegger med $\text{ÅDT} >3000$).

DEKKTRYKK

Luftrykk i et hjul.

DENSITET

Fysisk parameter: Masse pr. volumenhet (massetetthet) f. eks. tonn/m^3 , se NS 8010.

DRIFTSPLAN

Plan for framdrift i massetak. Planen godkjennes av Bergvesenet.

DRIFTSSTUFF

Fronten av gjenstående fjell (grusvegg) der driften pågår.

F

FALLPRØVE

Normert prøvningsmetode til undersøkelse av steinmaterialets kornform og motstandsevne mot mekaniske påkjenninger ved bestemmelse av flisighetstall og sprøhetstall.

FINSTOFF

Finkornig materiale, som regel den delen av et materiale som har kornstørrelse $<75 \mu\text{m}$.

FLISIGHET (f)

Karakteristikk av forholdet mellom korns bredde og tykkelse bestemt ved en standardisert prøvningsmetode (fallprøve).

FORKILT PUKK (Fp)

Bærelagsmateriale med åpen gradering, (f.eks. 22-64 mm) med lagtykkelsen ca. 1,5 ganger maksimal kornstørrelse som er forkilt med finpukk (f.eks. 8-16 mm) eller egnet stabilisert materiale.

FORSTERKNINGSLAG

Lag i overbygningen mellom planum og bærelag. Hovedfunksjonen er å fordele trafikkb belastningen slik undergrunnen ikke overbelastes.

FRAGMENTERING

Oppnådd kornfordeling ved knusing eller sprenging av fjell.

FROSTMENGDE

Produkt av antall timer i ett år med temperatur lavere enn 0°C og den gjennomsnittlige temperatur i denne tiden. Uttrykkes ofte i timegrader C, eventuelt døgngrader C. «Sikring mot tele-skader», referanse [5] oppgir kommunevis frostmengder for henholdsvis normalvinter, 5-, 10- og 100-års vinter. Frostmengde 5-års vinter tilsvarer den største frostmengde som statistisk kan påregnes i løpet av en 5-års periode osv.

FULLERKURVE

Den kornfordeling som gir laveste, teoretisk mulig porøsitet på et materiale (tettest mulig pakning).

FUNDAMENT

Alle lag i overbygningen mellom planum og dekket (veg og flyplass), se figur V3.1. (Betegnelsen benyttes ikke ved jernbanebygging).

FUNKSJONSKRAV

Uttrykk for bruksegenskaper, f.eks. jevnhet.

G

GALLER (STAVGALLER)

Et robust sikteutstyr som tar ut finmasse tidlig i produksjonsprosessen.

GEOFYSISKE MÅLINGER

Fysiske målemetoder som benyttes ved kartlegging av geologi.

GLIMMER

Gruppe av bladformede, bergartsdannende mineraler.

GROVFRAKSJON

De grove kornstørrelsene for et gitt materiale, benyttes ofte for andelen materiale med kornstørrelse $>60 \text{ mm}$.

GRUS

- 1) Naturlig forekommende avsetning hvor grusfraksjonen (2-60 mm) er den dominerende.
- 2) Betegnelse for fraksjonen 2-60 mm.

I

ICAO

Forkortelse: International Civil Aviation Organization.

INFILTRASJONSMASSE

En løsmasseforekomst (naturlig eller kunstig bygget opp) som består av kornstørrelsene silt-sand-grus og hvor forurenset vann blir renset ved gjennomstrømming.

ISOTOPMÅLING

Betegnelse på måling av densitet og vanninnhold i kohesjons- og friksjonsjordarter basert på en radioaktiv gammakilde.

ISKJØVING

Utfrysing, ofte i undergrunnen, som skjer på et sted hvor det stadig tilføres vann. Frosten fryser ut vannet, og det kan oppstå tykke lag av ren is. Det som oppfattes som telehiv på en veg, kan ofte skyldes iskjøving. Iskjøving kan lokalt være årsak til hiv på opptil 30-50 cm. Iskjøving er også betegnelsen på vann som fryser til is bl.a. i fjellskjæringer.

K**KOMPRIMERINGSGRAD**

Et materiales tørrdensitet uttrykt i prosent av den tørrdensitet en standard komprimeringsutførelse gir, f.eks. Standard Proctor eller Modifisert Proctor.

KONSEKVENsutREDNING

Utredning av konsekvenser av planlagte tiltak, her etter bestemmelser fastlagt ved forskrift om konsekvensutredning etter Plan- og bygningsloven kap.VII a.

KONSESJON

Samtykke fra offentlig myndighet til å drive slik næringsvirksomhet som krever konsesjonsbehandling.

KONSTRUKSJONSELEMENTER

Del av konstruksjon som bygges i egen operasjon.

KORNFRAKSJON

Del av steinmateriale hvor kornstørrelsene i sin helhet ligger innenfor to bestemte yttergrenser. Den betegnes med disse to yttergrensene (laboratiebegrep). Se også sortering.

KORNGRADERING

Uttrykkes ved kornkurve (siktekurve) som karakteriserer et materiale ut i fra sammensetning av kornstørrelser.

KORNSTØRRELSE

Angis ved minste fri maskevidde i et maskesikt som korn kan passere ved sikting. Maksimal

kornstørrelse angis som den sikteåpning 100% av materiale passerer. Nominell kornstørrelse benyttes som grenser for en sortering. Over- og understørrelser aksepteres da innen gitte grenser.

KNUST FJELL (Fk)

Standardisert bærelagsmateriale, se figur V4.3.

KNUSTE FLATER

Andel knuste flater på korn større enn 8 mm. Krav ved produksjon av knust grus (Gk) til bærelag.

KNUST GRUS (Gk)

Standardisert bærelagsmateriale, se figur V4.2.

KULEMØLLE

Utstyr for bestemmelse av et steinmateriales motstandsevne mot piggdekkslitasje. Utføres på materiale 11,2 – 16,0 mm.

KULT

Knuste steinmaterialer med øvre nominelle kornstørrelse i området 80 til 300 mm, f.eks. 22-150 mm.

KVARTÆRGEOLOGI

Geologi som omhandler alle løsmasser, se vedlegg 2.

L**LASTFORDELINGSKOEFFISIENT**

Tallmessig uttrykk for et overbygningsmateriales evne til lastspredning (i Norge i forhold til forsterkningslagsgrus som er gitt lastfordelingskoeffisient = 1,0).

LEIR

Betegnelse for materialkorn <0,002 mm (NS 3007).

LEIRE

Kohesjonsjordart med mer enn 30 masseprosent material med kornstørrelse i leirfraksjonen (<0,002 mm).

LOS ANGELES-VERDI

Parameter som uttrykker materialtekniske egenskaper, se vedlegg 5.

M

MASSEDEPONI

Et spesielt tilpasset lager av permanent karakter for masser som det ikke finnes anvendelse for, ofte masser som har egenskaper som betinger at nærmiljøet må skjermes med spesielle tiltak.

MASSETAK

Uttakssted for masser – i denne boka grustak, massetak i fjell mv. Materialtak er massetak hvor det tas ut eller produseres materialer med nærmere definerte egenskaper, f.eks. de som er gjengitt i vedlegg 6.

MASSEUTTAK

- 1) Uttakssted i massetak
- 2) Uttak av masse

MASSETETTHET (=DENSITET)

Masse pr. volumenhet, f.eks. tonn/m³.

MATERIALTAK

Se massetak.

MEKANISK STABILISERT

Betegnelse på masser til overbygning hvor bæreevnen er oppnådd ved mekanisk påvirkning uten tilsetning av stabiliserende midler som bitumen, sement o.l., se ubundne materialer.

MEKTIGHET

Tykkelse på en forekomst.

MINERAL, MINERALKORN

Naturlig forekommende materialkorn av homogene uorganiske kjemiske forbindelser.

MODIFISERT PROCTOR

Metode for bestemmelse av forholdet mellom vanninnhold og tørr densitet for sorteringer som komprimeres etter en standardisert prosedyre, se komprimeringsgrad.

MORENE

Naturlig forekommende steinmaterialer som er transportert og avsatt direkte fra bre. Morene er gjerne usortert, dvs. at alle kornstørrelser kan være til stede.

MUTBARE MINERALER

Mineraler med densitet 4,5 tonn/m³ som vil kunne danne basis for bergverksdrift. Rettighet til drift sikres ved å mute det aktuelle område etter Bergverksloven.

O

OVERBYGNING

Veg: Betegnelse på hele vegkonstruksjonen over planum.

Jernbane: Betegnelse på konstruksjonen over forsterkningslaget, inkludert skinner.

P

PAKKING

Komprimering

PALLHØYDE

Høyde av den pall (avsats i fjell) som bores og sprenges i én operasjon.

PENETRERT PUKK (Pp)

Pukk lag som blir påsprøytet med bitumen og forkilt i overflaten ved nedvalsing av finpukk eller asfalterte materialer.

POREOVERTRYKK

Betegnelsen uttrykker at porevannstrykket i et bestemt punkt – f.eks. i et vegfundament – overstiger det hydrostatiske trykk (tilsvarende fritt vannspeil) for samme punkt.

PIGGING

Nedknusing av stein, mest vanlig med hydraulisk spesialhammer festet til gravemaskinbom.

PLANUM

Veg og flyplass: Overflaten av underbygningen, se også trau, traubunn.

PUKK

Knust steinmateriale innenfor området 4-80 mm, f.eks. 32-64 mm.

PUKKVERK

Består av utstyrskjede nødvendig for å knuse og sortere steinmaterialer til aktuelle sorteringer.

R

REGULERINGSPLAN

Plan med innhold definert i Plan- og bygningsloven og tilhørende forskrifter.

REDUKSJONSGRAD

Forholdet mellom størrelsen på største stein matet inn i en knuser og største stein ut av samme knuser ($R = D_{80\%} / d_{80\%}$).

ROMVEKT

Se densitet.

S

SAND

- 1) Naturlig forekommende material hvor sandfraksjonen (0,06-2,0 mm) er den dominerende.
- 2) Betegnelse for fraksjonen 0,06-2,0 mm.

SLITASJEMOTSTAND (S_a)

Motstand mot piggdekkslitasje $S_a = a \cdot s$, hvor a = abrasjonsverdi og s = sprøhetstall.

SILT

- 1) Mellomjordart hvor siltfraksjonen (0,002-0,6 mm) er den dominerende.
- 2) Betegnelse for fraksjonen 0,002-0,06 mm.

SIKTEKURVE

Kornkurve bestemt ved sikteanalyse.

SPESIFIKK VEKT

Se densitet.

SPRETNING

Neddeling av stein og blokk ved sprenging.

SPRØHET (s)

Uttrykk for et steinmaterialets motstandsdyktighet mot nedknusing. Måleenhet: Sprøhetstall, se fallprøve.

STABILISERTE MATERIALER

Betegner her bærelag av steinmaterialer som er tilsatt stabiliserende midler som f.eks. bitumen.

STANDARD PROCTOR

Metode for bestemmelse av forholdet mellom vanninnhold og tørr densitet for sorteringer som komprimeres etter en standardisert prosedyre, se komprimeringsgrad.

STEIN

- 1) Brukes i daglig tale både om naturlig forekommende og knuste mineralpartikler i alle størrelser.
- 2) Betegnelse på fraksjonen 60 - 600 mm.

STEINMASSER

Masser av naturlig forekommende stein og blokk, samt sprengt fjell.

STEINMATERIAL

Fellesbetegnelse for naturlig oppdelt eller maskinelt knust bergmaterial.

STEINKLASSE

En inndeling av et steinmateriale på grunnlag av flisighet og sprøhet i fem klasser, se fallprøve.

STUFF

Angrepssted i grus- eller fjelltak, vertikalt eller skrått.

STYRKEINDEKS

Summen av ekvivalentverdiene for alle lag i en vegoverbygning ned til undergrunnen.

SUBBUS

Sikterest fra sprengt og/eller knuste steinmaterialer etter at ønskede kornsorteringer er tatt ut.

SVAKE KORN

Korn (% masse) i en sortering, ofte skifer e.l., som skiller seg ut ved å ha vesentlig dårligere styrkeegenskaper enn resten av prøven.

T

T1, T2, T3, T4

Betegnelser i en telefarlighetsklassifisering av jordarter/løsmasser i en skala der T1 betegner ikke telefarlig og T4 meget telefarlig.

TELEFARLIG MATERIALE

Et materiale som pga. høyt finstoffinnhold har evne til å trekke opp vann kapillært til frostsonen.

TELEHIV

Løfting som følge av frost i underliggende telefarlige jordarter, se også iskjøving.

TEKSTUR

Betegnelse på mineralenes kornstørrelse, kornform og ordning (arrangement) i bergarter.

TRAU, TRAUBUNN

Betegnelse som ofte benyttes for planum i skjæring.

TØRRTETTHET

Tørr densitet, se vedlegg 6.

U

UBUNDNE KONSTRUKSJONER

Betegner her lag som er bygd opp av ubundne materialer.

UBUNDNE MATERIALER (=MEKANISK STABILISERTE MATERIALER)

Betegner her bære- og forsterkningslagsmasser hvor bæreevnen er oppnådd ved mekanisk påvirkning (komprimering) uten tilsetning av stabiliserende midler som f.eks. bitumen.

UNDERKJØLING

Prosess som fører til at dekkeoverflaten på en veg eller en flyplass får lavere temperatur, typisk 1-3°C lavere temperatur enn i luften over. Forårsakes av varmeutstråling på høstkvelder/netter.

V

VANNØMFINTLIGHET

Stabilitetsegenskap ved påvirkning av vann. Et materiale der minst 9% passerer 75µm av materiale mindre enn 19 mm, er vanligvis vannømfintlig.

VEGFUNDAMENT

Fellesbetegnelse for filter-, forsterknings- og bærelag. Vegoverbygningen omfatter i tillegg vegdekke.

VEGDEKKE

Øverste delen av vegoverbygningen. Består ofte av bindlag og slitedekke.

Å

ÅRSDØGNTRAFIKK (ÅDT)

Det totale antall kjøretøy som passerer et snitt av vegen i løpet av ett år dividert med 365. Årsdøgntrafikk tunge (ÅDT-T) er tilsvarende for kjøretøy >3,5 tonn totalvekt.

A

Abrasjon 20, 89, 117
Aksellast 27, 30, 67, 69, 117
Andel knuste flater 19, 20, 27, 35, 119
Andel svake korn 19, 20, 27, 35, 87
Anleggsområde 17
Ansvarsrett 14, 15
Arealplanlegging 11, 15
Avdekking 34, 75
Avrettingsmasse 23

B

Ballast (pukk) 7, 18, 22, 74, 107
Bergarter 57, 59, 60
Berggrunnsgeologi 21, 117
Berggrunnskart 57, 58
Boravvik 40
Boring 39, 77
Buffersilo 41
Bæreevnegruppe 19, 70
Bærelag 7, 19, 22, 26, 30, 67, 77, 103, 117
Bærelagsindeks 69, 117

C

CBR (California Bearing Ratio) 20, 72, 92, 117

D

DCP 20, 96
Dekkefornyning 30, 31
Dekkeindeks 69, 117
Dimensjonering overbygning, flyplass 18, 71
Dimensjonering overbygning, jernbane 18, 74, 107
Dimensjonering overbygning, veg 18, 25, 67
Dimensjoneringstabell 25, 70
Diskontering 28, 29
Dokumentasjonsskjema 33, 100
Drenering 24
Driftsplan 16, 17, 34, 77
Driftsretning 34, 35

E

Eiendomsoverdragelse 13
Ensgradert 24, 43, 65
Eruptive bergarter 59, 60

F

Fallodd 98
Filter 7, 24
Filterlag 7, 67
Finkornig 24
Finstoff 19, (fig.) 22, 23, 24, 35, 42, 45, 75, 77, 88, 118
Fjellressurser 13

Flisighet 19, 89, 118
Flytskjema 37, 83
Forkilt pukk (Fp) 19, 26, 68, 70, 118
Forsterkningslag 7, 19, 23, 26, 37, 67, 74, 103
Forurensningsloven 13, 16
Fragmentering 35, 39, 77, 88
Frostsikring 7, 22, 24, 73
Frostsikringslag 7, 24

G

Geologisk 11
Grunnfjellsområder 61
Grus 7, 11, 12, 21, 56, 64, 68, 70, 77, 118
Grusforekomster 11, 21, 66
Grus og pukkdatabase 21
Grustak 34, 64, 75

I

Indeksmetoden 68, 69
Isingsfare 22
Isotopmåling 20, 96

K

Kalkulasjonsrente 28, 29
Kjefteknuser 79
Klima 21, 22
Knuseanlegg, knuseutstyr, knuseverk 36, 83, 84
Knusestrinn 33, 36, 37, 78
Knust fjell (Fk) 19, 22, 26, 68, 70, 77, 119
Knust grus (Gk) 19, 22, 26, 68, 70, 77, 119
Komprimering 24, 51, 52, 53, 54, 104
Komprimeringsutstyr 51, 52, 54
Konknuser 79, 81, 82
Konsekvensutredning 14, 15, 119
Konsesjonsloven 13, 16, 17
Korngradering, kornfordeling 19, 89, 119
Kornstørrelser 44, 64, 65, 77, 119
Kulemølle 20, 90, 119
Kult 19, 23, 68, 70, 104, 119
Kvartærgeologi 21, 62

L

Lastfordeling 23, 67, 73
Lastfordelingskoeffisient 27, 68, 119
Leieavtale 13
Los Angeles metode 20, 91, 119

M

Marktrykk 48
Massetak 14, 15, 16, 17, 21, 34, 35, 75, 120
Materialforekomster 11, 62, 120
Materialforurensning (forurensning av materialer) 42

Materialkrav 18, 19, 27, 74, 108
Materialproduksjon 17, 33, 75, 78
Mekanistisk dimensjonering 26, 68, 120
Mellomlager 16, 44
Metamorfe bergarter 59, 60
Midlertidig materialproduksjon 17
Mineraler 57, 59, 61, 120
Minerallov 15
Mobile knuseverk 37, 83
Modifisert Proctor 20, 27, 92, 120
Mutbare (mineraler) 13, 16, 120
Måleregler 103

N

Nedbøyningsmåling 93, 98
Nivellering 20, 97
Nåverdi 28, 29, 32
Nåverdifaktor 28, 29

O

Omregningsfaktorer 103, 104, 105

P

Plan- og bygningsloven 13, 14, 15, 17, 33, 100
Platebelastning 20, 71, 73, 97
Porøsitet 42
Produktdokumentasjon 33, 99, 100
Prøvetaking 20, 44, 93, 94
Prøvningsmetoder 19, 20, 87
Pukk 7, 12, 21, 22, 23, 24, 68, 99, 104, 107, 120

R

Reasfalteringsfrekvens 28, 31
Ressursforvaltning 7, 11, 12, 15
Ringtrykk 67, 121

S

Sams grus 23
Sand 7, 11, 12, 21, 64, 68, 70, 121
Sandressurser, sandforekomster 13, 64, 66
Sandvolumeter 20, 95
Sedimentære bergarter 20, 60
Sentrifugalknuser 79, 82
Separasjon 42, 43, 44, 45, 49, 53
Sikt, sikteduk 38, 84, 85, 86
Siktemaskin, sikteutstyr 38, 85
Silo 41, 43, 44
Sortering 22, 99
Spesifikk densitet 20, 87
Spindelknuser 79, 80
Sprekke mønster 35, 78
Sprengning 35, 39, 40, 77, 78

Sprengningsflate 35
Sprengt stein 19, 23, 68
Sprøhet 89, 90, 121
Standardløsninger 25, 26, 27
Standard Proctor 20, 91, 121
Standardsorteringer 10
Stasjonære knuseverk 37, 83
Stein 7, 23, 68, 70, 121
Steinbrudd 15, 75
Steinklasse 19, 89, 121
Steinknuser 36, 79, 80, 81, 82
Stuffhøyde 34
Styrkeindeks 69, 70
Styrkevurdering 87
Subbus 36, 51, 76, 121

T

Tekstur 57, 59, 60, 122
Telehiv 21, 69, 71, 122

U

Ubundne (konstruksjoner, materialer) 7, 18, 122
Utlasting 41, 43, 44
Utlegger 49, 50
Utredningsprogram 15
Utslippstillatelse 16
Uttaksområde 15

V

Vanning 44, 53
Vanninnhold 88
Vannvolumeter 20, 95
Vannømfintlig 22, 23, 122
Vegdekke 67, 68, 70, 122
Vegfundament 67, 122
Vegholdskostnad 31
Vegoverbygning 67, 70
Visuell styrkevurdering 87

Å

Årsdøgntrafikk (ÅDT) 18, 26, 67, 70, 122



Statens vegvesen

Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Håndbøkene kan bestilles fra:

Statens vegvesen

Vegdirektoratet

Håndbokeekspedisjonen

Postboks 8142 Dep

0033 Oslo

Tlf.: 22 07 35 00

Faks: 22 07 37 68

E-post: firmapost@vegvesen.no

ISBN 82-7207-502-4