



Statens vegvesen

Erfaringsrapport slissevegger

E18 mellom Festningstunnelen og Ekeberg tunnelen. Entrepriise sørenga

VD rapport

Vegdirektoratet

Nr. 47



 **AAS-JAKOBSEN**


NGI


**GEO
VITA**

Vegdirektoratet
Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen
Geoteknikk- og skredseksjonen
11-2011

VD rapport

VD report

Tittel

Erfaringsrapport slissevegger

Title

Undertittel

E18 mellom Festningstunnelen og Ekeberg-tunnelen. Entreprise Sørønga

Subtitle

Forfatter

Samarbeid: se side 6 i rapporten

Author

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Department

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Geoteknikk- og skredseksjonen

Section

Geoteknikk- og skredseksjonen

Prosjektnummer

Project number

Rapportnummer

Nr. 47

Report number

No.

Prosjektleder

Svein Røed

Project manager

Godkjent av

Frode Oset

Approved by

Emneord

Slissevegg, støttevæske, bunnoppressing og tunnel i løsmasser

Key words

Sammendrag

Rapporten gir en detaljert dokumentasjon av slisseveggene i entreprisen Sørønga, som er en del av E18 mellom Festningstunnelen og Ekeberg-tunnelen (nå Operatunnelen) i Oslo.

Summary

Det gis en inngående beskrivelse av designforutsetninger for geoteknisk prosjektering og for prosjektering av betongkonstruksjonen.

Videre gis det en detaljert gjennomgang av utførelsen av slisseveggarbeidene og kontrollopplegget.

Rapporten er utarbeidet på oppdrag fra prosjektledelsen i Statens vegvesen Region øst, og er ment å gi detaljert informasjon myntet på rådgivere og byggherrer som senere skal arbeide med slissevegger.

Antall sider 120

Dato 11-2011

Pages

Date

Forord

Bjørvikaprojektet er et stort og komplekst prosjekt. Prosjektet forbinder Festningstunnelen under Akershus med Ekeberg tunnelen og Mosseveien ved hjelp av et tunnelsystem under Bjørvika og Bispevika.

For å kunne løse alle utfordringene i prosjektet ble det satt sammen en rådgivergruppe under ledelse av hovedkonsulenten Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen AS. I alt var det med 17 firma og institusjoner:

Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen AS	Hovedkonsulent, bygge- og anleggsteknikk Sørenga og Sjødelen
Dr. techn. Olav Olsen AS	Supplerende byggeteknikk senketunnel
SYMONDS	Supplerende byggeteknikk senketunnel
Reinertsen Engineering AS	Bygge- og anleggsteknikk Havnelageret
ViaNova Plan og Trafikk AS	Veg og jernbaneplanlegging
Norges Geotekniske Institutt	Geoteknikk Sjødelen og hovedgrop Sørenga
Geovita AS	Geoteknikk Sørenga og Havnelageret
ElectroNova AS	Elektro, belysning veg
Det norske Veritas	Risiko
Elconsultteam AS	Elektro, signal jernbane
Brekke & Strand AS	Støy
Asplan VIAK AS	Landskap
Siv.ark B. Heyerdahl	Arkitektur og design
NIVA	Vann
NIKU	Luft
NILU	Kulturminner
NINA	Fisk

Byggingen ble delt i tre entrepriser:

1. Havnelageret
2. Sjødelen
3. Sørenga

Som et ledd i entreprisen Sørenga ble den store byggegropa for byggingen av betongtunnelen fram mot sjøkanten i Bispevika utført ved hjelp av slissevegger. Metoden er lite benyttet i Norge og det ble derfor av byggherren, Statens vegvesen region øst, besluttet at erfaringene skulle samles i en egen rapport.

Prosjektleder hos SvRø har vært Svein Røed med Oddmund Jessen som byggeleder på Sørenga. Videre har Ola Hennem vært teknisk byggeleder. Kontrollingeniører for slisseveggarbeidene har vært leid inn fra Norges Geotekniske Institutt.

Hovedentreprenør for Sørengaentreprisen har vært AFS med Züblin Scandinavia som underentreprenør for slisseveggarbeidene.

Rådgivergruppens organisasjon er vist i vedlegg.

Innhold

Innledning	6
1.1 Generelt om prosjektet.....	6
1.2 Slisseveggmetoden	8
2 Grunnforhold.....	9
2.1 Grunnundersøkelser.....	9
2.2 Oversikt, tolkning, designprofiler	9
3 Design og prosjektering	11
3.1 Designkonsepter som ble vurdert.....	11
3.2 Dimensjonering og optimalisering av geometri for valgt løsning	15
3.3 Statikk, betong og armering	18
3.3.1 Innledning.....	18
3.3.2 Typer statiske systemer	18
3.3.3 Analyser.....	19
3.3.4 Valg av betongkvalitet og armeringsføring	20
3.3.5 Dimensjonering	21
3.4 Tekniske løsninger oppheng og understøttelse av takplate	26
3.4.1 Opplegg av takplate på slissevegger.....	26
3.4.2 Midlertidig understøttelse av takplate	27
3.4.3 Stivere over takplate ytterst mot sjøen	28
3.4.4 Overgang endespunt slissevegg.....	29
3.5 Geometri og toleranser.....	30
3.6 Forslag til forbedringer.....	30
4 Oppstart av slisseveggarbeidene	31
4.1 Oppstart.....	31
4.1.1 Innledende møter	31
4.1.2 Alternativ innvendig avstivning.....	31
4.1.3 Alternativ understøttelse av takplate CHS ståltør	31
4.1.4 Avklaringer med entreprenør.....	32
4.2 Dokumentasjon fra entreprenøren	32
4.2.1 Armering av slissevegger:	32
4.2.2 Stabilitet av slissegrøfter	32
4.2.3 Kontrollplan.....	33
4.3 Prøvesliss	34
4.3.1 Formell prøvesliss i henhold til kontrakt.....	34
4.3.2 Prøveslisser, stabilitet	34
4.3.3 Stabilitetsvurderinger og valg av støttevæske	39
5 Bygging av slissevegger	40
5.1 Ledevægger	40
5.1.1 Innledning.....	40
5.1.2 Forberedende arbeider	41
5.2 Graving.....	43

Erfaringsrapport slissevegger

5.2.1	Innledning	43
5.2.2	Personell	43
5.2.3	Utstyr	44
5.2.4	Gjennomføring av arbeidene	44
5.3	Støttevæske	47
5.4	Endesteng	47
5.5	Støp	51
5.6	Produksjon, framdrift	55
5.6.1	Oppstart av arbeidene	55
5.6.2	Planlagt framdrift	55
5.7	Avvik	59
6	Kontroll med entreprenørens utførelse	59
6.1	Dokumentasjon fra entreprenør	59
6.1.1	Saksgang med entreprenør	59
6.1.2	Prøveslisser	59
6.2	Geometri og toleranser	65
6.2.1	Toleranser for plassering og graving av slissevegger:	65
6.2.2	Kontroll av slisseveggpaneler	65
6.2.3	Helnings- og tykkelsesmålinger i tverrgående slissevegger	65
6.2.4	Kontroll av kontakt mellom slisseveggelementer	65
6.2.5	Kontroll av plassering og utstøping av øvre og nedre stiver	66
6.3	Byggherrens kontroll med utførelse.	66
6.4	Forslag til forbedringer	76
7	Utgravingsprosedyrer	76
7.1	Graving ned til overkant tak i betongtunnelen	77
7.2	Utgraving under takplate til underkant bunnplate	78
8	Måleprogram og metoder	79
8.1	Generell beskrivelse av måleprogrammet	79
8.2	Detaljert beskrivelse av valgte målesystemer og opplegg	81
8.2.1	Måling av horisontalforskyvning (Rød punkter i figur 8.1)	81
8.2.2	Terrengsetningsmålinger (Grønne punkter i figur 8.1)	83
8.2.3	Måling av relativdeformasjon mellom tverr- og langsgående paneler. (Lyseblå punkter i figur 8.1)	84
8.2.4	Setningsmålinger på hvert slisseveggpanel. (Lilla punkter i figur 8.1)	85
8.2.5	Setningsmålinger i senterlinje takplate. (Blå punkter i figur 8.1)	88
9	Sammenstilling og vurdering av måleresultater	88
9.1	Generelt	88
9.2	Eksempler på typiske måleresultater	89
9.3	Sammenstilling og sammenlikning mot beregninger	94
9.4	Forslag til forbedringer	97
10	Betongtunnelen	98
10.1	Utsparring rundt tverrslisser	100
10.2	Trinnvis støp av midtvegger	101
10.3	Riving av tverrslisser	101

Erfaringsrapport slissevegger

10.4	Hull etter tverrslisser og siste del av midtvegger	103
10.5	Hva kunne vært bedre?	104
11	Kontrakten	105
11.1	Mengder	105
11.2	Endringsanmodninger	106
11.3	Tillegg	106
11.3.1	Forgraving, tilbakefylling.....	106
11.3.2	Oppfylling indre område	106
11.3.3	Økt densitet støttevæske	106
11.3.4	Omfang måleprogram, dokumentasjon av slisseveggpaneler	107
11.3.5	Riving av tverrvegger av konstruktiv betong	107
11.3.6	Oppsummering kostnader for slisseveggene	107
11.4	HMS	107
11.5	Forslag til forbedringer	107
12	Erfaringer	108
12.1	Framdrift, planlagt og virkelig	108
12.2	Hovedmengder og kostnader for konstruksjonselement K204	108
12.3	Erfaringer og vurderinger av slissevegger som permanente konstruksjoner	108
13	Referanseliste, prosjektdokumenter	110
13.1	Grunnundersøkelsesrapporter	110

Vedlegg

1.2 Slissveggmetoden



Fig 1.4 - Graving av slissegrøft

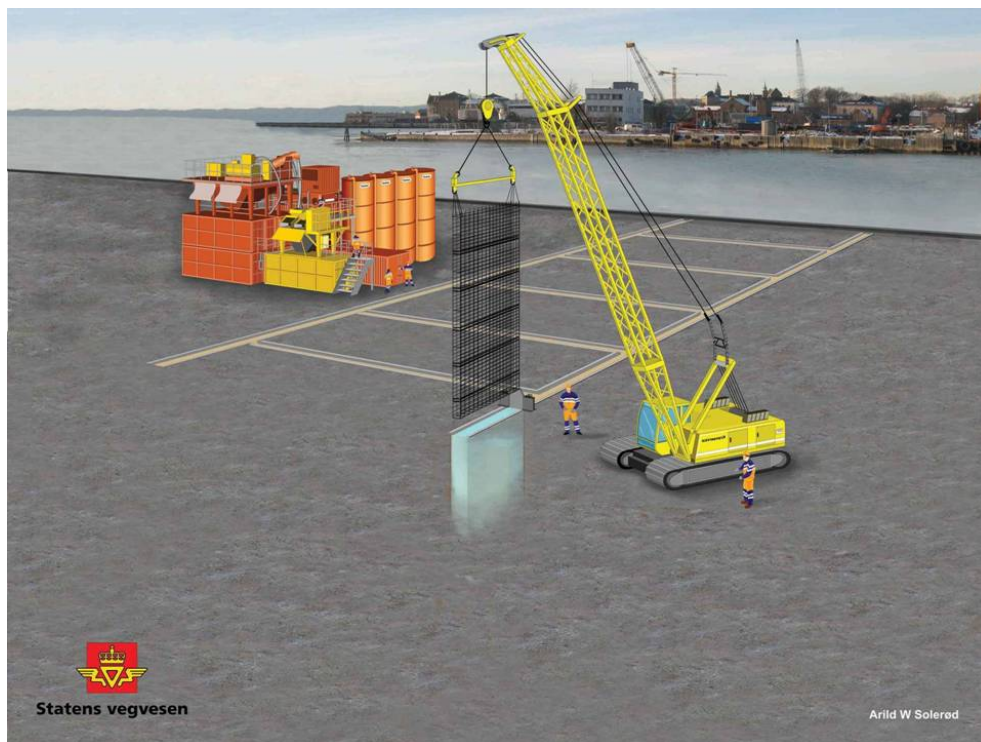


Fig 1.5 - Nedsenkning av armeringskurv

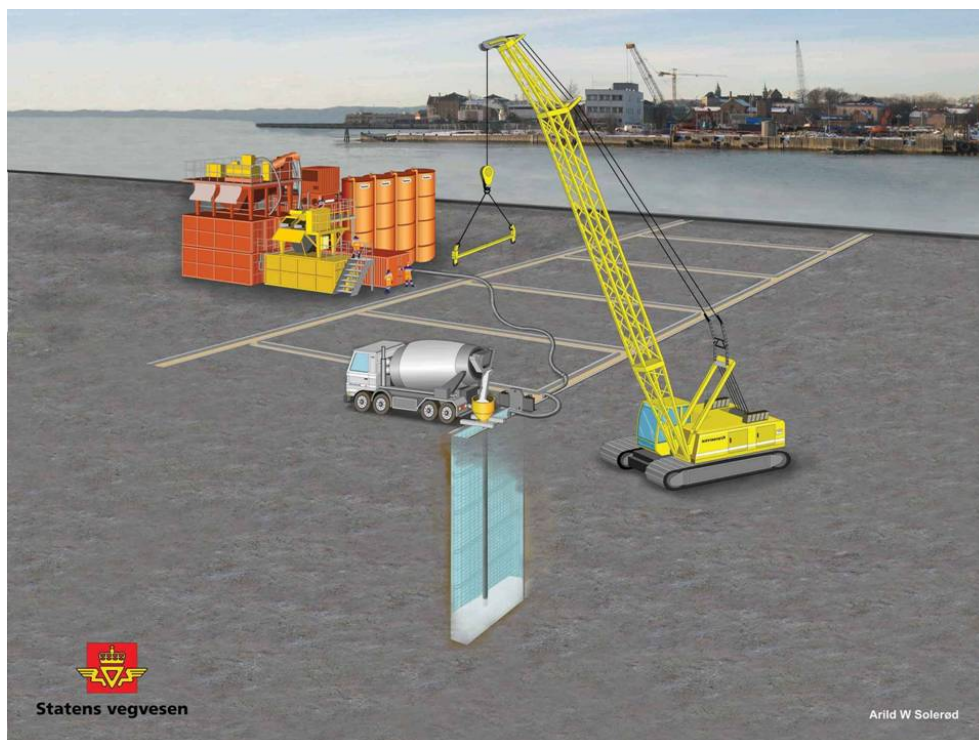


Fig 1.6 - Støping av sliss

2 Grunnforhold

2.1 Grunnundersøkelser

Grunnforholdene på Sørenga er dokumentert i en rekke grunnundersøkelser utført i flere omganger. Hovedtyngden av nyere undersøkelser er gjennomført av Vegteknisk avdeling i Vegdirektoratet, se oversikt i pkt. 13 Referanseliste.

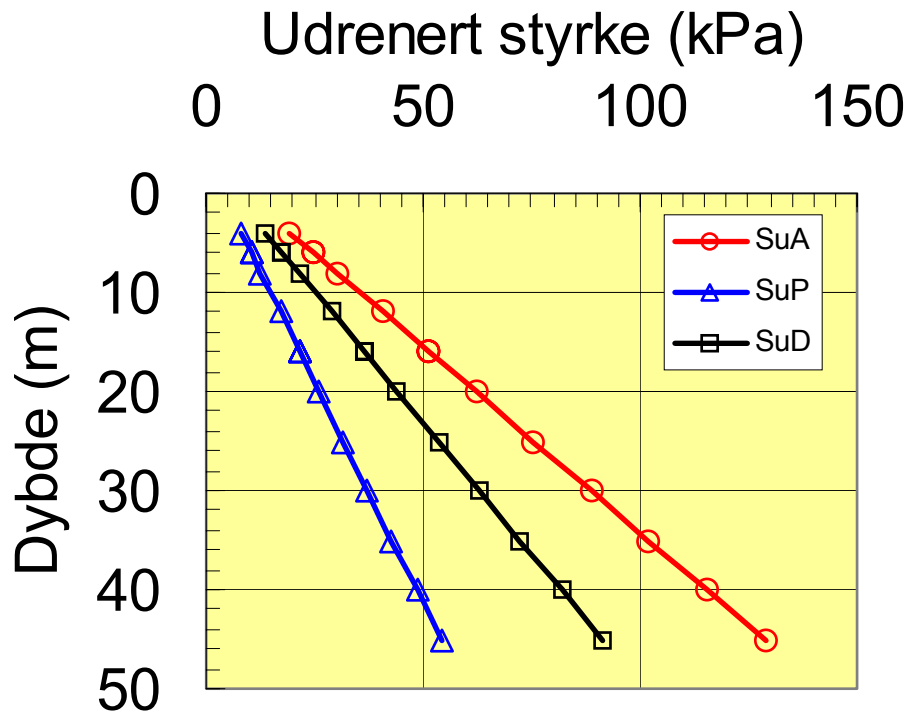
For prosjektet ble det utarbeidet en omfattende datarapport med sammenstilling av alle relevante undersøkelser og oppriss med boringer langs alle slissevegger og spuntvegger:

2.2 Oversikt, tolkning, designprofiler

Inn over Sørenga består grunnen i all hovedsak av en typisk normalkonsolideret Oslo leire. Øverst er det imidlertid 1-3 m fyllmasse påfulgt av en noe variabel avsetning av siltig sand og leirig silt som går ned til ca. 3-5 m dybde. Disse noe grovere toppmasser, er avsetninger som stammer fra Loelvas meandering gjennom området. Som illustrert i lengdeprofilen i figur 1.2, øker dybden til fjell jevnt fra ca. 30 m ved Sørengkaia, til 45-50 m langs store deler av trassen videre frem mot Ekebergåsen hvor fjellet stiger på igjen. I området for spuntgropa, er det over fjell lokalt påtruffet en markert fastlagret moreneavsetning av mektighet opp mot 10 m.

Leira i området har vanninnhold i området 35-45%, generelt høyest i toppen. Leiras karakteristiske styrke og deformasjonsparametere er dels bestemt på grunnlag av treaksialforsøk og ødometerforsøk på konvensjonelle 54 mm prøver, men erfaringsdata og betydning av eventuell prøveforstyrrelse er tatt hensyn til. Ved valg av udrenert styrke er det også lagt

vesentlig vekt på styrker tolket fra i alt 8 CPTU trykksonderinger utført i området. Udrenert styrke fra CPTU sonderingene ble bestemt på grunnlag av tolkningsmetoder som presentert av Karlsrud (2003), der det ble lagt mest vekt på styrker beregnet ut fra poretrykksresponsen. Denne CPTU tolkningsmetoden er senere blitt noe revidert, kfr. Karlsrud et al (2005). Figur 2.1 viser de generelt valgte karakteristiske udrenerte styrkeprofiler for Sørønga området.



Figur 2.1 - Karakteristisk udrenert styrkeprofiler, Sørønga (suA= Aktiv, suP= Passiv, suD= DSS)

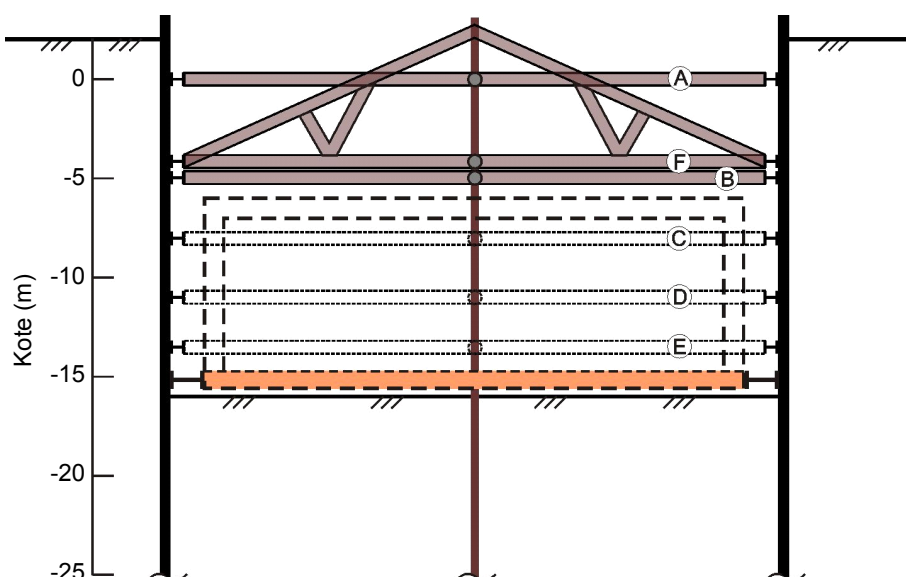
3 Design og prosjektering

3.1 Designkonsepter som ble vurdert

Gjennom de ulike prosjekteringsfaser har det i tillegg til den slissevegg løsningen som endelig ble valgt vært sett på ulike varianter av den med/uten slissevegger som del av den permanente konstruksjonen og løsninger basert på spuntvegger med innvendig avstivning med/uten grunnforsterkning. Løsningene er ganske kort beskrevet i det etterfølgende.

Løsning med spuntvegg og innvendig avstivning

Den første løsningen som ble vurdert for byggegropa for hovedløpet over Sørrenga var basert bruk av spuntvegger med innvendig avstivning. Figur 3.1 viser hovedprinsippet. Notat 2-G-141 beskriver løsningen i detalj og dokumenterer ulike FEM beregninger med PLAXIS som ble for å komme frem til dimensjonerende momenter og krefter.



Figur 3.1- Prinsipp for spuntveggløsning

Som stiver ble det generelt valgt rørprofiler som var forutsatt knekkavstivet på midten. Etter graving til traubunn var stivere som kom i konflikt med bygging av tunnelens vegger og tak forutsatt erstattet med en spesiell avstivningsramme som også ivaretok knekking i denne fasen. I hver ende av tunnelen hvor bergoverflaten ligger innenfor ca. 30-35 m dybde, ble det lagt til grunn spuntvegg rammet til fjell. Nødvendig dybde av spuntveggene varierte ellers fra 25 til 39 m.

For å ta opp ubalansert jordtrykk under traubunn var det nødvendig med en meget kraftig spuntvegg, jfr. dimensjonerende momenter i tabell 3.1 Det største dimensjonerende momentet på 3000 kNm/m, ville kreve en dobbel HZ 975A type spuntvegg.

Tabell 3.1- Dimensjonerende moment for spuntvegg løsning

Gravedybde (m)	Nødvendig dybde spunt (m)	Dimensjonerende moment (kNm/m)
10	16,5	1750
14	24	2350
18	41,5	3000

I notat 2-G-141 og 2-G-144 ble det også sett på et alternativ til lang og dyp spuntvegg over det hele ved å benytte seg av en kortere spuntvegg (22 m) der gravedybden er mindre enn 12 m, noe som gav mindre moment i spuntveggen men større stiverkrefter. Det ble også vurdert et alternativ med kortere spunt og bruk av grunnforsterking med kalk/semmentpeler under traubunn. Dette alternativet ble bare grovt dimensjonert.

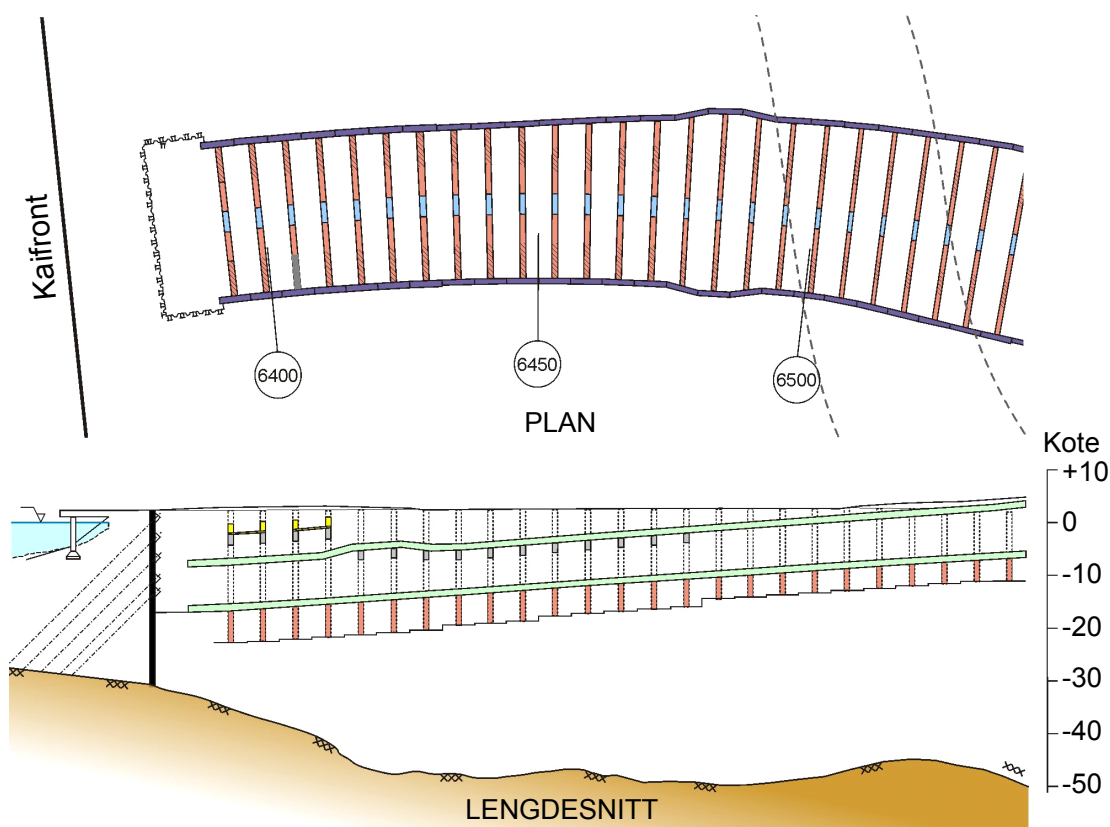
Slissevegger med tverrgående vegger under traubunn for å hindre bunnoppressing

Slissevegg løsningen ble utviklet gjennom flere trinn. Først som en skisse løsning i Notat 2-G-143. I Notat 2-G-144 ble løsningen analysert i noe mer detalj og sammenliknet mot en spuntløsning med/uten KS stabilisering både i forhold til kostnader og risiko ved gjennomføringen.

Prinsippet for denne løsningsmetoden ble utviklet av Eide et al (1972) og ble første gang benyttet i forbindelse med bygging av T-bane og Jernbanetunnelen gjennom Studentertunden i Oslo i 1973-75, og like etter for bygging av jernbanetunnelen mellom Kirkeristen og Jernbanetorget. Dette var to meget vellykkede prosjekter. I 2002-2005 ble løsningen også med suksess anvendt for bygging av en del av den nye 6-felts Gøtatunnelen sentralt i Gøteborg, kfr. Engelstad (2004) og Karlsrud et al (2005).

Plan – og lengdesnitt i figur 3.2, viser den prosjekterte og endelig valgte slissevegg løsningen for de første ca. 160 m innover Sørenga området. Figur 3.3 viser to typiske tverrsnitt.

Erfaringsrapport slissevegger



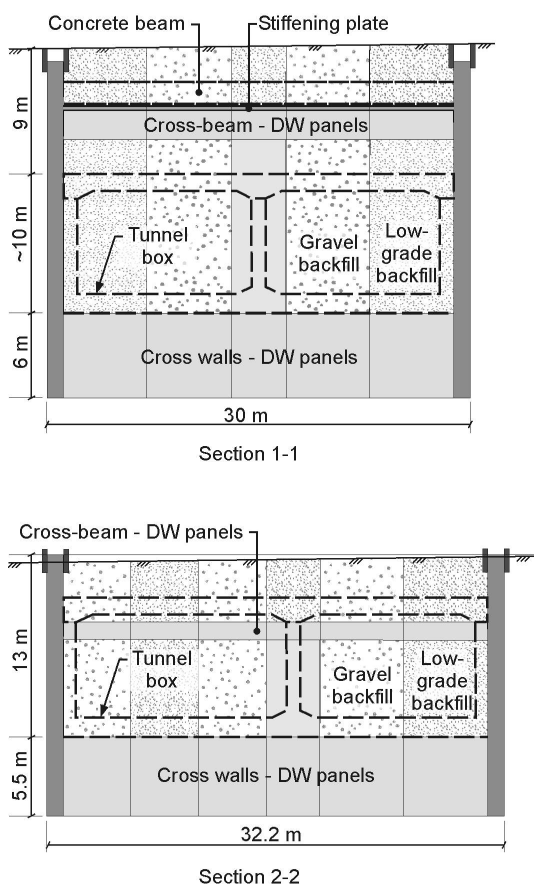
Figur 3.2- Plan og lengdesnitt for valgt løsning (viser bare dypeste delen)

Tverrveggene som går ned under traubunnsnivå har to funksjoner:

- Tverrveggene sikrer mot bunnoppressing gjennom mobilisering av spissmotstand og sidefriksjon langs disse.
- De avstiver veggene før noen utgraving. Merk i denne sammenheng at under etablering av tverrveggene, ble det på det dypeste partiet også støpt en betongdrager som midlertidig avstivning av slisseveggene over eller rett under takplaten.

For de 4 tverrveggene nærmest sjøen ble den midlertidige tverrstiveren lagt noen meter over nivå med takplaten (snitt 1-1, figur 3.3). Etter graving til nivå med topp av den midlertidige stiveren, ble denne erstattet med en in-situ støpt armert betongdrager. Disse nye betongdragerne ble knekkavstivet ved støp av en 20 cm tykk armert betongplate mellom dem. Deretter ble det gravd under stiverne og ned til takplaten for støp av denne. Takplaten er fortannet inn i de langsgående slissevegg panelene. For å få til dette, var det festet en 20 cm tykk polystyren blokk på utsiden av armeringskurvene for de langsgående paneler. Videre graving under takplaten ble foretatt fra transportåpning plassert omtrent ved tunnelens midtpunkt.

Erfaringsrapport slissevegger



Figur 3.3 - Typiske tverrprofiler- slissevegg løsning

Som vist i figur 3.2 ble den midlertidige tverrstiveren støpt i nivå rett under takplaten ved de neste 11 tverrvegger, jfr., se snitt 2-2, figur 3.3. Denne midlertidige stiveren ble ikke erstattet med annen avstivning, men ble revet ved utgraving under takplaten. Dette innebærer at de langsgående slisseveggene under utgraving til underkant takplate, kraget opp til 8 m fritt over den midlertidige stiveren.

På det grunneste partiet lengst i syd, er det ingen avstivning annet en takplaten som på denne strekningen ligger med overkant fra ca. 4 m under til 1 m over opprinnelig terreng.

Det midtre 3 m lange tverrveggpanelet ble støpt med betong helt opp til terreng for å danne en midlertidig understøtting av takplaten når det ble gravet under denne, figur 3.3. Dette panelet ble armert ganske lett for å kunne ta noe ubalansert sidetrykk under utgraving av tunnelen.

De øvrige tverrvegg panelene ble som vist i figur 3.3 enten fylt med pukk eller en meget mager betong. Bakgrunnen for å velge ulike masser var å ivareta stabilitet av de tverrgående grøftene under graving og støpearbeider. Hvis alle var tilbakefylt med pukk ville man fått utrasing av pukk mellom panelene. Paneler fylt med magerbetong måtte derfor lages først.

Under utstøping av tverrpanelene ble det støpt med fullverdig betong for å etablere nedre stiver under traubunn og den midlertidige stiveren over eller under takplaten.

Erfaringsrapport slissevegger

I Notat 2-G-144 ble det for slissevegg alternativet utredet og vurdert både en løsning basert på at slisseveggene skulle inngå som en del av den permanente tunnelkonstruksjonen og at slisseveggene bare skulle være en temporær konstruksjon. For alternativet som permanente vegger ble dette også sett på sammen med en løsning med helt drenert bunnplate, noe konsulentgruppen så som en mulighet uten at det ville gi problemer med setninger av tunnelen.

Grunnlag for endelig valg av løsning

I notat 2-G-144 ble de følgende 5 ulike alternativene vektet i forhold til forventet projektkostnad, kostnadsrisiko, sikkerhet, fremdrift, HMS og fremtidig vedlikehold/drift.

Alternativer:

- 1) Lang spunt
- 2) Slissevegger som temporære med vanntett bunnplate
- 3) Slissevegger som permanente med drenert bunn
- 4) Kombinasjon lang/kort spunt
- 5) Kort spunt med KS-stabilisering

Tabell 3.1 - Overordnet sammenlikning mellom alternativene

Aspekt	Alt.1)	Alt.2)	Alt.3)	Alt.4)	Alt.5)
Forskjell kostnad i mill. NOK	0	+3	-44	-9	-5
Usikkerhet/kostnadsrisiko	4	3	2	1	5
Sikkerhet	3	1	2	4	5
Fremdrift	3	4	1	2	5
HMS	4	2	1	3	5
Fremtidig drift/vedlikehold	3	1	3	3	3

På grunnlag av denne sammenstillingen og det relativt store potensialet for besparelse ved Alt. 3)- slissevegger som permanente med drenert bunn- anbefalte konsulentgruppen at dette alternativet ble valgt.

SVRØ var imidlertid betenkt over å bruke slissevegger som permanent konstruksjon, og bruk av drenert bunnplate løsning. Det vil si de følte at den tekniske usikkerheten var større enn hva konsulentgruppen la til grunn. SVRØ var også betenkt over sikkerhet knyttet til det omfattende innvendige stiversystemet som spuntløsningene ville kreve.

Valget falt derfor på slissevegg alternativ 2). Permanent konstruksjon ble dimensjonert både for tilfellet hvor slissevegger bærer jordtrykket og uten slissevegger.

Isolert sett for K204 var alternativ 3 gunstig kostnadmessig. K204 er koblet mot senketunnelen som på grunn av pakningssystemet benyttet ved installasjon vil gi et vesentlig trykk i tunnelens lengderetning. En bunnplate ville derfor vært nødvendig for de dypeste delene av K204 uansett.

3.2 Dimensjonering og optimalisering av geometri for valgt løsning

Under detaljprosjektering av den endelige utforming av løsningen var ett primært mål å optimalisere den teknisk og kostnadmessig, og under forutsetning av at krav til sikkerhet av relevante elementer ble ivaretatt. De primære faktorer man hadde å spille på i forhold til sentrale dimensjoneringsaspekter var som følger:

1) Sikkerhet mot bunnoppressing

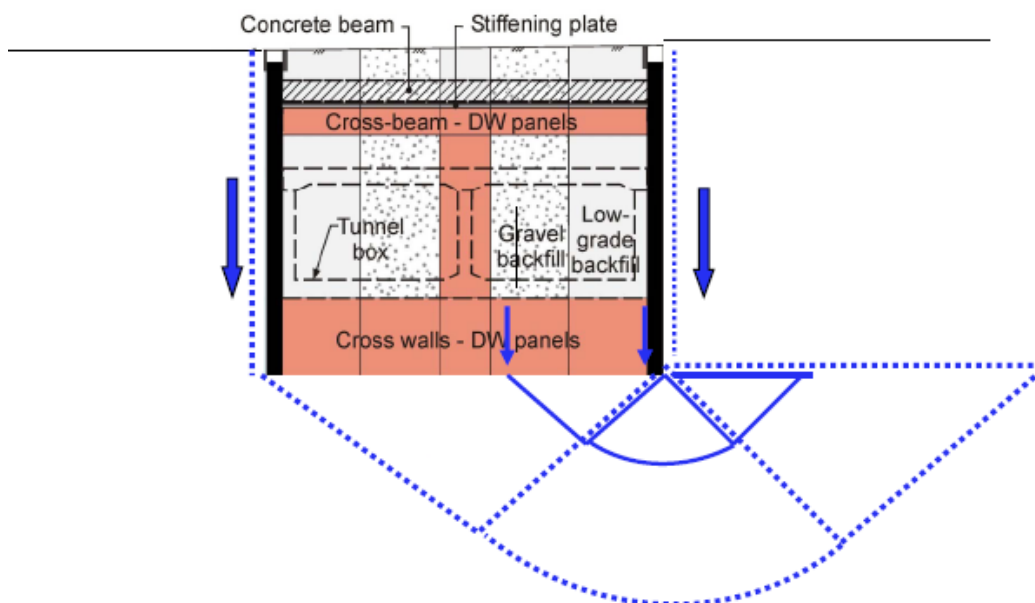
Det var satt et minste krav til sikkerhet mot bunnoppressing både opp mellom tverrveggene og av hele konstruksjonen tilsvarende $\gamma_M = 1,35$. Ser man bort fra konstruksjonselementenes kapasitet kunne sikkerheten mot lokal bunnoppressing mellom tverrveggene tilfredsstilles ved ulike kombinasjoner av dybde på og avstand mellom tverrveggene, se prinsippskisse i figur 3.4. Sikkerhet mot bunnoppressing av hele konstruksjonen er på den annen side bare styrt av dybden på underkant av veggene.

2) Sikkerhet i forhold til opptak av friksjon mellom tverrgående vegger og de langsgående veggene.

De oppadrettede krefter på tverrveggene må kunne overføres som friksjon til de langsgående veggene. Friksjonskapasiteten er i vesentlig grad styrt av horisontalkraften tverrveggene utsettes for som følge av jordtrykkene, og vil i store trekk øke med økende horisontal avstand mellom veggene.

3) Kapasitet av betongkonstruksjonen til å oppta krefter.

For de langsgående veggene del var dette primært spørsmål om plassering av øvre stiver, og ved hvilken dybde denne burde settes for å begrense momentene i veggene. I tillegg var det et spørsmål om fare for gjennomlokking av tverrveggene. For tverrveggene del var det sentrale spørsmålet om både å kunne oppta moment og aksialkraft, spesielt i kontakten med de langsgående veggene.



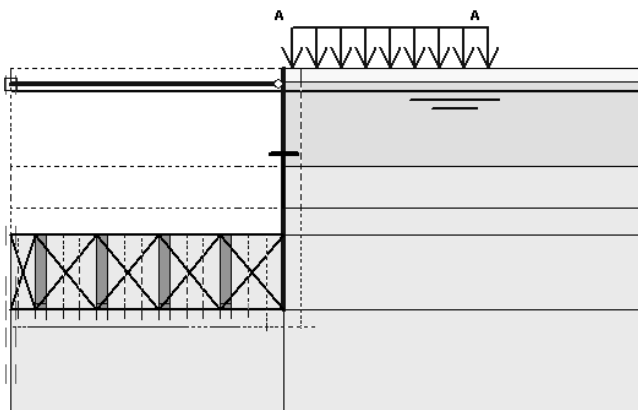
Figur 3.4- Illustrasjon av lokal og global bunnoppressing

Tverrveggene mellom de langsgående slissevegger vil utgjøre en stor andel av det totale antall kvadratmeter slissegrøfter som må graves. Det ble derfor lagt vesentlig vekt på å optimalisere avstanden mellom tverrveggene, det vil si gjøre avstanden så stor som mulig ut fra andre hensyn.

Erfaringsrapport slissevegger

Det avgjørende i denne sammenheng var kravet til stabilitet under utførelse av slisseveggene. Stabilitet av grøftene under graving er sterkt avhengig av romvekt og nivå på støttevæsken i grøftene. Stabilitetsberegninger ble utført med en halvempirisk metode utviklet av Aas (1976), som er basert på en rekke forsøksgrøfter brakt til brudd eller nær oppunder brudd i Oslo. Bergningene viste at slissevegg paneler med lengde 6,0 m kunne lages med støttevæske med romvekt $11,5 \text{ kN/m}^3$, hvilket ble lagt til grunn for løsningen og anbudsinnbydelsen. Det kan bemerkes at høyere romvekt, opp til 13 kN/m^3 , har vært benyttet lokalt ved tidligere slissevegg arbeider i Oslo (e.g Karlsrud, 1975 og 1978), men det ble av forskjellige årsaker valgt å ikke tøyne panellengden ytterligere.

Dimensjonering av slissevegg konstruksjonen ble utført for tre typiske snitt, primært ved bruk av elementprogrammet PLAXIS, og er dokumentert i Notat 2-G-145. Fordi det ble benyttet en 2-dimensjonal modell var det nødvendig å lage en spesiell ekvivalent modellering av de tverrveggene som illustrert i figur 3. 5. Tverrveggene er her lagt inn som ekvivalente langsgående vegger som har samme høyde og avstand som de virkelige veggene. Disse ekvivalente tverrvegg elementene er så forankret i en imaginær stålramme som er gitt samme aksial stivhet og bøyestivhet pr. lengdeenhet grop som de virkelige tverrveggene.



Figur 3.5 - Illustrasjon av prinsipp modellering av tverrvegger i PLAXIS

Den ikke-lineære og anisotrope jordmodellen Anisoft (Andresen og Jostad, 2002), ble benyttet for å modellere leiras styrke- og deformasjonsegenskaper med styrker som vist i figur 2.1. Mellom disse snittene ble det interpolert. Beregningene ble utført med **karakteristiske** jordparametere. Dimensjonerende krefter ble etablert ved å multiplisere de karakteristiske kreftene med en lastfaktor på 1,35, motsvarende materialfaktoren. Tabell 3.3 oppsummerer dimensjoner og laster som kom ut av disse beregningene. Merk at sikkerhetsfaktorene mot lokal bunnoppressing (inn i gropa), og global bunnoppressing (hele konstruksjonen løftes opp) primært ble beregnet på grunnlag av bunnoppressingsteori, men lokal bunnoppressing ble også verifisert med PLAXIS som angitt i parentes. Det fremgår at PLAXIS viste 6-7 % høyere sikkerhet enn konvensjonell teori. For beskrivelse av lokalt og globalt brudd og regnemodeller vises det til Karlsrud et al (2005), og Karlsrud og Andresen (2007).

Tabell 3.3 - Sammenstilling av dimensjoner, sikkerhet og krefter

	Pr. 6393	Pr. 6435	Pr. 6483
Dybde traubunn (m)	19	16	11
Tykkelse slissevegger (m)	1,2	1,0	1,0
Høyde ribber (m)	6	5	3

Erfaringsrapport slissevegger

Tykkelse ribber (m)	1,0	1,0	0,8
Sikkerhet lokal bunnoppressing ¹⁾	1,68 (1,8)	1,65 (1,75)	1,56 (1,7)
Sikkerhet global bunnoppressing	1,51	1,55	1,71
Last midlertidig ribbe/stiver (kN/m)	943	951	-----
Last template (ken/m)	1470	859	222
Last tverr ribber (kN/m)	3157	2519	1844
Støttemoment (kNm/m)	1610 (ved takplate)	1190 (ved ok tverrvegg)	1910 (ved ok tverrvegg)
Feltmoment (kNm/m)	430	830	280

1) Tall i parentes er basert PLAXIS

For leira under traubunn ble det spesielt vurdert mulig effekt av svelling, eller poretrykk-utjevning på udrenert styrke etter svelling, $s_{usvelling}$, gjennom uttrykket:

$$s_{usvelling} = (s_u / \sigma'_{v0}) (\sigma'_{v0} / \sigma'_{vsvelling})^{0,85} \sigma'_{vsvelling} \quad , \text{ hvor}$$

s_u = opprinnelig skjærstyrke
 σ'_{v0} = opprinnelig in-situ vertikal effektivspenning
 $\sigma'_{vsvelling}$ = vertikal effektivspenning under traubunn etter ferdig svelling

Hensyntagen til svelling reduserte beregningsmessig sikkerhet mot bunnoppressing med bare ca. 5 %.

Merk ellers at det var spenninger i betongen som var dimensjonerende for nødvendig høyde på tverrveggene (ribbene) under traubunn og de overliggende stivere. For isolert sett å tilfredsstille kravet til sikkerhet mot bunnoppressing, kunne høyde på tverrveggene ha vært redusert til ca. det halve av hva som fremgår av tabell 3.3.

3.3 Statikk, betong og armering

3.3.1 Innledning

Grunnlag for dimensjonering av slisseveggene er hentet Notat 2-G-145. Samvirke mellom leire og slissevegger beregnes da i disse PLAXIS analysene.

Statiske beregninger er utført i notat 2-B-201. "Slissevegger og tilstøtende konstruksjoner". Beregningene omhandler dimensjonering av slisseveggene og definerer også de krefter som skal påføres endelig betongkonstruksjon på grunn av slisseveggene.

Dimensjonering av selve betongtunnel er utført i notat 2-B-213.

3.3.2 Typer statiske systemer

Byggegroppen har tre prinsipielle statiske systemer for innvendig avstiving i situasjon før takplate støpes:

- 1) Stiver over takplate.
- 2) Stiver under takplate.
- 3) Uten stiver.

Erfaringsrapport slissevegger

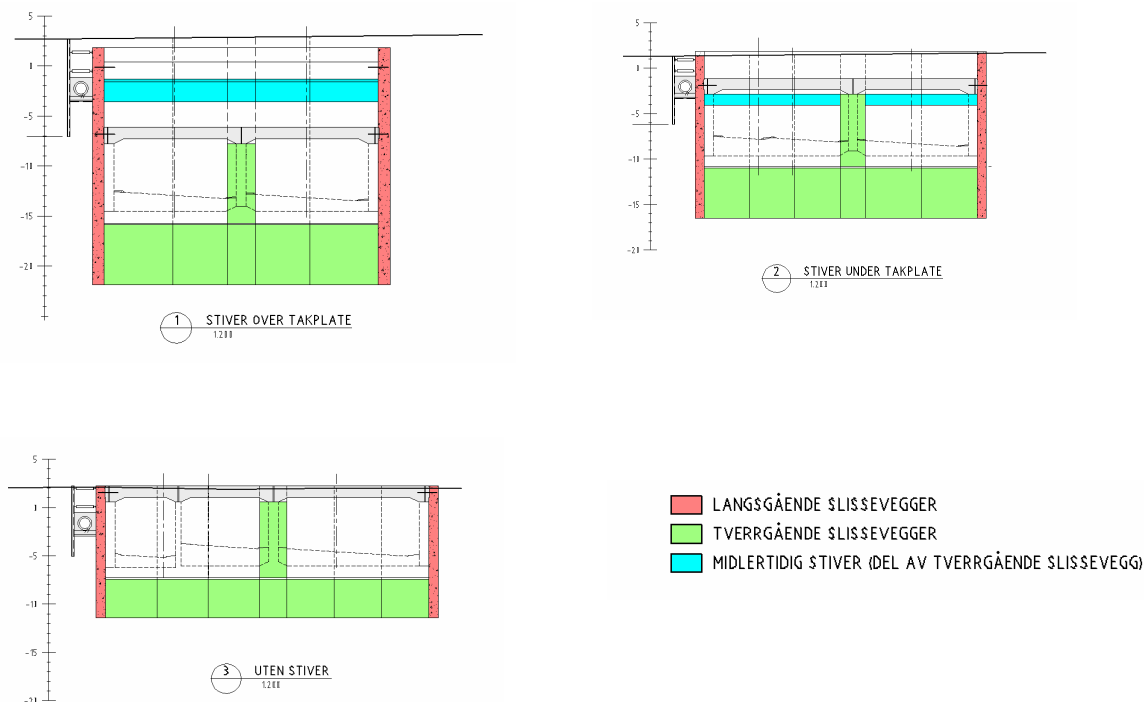


Fig 3.6 – Typer statiske systemer

Alle prinsippene har tvers-gående slisseveggpaneler under bunnplate som innvendig avstivning.

3.3.3 Analyser

Rene bjelkekrefter i et slisseveggpanel og stivere fremkommer fra PLAXIS analysene. Krefter i permanent betongkonstruksjon - hele betongtunnelen, fremkommer også.

En utfordring i PLAXIS analysen var å få poretrykk til å angripe på de korrekte flater. Dette gjelder både slissevegger og selve betongkonstruksjon.

Kontroll av dette ble løst ved å se på endring i skjærkraft per meter for de konstruksjons-elementer hvor en forventer at vanntrykk skal virke.

Kreftene i tverrstiver under bunnplate fremkommer indirekte fra PLAXIS-analysen som sum av krefter i de ulike elementene av den ekvivalente imaginære stålrammen. Sprang i skjærkraft ved nivå topp tverr-ribbe representerer oppleggskraften for slisseveggpanelet på tverrslissevegg.

3 forskjellige tverrsnitt er analysert på bakgrunn av forskjellige prinsipper for innvendig avstivning i de forskjellige byggetapper.

Typisk resultat for slissevegg fra analyse:

Erfaringsrapport slissevegger

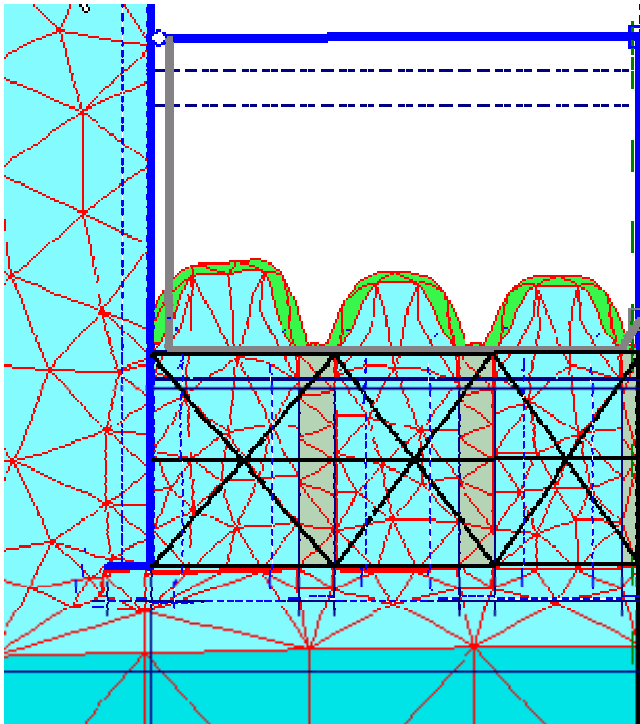


Fig 3.7 - Typisk resultat fra Plaxis analyse

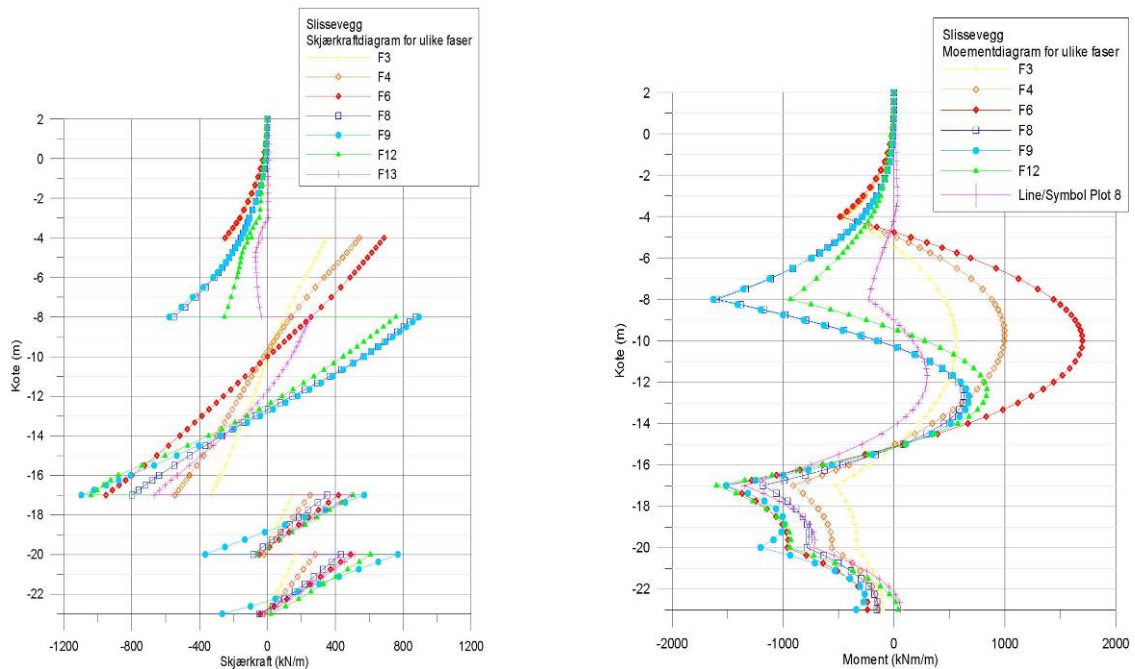


Fig 3.8 - Bjelkekrefter i slisseveggpanel fra Plaxis.

3.3.4 Valg av betongkvalitet og armeringsføring

Tykkelse av slissevegger styres i hovedsak av nødvendig plass for armering. Det er også slik at det er å foretrekke ett lag armering av hensyn til utstøping.

Valg av betongkvalitet var i kontrakten satt til fasthetsklasse C35. Maksimal steinstørrelse på 20 mm ble valgt av hensyn til armeringsføring. Design av slisseveggene er ikke utpreget følsom for valg av fasthet på betongen. Det viktigste med betongen er støpeligheten i aktuell støttevæske og at entreprenøren kjenner den betongen som skal benyttes.

Krav til armeringsføring er definert i NS-EN 1538. Overdekning defineres til minimum 60 mm for midlertidige konstruksjoner i bløt jord. Det ble valgt 65 mm i prosjektet.

Et valg i prosjekteringen var å unngå skjøting av armering i de mest påkjente soner i slisseveggen. Skjøtesoner er ofte utfordrende å støpe ut på grunn av tettere armering.

3.3.5 Dimensjonering

Dimensjonering av byggegrop bestående av slissevegger kan deles i tre prinsipielle deler:

- Dimensjonering av selve slissevegg konstruksjonen
- Dimensjonering av spesielt takplate som midlertidig stiver i forskjellige situasjoner.
- Dimensjonering av betongtunnel for permanente laster.

Lastfaktor på resultater fra slissevegganalysen: $\gamma_f = 1.35$. Ref notat 0-G-201.

Dimensjonering av slisseveggene er i utgangspunktet enkel når bjelkekreftene er definert. Det må utføres enkelte lokale kontroller for gjennomlokking ved tverrslisser og stivere. Det ble som nevnt utført tre PLAXIS analyser. For mellomliggende og utenforliggende snitt ble det interpolert og ekstrapolert.

Typisk armering for slisseveggpaneler er vist i figur 3.9.

Erfaringsrapport slissevegger

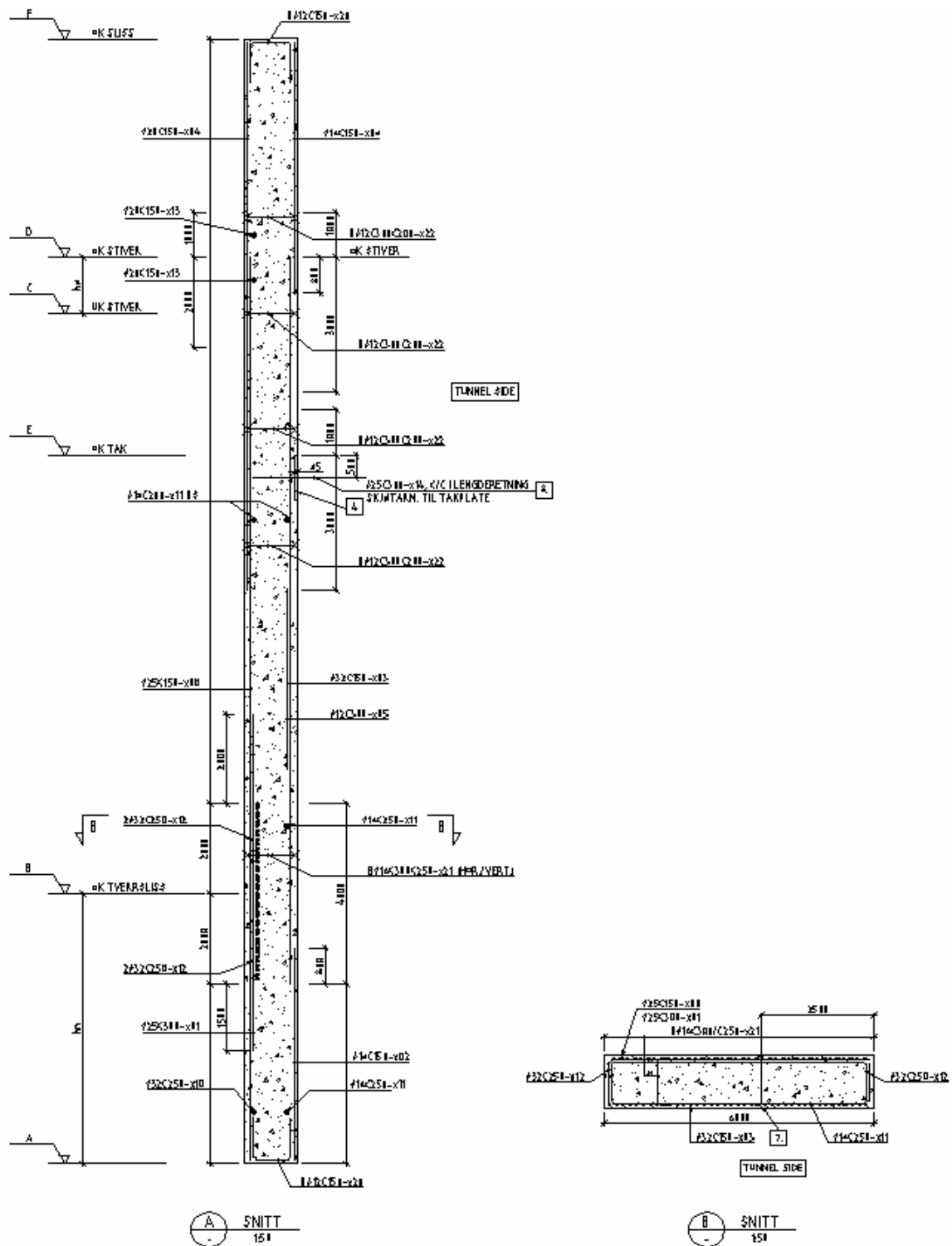


Fig 3.9 - Typisk armering av slissevegg – nødvendig statisk armering:

Erfaringsrapport slissevegger

Armeringstegninger fra AFS med nødvendig armering for løfting og posisjonering viser de nødvendige detaljer:

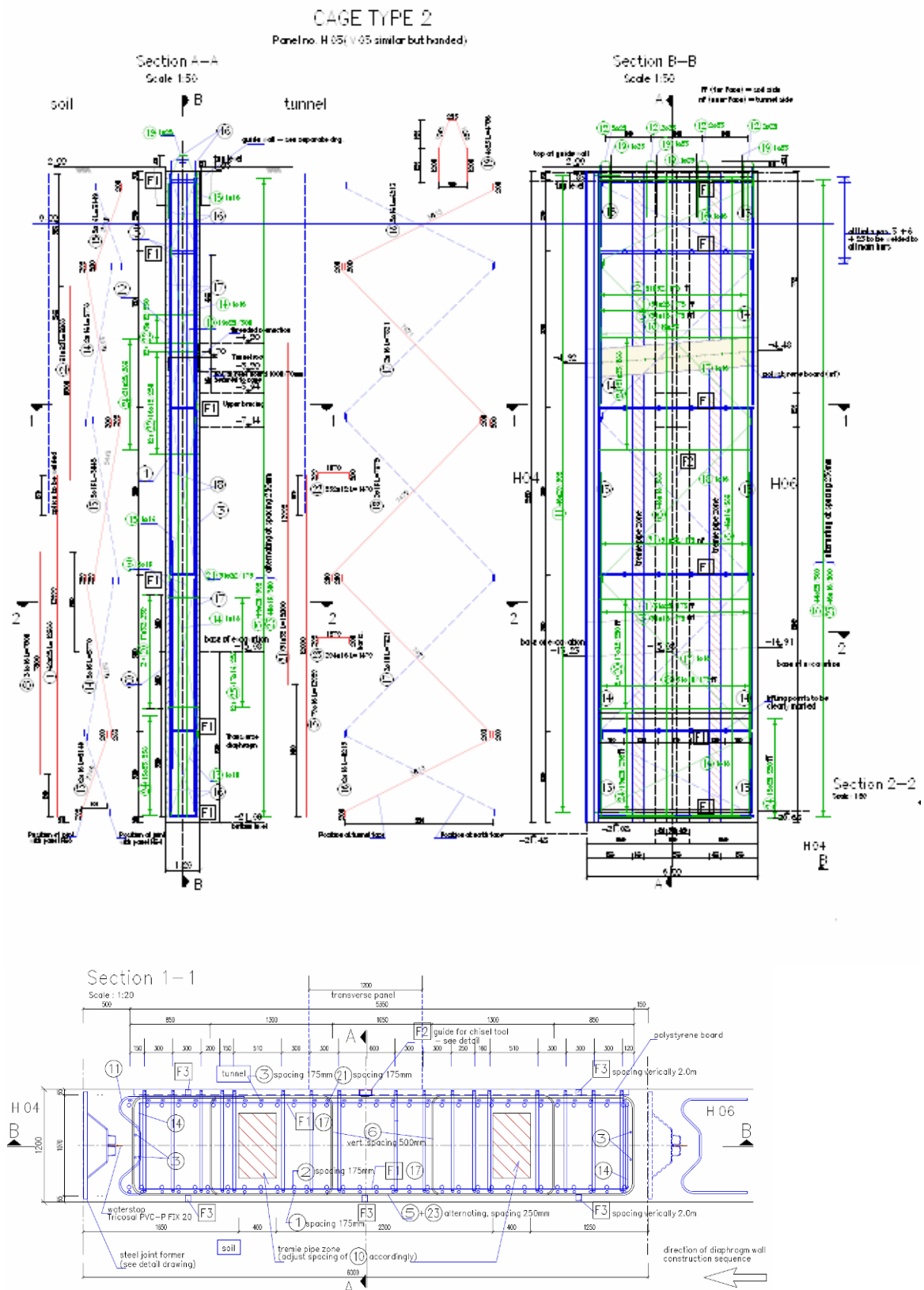


Fig 3.10 - Skisse Armering detaljert av AFS/Züblin

Erfaringsrapport slissevegger

Lengder, volum og armeringsmengder for slissevegger på sørsiden, statisk nødvendig:

Tabell 3.4

Statisk nødvendig Armering - Langsgående slissevegger

Dato	06.02.2006
Sign.	LNA
Rev.	0

SØRSIDE

Profil	Panel	Tykkelse mm	Lengde m	Høyde m	Ø10 tonn	Ø12 tonn	Ø16 tonn	Ø20 tonn	Ø25 tonn	Ø32 tonn	Sum tonn	Volum m ³	kg/m ³
6393	H01	1200	6	24,29		1,3	3,9	1,6	4,4	6,9	18,1	175	103
6399	H02	1200	6	24,00		1,3	3,9	1,6	4,4	6,9	18,1	173	105
6405	H03	1200	6	23,68		1,3	3,9	1,6	4,4	6,9	18,1	170	106
6411	H04	1200	6	23,33		1,3	3,65	1,3	4,25	6,9	17,4	168	104
6417	H05	1200	6	22,93		1,3	3,65	1,3	4,25	6,9	17,4	165	105
6423	H06	1200	6	22,53		1,3	3,65	1,3	4,25	6,9	17,4	162	107
6429	H07	1200	6	22,13	0,1	0,7	4,2		3,5	7,4	15,9	159	100
6435	H08	1000	6	21,23	0,2	0,7	4,9	0,9	5,2	1,4	13,3	127	104
6441	H09	1000	6	20,83	0,2	0,7	4,9	0,9	5,2	1,4	13,3	125	106
6447	H10	1000	6	20,42	0,2	0,7	4,9	0,9	5,2	1,4	13,3	123	109
6453	H11	1000	6	20,02	0,2	0,7	4,9	0,9	5,2	1,4	13,3	120	111
6459	H12	1000	6	19,12	0,2	0,7	4,9	0,9	5,2	1,4	13,3	115	116
6465	H13	1000	6	18,72	0,2	0,7	4,9	0,9	5,2	1,4	13,3	112	118
6471	H14	1000	6	18,32	0,2	0,7	4,9	0,9	5,2	1,4	13,3	110	121
6477	H15	1000	6	17,92	0,2	0,7	4,9	0,9	5,2	1,4	13,3	108	124
6483	H16	1000	6	16,51	0,3	0,2	4,1	0,3	0,6	5,8	11,3	99	114
6489	H17	1000	6	16,11	0,3	0,2	4,1	0,3	0,6	5,8	11,3	97	117
6495	H18	1000	6	15,71	0,3	0,2	4,1	0,3	0,6	5,8	11,3	94	120
6501	H19	1000	6	15,31	0,3	0,2	4,1	0,3	0,6	5,8	11,3	92	123
6507	H20	1000	6	14,93	0,3	0,2	4,1	0,3	0,6	5,8	11,3	90	126
6513	H21	1000	6	14,56	0,2	0,1	3,3	0,3	0,2	5,1	9,2	87	105
6519	H22	1000	6	14,20	0,2	0,1	3,3	0,3	0,2	5,1	9,2	85	108
6525	H23	1000	6	14,18	0,2	0,1	3,3	0,3	0,2	5,1	9,2	85	108
6531	H24	1000	6	14,21	0,2	0,1	3,3	0,3	0,2	5,1	9,2	85	108
6537	H25	1000	6	14,45	0,2	0,1	3,3	0,3	0,2	5,3	9,4	87	108
6543	H26	1000	6	12,92	0,2	0,1	3,3	0,3	0,2	5,3	9,4	78	121
6549	H27	800	6	12,49	0,1	0,1	2,6	0,3	0,4	5,2	8,7	60	145
6555	H28	800	6	12,31	0,1	0,1	2,6	0,3	0,4	5,2	8,7	59	147
6561	H29	800	6	12,39	0,1	0,1	2,6	0,3	0,4	5,2	8,7	59	146
6567	H30	800	6	12,27	0,1	0,1	2,6	0,3	0,4	5,2	8,7	59	148
6573	H31	800	6	12,26	0,1	0,1	2,6	0,3	0,4	5,2	8,7	59	148
6579	H32	800	6	12,23	0,1	0,1	2,6	0,3	0,4	5,2	8,7	59	148
6585	H33	800	6	12,22	0,1	0,1	2,6	0,3	0,4	5,2	8,7	59	148
6591	H34	800	6	12,19	0,1	0,1	2,6	0,3	0,4	5,2	8,7	59	149
6597	H35	800	6	12,17	0,1	0,1	2,6	0,3	0,4	5,2	8,7	58	149
6603	H36	800	6	12,14	0,1	0,1	2,6	0,3	0,4	5,2	8,7	58	149
6609	H37	800	6	12,10	0,1	0,1	2,6	0,3	0,4	5,2	8,7	58	150
6615	H38	800	6	12,07	0,1	0,1	2,6	0,3	0,4	5,2	8,7	58	150
Sum											445,3	3796	117

Gjennomsnittlig armeringsmengde er 117 kg/m³ for langsgående slissevegger på sørsiden. Mengden varierte fra ca 105 kg/m³ for de tykkeste og høyeste panelene til 150 kg/m³ for de tynneste og laveste.

Totalvekt for armeringskurvene i tabell er representativ for endelig vekt. I tillegg kommer annet stål enn armering, avstandsholdere, avstiving av armeringskurv, løftepunkter og forankring av disse. For de tyngste panelene utgjorde dette i størrelsesorden 950 kg.

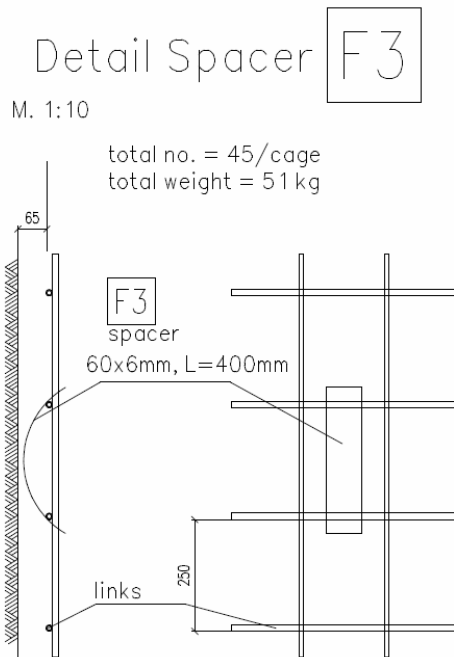


Fig 3.11 - Avstandsholder mot leire ble utformet slik av AFS:

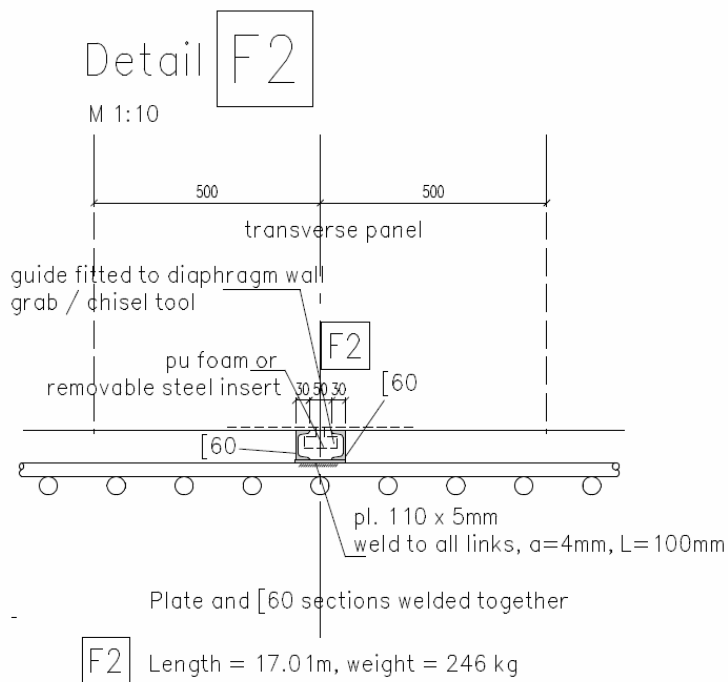


Fig 3.12 - Innstøpt guide for rengjøring mot tverrpaneler:

Dimensjonering av takplate som stiver hadde nok den største utfordringen i antallet forskjellige midlertidige faser av takplate som skulle kontrolleres. Dette er beskrevet i notat vedrørende design av slissevegger i notat 2-B-201.

3.4 Tekniske løsninger oppheng og understøttelse av takplate

3.4.1 Opplegg av takplate på slissevegger

Takplaten henges opp på slissevegger ved en fortanning og gjennomgående armering i skjøt mellom takplate og slissevegg. Se figur 3.13 og 3.14. Fortanningen ble laget ved å montere XPS-plater på armeringskurven for slisseveggen.

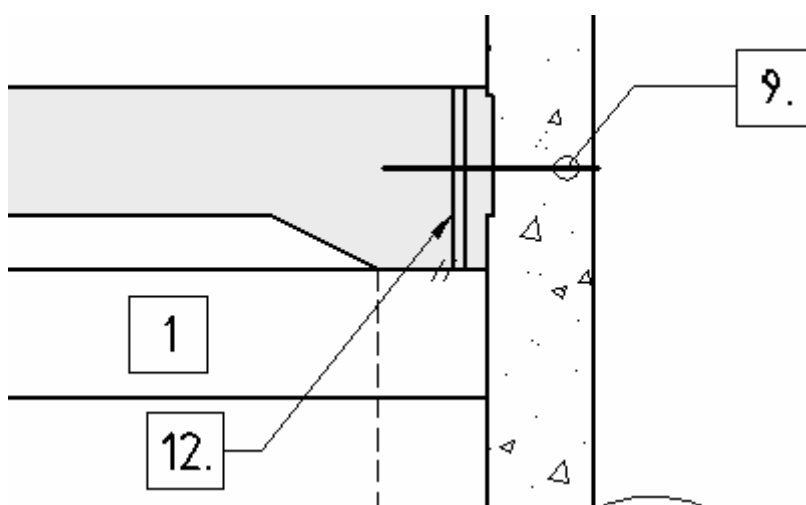


Fig 3.13 - Fortanning og armering mot slissevegg.



Fig 3.14 - Fortanning slik de ble i slisseveggene.

Dokumentasjon er utført i notat 2-B-201 - kap 7.5. Kontaktflaten mot slisseveggen er 1.7m høy og er et betydelig areal. Det ble fra anlegget reagert på at Ø25c300 så svært lite ut i forhold til tverrsnittet. Dimensjoneringsprinsippet er ren avriving (skjær/friksjon) – ikke

Erfaringsrapport slissevegger

innspenning av takplate. I tillegg skulle taket i området for panelene 17 til 26 være bærende for omlagt Mossevei og Havnevei, på en fylling over takplatene. Dette ble kontrollregnet ved håndberegninger og det ble i tillegg utført en FEM analyse.

Dimensjonering hadde tatt utgangspunkt enkelte konservative valg. Aksialkraft i takplate var ikke medregnet og fortanning var ikke tatt med i beregningene av skjær friksjonskapasitet. Kun forutsetning om ru overflate lå til grunn i beregningene.

Det ble ikke endret armeringsmengder i det aktuelle snittet, heller ikke var det nødvendig å endre prinsippene i beregningene. Saken fikk derimot en del fokus og skapte kanskje noe usikkerhet.

At fylling under omlagte veier ble større enn opprinnelig forutsatt ble løst ved å erstatte deler av fylling på takplate med løs leca. Se vedlagt figur 3.15.

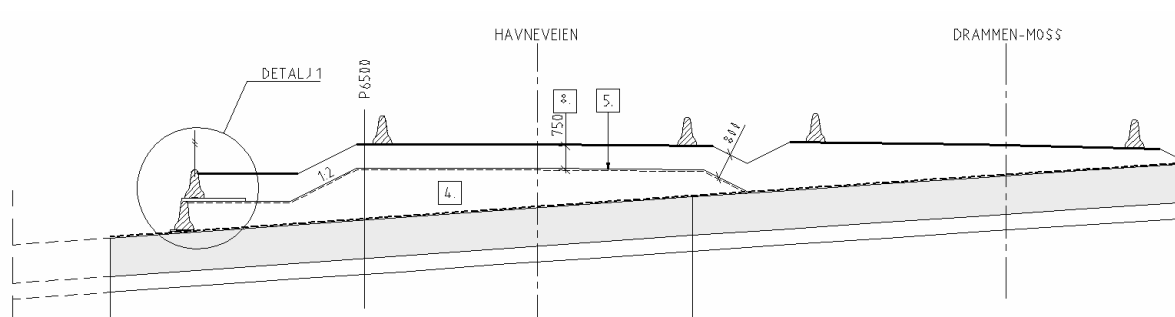


Fig 3.15 - Krysning av Havneveien og Mosseveien over takplata for Seksjon 6 og 7.

3.4.2 Midlertidig understøttelse av takplate

SVRØ'S konsept innebar at midtvegg med deler av bunnplate skulle etableres etter at midlertidige stålstivere i par, ble satt par ned på tverrslissevegger, se figur 3.16.

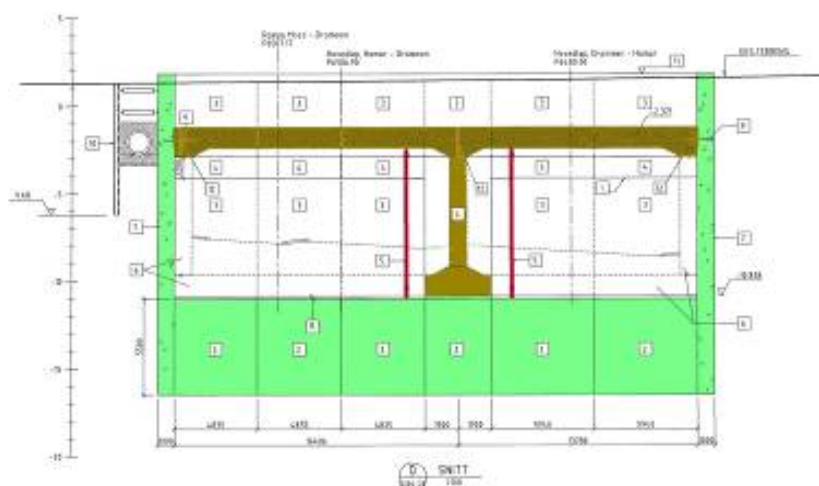


Fig 3.16 - Midlertidig understøttelse av takplate:

Deretter skulle tverrslisser rives før midtvegg ble støpt kontinuerlig for en hel seksjon, som endelig understøttelse av takplate.

Erfaringsrapport slissevegger

Dette var lenge også AFS sin plan for arbeidene. Det ble etter hvert tenkt en del i begge leire på alternative måter å gjøre dette på. Blant annet for å få en mer produksjonsvennlig utførelse av bunnplatene.

AFS kom med et forslag som SVRØ internt hadde diskutert. Løsningen besto i å støpe bunnplater rundt tverrslisser som støttet takplate. Det ble laget en utsparring rundt hver tverrsliss med skjøtkoblinger slik at hull kun støpes ut etter at tverrslisser ble revet. Før tverrslisser kunne rives ble midtvegger støpt ut mellom hver tverrsliss i lenger på ca 3 m. Tverrslissen ble fjernet ved miniblasting i 3 etapper. Dette er beskrevet i mer detalj i kapittel 10.

3.4.3 Stivere over takplate ytterst mot sjøen

De 4 ytterste panelene mot sjø hadde en betongstiver over takplate som måtte fjernes før endelig utgraving under tunnelen. Se figur 3.17. Dette var forutsetning i beregningene og det ble forsøkt å dokumentere at en fjerning ikke var nødvendig.

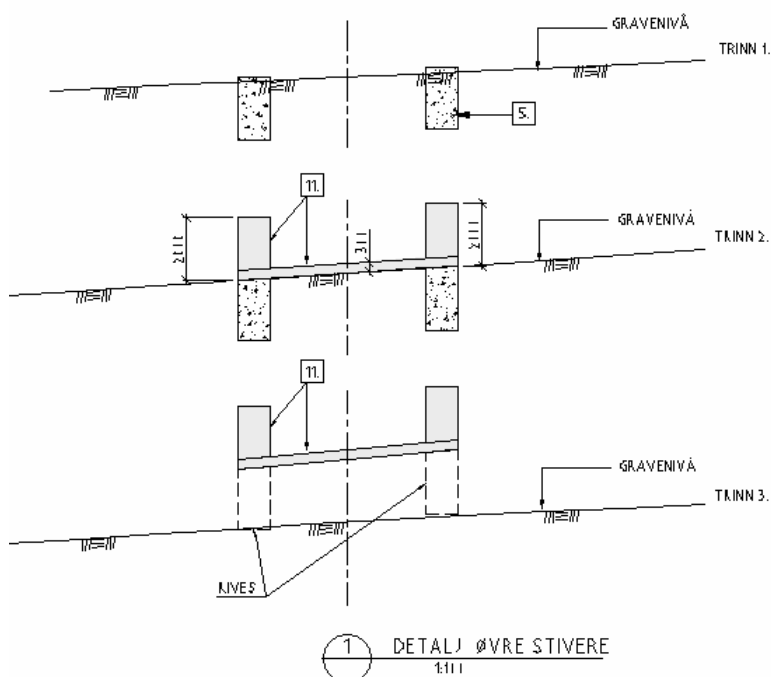


Fig 3.17 - Øvre stivere byggetapper

Konklusjon var at disse stiverne måtte fjernes. Dette ble løst ved at de ble kappet med wiresaging og ved at stiverne ble midlertidig understøttet i kappet ende inntil fylling på takplate muliggjorde riving ned på denne fylling.



Fig 3.18 - Stiver over takplate midlertidig understøttet på pilarer ved nordveggen.

Erfaringen var at dokumentasjon av slissevegg kunne ha vært utført uten forutsetningen om at stiver skulle fjernes før utgraving under takplate. Dette ble en anleggsteknisk operasjon som kom på kritisk linje for graving under takplate.

3.4.4 Overgang endespunt slissevegg.

Overgang mellom slissevegg og endespunt og HZ975 profil ble utført med en oppsveist ledkasse i stål. Som ble støpt inn i de nederste slissevegg panelene. Se figur 3.19.

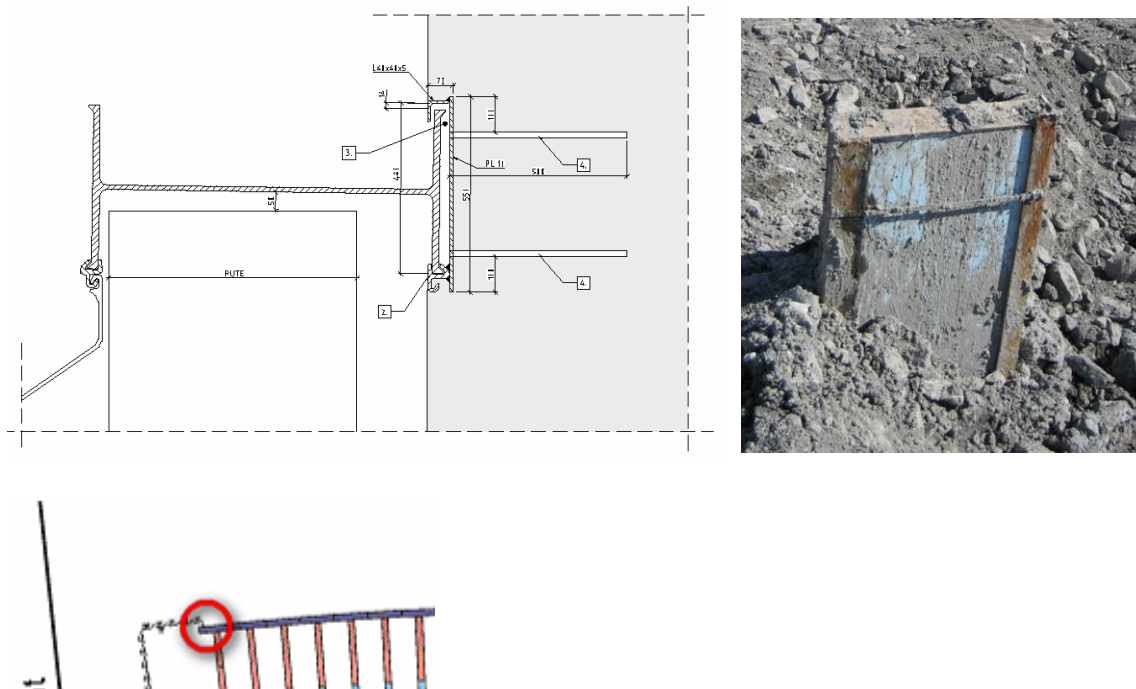


Fig 3.19 - Føringskasse for spunt innstøpt i slissevegg fylt med EPS.

3.5 Geometri og toleranser

Et viktig valg som ble overlatt til entreprenøren var selve posisjonen av slisseveggene i forhold til betongkonstruksjonen som skulle bygges. Bredden og posisjonen på byggegropa skulle ikke redusere betongtunnelens bredde eller posisjon. Denne avstanden skulle derfor fange opp konstruksjonstoleranser på slisseveggene, ansett og loddavvik, samt utbøyning av panelene på grunn av belastning.

Byggherren hadde i kontrakten beskrevet at det skulle settes av 20 mm for deformasjoner i slisseveggene. Entreprenøren valgte totalt 80 mm fra teoretisk betongvegg til teoretisk posisjon av ledevegg.

3.6 Forslag til forbedringer

Takplate for seksjonene under omlagt Mossevei og Havnevei var av fremdriftsmessige årsaker nødt til utføres som forutsatt. For de øvrige takplater kunne en løsning med kraftige stivere i stål og armerte fordelingsbjelker langs gropa, vært bearbeidet videre. Det var et sterkt ønsket om en så robust byggegrop som mulig og takplaten som stiver gir dette. Stålstivere på tvers ble møtt av betydelig skepsis fra oppdragsgiver og ble derfor ikke forfulgt av konsulentgruppen i de tidlige faser. Stålstivere på tvers ville muliggjort en mer tradisjonell byggemetode med bunn først. Som kraftige stålstivere på tvers ville man lagt til grunn stålrør av grove dimensjoner.

Dette kom også opp tidlig ved oppstart av arbeidene, se også kapittel 3.1, men det ble vurdert til ikke å være mulig å omprosjekttere løsningen innefor den tiden som var tilgjengelig. Ertertiden viste at dette nok kunne latt seg gjøre på grunn av forsinket oppstart av slisseveggarbeidene.

Stivere over takplate beskrevet i kapittel 3.4.3 kunne vært vurdert som stålrørstivere. Riving av disse ville vært enklere. Disse måtte vært prosjektert slik at de gav tilstrekkelig robusthet for den aktuelle anleggstekniske situasjonen.

4 Oppstart av slisseveggarbeidene

4.1 Oppstart

4.1.1 Innledende møter

Oppstart i forbindelse med slissevegger besto i enkelte forslag fra AFS med alternativ teknisk gjennomføring av byggegrop.

I det første møtet fikk AFS overlevert geoteknisk grunnlagsmateriale fra prosjekteringen som grunnlag for å gjøre egne tolkninger av grunnforholdene. I tillegg fikk AFS kopier av fagartikler utarbeidet på NGI om erfaringer med slissevegger under tilsvarende forhold.

4.1.2 Alternativ innvendig avstivning.

Sammen med tilbudsbrev hadde AFS et forslag til alternativ utførelse av byggegrop. Forslaget gikk ut på å bygge K204 nedenifra og opp. Dette skulle muliggjøres med innvendige stålstivere bestående av stålrør. Disse stålstiverne skulle støttes på armerte kontinuerlige bjelker mot langsgående slisseveggen slik at det kan dimensjoneres for bortfall av stiver.

Området under omlagt Havnevei og Mossevei skulle ikke ha endret utførelse i forhold til kontrakt, dvs. 8 sett paneler skulle uansett utføres etter opprinnelig prinsipp av hensyn til denne vegomleggingen.

I tilbudsbrevet fra AFS, kapittel 7, var beregninger fra Norconsult inkludert for å dokumentere alternativ løsning.

SVRØ var ikke motvillig til et slik teknisk løsning. Dette var et forslag som innebar en vesentlig endring av byggegropas tekniske løsning. Denne endring krevde godkjenning fra Vegdirektoratet (VD). Med utgangspunkt i nødvendig tid til detaljprosjektering og godkjenningsprosess hos VD ble det til slutt besluttet og ikke å gå videre på dette alternativet. Oppstart av slissevegger var nært forestående.

4.1.3 Alternativ understøttelse av takplate CHS ståltør

I august 2008 mottok SVRØ et forslag fra AFS vedrørende alternativ understøttelse av takplate med stålrør CHS Ø508 med veggtykkelse fra 20 til 40 mm. Forankring av stålsøyle i tverrsliss var foreslått ved hjelp av påsveiste dybler på stålrøret.

Det ble i denne sammenheng påpekt at kneklengder benyttet i beregningene ikke nødvendigvis var konservative. I tillegg ønsket SVRØ en redegjørelse for de øvrige arbeider i byggegropa slik at byggekvalitet og detaljene i gjennomføringen ble presentert.

SVRØ var positive til forslaget. Med utgangspunkt i nødvendig tid til detaljprosjektering og godkjenningsprosess hos VD ble det til slutt besluttet og ikke å gå videre på dette alternativet.

4.1.4 Avklaringer med entreprenør

Første møtet i en serie vedrørende slissevegger startet 8. august. Møteserien ble lang og gjengis her kort i tabellform med stikkord fra de viktigste punktene i hvert møte. Enkelte av punktene er gjengangere og fortjener en mer inngående behandling.

Møte nr.	Dato	Viktigste punkter
SLI-01	08.08.2005	AFS valgt Züblin som UE, Geotek. Data, Metodebeskrivelse AFS, Armering slissevegger, Stikningsdata
SLI-02	06.09.2005	Stabilitet slissegrop, Ledevægger, Ansett slissevegger, Stålstiver under tak, Armerings tegninger slissevegger
SLI-03	20.09.2005	Stabilitet slissegrop, Prøvesliss, Kontrollplan, SJA
SLI-04	04.10.2005	Stabilitet slissegrop, Prøvesliss, Fugeløsning paneler, Utstyr lab anlegg, Kontrollplan, stikning, SJA, Kontrollplan, SJA
SLI-05	24.10.2005	Kontrollplan(I detalj!), Prøvesliss, "Stop end" løsning
SLI-06	25.10.2005	Stabilitet (Referat er på engelsk)
SLI-07	04.11.2005	Måleopplegg produksjonsliss H08
SLI-08	09.11.2005	Målinger fra Panel H08, Stabilitet, Videre produksjon, Kontrollplan
SLI-09	22.11.2005	Kjerneboring prøvesliss resultater, Kontrollplan, rengjøring, Fremdrift, Type endesteng, mm.
SLI-10	12.01.2006	Geometri, Kontroll av armeringskurv, Plassering stivere, Inklinometermålinger, Kontrollplan, Stop End-løsning, Stabilitet tverrgrøfter, mm.
SLI-11	20.02.2006	Resultat Kjerneboringer, måleprogram, dokumentasjon og måleprogram, mm.
SLI-12	20.03.2006	Installasjon av inklinometerkanaler gjennom slissevegg til fjell
SLI-13	04.04.2006	Akseptkriterier og alarmgrenser, Stabilitet tverrslisser, målinger, Inklinometerkanaler på armeringskurv. Armering takplate
SLI-14	11.06.2006	Prinsippet for målinger av relativdeformasjoner mellom langsgående og tversgående paneler
SLI-15	13.06.2006	Kran langs slissevegg grop, Kjerneprøver,

4.2 Dokumentasjon fra entreprenøren

4.2.1 Armering av slissevegger:

SVRØ'S tegninger, se fig. 3.9 angir kun nødvendig statisk armering. Züblin utarbeidet detaljerte tegninger som inneholdt alle nødvendige detaljer ut fra deres produksjonsmetode. Nødvendig armering for å løfte og stabilitet i armeringskurv. Plass til støperør, avstandsholdere mot leire og lengder tilpasset "stop end" med mer. Se fig 3.9.

4.2.2 Stabilitet av slissegrøfter

Det var tidligere utført et betydelig omfang med slissevegger i leire i Oslo, blant annet for Tunnelbanen og Jernbanen gjennom Studentertunden og på Jernbanetorget mellom 1973 og 1976. Erfaringene der var generelt meget gode. I den sammenheng ble det også utført en rekke forsøksgrøfter som bevisst ble kjørt til brudd. Disse forsøkene dannet grunnlaget for en metode for beregning av stabilitet av slissevegger i leire som ble utviklet av NGI.

I henhold til kontrakt var det entreprenørens ansvar å ivareta stabilitet og utførelse av slissegrøftene, men det pålagt å dokumentere hvordan dette skulle ivaretas.

Erfaringsrapport slissevegger

AF/Züblin fikk kort etter kontraktsinngåelse kopi av en rekke artikler som beskriver tidligere norske erfaringer med slissevegger i leire, og den utviklede metode for stabilitetsberegning. Da Züblin 22 aug. 2005 la frem sine første vurderinger av stabilitet av slissegrøfter var det basert den tyske DIN 4126. Leira ble der behandlet som sand med en antatt kohesjon på 10 kPa og friksjonsvinkel 23° . Dette resulterte i valg mht geometri og støttevæske som ikke var forenelig med norske erfaringer.

Det tok uventet mye tid og diskusjoner med Züblin for å overbevise dem om at de måtte se på brudd av slissegrøfter i leire som et udrenert lasttilfelle. Det var først etter ca. 2 måneder, da de involverte en egen geotekniker med mer forståelse for jords oppførsel generelt og leire spesielt, at de aksepterte NGI's og byggherrens grunnleggende syn. De anvendte derfor etter hvert et eget utviklet program som bygget på konseptene i NGI-metoden, men som på en mer generell måte kunne ta hensyn til overflatelaster. De gjennomførte også 3-D FEM beregninger som bekreftet mekanismene.

4.2.3 Kontrollplan

Det var vanskelig å få utarbeidet en kontrollplan for slisseveggarbeidene som, etter byggherrens mening, tilfredsstilte kravene i kontrakten. KS-planen fra Züblin innholdt:

- Organisasjon
- Metodebeskrivelse
- Kontrollplaner
- Utstyrinfo

Det var først i revisjon 5 i slutten av januar 2006 at planen først ble godtatt.

Züblins plan inngikk i en *Samordningsplan* som AFS utarbeidet der KS-planen til Züblin ble supplert med AFS egne kontrollplaner (stikningskontroll, setningsmålinger mv.).

Notatserie K204:

I oppstarten ble det raskt klart at en notatserie som svar på dokumentasjon oversendt fra AFS vedrørende slissevegger var nødvendig. Denne notatserien ble i starten knyttet til slissevegger og AFS/Züblins detaljering av armering, kontrollplan og stabilitetsberegninger..

Notatserien ble lang og fokus på innhold dreide etter hvert vekk fra slisseveggene. Se tabell for en overordnet oversikt:

Notat nr.	Dato	Tema
K204-01	02.09.2005	Slissevegger, Kontroll av konstruktiv armering
K204-02	02.09.2005	Design review, Design calculations trench stability, fra Züblin 22.08.2008.
K204-02	08.09.2005	Slissevegger, Kontroll av konstruktiv armering
K204-04	14.09.2005	Kontrollplan datert 05.09.2005
K204-05	21.09.2005	Slissevegger, Kontroll av konstruktiv armering
K204-06	27.09.2005	Stabilitet, ref Züblins beregninger datert 16.09.2005
K204-07	14.10.2005	Stabilitet, ref Züblins beregninger datert 07.10.2005
K204-08	17.10.2005	Samordningsplan slissevegger – kommentarer
K204-09	07.11.2005	Slissevegger, Kontroll av konstruktiv armering
K204-10	30.11.2005	Slissevegger, Kontroll av konstruktiv armering

K204-11	07.03.2006	Spunt for 1200mm OV ledning
K204-12	14.03.2006	Utsparing i takplate seksjon 4 og 5
K204-13	31.05.2006	Alternativ understøttelse av tak .
K204-14	28.08.2006	Alternativ understøttelse av tak .
K204-15	02.02.2007	Armeringsføring rundt tverrslisser
K204-16	10.10.2007	Arbeider før frist "klar for senketunnel"
K204-17	20.01.2008	1200 mm OV vanntetting
K204-18	23.05.2008	Riss i skjærnøkler tak
K204-19	11.04.2008	Seksjonskjøter og utsparinger for ACME og brannbeskyttelse
K204-20	23.04.2008	Arbeider frem mot Delfrist CG

4.3 Prøvesliss

I kontrakten var det beskrevet at det var entreprenørens ansvar å ivareta stabilitet av slissegrøftene under utførelsen, og de var pålagt å dokumentere ved prøvesliss at stabilitet av grøftene så vel som god kontakt mellom tverrvegger og langsgående vegger ble ivaretatt. Dessuten skulle krav til vertikalitet og grøftebredden dokumenteres.

4.3.1 Formell prøvesliss i henhold til kontrakt

De første prøveslissene som ble utført var to paneler M234 og M234a som ble satt for å verifisere at man tilfredsstilte generelle krav som var satt til kvaliteten av panelene, dvs. vertikalitet, tykkelse, posisjonering av armering og overdekning, utstøpingsprosedyre og betongkvalitet.

Begge paneler var 3,4 m lange. Panel M234a ble satt normalt på M234 for å verifisere at god betongkontakt kunne oppnås mellom langvegger og tverrvegger, og at tilbakefylling med grus i tverrpaneler og støp av overliggende stiver fungerte etter hensikten.

Panelene ble utført 12 og 13 oktober 2005.

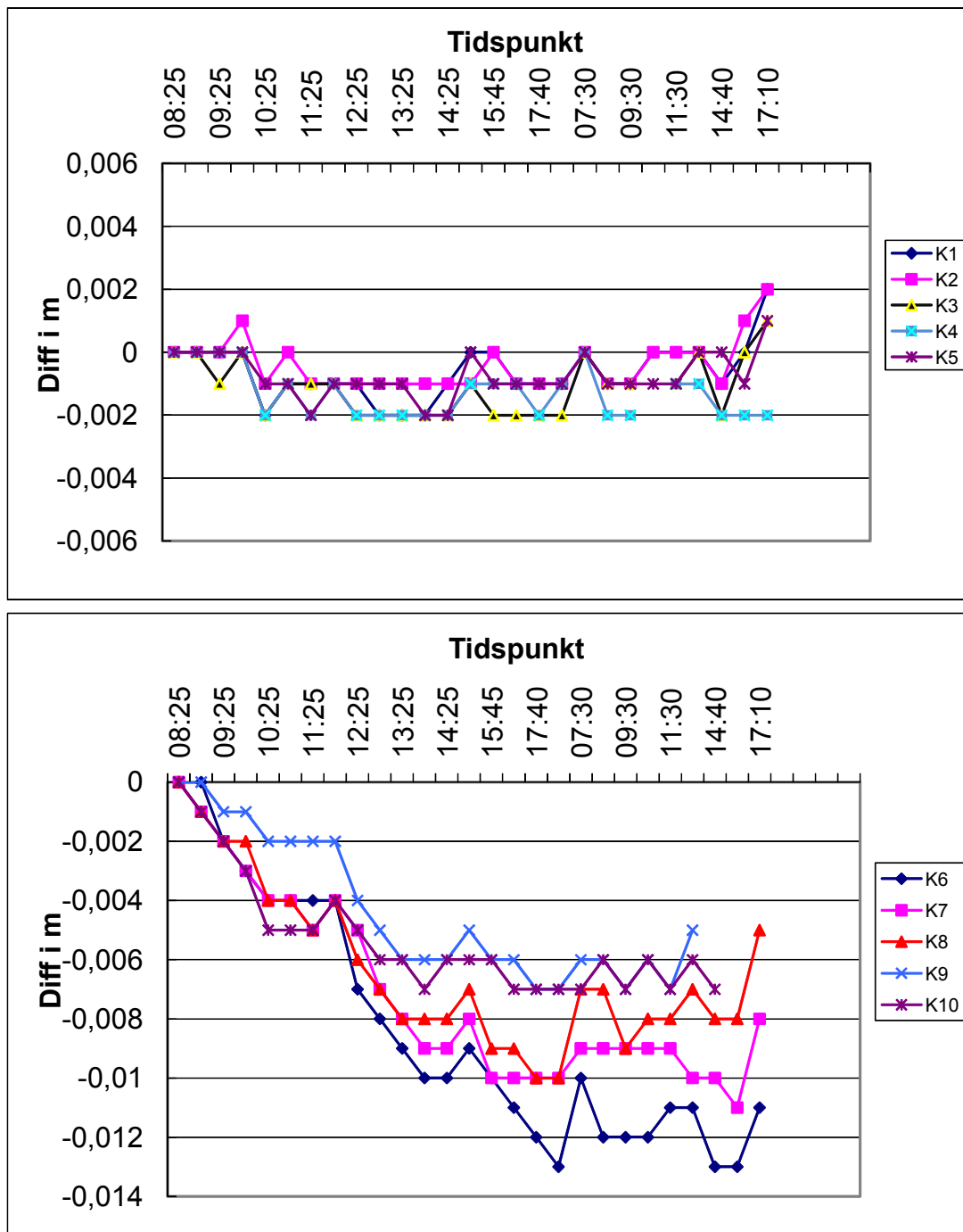
Resultatene var tilfredsstillende med hensyn til de fleste aspekter, men Züblin lyktes ikke med skrå kjerneboring for å dokumentere at det ble oppnådd god betongkontakt tverrvegg/langvegg. Videre resultater er vist i pkt. 6.1.

4.3.2 Prøvesliss, stabilitet

For å verifisere stabilitet og krav til støttevæske ble det i forbindelse med panel H08 satt setningsbolter på terreng og en helningskanal på begge sider av panelet før graving tok til. Figur 4.1 viser plassering av målepunktene. Dette panelet var et primærpanel, dvs uten tidligere utførte nabopaneler, og hadde en brutto lengde på 6,5 m og dybde på 21,2..m. Panelet ble utført med støttevæske med romvekt 11,5 kN/m³.

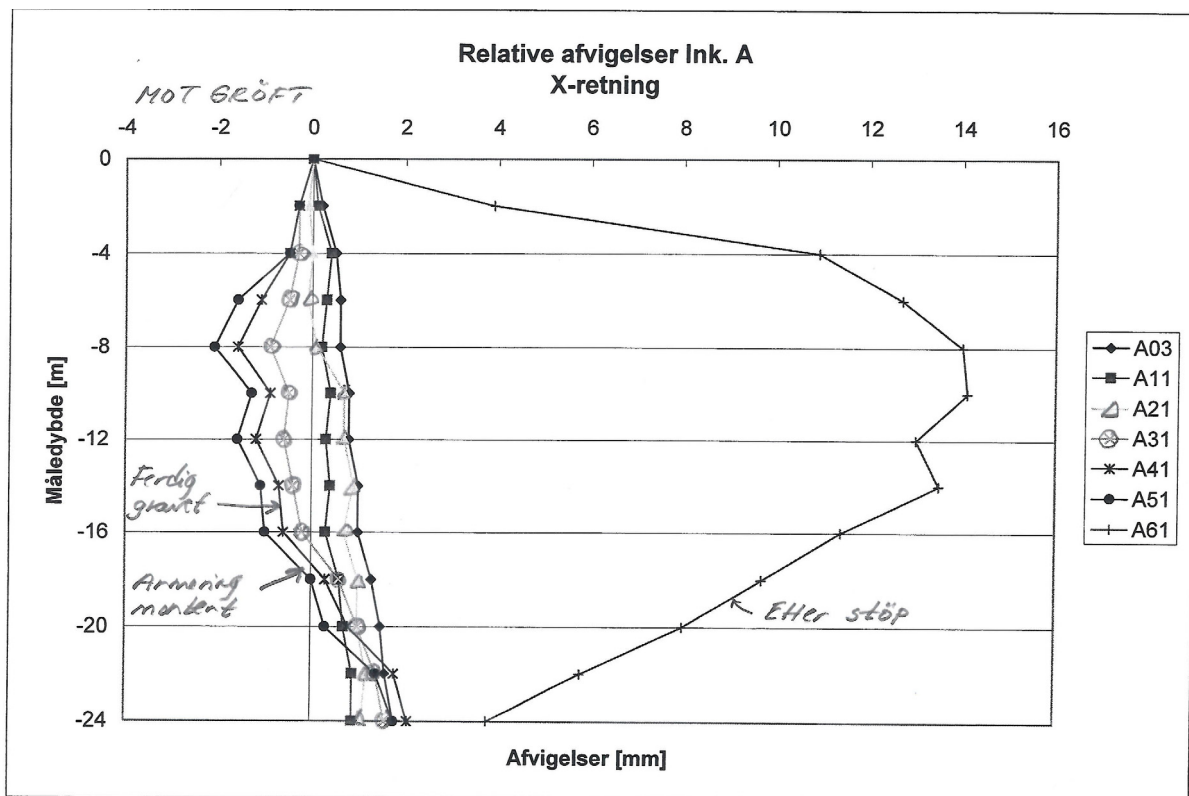
Figur 4.2 viser målte terrengsetninger under utførelsen. Graving av panelet startet 08.25 om morgenen 07.11.2008. Det ble gravet i to seksjoner (halvdeler). Etter at første halvdel var avsluttet ca 11:00 var største setning 5 mm, og økte til 12 mm innen panelet var ferdig utgravet ca. 17:00. Da stoppet setningsutviklingen, antagelig fordi graveriggen ble fjernet. Den store betydning graveriggen har for deformasjoner og stabilitet fremgår også ved at det var ubetydelige setninger på den siden graveriggen ikke stod. Graveriggen veier ca. 750 kN, og foravtrykket under graving er som typisk vist i figur 4.1. Utstøping av panelet medførte 2-3 mm heving av terrenget.

Erfaringsrapport slissevegger

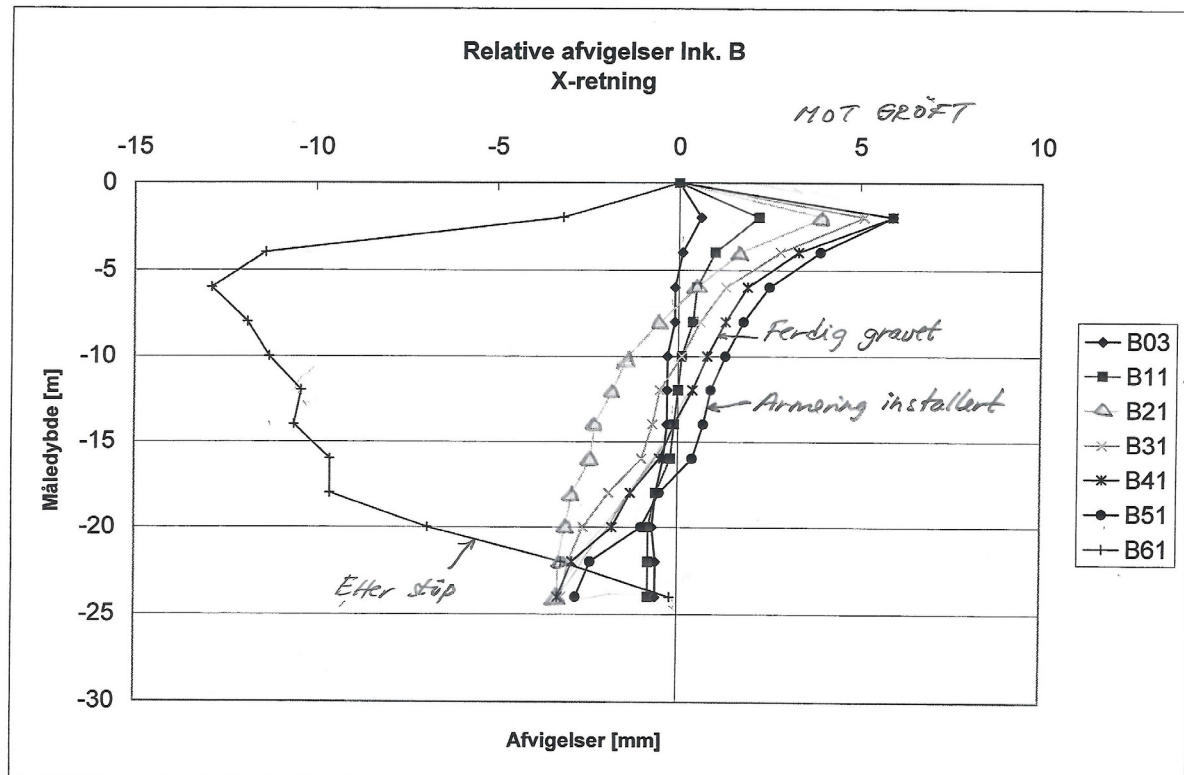


Figur 4.2 - Setningsmålinger under utførelse av panel H08 (07-08 november 2005)

Erfaringsrapport slissevegger

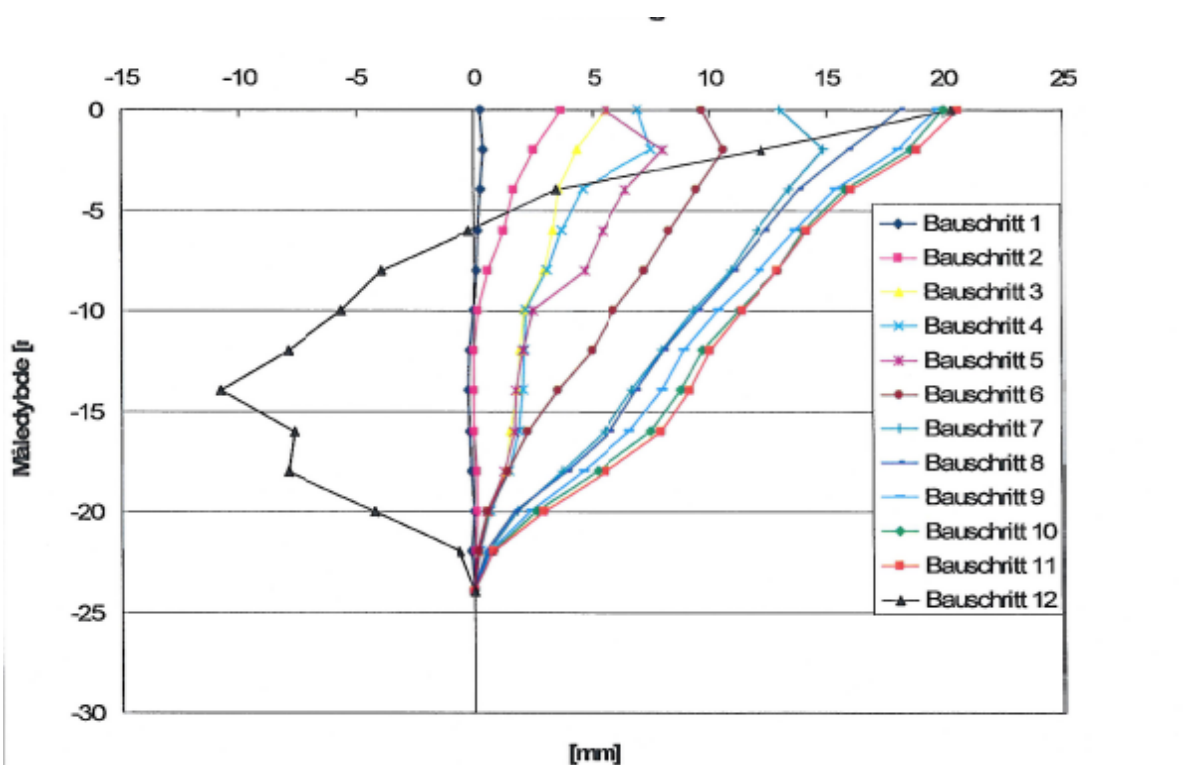


Figur 4.3a - Målt horisontalforskyvning helningskanal A (bør korrigeres til null forskyvning i bunn)



Figur 4.3b - Målt horisontalforskyvning helningskanal B (bør korrigeres til null forskyvning i bunn)

Züblin bestemte seg etter dette første testpanelet for å se om det var mulig å redusere kravet til romvekt på støttevæsken. I forbindelse med utførelse av panel H09 og V09 i perioden 30.11 og 02.12. 2005 ble det satt ned inklinometerkanal 1 m på utsiden av panelene, på samme side som graveriggen opererte fra. Panelene hadde effektiv lengde på 5,9 m og dybde på 20,8 m. Panel H09 ble gravet med romvekt på støttevæsken på $11,0 \text{ kN/m}^3$, men etter ferdig graving var romvekten økt til ca. $11,2 \text{ kN/m}^3$. Figur 4.6 viser utvikling av horisontaldeformasjon under utgraving. Største deformasjon var her 20 mm, dvs. det dobbelte av hva det var for panel H08. Også i dette tilfellet fikk man betydelig forskyvning i motsatt retning som følge av utstøpingen, opptil 25 mm i 13 m dybde.

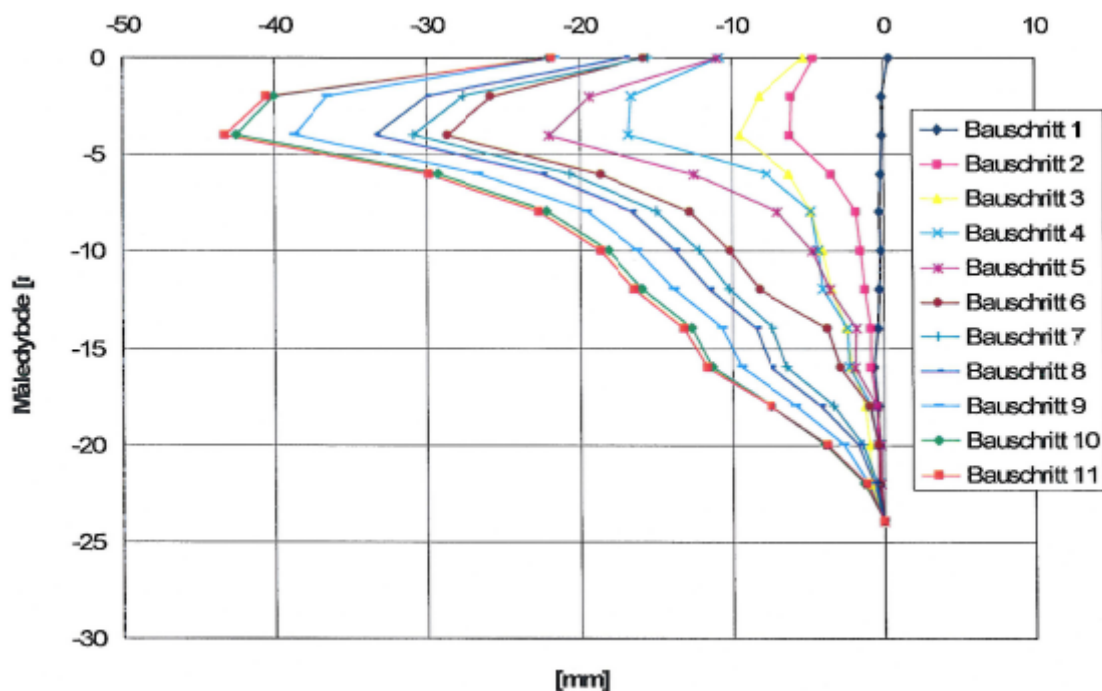


Figur 4.4 - Målt horisontalforskyvning panel H09.

Ved panel V09 valgte Züblin å starte graving med romvekt $10,5 \text{ kN/m}^3$. De økte den imidlertid etter hvert til $11,0 \text{ kN/m}^3$. Som der fremgår av figur 4.5 var deformasjonene her vesentlig større enn for panel H09, og nådde maksimalt 42 mm etter ferdig graving. Det ble her ikke gjort måling etter utstøping.

Züblin tilskrev den store forskjellen i deformasjon mellom H09 og V09 til at de kom i kontakt med gamle trepeler under graving for V09, og at det svekket omkringliggende leire. Det kan imidlertid også indikere at sikkerheten begynner å bli marginal når romvekten blir lavere enn $11,0 \text{ kN/m}^3$. Doblingen av deformasjon når romvekten ble endret fra $11,5$ til $11,0 \text{ kN/m}^3$ fra H08 til H09 tyder også på at sikkerheten da begynner å bli marginal.

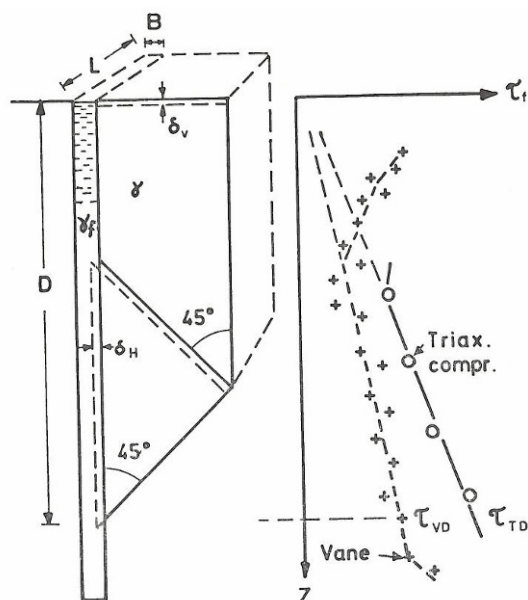
Erfaringsrapport slissevegger



Figur 4.5 - Målt horisontalforskyvning panel V09

4.3.3 Stabilitetsvurderinger og valg av støttevæske

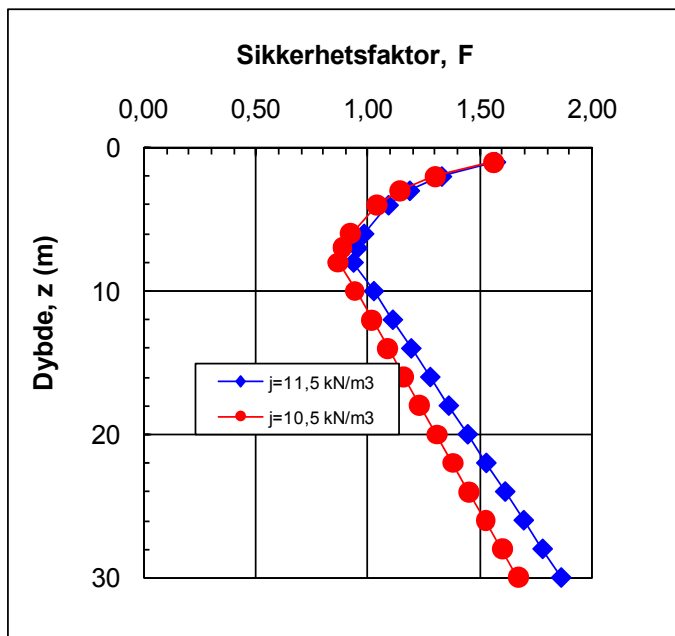
NGI har beregnet stabilitet av slissegrøftene i henhold til metode utviklet av NGI på 1970-tallet på grunnlag av en rekke prøveslisser brakt til brudd i ulike leiravsetninger (Aas, 1976). Figur 4.6 viser bruddmodellen som legges til grunn.



Figur 4.6 - Bruddfigur og parametere som inngår i beregning av stabilitet av slissegrøft (Aas, 1976)

Figur 4.7 viser NGI's beregnede sikkerhetsfaktor for et 6,5 m bredt panel som funksjon av gravedybde. Kranlasten på 175 kN ble lagt inn som en midlere terrenglast på 23 kPa som er tilsvarende lasten fordelt over et areal tilvarende grøftens lengde, og bredde tilsvarende panels fulle dybde. Dette er forenklet. Spesielt for de grunneste glideflatene blir det ugunstig å

regne slik. Figur 4.7 viser for romvekt $11,5 \text{ kN/m}^3$ at laveste sikkerhetsfaktor er 0,96 for glideflate som slår ut i 9 m dybde. Det skulle tilsi brudd. Metoden som anvendes er imidlertid noe konservativ, og har for etterberegnete brudd gitt en sikkerhetsfaktor på typisk 0,9. En sikkerhetsfaktor på 0,96 skulle da i virkeligheten tilsvare $F = 1,07$.



Figur 4.7 - Beregnet sikkerhetsfaktor for slissegrøft med lengde 6,5 m for terrelast 23 kPa og væsknivå 0,5 m under terreng.

Züblin aksepterte etter hvert at NGI's metode var relevant, men raffinerte modellen noe ved å legge inn gravriggens belastning som stripelaster i riktig posisjon. Dette gav likevel ingen vesentlig forskjell i minste beregnede sikkerhetsfaktor. AF/Züblin var selv ansvarlig for å ivareta grøftenes sikkerhet, herunder valg av støttevæske. De valgte på grunnlag av forsøkene å anvende støttevæske med romvekt $11,5 \text{ kN/m}^3$, noe byggherren også godtok. På grunn av den store effekten av last fra graveriggen, var det en forutsetning at graveriggen ble fjernet fra grøftens influensområde straks graving var ferdig.

Under de videre arbeider oppstod det ingen problemer med stabilitet av grøftene. For enkelte tverrvegger i søndre ende av gropa valgte Züblin å grave paneler med lengde opp til 7,8 m med samme støttevæske (romvekt $11,5 \text{ kN/m}^3$). Det gikk også bra.

5 Bygging av slissevegger

5.1 Ledevægger

5.1.1 Innledning

Hovedhensikt med ledeveggene var å kunne gjennomføre gravearbeidene for slissegrøftene innenfor toleransegrensene, effektivisere gravearbeidene, hindre utrasing i toppen av

Erfaringsrapport slissevegger

slissegrøfta mens arbeidene pågikk og virke som arbeidsplattform for mannskap. Den hadde også til hensikt å støtte armeringskurven.

Ansvar for prosjektering av ledeveggene var entreprenørens. Størrelsen på ledeveggene var valgt av entreprenøren. Entreprenørens valg for gjennomføring av installasjonen variert noe gjennom byggeprosessen. Dersom monteringen av ledeveggene utførtes i lang tid før utgraving av slissen, måtte ledeveggene sikres for jordtrykket fra utsiden. Dette ble utført enten ved stemping eller ved gjenfylling.

5.1.2 Forberedende arbeider

5.1.2.1 Peletrekking ut mot sjøen.

Ut mot kaikonstruksjonen var det tett med peler av både tre og stål. Disse som kom i veien for slissegrøftene ble trukket eller forsøkt trukket. De lengste av disse var skjøtt så ikke alle kom opp når de ble trukket.

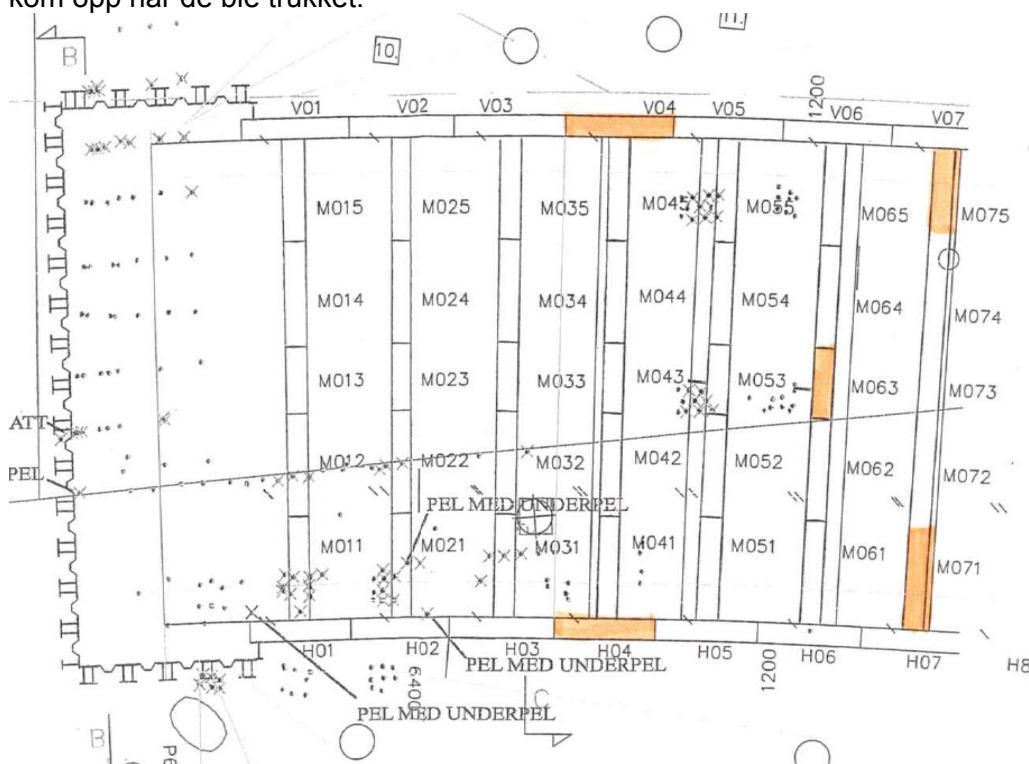


Fig 5.1 - Område ut mot kai med peler

5.1.2.2 Innmåling og uttrauing

For å oppnå en best mulig nøyaktighet og kvalitet måtte det før arbeidet kunne påstartes være forgravd og planert ut i området rundt ledeveggene. Første skritt i prosessen var å stikke ut slissegrøften. Uttrauingen skjedde med egnet utstyr.



Fig 5.2 – Grøfter for ledevegger

5.1.2.3 Forskaling og armering

På grunn av uttrauingsdybden og egenskapene til løsmassene var bruk av ensidig forskaling for støp av ledevegger entreprenørens valgte løsning.



Fig 5.3 – Ensidig forskalling for ledevegger

5.1.2.4 Støp og prefab-elementer

Entreprenør hadde valgt en løsning med både prefabrikkerte elementer og plasstøpte ledevegger. De prefabrikkerte elementene var L-formede, ca 1x1 meter. Fordelen med prefabrikkerte elementer var at disse kunne brukes om igjen et begrenset antall ganger og var raskere å montere. Merarbeidet med disse var at de måtte grave ut 1,5 - 2 ganger så

mye masse i grøftene i forhold til plasstøpte elementer. På de plasstøpte elementene ble det enkelte steder et overforbruk av betong på grunn av massene og utgravingen. Slitasjen på ledeveggene ble ikke vurdert men var betydelig med den type utstyr som ble brukt til slissegravingen. Like stor eller større var nok slitasjen ved håndtering av elementene. Tidsfaktoren ved fremgraving, flytting og montering var avgjørende for gjenbruken av elementene.



Fig 5.4 – Ferdig støpte ledevegger

Elementene ble montert med ca 5 cm større avstand enn prosjektert ferdig vegg. Entreprenøren hadde ansvaret for å måle inn og kontrollere plasseringene av ledeveggene.

5.2 Graving

5.2.1 Innledning

Ut i fra dimensjoneringen av slisseveggene varierte tykkelsen på grøftene 0,8 – 1,0 – 1,2 meter bredde. Planlagt lengde på uttrauingen varierte fra ca 4,8 til 7,6 meter. Lengden på slissene var blitt justert underveis, og antallet slisser ble også justert. Dybden til slisseveggene varierer fra ca 12 - 24,5 meter.

Planlagt var at gjennomføringen av en utgraving, rensk og støp skulle være ferdig i løpet av 24 timer. Flertallet av slissene var innefor dette kravet, men det ble også registret avvik opp til 24 timer.

5.2.2 Personell

Entreprenøren Züblin var utførende for alle slisseveggarbeider. Deres mannskap bestod alle av utenlandsk personell. Det var mannskap fra Østerrike, Tyskland, Polen, Portugal og Danmark. Krav til språk var at det skulle være personell som kunne norsk eller skandinavisk tilstede til enhver tid i produksjonen. Det var to skift som bytter på gjennomføringen av produksjonen. Det var også to sett med graveutstyr for arbeidene slik at utgraving og støp kunne utføres på to forskjellige deler av gropen.

5.2.3 Utstyr

Graveutstyr for gjennomføringen av slisseveggarbeidene var i hovedsak spesialutstyr. Gravemaskiner, graveutstyr, endesteng, støtteveskeanlegg og jekker er eksempler på typisk utstyr som måtte spesialiseres.

5.2.4 Gjennomføring av arbeidene.

Entreprenørens arbeidsplan for gjennomføringen av utgravingene er vist i pkt. 5.6.2. Kritisk for gjennomføringen av arbeidene i forhold til fremdriftsplaner var at de hadde kompetent personell, tilpasset utstyr og en nøye planlagt fremdriftsplan. For å kunne gjennomføre hver sliss innefor tidsfristen på 24 timer krevdes god planlegging og et velfungerende produksjonslag. Produksjonen hadde inntrykk av å være og måtte være i stor grad være av samlebånd-prinsippet. Dette krevdes også en tett oppfølging ute på anleggsplassen fra formenn og ingeniører. Totalt ble det produsert 306 slisser og dette stiller krav til gode rutiner og få avbrudd i produksjonen for en mest mulig effektiv produksjon.

Erfaringene fra dette prosjektet var at grunnforholdene var annerledes enn hva som entreprenøren hadde vært vant til "hjemme fra". Dette krevde en viss tilvenning og opplæring. Av den grunn ble produksjonen de første månedene lavere enn forventet.

5.2.4.1 Utstikking

Etter at ledeveggene var etablert ble endepunktene av slissene stukket ut. Ved de første tverrslissene måtte det også tas hensyn til at endestengene kommer i enden av hver sliss.

5.2.4.2 Graving

Gravearbeidet besto i dette prosjektet i hovedsak ved at det ble gravd først gjennom ett topplag av fyllmasser 2 – 6 meter. Deretter gjennom slitig og bløt leire til UK sliss.

Før og under graving var det alltid en hjelpemann tilstede ved gravemaskinen for rengjøring og kontroll. Maskinene som ble brukt til utgraving var relativt store og det var en fordel at det var minst en ekstra person i tillegg til fører for å følge med på forflytning og utgraving. Driftskostnadene på maskinen var også så store at unødige stopp fordi gravmaskinføreren måtte ut for å sjekke og ordne opp var ikke lønnsomt.

Avhengig på lengden av slissen gravdes den ut enten i en eller to omganger. Hele dybden gravdes i en omgang, deretter forflyttet graveren seg sideveis og gravde ut resten, slik at hele lengden på slissen ble dekket. Produksjonsmessig var det en fordel om lengdene på slissene til en viss grad ble tilpasset gravevidden på graveredskapet.

Gravingen i leira og støtteveska medførte at det ble mye leirsøl som jevnlig måtte holdes rent. Spesielt på vinterstid var dette viktig. Et viktig tiltak når det frøs var å sørge for at det ikke ble is på toppen av ledeveggene slik at det var fare for å falle oppi slissen. Etter at gravingen var utført, skulle alle slissegroper som ble stående å vente på neste produksjons-trinn sikres med nett eller plater eller gjerde rundt. Dette var noe som var tatt opp på HMS rundene med oppdragsgiver og entreprenør på anlegget.

Kravet her var at det ikke måtte graves ut parallelle grøfter med senteravstand 6 meter. Avhengig av om grøften ble gravd ut som første grøft eller om den ble gravd ut som andre grøft, var endestengene enten ikke installert ved graving eller det var allerede montert på forrige sliss. Der det var montert endesteng måtte fugen renskes etter ferdig utgraving. Dette

Erfaringsrapport slissevegger

utførtes med å enten bruke et påmontert jern på grabben eller det ble benyttet et eget renseshode som hang på gravemaskinen istedenfor grabben. Viktig her var at renseshode hang slik at det kom i god kontakt med overflaten til betongen og fugen. Gjennomføringen av rensen krevde en viss erfaring fra maskinfører. De kunne merke når renskehodet traff en hindring i fugen og de kunne se på hodet når det kom opp om det var leire på det.

Utgravingsrekkefølgen for tverrgrøftene ble slik at de begynte enten med graving i midten hvor det skulle være konstruksjonsbetong, eller så begynte de med de ytre grøftene mot langsgående sliss som ble støpt med magerbetong. Så ble disse støpt ferdig, det vil si fylt opp med betong. Det vil si de kunne grave nr 4 etter nr. 1 var fylt opp med betong. Deretter kunne de enten fortsette med nr. 7 og 8, eller de gjorde ferdig nr. 5 og 6 som ble fylt med pukk. Varierende av hvordan de kom til med maskiner og hvordan de planla arbeidene kunne de støpe ferdig noen tverr slisser for deretter noe senere og komme til for å grave ut resterende for å fylle i pukk.

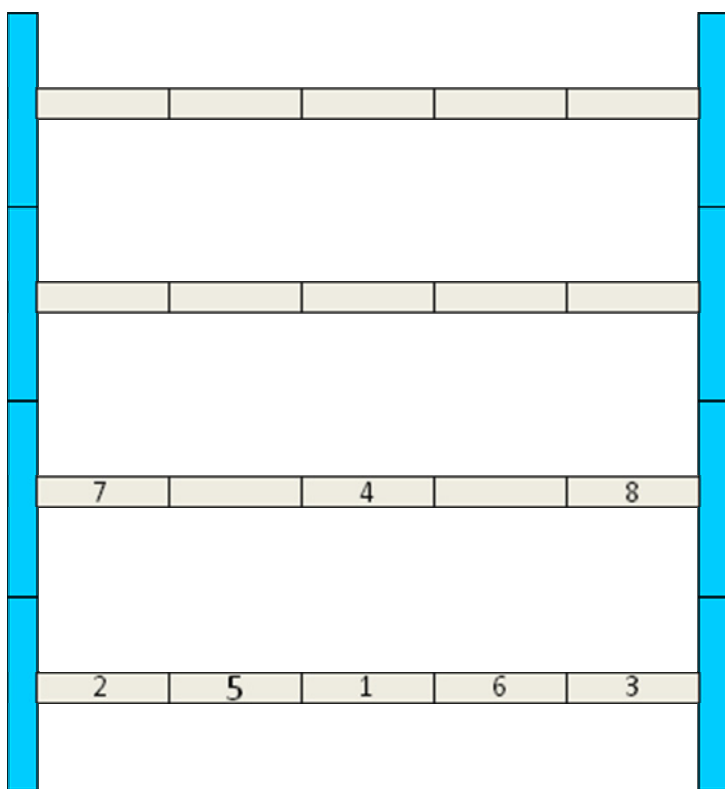


Fig 5.5 – Grave- og støperekkefølge

Erfaringen med rensen tyder på at mesteparten av leiren ble rensket bort. Uklarheten var der hvor det var en ødelagt del av fugen som følge av optrekk av endesteng eller hvor støpen hadde resultert i støpereir.

Under tolkning av kjerneboringene ble det også vurdert om det kunne tyde på at det var rester av leire i fugene.



Fig 5.6 - Renshode for Stein- og Bachy-fuger.



Fig 5.7 - Utførelse av rensk med renshode.



Fig 5.8 - Rensesko for midtre endesteng

5.3 Støttevæske

Under graving ble støttevæska pumpet inn og resirkulert slik at den holdt et minimumsnivå og at den hadde riktig tetthet. Minimumsnivå ved graving var satt til 0,5 meter under terrengnivå, på grunn av hensyn til stabilitet av gropa.

Før gravingen måtte det startes med å legge rør, ca Ø 8 - 10 cm, fra renseanlegget.



Fig 5.9 - Rør lagt for omlegging Havnevei og E18

Om vinteren var det vært opptil – 14 °C uten at dette hindret arbeidene med støttevæsken.

Proseduren fungerte slik at en mann var stasjonert på renseanlegget mens arbeidene pågikk med slissene. De kommuniserte med håndholdt radio. Når gravingen startet opp meldte hjelpemann til gravemaskinen ifra at pumpene kunne startes i anlegget, og det ble pumpet kontinuerlig mens utgravingen pågikk. Dette medførte også en koordinert jobbplanlegging med graver, dumper, renseanlegg og produksjon burde gå jevnest mulig. Observert under befaringene var at de klarte å holde seg innefor toleransenivået på støttevæska, selv om utgravingen pågikk med grabben som ble senket og hevet i slissen.

Underveis var det noen uhell med ukontrollerte lekkasjer av støttevæske. Dette var i hovedsak forårsaket av gamle rør og ledninger. Kjente rør og ledninger var fjernet men allikevel dukket det opp enkelte gamle rør av og til.

5.4 Endesteng

Før støp var alle slissegrøftene montert med endesteng i stål. Endestengets hovedoppgave var å sørge for en jevn og glatt overflate på den delen av slissen som skulle være i kontakt med naboslissene. Mellomrommet mellom to naboslisser er her kalt for fuger. I kontrakten var det stilt krav til at entreprenør kunne dokumentere kvaliteten på kontakten i fugen.

Det ble benyttet ulike typer av endesteng i denne konstruksjonen. Opprinnelig forelått var å støpe et flattjern i enden av slissen hvor fugen kom. Dette ble ikke benyttet i denne konstruksjonen. Entreprenørens valg av endesteng i slisseproduksjon ble derfor godtatt som en alternativ løsning.



Fig 5.10 - Eksempel på 100 cm Stein-endesteng.

Type endesteng brukt av entreprenør var "Stein" og "Bachy". Stein var den runde typen og Bachy den kantet typen. Bredden varierende mellom 800 – 1200 mm.



Fig 5.11 - Eksempel på Bachy-endesteng.

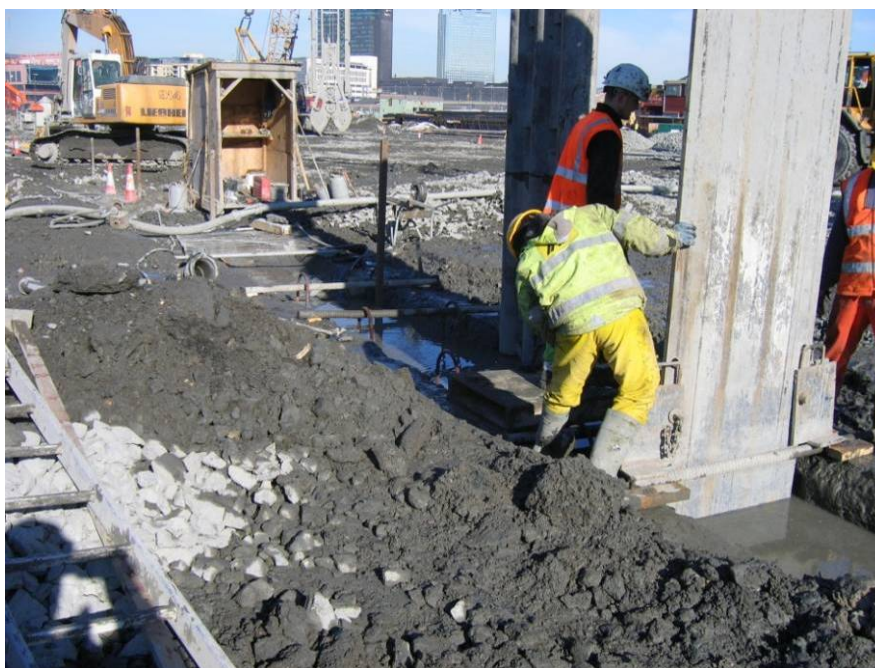


Fig 5.12 - Montering av Bachy-endesteng, sliss H13.

Montering av endesteng skjedde ved at grøften gravdes ca 1 meter lengre i hver ende enn teoretisk lengde for ferdig slissevegg, deretter ble endestenet løftet ned, som da var tilpasset lengden på slissen. Endestenet ble så festet i toppen på hver side på ledeveggene.

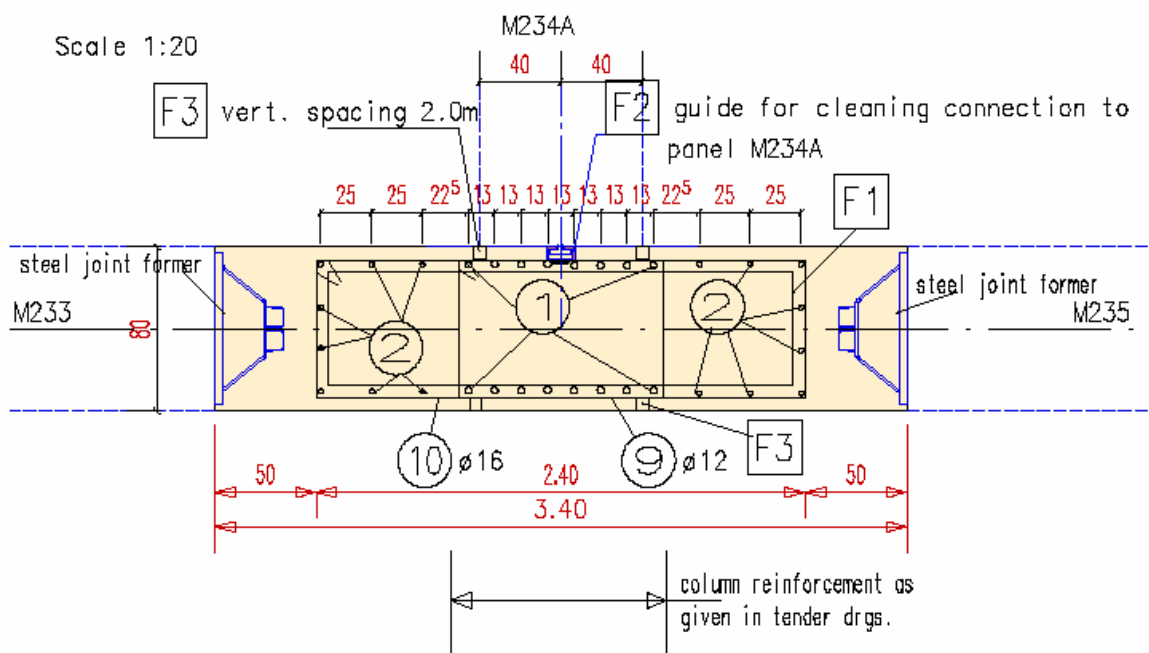


Fig 5.13 - Tegning med Bachy-endesteng på prøvesliss M234.

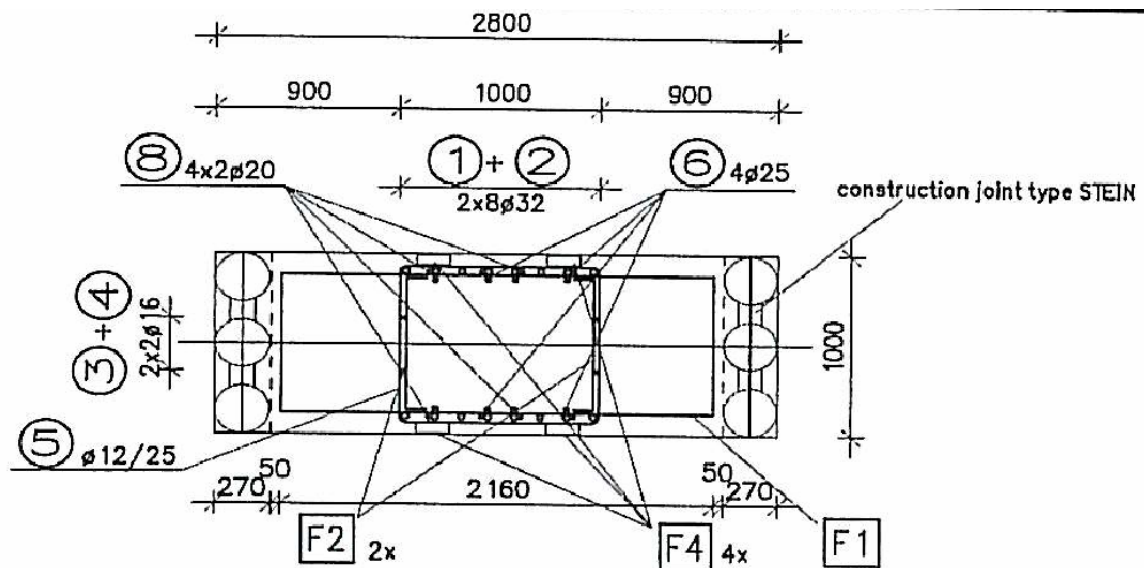


Fig 5.14 - Tegning av Stein-endesteng på midt tverrsliss med armeringskorg.

5.5 Støp

Støpegjennomføringen av slissene ble gjort som følgende.

Rensepumpe ble satt ned i bunnen av slissen, støttevæsken renskes, slik at den tilfredsstilte kravene i kontrakt.

I langsgående og midtre tverrsliss installertes armeringskurv. Dette ble utført maks 2 timer før støp. Armeringskurven hang på plass i slissen fra toppen av ledeveggene.

Støperørene ble senket ned, og lengde på rørene tilpasset dybde på slissen. Slisser med horisontal lengde mer enn 3 meter skulle ha 2 støperør.

Støttevæskpumpe ble så installert i toppen av slissen for utpumping av støttevæske under støp.

Det ble lagt en støpeball i hvert støperør før støpen begynte.



Fig 5.15 - Støpeball

Levering av betong skjedd med betongbiler, dvs. 6 – 8 m³ i hvert lass. En gjennomsnittsliss på ca 18 meter ville da trenge ca 15 biler med betong. Etter hvert som støpenivået økte ble støttevæsken pumpet ut og støperørene ble hevdet opp tilpasset støpenivå. Nivået på støttevæsken skulle aldri komme under angitt nivå, som ved støping var satt til terrengnivå.

Ved lodding av slissene var det observert at overgangen mellom utstøpt ferdig nivå for nedre stiver og støttevæsken var noe diffus. Det var registrert opptil 0,5 meter med slam på toppen av støp. Dette ble registrert ved at lodd (ca 0,5 kg) som ble sluppet ned i støttevæsken, gradvis stoppet opp før det stod stille. Spørsmålet var om det burde vært foretatt en ekstra rensing av støttevæsken mellom støp av bunn og topp sliss. Da måtte det i så fall vært et opphold i støpingen til bunnslissen herdet nok slik at det ikke ble gjort mer skade enn nytte, før det kunne renses. Kjerneboringene viste også flere dårlige fuger i toppslissene enn i bunnslissene.

Erfaringsrapport slissevegger

Det var viktig også å merke at rensingen av støttevæsken skulle være ferdig utført før de senket ned støperørene. Dette fordi rørene ville blokkere sirkulasjonen i slissen og hindre utskifting av dårlig støttevæske, dessuten ville noe støttevæske bli stående i støprøret som ikke vil bli resirkulert.

For øvrig har loddingene vist at jevnheten på topp støpeflate hadde vært innen 0,2 – 0,5 meter, da med forbehold om at slamlaget på toppen ble tolket riktig.



Fig 5.16 - Gjennomføring av støpearbeidene

Etter støp ble endestenget dradd opp gradvis. Først ble endestenget løst forsiktig noen cm. Dette ble utført normalt 2-3 timer etter støp. Dette ble utført enten med kran eller jekk. Tidspunktet for opptrekking var entreprenørens vurdering. Erfaringsmessig fra dette prosjektet virker det som om Stein endesteng lettere dro løs betong, spesielt der det var armert betong. Det er observert etter utgraving av slisseveggene inne i gropen at det var enkelte blottlegginger av armering i fugeovergangen til tverrsliss-langsgående sliss.

Bachy endestengene ble brukt på alle langsgående slisser på grunn av "water stop". På de dypeste slissene ved H/V01 ble det støpt fast et endesteng. Dette måtte til slutt graves frem for å få det løs. Dette kan i verste fall føre til forsinkelser og omlegging av fremdrift, så det bør vektlegges ved planleggingen av støpingen og oppfølgingen.





Fig 5.17 - Skade på betong etter endesteng


En oversikt over støpte slissevegger er vist på neste side.

Erfaringsrapport slissevegger

Oversikt over støpte slissevegger									
	V	7	6	5	4	3	2	1	H
38	V38	M387	M386	M385	M384	M383	M382	M381	H38
37	V37	M377	M376	M375	M374	M373	M372	M371	H37
36	V36	M367	M366	M365	M364	M363	M362	M361	H36
35	V35	M357	M356	M355	M354	M353	M352	M351	H35
34	V34	M347	M346	M345	M344	M343	M342	M341	H34
33	V33	M337	M336	M335	M334	M333	M332	M331	H33
32	V32	M327	M326	M325	M324	M323	M322	M321	H32
31	V31	M317	M316	M315	M314	M313	M312	M311	H31
30	V30	M307	M306	M305	M304	M303	M302	M301	H30
29	V29	M297	M296	M295	M294	M293	M292	M291	H29
28	V28	M287	M286	M285	M284	M283	M282	M281	H28
27	V27	M277	M276	M275	M274	M273	M272	M271	H27
26	V26	M267	M266	M265	M264	M263	M262	M261	H26
25	V25	M257	M256	M255	M254	M253	M252	M251	H25
24		V24	M246	M245	M244	M243	M242	M241	H24
23		V23	M236	M235	M234	M233	M232	M231	H23
22		V22	M226	M225	M224	M223	M222	M221	H22
21		V21	M216	M215	M214	M213	M212	M211	H21
20		V20	M206	M205	M204	M203	M202	M201	H20
19		V19	M196	M195	M194	M193	M192	M191	H19
18		V18	M186	M185	M184	M183	M182	M181	H18
17		V17	M176	M175	M174	M173	M172	M171	H17
16		V16	M166	M165	M164	M163	M162	M161	H16
15		V15	M156	M155	M154	M153	M152	M151	H15
14		V14	M146	M145	M144	M143	M142	M141	H14
13		V13	M136	M135	M134	M133	M132	M131	H13
12			V12	M125	M124	M123	M122	M121	H12
11			V11	M115	M114	M113	M112	M111	H11
10			V10	M105	M104	M103	M102	M101	H10
9			V9	M095	M094	M093	M092	M091	H9
8			V8	M085	M084	M083	M082	M081	H8
7			V7	M075	M074	M073	M072	M071	H7
6			V6	M065	M064	M063	M062	M061	H6
5			V5	M055	M054	M053	M052	M051	H5
4			V4	M045	M044	M043	M042	M041	H4
3			V3	M035	M034	M033	M032	M031	H3
2			V2	M025	M024	M023	M022	M021	H2
1			V1	M015	M014	M013	M012	M011	H1

 - Konstruktiv betong til OK slissevegg

 - Mager-/ konstruktiv betong

 - Pukk/ konstruktiv betong

5.6 Produksjon, framdrift

Antall slisser akkumulert i 2005/2006

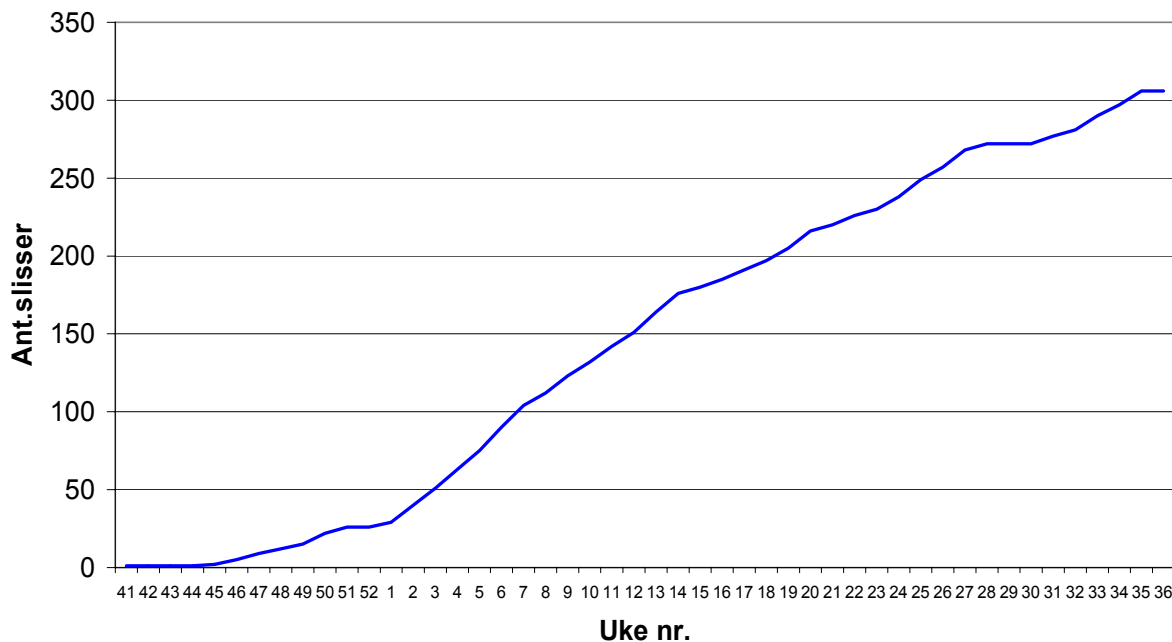


Fig 5.18 – Slisseveggproduksjon

5.6.1 Oppstart av arbeidene.

11.10.2005 ble første prøvesliss M234 støpt.

5.6.2 Planlagt framdrift.

Ca 3 uker etterpå startet selve produksjonen av langsgående slissevegger.

5.6.2.1 Skiftordninger.

Produksjonen foregikk mandag til lørdag. Med noe kortere dag på lørdag. Bytte av mannskap foregikk ved at det ble jobbet fra tirsdag til neste torsdag, dvs. 10 dager. Det vil si at begge skiftene var på jobb tirsdag til torsdag. Fordelen var da at de kunne overlape og ta over uten stopp eller opphold og at de kunne jobbe noe mer intensivt disse 3 dagene.

5.6.2.2 Antall på mannskap.

Hvert skift besto av 2 produksjonslag slik at produksjonen kunne pågå parallelt. Antallet var ca 10 – 12 mann for å dekke hele produksjonsprosessen.

Erfaringsrapport slissevegger

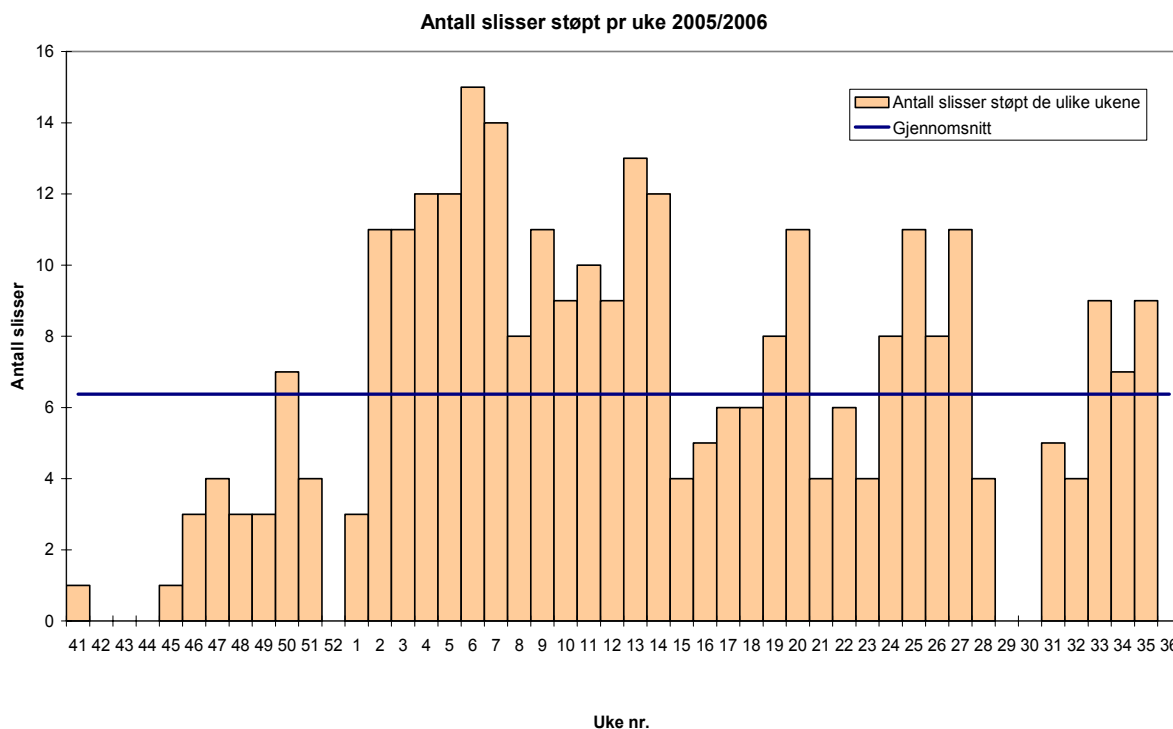


Fig 5.19 - Ukesproduksjon av slissevegger

Produksjonen varierte en god del fra uke til uke. De ukene som det ikke ble produsert i var 3 uker etter oppstart etter prøveslissen, julen -05 og 2 uker i sommerferien -06. I gjennomsnitt ble det produsert ca 1 sliss per dag.


Spørsmålet var om det kunne vært produsert noe raskere enn dette. Fra observasjon på byggeplass så var utnyttelsen av mannskapet veldig produksjonsmessig og profesjonelt. Utstyret; slissegraver og heisekraner, armeringsproduksjon fungert generelt bra under produksjonen. Det ble noe stopp på grunn av maskinfeil, vaierbrudd, slitasje, men observeringer viser at det meste av den tiden som maskiner og utstyr stod skyldes planlegg og tilkomst. Arealet som var tilgjengelig begrenset tilgangen og mulighet til parallell produksjon. Hadde dette vært mer optimalisert kunne det antageligvis vært kortet ned noe på produksjonstiden.


Flere utenforstående forhold ble også med på å komplisere byggeprosessen. Forgraving, flytting av vei, byggegrop på hver side av hovedvei, oppfylling for å komme til med slissegraver, tilgang på betong.

Bygegropen på begge sider av veien ble muligens den mest begrensende enkeltfaktoren i prosessen. Dersom det hadde vært mulig å komme i gang raskere med utgravingen og støp av slissene i øvre del av tunnel, 30 – 38, kunne produksjonen ha pågått lengre parallelt med 2 gravemaskiner og lag.

Erfaringsrapport slissevegger

K204	SLISS NR. MED STØPEDATO								
	V	7	6	5	4	3	2	1	H
38	09.08.06	29.08.06	22.08.06	01.09.06	19.08.06	22.08.06	06.07.06	08.07.06	12.06.06
37	08.08.06	19.08.06	16.08.06	01.09.06	18.08.06	30.08.06	28.06.06	06.07.06	14.06.06
36	05.08.06	31.08.06	23.08.06	02.09.06	28.06.06	08.07.06	26.06.06	04.07.06	21.06.06
35	01.08.06	31.08.06	23.08.06	02.09.06	21.06.06	23.06.06	21.06.06	28.06.06	14.06.06
34	03.08.06	23.08.06	21.08.06	21.08.06	07.07.06	11.07.06	06.07.06	11.07.06	12.06.06
33	08.08.06	21.08.06	18.08.06	30.08.06	26.06.06	07.07.06	23.06.06	26.06.06	30.05.06
32	07.08.06	18.08.06	07.07.06	10.07.06	05.07.06	10.07.06	27.06.06	05.07.06	08.05.06
31	04.08.06	17.08.06	22.06.06	27.06.06	22.06.06	24.06.06	16.05.06	19.05.06	05.05.06
30	02.08.06	15.08.06	01.06.06	23.06.06	01.06.06	13.06.06	08.05.06	11.05.06	09.05.06
29	07.06.06	22.06.06	31.05.06	13.06.06	16.05.06	19.05.06	09.05.06	11.05.06	05.05.06
28	08.06.06	13.06.06	31.05.06	01.06.06	20.05.06	23.05.06	10.05.06	20.05.06	04.05.06
27	10.06.06	20.06.06	20.05.06	23.05.06	19.05.06	22.05.06	10.05.06	18.05.06	06.12.05
26	08.06.06	14.06.06	18.05.06	22.05.06	06.05.06	16.05.06	04.05.06	06.05.06	22.12.05
25	17.01.06	25.01.06	23.01.06	25.01.06	20.01.06	23.01.06	17.01.06	19.01.06	16.12.05
24		07.12.05	11.01.06	06.01.06	11.01.06	07.01.06	16.01.06	13.01.06	19.12.05
23		15.12.05	15.01.06	13.01.06	18.01.06	10.11.06	26.01.06	18.01.06	05.01.06
22		17.12.05	31.01.06	26.01.06	27.01.06	24.01.06	30.01.06	24.01.06	09.01.06
21		20.12.05	08.02.06	06.02.06	10.02.06	08.02.06	10.02.06	06.02.06	12.01.06
20		10.01.06	13.02.06	02.02.06	13.02.06	03.02.06	11.02.06	31.01.06	19.01.06
19		21.01.06	03.02.06	31.01.06	15.02.06	07.02.06	15.02.06	27.01.06	20.01.06
18		28.01.06	17.02.06	10.02.06	17.02.06	09.02.06	18.02.06	09.02.06	04.02.06
17		01.02.06	20.02.06	16.02.06	20.02.06	14.02.06	16.02.06	14.02.06	07.02.06
16		23.03.06	30.03.06	28.03.05	30.03.06	27.03.06	29.03.06	27.03.06	22.03.06
15		25.03.06	11.04.06	07.04.06	22.04.06	10.04.06	24.04.06	07.04.06	24.03.06
14		21.03.06	24.04.06	05.04.06	26.04.06	03.04.06	06.04.06	29.03.06	20.03.06
13		18.03.06	26.04.06	21.04.06	27.04.06	20.04.06	25.04.06	20.04.06	17.03.06
12			16.03.06	04.04.06	22.04.06	08.04.06	12.04.06	06.04.06	15.03.06
11			14.03.06	31.03.06	10.04.06	31.03.06	07.04.06	04.04.06	13.03.06
10			10.03.06	28.03.06	03.04.06	30.03.06	03.04.06	29.03.06	08.03.06
9			03.12.05	23.02.06	27.03.06	01.03.06	25.03.06	22.02.06	02.12.05
8			17.11.05	27.02.06	24.03.06	27.02.06	23.03.06	01.03.06	08.11.05
7			19.11.05	15.12.05	22.12.05	07.12.05	19.12.05	14.12.05	18.11.05
6			22.11.05	16.12.05	26.01.06	12.01.06	26.01.06	18.01.06	21.11.05
5			30.11.05	15.02.06	25.02.06	19.01.06	27.02.06	27.01.06	23.11.05
4			17.01.06	22.02.06	01.03.06	08.02.06	04.03.06	16.02.06	11.01.06
3			02.02.06	04.03.06	11.03.06	28.02.06	13.03.06	06.03.06	01.02.06
2			21.02.06	09.03.06	16.03.06	07.03.06	16.03.06	09.03.06	09.02.06
1			23.02.06	08.03.06	14.03.06	02.03.06	08.03.06	03.03.06	16.02.06

 - Konstruktiv betong til OK slissevegg

 - Mager-/ konstruktiv betong

 - Pukk/ konstruktiv betong

5.7 Avvik

Ved ett tilfelle ble en slissevegg satt ut feil og støpt feil plassert. Elementet var M374 og ble plassert 2 meter mot venstre side.

Ved støp av slisse V10 tettet støperøret seg under utstøping. Røret måtte trekkes og støpen ble slutført med ett støperør.

I V12 og V24 ble armeringskorgen støpt inn før høyt i forhold til prosjektert nivå. Det dreide seg om henholdsvis 1 meter og 12 cm. Årsaken var at kurven ble løftet opp under støp. Det ble ikke endelig avklart hva som forårsaket dette, men det antas at det kan være støperøret som har hekket seg til kurven.

6 Kontroll med entreprenørens utførelse

6.1 Dokumentasjon fra entreprenør

6.1.1 Saksgang med entreprenør

Den formelle kontakten med entreprenøren gikk via Meldinger, fra oppdragsgiver og SVAG (Spørsmål vedrørende arbeidsgrunnlag) fra entreprenøren. I tillegg ble det i forbindelse med produksjonen avholdt tekniske møter, som SLI-møter. Ved spørsmål som angikk løpende produksjon ble det oftest kommunisert direkte på byggeplass eller pr. telefon.

Den daglige kontakten var via kontrollingeniør og entreprenøren ved ansvarlig for slisseveggarbeidene og assistent.

I starten av arbeidene ble all dokumentasjon gjennomgått og kommentert med feil og mangler. Etter noen ganger med kommentarer og møter ble det enighet omkring innhold og rapporteringsomfang.

Entreprenøren var avhengig av at underentreprenøren rapporterte innen oppsatt frist. Deretter skulle entreprenøren kvalitetskontrollere dokumentasjonen før dette ble sendt videre til oppdragsgiver. Erfaringen med oversendelsen av kontrolldokumentasjon var at det måtte pusses opp med jevne mellomrom, for å få oversendt dokumenter.

Etter ferdig rapportering ble det hevdet fra entreprenørens side at rapportering av helnings- og tykkelseskontroll av slisseveggene (83.872) var en ekstra kontroll som de skulle ha tilleggsbetaling for. Konklusjonen var at de fikk utbetalt et ekstra beløp for denne rapporteringen.

6.1.2 Prøveslisser

Det ble utført i alt 5 prøveslisser. De to første (M234A og M234) ble utført for å dokumentere at entreprenøren kunne produsere slisser med det utstyret og mannskapene som var på anlegget. Dette er beskrevet nærmere i kap. 4.3.1.

De tre neste prøveslissene (H08, V09 og H09) ble utført for å dokumentere stabiliteten ved graving. Dette er beskrevet nærmere i kap. 4.3.2.

Erfaringsrapport slissevegger

I det etterfølgende er vist rapporterings skjemaer for de innledende prøveslissene M234A og M234.

KS-EX2-ZSC-7159
ZÜBLIN SCANDINAVIA

Oslo - Bjørvikprosjektet, Entrepriise Sørenga
Detailed Information Sheet

Dato: 12-10-2005
Rev. 1

Execution of Cast in situ Concrete Diaphragm Walls										
Detailed Information Sheet according to EN 1538 "Diaphragm Walls"										
Company name: Züblin Scandinavia A/S										
General information concerning the execution of the diaphragm wall on the reverse!										
Panel No.: M234					Top edge of guide-wall: 2,80 m a.s.l.					
Excavation										
Dimensions: Width: 0,80m Length: 3,40 m										
Tools										
Grab type: Stein K810										
Actual geological situation, features of excavation and installation of the reinforcement cage										
Ground profile Scale about 1: 350 (11,5 cm = 40 m)										
depth/m below grade of works	Soil type and composition	Ground water	Obstructions		Chiselling		Loss of supporting fl.		Interruptions	
			Depth	Time	depth	Time	depth	Time	Reason	Depth
± 0	Top edge of guide-walls	Type	from	to	from	to	from	to	from	to
-1	Fyld									
-5	Silt									
-10	Silt/ler									
-15										
-20										
-25										
-30										
-35										
-40										

Verticality and twist:
Se Lutz protokol

Depth of the executed panel:
Målet fra overkant ledevæg
Dybde: 15 m

Supporting fluid parameters before concreting:
Se KS-C1
Kontrollblad-suspension

Reinforcement cage informations:
Drawing No.: T01,b
Cage No.: M234

Panel joints information:
Type: Bachy
Dimensions: 0,80 m

Concreting information:
a) Consistency:
Se følgeseddel 424611
b) Top edge 2,19 m a.s.l.

Execution periods and ambient temperatures:

Date	Moving	Digging	Chiselling	Cleaning	Reinforcing	Concreting
Temp. [°C]						
Start [h]		10/10-05 kl: 9.30		10/10-05 kl: 12.00	11/10-05 kl: 11.00	11/10-05 kl: 13.50
End [h]		10/10-05 kl: 11.00		10/10-05 kl: 14.00	11/10-05 kl: 11.30	11/10-05 kl: 16.30
				11/10-05 kl: 7.30 - 8.00		

Features and comments:

Date, signature:

Date, signature:

Date, signature:

Foreman Züblin Scandinavia

Site Manager Züblin Scandinavia

Client's agent

Fig 6.1 – Graverapport prøvesliss M234

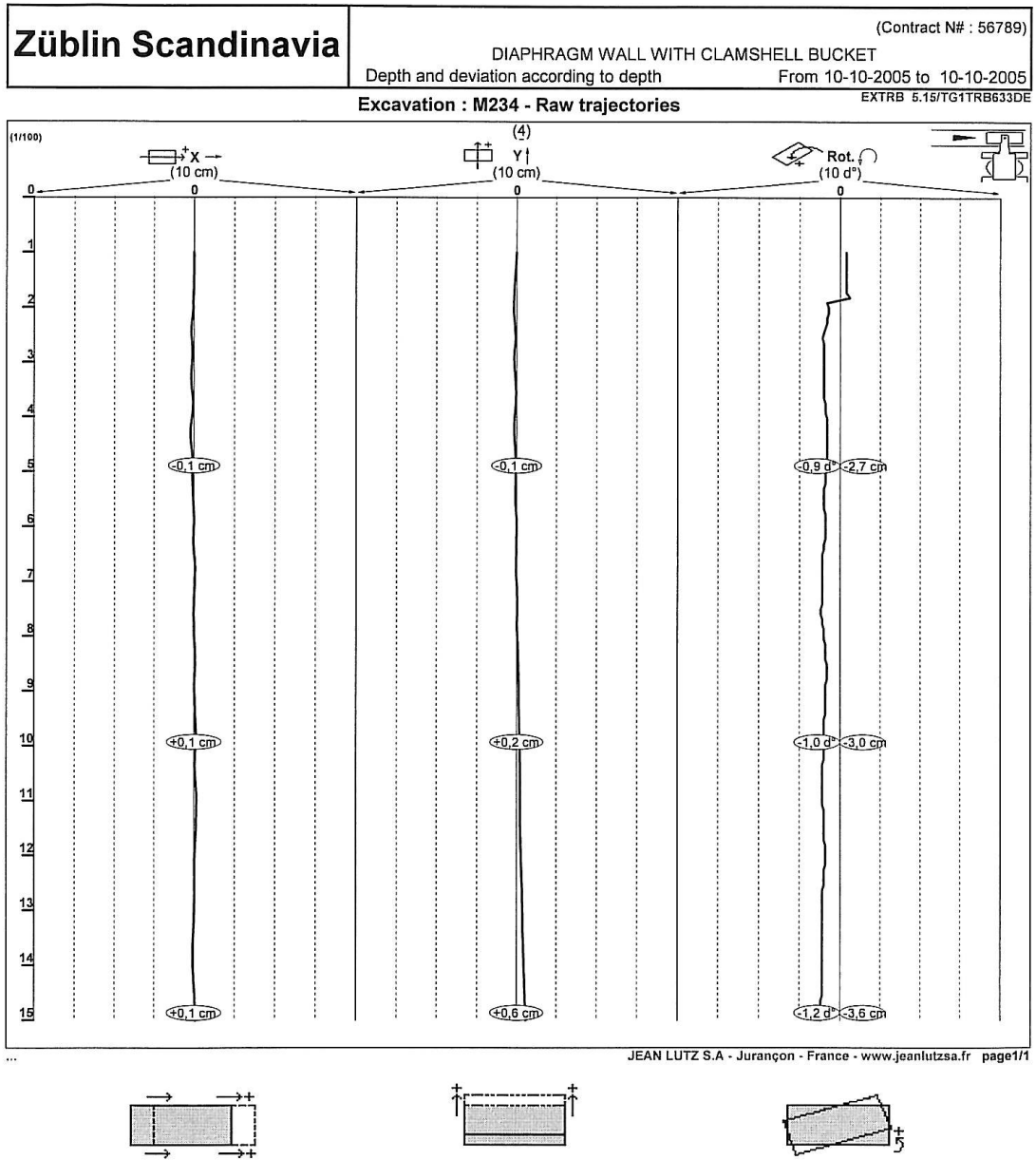


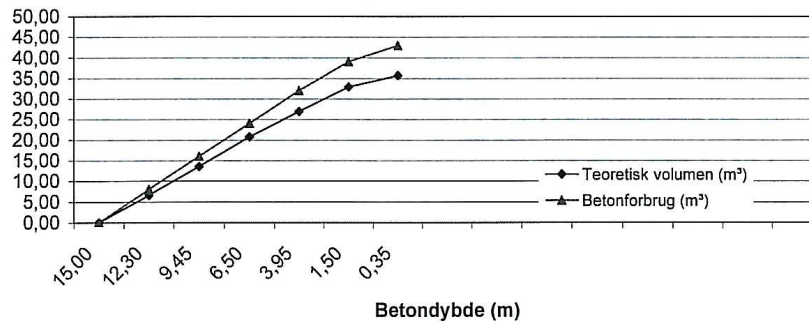
Fig 6.2 – Helningsmåling prøvesliss M234

Erfaringsrapport slissevegger

KS-EX5-ZSC-7159
ZÜBLIN SCANDINAVIA A/SOslo - Björvikaprojektet. Entreprise Sørenga
StøberapportDato: 13-10-2005
Rev.0Björvikaprojektet. Entreprise Sørenga
Støberapport

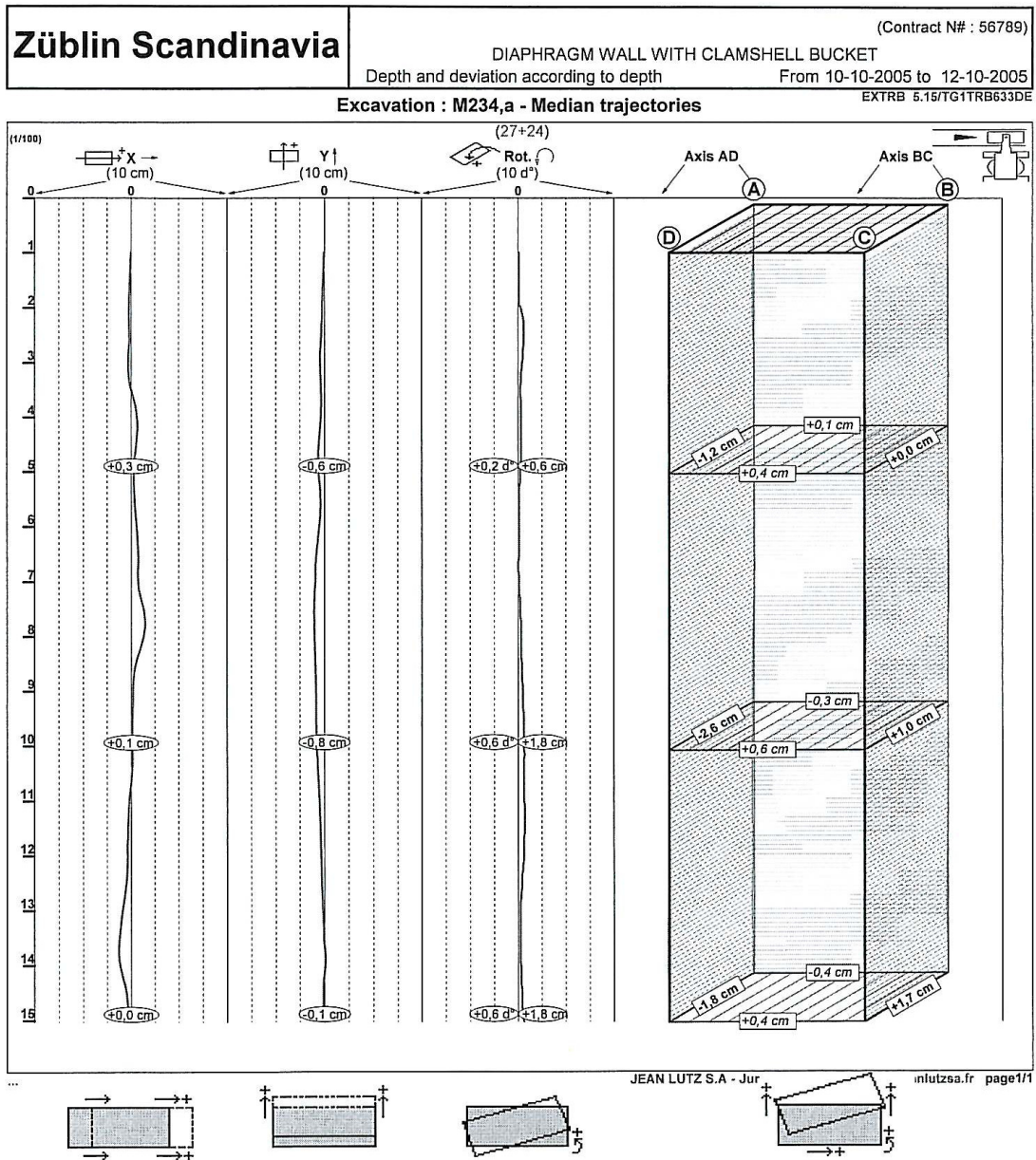
11234

Måling Nr.	Betonspejl Målt fra overkant ledevæg	Teoretisk volumen (m ³)	Betonforbrug (m ³)	Støbetid	Længde af tremierør Målt fra overkant ledevæg	Følgeseddel
1	15,00	0,00	0,00		15	
2	12,30	6,58	8,00	13.50 - 14.00	15	180106
3	9,45	13,52	16,00	14.05 - 14.20	15	180112
4	6,50	20,71	24,00	14.30 - 14.40	12	180118
5	3,95	26,92	32,00	14.55 - 15.10	9	180121
6	1,50	32,89	39,00	15.35 - 15.45	6	180128
7	0,35	35,69	43,00	16.10 - 16.30	0	424611
8						
9						
10						
11						
12						
13						

Betonforbrug m³13/10-05
Date

Züblin Scandinavia

Fig 6.3 – Støberapport prøvesliss M234



13/10-05

Graven

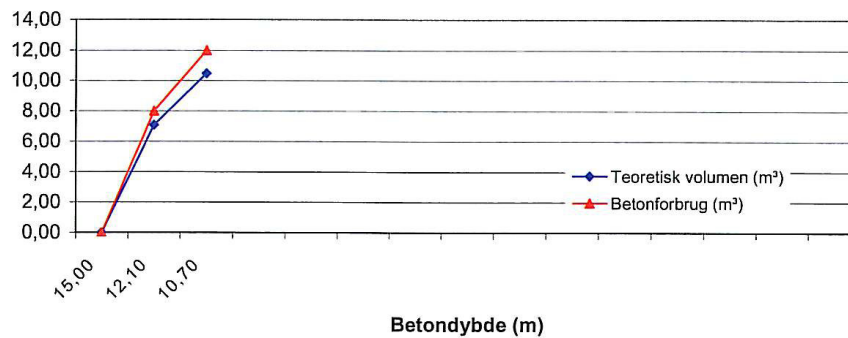
Fig 6.4 – Graverapport prøvesliss M234a

Erfaringsrapport slissevegger

KS-EX5-ZSC-7159
ZÜBLIN SCANDINAVIA A/SOslo - Björvikaprojektet, Entreprise Sörenga
StøberapportDato: 14.10.2005
Rev.0Björvikaprojektet, Entreprise Sörenga
Støberapport

Panel M 234,a Dato 12.10.2005

Måling Nr.	Betonspejl Målt fra overkant ledevæg	Teoretisk volumen (m ³)	Betonforbrug (m ³)	Støbetid	Længde af tremierør Målt fra overkant ledevæg	Følgeseddel
1	15,00	0,00	0,00		15	
2	12,10	7,06	8,00	13.55 - 14.15	15	424689
3	10,70	10,47	12,00	14.20 - 14.30	15	180180
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						

Betonforbrug m³

Dato

Züblin Scandinavia

Fig 6.5 – Støberapport prøvesliss M234a

6.2 Geometri og toleranser

Utdrag av teknisk notat 2-G-205:

6.2.1 Toleranser for plassering og graving av slissevegger:

Maksimalt tillatt avvik i senterlinje mellom to nabopaneler er ± 50 mm for øvre stivere (stiver ved takplaten) og ± 100 mm for nedre stiver (stiver under bunnplaten).

6.2.2 Kontroll av slisseveggpaneler

Langsgående slissevegger, inkludert skjøter, skal være så vanntette at konstruksjoner i byggegropa kan etableres/støpes uten problemer forårsaket av vannlekkasjer.

God kontakt mellom de enkelte slisseveggpaneler skal dokumenteres ved kjerneboring. Det skal utføres helningsmålinger for å dokumentere at avvik fra teoretisk senterlinje er innenfor angitte toleranser. Videre skal det utføres målinger som dokumenterer at tykkelse av tverrgående slissevegg er innenfor angitte toleranser.

6.2.3 Helnings- og tykkelsesmålinger i tverrgående slissevegger.

Posisjon av vegg og slisseveggelementets tykkelse på stedet skal dokumenteres for hver 0,5 meter over hele slisseveggelementets høyde. Krav til målenøyaktighet på posisjon og tykkelse er ± 10 mm.

Ved oppstart av arbeider med tverrgående slissevegger skal avvik fra teoretisk senterlinje og prosjektert tykkelse dokumenteres for til sammen seks slisseveggpaneler i de to første tverrgående slisseveggene / ribbene. Forutsatt at det dokumenteres tilfredsstillende resultater kan man deretter gå over til dokumentasjon for 2 paneler i hver 5 tverrgående slissevegg.

6.2.4 Kontroll av kontakt mellom slisseveggelementer

Ved oppstart av arbeider med tverrgående slissevegger skal det, for de to første tverrgående slisseveggene utføres kjerneboring i til sammen fem skjøter. Tre av kjerneboringene skal plasseres i skjøter mellom langsgående og tverrgående slisseveggelementer. Boringene utføres for å dokumentere at entreprenørens metode for utførelse er tilfredsstillende.

Forutsatt at det dokumenteres at resultatene er tilfredsstillende skal det deretter utføres kjerneboringer i til sammen 10 skjøter etter at halvparten av de tverrgående slisseveggene er ferdig utstøpt. Etter utstøping og før kontroll skal byggherren gis anledning til å spesifisere hvilke skjøter som skal kontrolleres. Resultater av boringer skal rapporteres til byggherren innen 48 timer etter at målingene er utført. Behov for ytterligere kontroll vurderes etter at resultater av andre runde med kjerneboringer er utført.

I skjøter kreves full kontakt med konstruktiv betong uten forekomst av løsmasser.

Omfatter inntil 25 kjerneboringer.

Erfaringsrapport slissevegger

6.2.5 Kontroll av plassering og utstøping av øvre og nedre stiver.

Entreprenøren er ansvarlig for å utarbeide prosedyrer for utstøping av tversgående slissevegger som sikrer at tversgående slissevegger støpes ut med konstruktiv betong i henhold til tegningene K204-150 og K204-151. Stiverstørrelser på tegninger er teoretiske minimum av hensyn til bæreevne og det tillates ikke dimensjoner mindre enn teoretiske verdier. Ettersom toppen av den støpte betongen ikke alltid fyller kvalitetskravene skal det støpes med tilstrekkelig overhøyde til å sikre at betong i stivere har de fastsatte egenskaper. Før utstøping med ikke konstruktiv betong skal den konstruktive betongen i stiverne ha en fasthet som hindrer innblanding av overliggende ikke konstruktiv betong.

6.3 Byggherrens kontroll med utførelse.

KONTROLLPLAN FOR SLISSEVEGGER FOR SVRØ

Beskrivelse, element	Krav til entreprenør	Entreprenør	Byggherre
Ledevegger	Innmåling av ledevegger før graving kunne starte.	Utføre uavhengig innmåling før graving kunne starte for alle elementene.	Sjekke entreprenørens innmålingsdokumentasjon.
Støttevæske	Spesifisere krav og velge tilfredsstillende utførelse.	Kontrollere støttevæske etter tabell 1 i NS-EN 1538 for hvert panel. Kontrollere nivå på støttevæske.	Sjekke entreprenørens kontroll. Utføre utavhengig stikkprøvekontroll av støttevæska fra ulike nivå i slissegrøfta.
Graving	Toleransekravet var satt på ferdig støpt sliss. Kontrollmåling av gravedybde Rensk av bunn sliss Helnings- og tykkelses kontroll av tversgående slisser	Utføre graving, kontrollmåling av gravdybde, rensk av bunn og helning/tykkelse av sliss.	Sjekke entreprenørens kontroll. Utføre uavhengig stikkprøvekontroll av bunn sliss og tykkelses kontroll av tversgående slisser.
Armering	Kontrollskjema skulle fylles ut. Helnings- og plasseringskontroll.	Hovedentreprenør kontrollerer underentreprenør.	Sjekke entreprenørens kontroll. Stikkprøvekontroll på entreprenørens kontroll.
Betong	Støpeskjema med støpekurve skulle leveres innen 24 timer. Betong C35, maks stein 20mm. Støpe med 2 støperør. Krav til full kontakt i skjøter (rengjøring) og kontakt skulle dokumenteres med kjerneboring. Kontroll av nivå øvre og nedre tverrsliss.	Utføre støpekontroll, betongkvalitet, rengjøring og kjerneboringer.	Sjekke entreprenørens kontroll. Utføre uavhengig stikkprøvekontroll av betongkvalitet, stikkprøve kjerneboring for overgang mellom slisser, samt nivåkontroll nedre og øvre stiver.

Erfaringsrapport slissevegger

Tidskontroll	Krav til maks tid mellom ulike operasjoner	Entreprenøren hadde tidskrav mellom ulike operasjoner	Sjekke entreprenørens kontroll. Uavhengig stikkprøvekontroll.
---------------------	--	---	--

6.3.1.1 Utførelse av kontraktens kontrollomfang

På Sørrenga var det fra byggherrens side 1 til 2 personer som har fulgt opp slisseveggarbeidene. Kontrollingeniørens rolle ble i stor grad å fungere som et bindeledd/meglingsperson mellom byggherre, konsulent og entreprenør.

Oppfølgingen fulgte i prinsippet 3 hoveddeler:

- mottak og kontroll av dokumentasjon med svar og tilbakemeldinger
- daglig byggeplass befaring
- stikkprøver av byggearbeider

6.3.1.2 Mottak og kontroll av dokumentasjon

All dokumentasjon som var oversendt fra entreprenør ble gjennomgått og kontrollert samme dag. Visse deler av dokumentasjonen tok det noe mer tid å få full oversikt over. Dette var for eksempel medgåtte mengder av betong, med over- og underforbruk, helningsmålinger av slissevegger. Enkelte perioder ble det noen forsinkelser i oversendelsen av dokumentasjon som medførte purring og ekstra oppfølging.

Hovedhensikten med kravet til oversendelse av kontroll dokumentasjonen var at byggherren skulle få denne før entreprenøren mistet oversikten eller "glemte" hva som skjedde. Det var også viktig at entreprenøren meldte ifra ved avvikshendelser og at dette ble fulgt opp. Produksjonen var nærmest "samlebånd"-produksjon så den viktigste fasen var antagelig oppstarten. Ble det gode rutiner fra begynnelsen av skulle det mer til for at det senere ikke ble fulgt opp eller det ble avviket fra rutinen. Entreprenøren byttet også jevnlig ut personell så over en lang produksjonstid ble det også viktig å ha klare rutiner.

6.3.1.3 Daglig byggeplass befaring

Temaet for oppfølging på byggeplass varierte noe med produksjon, tilbakemeldinger til/fra entreprenør, spesielle hendelser, fremdrift og utstyr/mannskap. Viktige punkter som ble fokusert spesielt på i denne prosessen var under graving av slissegrop:

- tidspunkt for start/ferdig graving
- graverekkefølge på slissegropene
- oppstilling av maskiner, både gravere og dumpere
- plassering av masser og utstyr i nærheten av slissegropen

Etter utførte gravearbeider fulgte kontroll av støttevæske, kontroll av plassering av armeringskurv i slissegrop og lodding av dybde på utgravd sliss. Generelt var tilstedeværelse på byggeplass et viktig moment. At entreprenøren ble fulgt opp og at de som jobber ute så dette var en viktig faktor.

Det ble utarbeidet dagsrapporter der anleggsaktiviteten ble dokumentert i form av stikkord og bilder. Det ble gått en til to runder på byggeplassen hver dag. I dagsrapportene ble det videre

Erfaringsrapport slissevegger

loggført alle tekniske avklaringer, avvik, mottatte målinger mv. I alt er det utarbeidet 675 rapporter som gir en detaljert oversikt over slisseveggarbeidene

I Züblin var alle arbeidsmannskapene utenlandske. Normalt er denne type entreprenør underlagt en tett og stram oppfølging fra oppdragsgiver. Det bør også tas med i planleggingen av oppfølgingen om det var norske eller utenlandske entreprenører som skal utføre arbeidene med hensyn på kontroll og oppfølging.

6.3.1.4 Stikkprøver av støttevæske og betong

Stikkprøver av støttevæske og betong ble utført i et visst omfang. Planlagt var at det skulle tas stikkprøver hver uke. I praksis har det vist seg å være relativt ressurskrevende å ta prøver og analysere støttevæsken. Normalt brukes ca 4 timer pr prøve. Dessuten viste stikkprøvetakingen at støttevæsken var innefor angitte grenseverdier. Av den grunn ble kontrollene blitt noe færre enn planlagt.

6.3.1.5 Kontroll av armeringskurves plassering i langsgående slissevegg med inklinometermåling.



Fig 6.6 - Armeringskurv med helningskanal til høyre

I hver langsgående slissevegg er det påsveisert et firkantkanalstål, i armeringskorgen, med tett bunn og topp som stikker opp ca. 1 meter over endelig topp slissevegg. Ved støp ble topp rør beskyttet slik at ingen betong kom inni røret.

Etter støp ble helningskanal målt inn med x, y og z koordinater. Innen en uke fra støp av nullmåles inklinometerkanalen i slisseveggen.

Kritisk var kravet til plassering av armeringskurv inn mot tunnel, som hadde krav maksimalt 80 mm avvik. Alle slisseveggene oppfyller dette kravet.

Målingene var utført av underentreprenør Züblin selv og oversendt som håndskrevne tabeller sammen med utstøpings rapporter til entreprenøren. Dette ble utført og oversendt 14 dager etter utstøping av slissene. Ved utgraving for og utstøping av takplate og bunnplate ble det ikke oppdaget noe avvik som tyder på at dette ikke stemmer. Vedlagt typisk utsnitt av kontrolldokumentasjon fra entreprenør.

Erfaringsrapport slissevegger

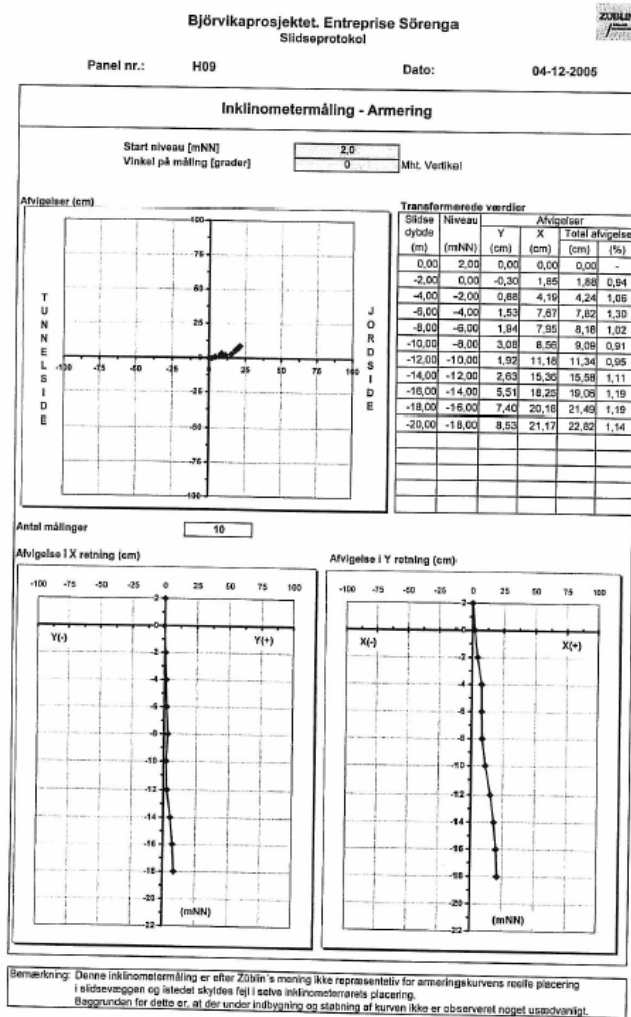
KS-EX1-ZSC-7159
ZÜBLIN SCANDINAVIA A/SOslo - Bjørvikprosjektet, Entreprenør Sørrenga
Inklilometer H09Dato 05-12-2005
Rev. 0

Fig 6.7 - Kontrolldokumentasjon armeringsplassering

6.3.1.6 Helnings- og tykkelseskontroll av tversgående slissevegg.

Kontrollen utføres ved hjelp av slissegrabben. Plasseringen av grabben i slissen innmåltes med inklilometer mens den ble trukket opp til topp slissegrop, deretter rotertes grabben 180° og ble senket ned og målt opp igjen. Også vridning av grabb ble målt som vinkelavvik. Krav ± 100 mm i bunn av sliss.

Målingene var utført etter slissegraveren hadde gravd ut slissegrop. Målingene utførtes av Züblin's eget mannskap. Målingene ble overført som slissevegg protokoller. Det ble ikke avdekket avvik ved kontroller eller videre arbeid av tunnelen. Krav ± 100 mm Vedlagt var en typisk slissevegg dokumentasjon fra entreprenør.

Erfaringsrapport slissevegger

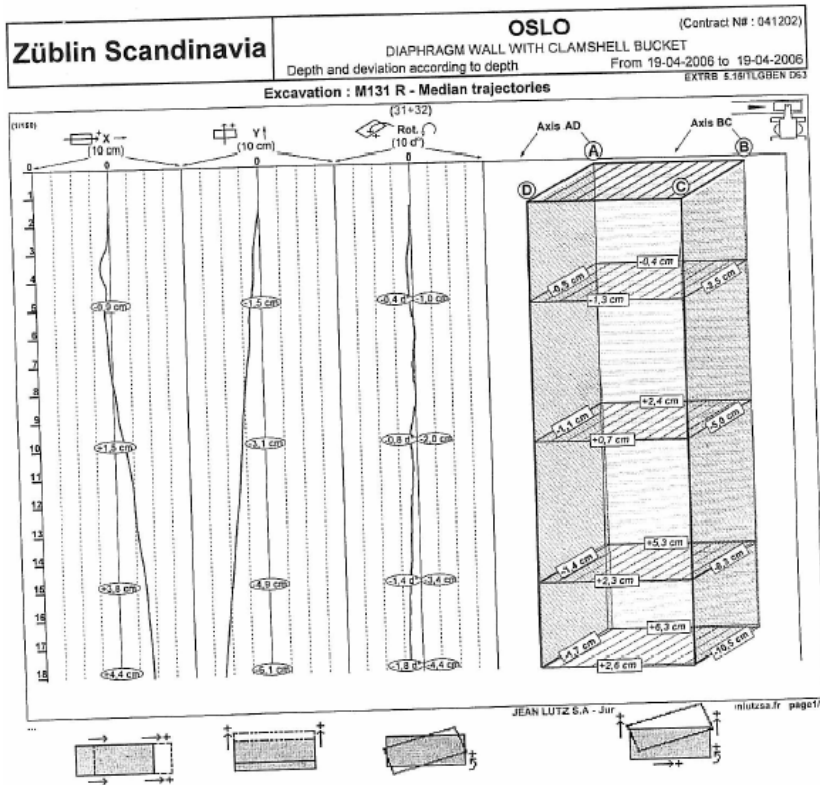


Fig 6.8 - Kontrolldokumentasjon av utgraving – høyre side

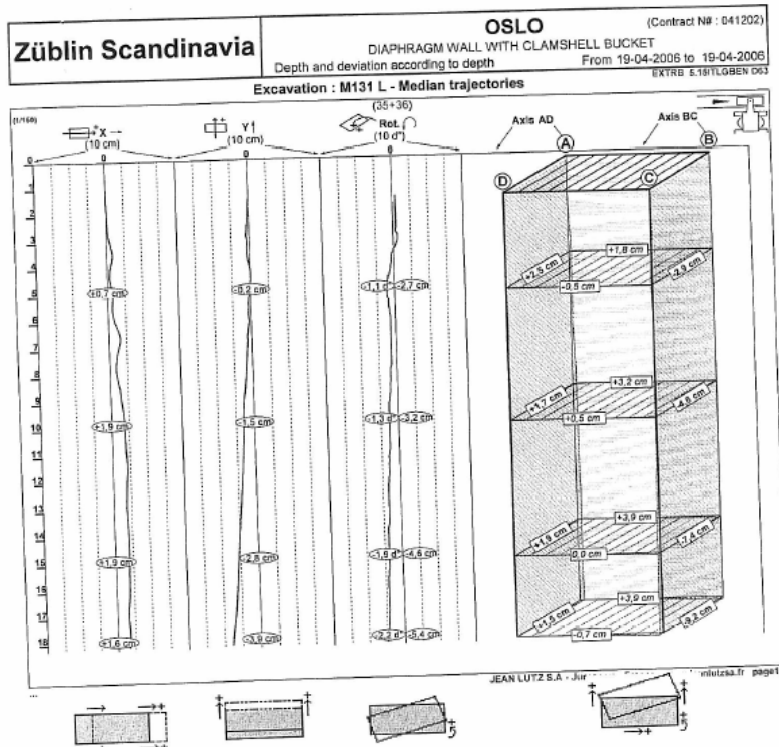


Fig 6.9 - Kontrolldokumentasjon av utgraving – venstre side

Erfaringsrapport slissevegger

6.3.1.7 Kontroll av plassering av øvre og nedre stiver.

Etter utgraving av sliss ble slissen loddet i senterlinje sliss for hver 0,5 m i lengderetningen. Ved utstøping av nedre panel loddet de overkant panel etter utstøping med konstruktiv betong. Dette ble gjentatt for øvre panel. For å få en tilstrekkelig sikkerhet med utstøping ble det for hvert panel støpt ut ca 0,5 meter under- og overhøyde.

Målingene ble utført av Züblin selv med rapportering ved oversendelse av slissevegg-protokoller. Det ble i starten av arbeidene ikke rapportert inn resultatene av disse målingene. Entreprenøren mente at det ikke var nødvendig å rapportere dette inn. Det ble imidlertid enighet om å gjøre dette så rapporteringen kom i gang etter hvert som produksjonen pågikk.

Ett avvik som ble oppdaget, ved støp av tverrsliss, M075. Her ble øvre tverrstiver M075 støpt for lavt ned i forhold til prosjektert høyde.

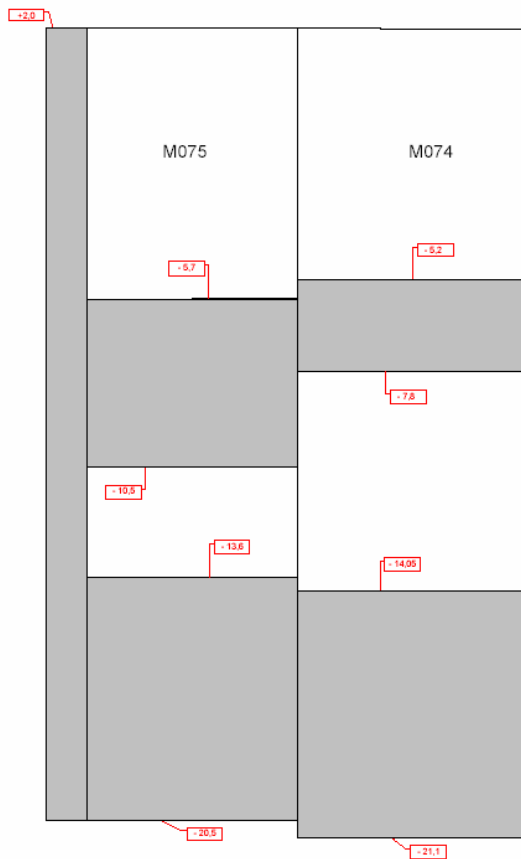
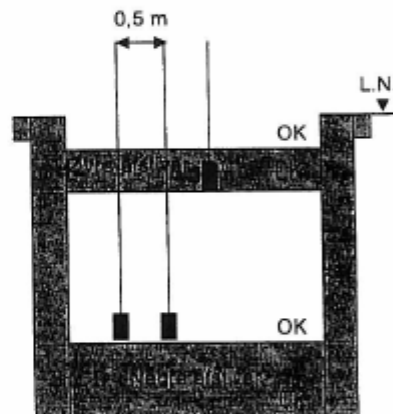


Fig 6.10 - Tverrsnitt av sliss M074-075

KS-E2-ZSC-7159
ZÜBLIN SCANDINAVIA A/SOslo – Björvikaprojektet. Entreprise Sørenga
Niveauekontrol af afstivereDato: 28-03-2006
Rev. 0**Björvikaprojektet. Entreprise Sørenga**
Niveauekontrol af afstiverePanel nr.: M.145 L.N. 2,0 Dato: 05.04.06

Teoretiske afstande til afstivere

Nedre afstiver, UK 18,47 m Nedre afstiver, OK 13,47 m
Øvre afstiver, UK 6,55 m Øvre afstiver, OK 5,35 m

Målingerne udføres i centerlinien og for hver 0,5 m på langs af panelet

Målte afstande

Målepunkt	Nedre afstiver		Øvre afstiver	
	UK [m]	OK(I) [m]	UK(II) [m]	OK(III) [m]
1	18,50	13,00	7,30	4,30
2	18,50	13,00	7,30	4,30
3	18,50	13,00	7,30	4,30
4	18,50	13,00	7,30	4,30
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Formand/ingeniør Züblin Scandinavia

Fig 6.11 - Utsnitt av dokumentasjonsprotokoll for lodding av stöp.

6.3.1.8 Kontroll av kontakt mellom slisseveggpanelene med kjerneboringer.

Som en kontroll av fugene ble det i 28 fuger boret ut og tatt opp kjerneprøver av betong. Det var da utført 3 kjerneboringer av byggherre og 25 av entreprenøren. Disse var utført i perioden 23.1.2006 til 4.5.2006. I tillegg ble det boret 3 vertikale kjerneboringer i sliss, M103 og M104, på grunn av et problem med kontakt mellom slisser ved utstøping. Det vil si totalt ble det boret 31 kjerneprøver.

Totalt var det i hele konstruksjonen var det 342 fuger.

Bakgrunnen for at byggherren boret ut 3 fuger var for å få fortgang i kontrollen da entreprenøren ikke hadde mannskap eller maskiner som kunne ta ut tilfredsstillende kvalitetsprøver.

Hensikten med kjerneboringene var i hovedsak todelt. Det ene var å sjekke kvaliteten på fugene slik at det var mulig å gjennomføre tiltak for å eventuelt rette opp eller korrigere arbeidsmetoder og løsninger mens produksjonen var i gang. Av den grunn ble 15 av kjerneboringene utført i løpet av februar. I samme periode var ca 1/3 av slissene støpt, 112 av 306 slisser.

Den andre hovedhensikten var å kunne gjøre en helhetsvurdering av konstruksjonen, før utgraving ble påbegynt, for å vurdere om det ville være behov for beredskap for spesielle tiltak dersom det totalt sett var mange dårlige fuger. Resterende kjerneboringer ble gjort i mars og april.



Oppdragsgiver utførte 3 egne kontroller av fuge mellom langs- og tversgående slisser.

Resultatene varierte fra bra til dårlig kvalitet på fugen. Den ene fugen manglet 20 cm av fugematerialet. Senere ble denne fugen kontrollert av entreprenør og da viste den bedre fugekvalitet, men med ca 1 cm leirlag i fugen.

Fig 6.12 - Kjerneboremaskin til byggherren

Erfaringsrapport slissevegger

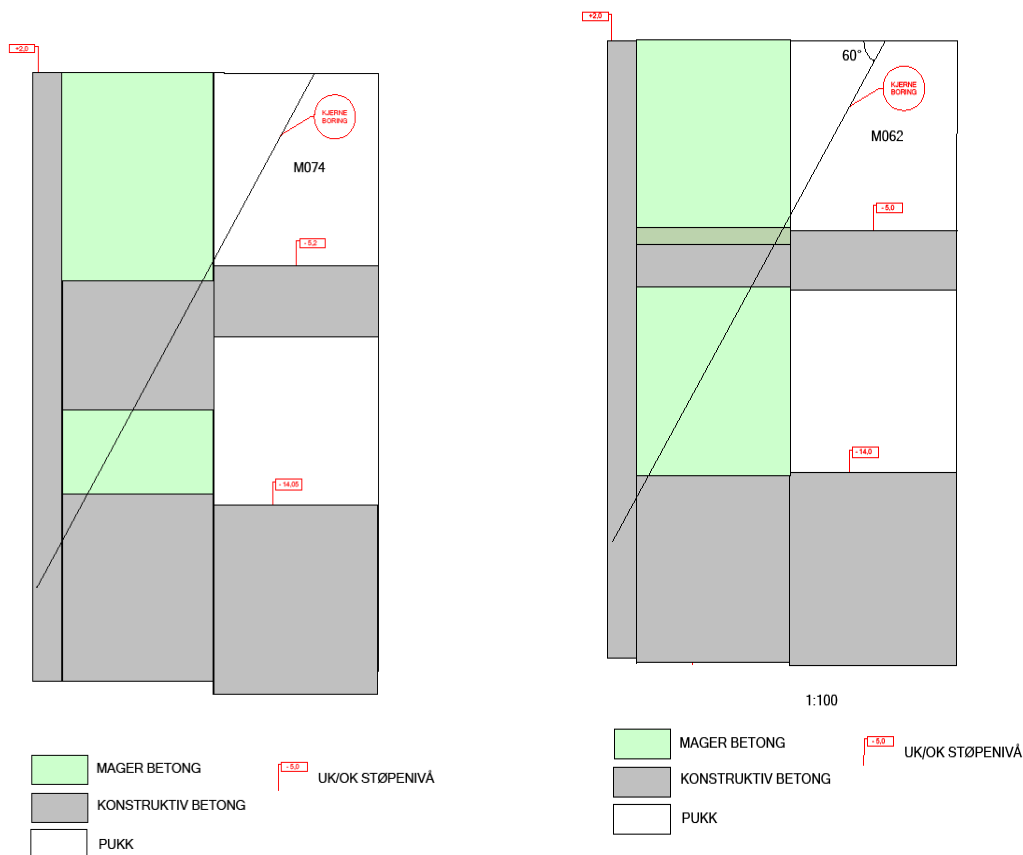


Fig 6.13 - Gjennomføring av kjerneboringer

Etter resultatene ble konklusjonen at målingene skulle intensiveres og entreprenøren skulle ha en tverrstiver i beredskap.

Konklusjonen på kjerneboringen var at det var 9 fuger som var av tvilsom eller dårlig karakter. Disse fordeler seg på 4 stk i øvre fuge og 5 stk i nedre fuge. Det ble utført til sammen 10 sonderinger i nedre fuge og 18 stk i øvre fuge. Det vil si at total i øvre fuge var det 40 % som var tvilsomme eller dårlige. I nedre fuge var det tilsvarende 28 %. Det vil igjen si at det var 40 % flere dårlige fuger i øvre stiver enn i nedre stiver.

Ut i fra målingene og oppfølgingen av byggearbeidene valgte entreprenøren selv å si at de tok ansvaret for at konstruksjonen var produsert og utført som planlagt og prosjektert.

Resultatene fra alle kjernekontrollene følger vedlagt.

6.3.1.9 Geometrikontroll og eventuell fjerning av betong av frilagt slissevegg.

Når de begynte å grave seg ned til nivå for takplate ble mer og mer av overflaten på slisseveggene synlig. Typisk for overflaten inn mot slissegrop var da at det i de øvre meterne med friksjonsmasser var en ruglete grov overflate, som noen steder hadde kuler og ujevnheter. Når utgravingen kom ned i leire ble straks overflaten mye glattere og jevnere. Behovet da for pigging av overflaten var i hovedsak i toppen, øvre 2 – 3 meter. Videre ned under takplate ble det rensket noe på enkelte paneler.

Erfaringsrapport slissevegger

På enkelte av spesielt tverrslissene ble det observert ved utgraving at det var "støpemager". Disse kunne være opptil 1 – 2m³. Dette var mest utbredt der som det var mer oppfylling av stein og friksjonsmasser.

		TEORETISK LENGDE TIL ØVRE FUGE (m)	MÅLT LENGDE PÅ KJERNEPRØVE	TEORETISK LENGDE TIL NEDRE FUGE (m)	MÅLT LENGDE PÅ KJERNEPRØVE		KOMMENTAR	FARGEKODE
1	M011/H01			24,7	24,3	OK	Fuge ser bra ut.	
2	M012/M011			24,6	23,8	OK	Fuge ser bra ut, god kontakt. Forskjell 0,8 m, kan skyldes problem med øvre stiver.	
3	M012/M011	6,4	5,9			OK	Litt tvil, noe belegg i fuge.	
4	M014/M013	6,5	6,5			IKKE OK	Øvre del av fuge ser veldig utvasket ut, oppsprukket, nedre del sees fugeflate.	
5	M014/M013	5,9	5,7			IKKE OK	Veldig dårlig kvalitet på fuge. 5-5,2 m dårlig betong, 5,2 - 5,7 konstruktiv betong, 5,7 - 6,0 m fuge med dårlig betong på øvre side	
6	M045/M044	5	4,7			OK	Fuge ser jevn og bra ut	
7	M051/H05	10	10,1			OK	Fuge ser grei ut etter inspeksjon	
8	M055/V05			23	21,8	OK	Øvre del av fuge ser rimelig bra ut, nedre del noe mer oppsprukket. Forskjell i lengde antas å skyldes feil merking på kasser, ingen indikasjon på at det mangler 1,2 m fuge.	
9	M062/M061-H06	TRAFF IKKE ØVRE FUGE		19,4	20	OK	Kjerneprøve viser 2 fuger ved 20,0 og 20,4 m. Begge fugene ser bra ut, horisontal avstand 18 cm.	
10	M064/M065- V06			21,3	21	IKKE OK	Mesteparten av fuge mangler, nedre del virker utvasket, 20 cm mangler.	
11	M065/V06			23,3	22,3	NOE TVILSOM	Øvre del 25 cm ser utvasket ut. Nedre del tydelig fuge med 1 cm leirlag. 1 m feil, antatt feil på kasser	
12	M071/H07			22,1	21,7	OK	Fuge ser bra ut.	
13	M074/M075-V07	TRAFF IKKE ØVRE FUGE		19,2	18,8	NOE TVILSOM	2 fuger 20,0 og 20,3 m. Fuger noe ujevn men ser ut til å passe bra sammen. Armeringsjern nedenfor fuge.	
14	M103 HØYRE					OK	Kjerneprøve ser bra ut, ingen direkte utvasking	
15	M103 VENSTRE					OK	Kjerneprøve ser bra ut, ingen direkte utvasking	
16	M104					NOE TVILSOM	Fra 9-9,2 m dårlig støp noe utvasking, ellers normal konstruktiv betong	
17	M121/H12	7	7,5	20	18,8	OK ØVRE, NEDRE NOE TVIL	Øvre fuge OK, noe dårlig utstøping i M122. Nedre fuge ca. 10 cm dårlig støp inn i H12. 1,2 m feil på merking av kasser.	
18	M145/M146	7,2	7,1			OK	Noe utvasking i fuge, men ser ut til å passe sammen.	
19	M146/V14			19,2	18,8	OK	Fuge ser noe ujevn ut men ser ut til å passe sammen. Armeringsjern nedenfor fuge.	
20	M181-H18			16	16	OK	Ser ok ut	
21	M196-V19			16	15	OK	Ser ok ut	
22	M221-H22			16	15,2	OK	Ser ok ut	
23	M231-H23			16	16,2	OK	Ser ok ut	
24	M236-V23			16	16,3	OK	ok	
25	M241-H24			12,1	12,5	NOE TVILSOM	Mangler bit av kjerne, var bratt boring og manglende resultat kan skyldes dette (borere kastet bormateriale)	
26	M246-V24			16,2	15,9	OK	Sjekkes fysisk - mangler noe kjernemateriale - Sjekke borlogg - Borlogg viser at oppgitt kjernelengde matcher mengden kjerner i kassen og at liten grunn til å mistenke vesentlig kjernetap - Ok.	
27	M251-H25			15	15,2	OK	Sjekkes fysisk - Funnet ok	
28	M252-M251	2	2,5			OK	Veldig bra	
29	M255-M256	4,6	5,1			OK	Ser ok ut	
30	M256-M257	9	8,4			OK	Veldig bra	
31	M257-V25			15	15	OK	ok	

Fig 6.14 - Oversikt resultater fra kjerneboringer

6.4 Forslag til forbedringer

Kontrakt:

Byggearbeider:

Gjøre en grundigere forundersøkelse av byggeområdet for gamle konstruksjoner.

Bruke konstruksjonen som permanent løsning.

Bruke endeplater som endesteng, som prosjektert, for å minimere deformasjonene.

Markedsføring:

Bruke metoden mer i Norge slik at den blir mer kommersielt salgbar og at norske entreprenører får mer erfaring i planlegging og bygging.

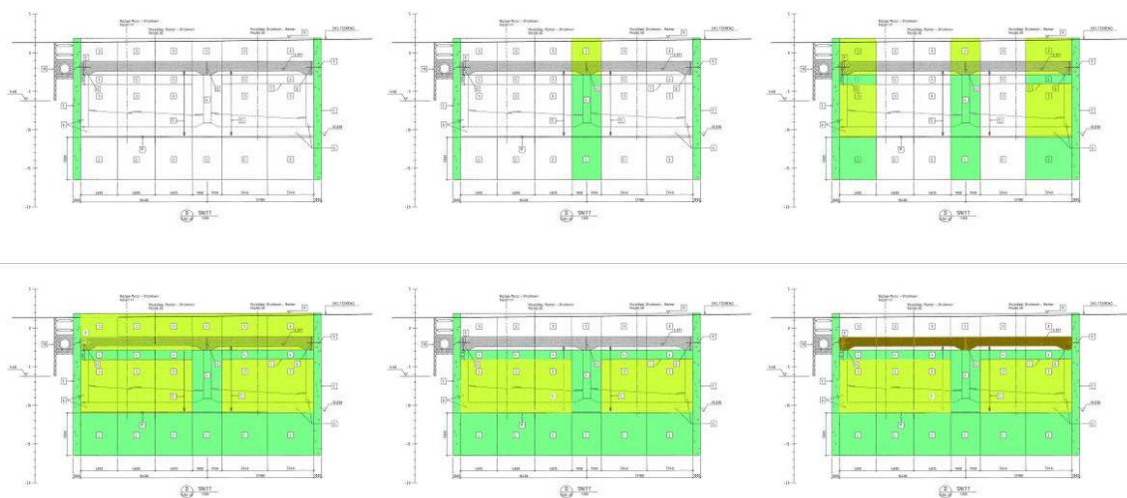
Utvide bruksområdene til å omfatte mer varierte grunnforhold.

Markedsføres som en miljøvennlig byggemetode i bynære strøk.

7 Utgravingsprosedyrer

Utgravingen for betongtunnelen som skulle bygges innenfor slisseveggkonstruksjonen var basert på følgende prinsipp:

- Graving ned til underkant tak i betongtunnelen
- Støp av taket direkte på avrettet grunn
- Utgraving under takplata til underkant bunnplate
- Støp av bunnplate
- Midlertidig understøttelse av takplata, riving av slisseveggpanel
- Støp av midtvegg og sidevegger



Erfaringsrapport slissevegger

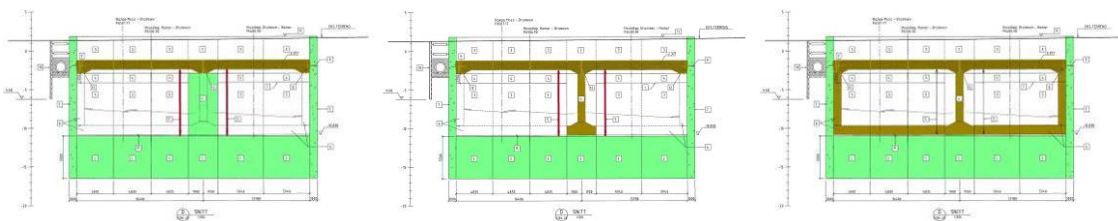


Fig 7.1 – Prinsipp for utgraving

Utgravingen var tenkt utført fra gropa for K205 og i retning sjøen. Det var videre et krav i kontrakten at entreprenøren skulle støpe fra sjøen og retning K205: Kravet var begrunnet i at en ville ha utført graving før armering og støp.

Entreprenøren foreslo å etablere en driftsåpning ca. midt på K204 og grave i to retninger. Masser måtte da transporteres ut med kran fra driftsåpningen. Entreprenøren fikk godkjent sitt opplegg.



Fig 7.2 – Driftsåpning

7.1 Graving ned til overkant tak i betongtunnelen

Graving ned til topp takplate foregikk uten avstivning bortsett fra stiveren som var etablert øverst på tverrslissveggene.

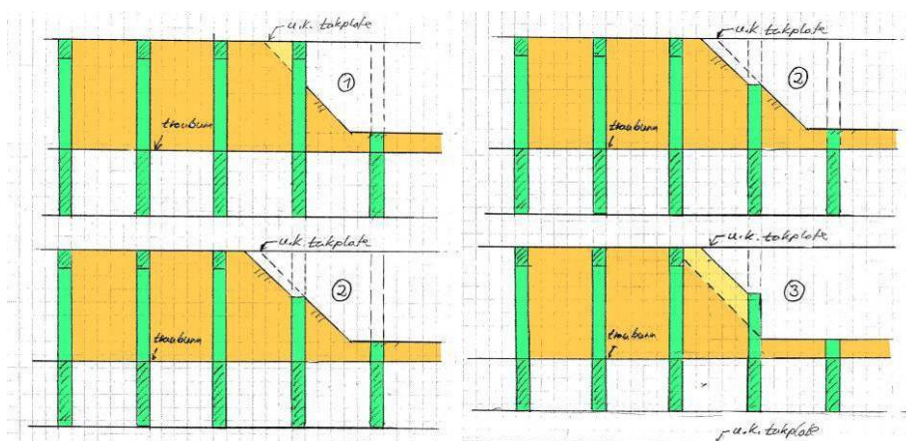


Fig 7.3 – Graving ned til takplate

Gravingen ble utført under oppsyn av arkeologer.

7.2 Utgraving under takplata til underkant bunnplate

Gravingen under takplata var en utfordring. På grunn av intern stabilitet skulle det graves i to gravefloer. Tverrslisseveggpaneler måtte fortløpende pigges og fjernes under kontrollerte former. Entreprenøren hadde krav om å utarbeide en graveplan som ivaretok disse forholdene. Dette viste seg vanskelig å få dette fra entreprenøren og det endte med at byggherren utarbeidet prinsippene for gravingen i form av enkle skisser:



Erfaringsrapport slissevegger

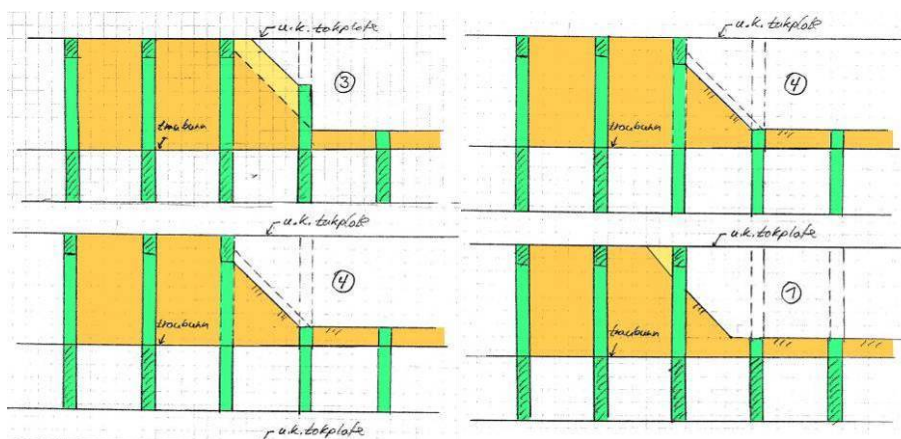


Fig 7.4 – Prinsipp for graving under takplate



Fig 7.5 – Graving under takplate i gravefloer

8 Måleprogram og metoder

8.1 Generell beskrivelse av måleprogrammet

Måleprogrammet hadde primært til hensikt å verifisere at konstruksjonen oppførte seg i samsvar med forutsetningene. Dette med spesiell fokus på at sikkerhet mot bunnoppressing

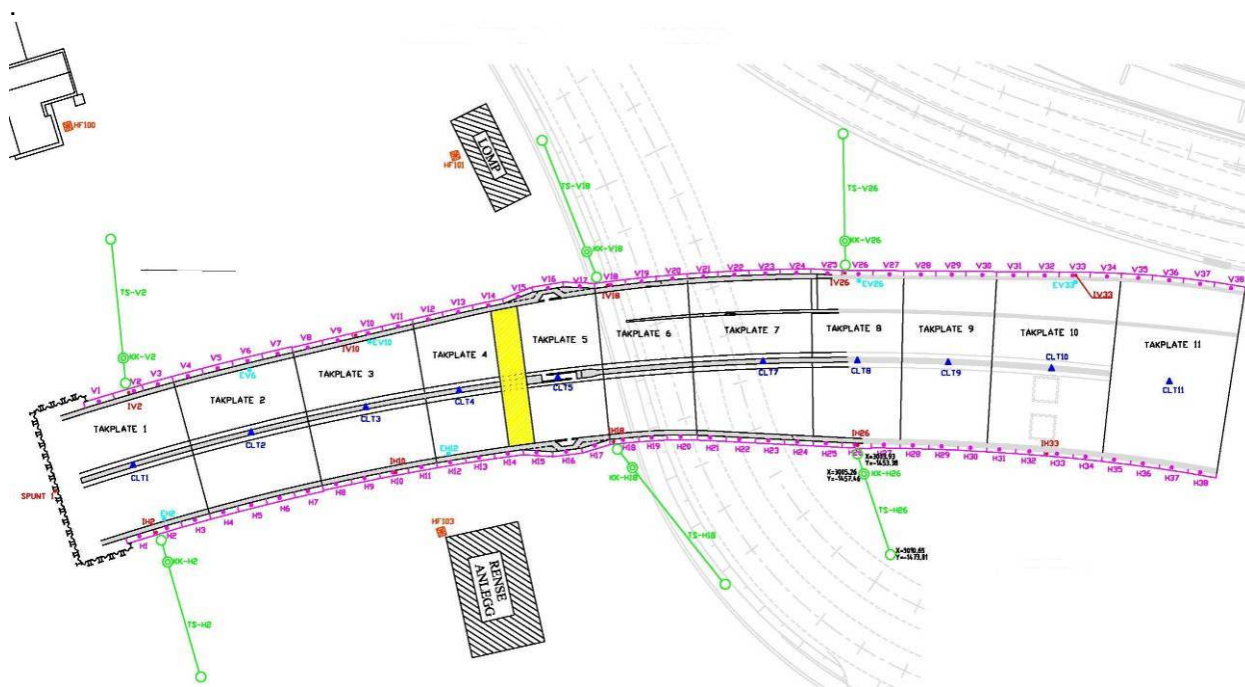
Erfaringsrapport slissevegger

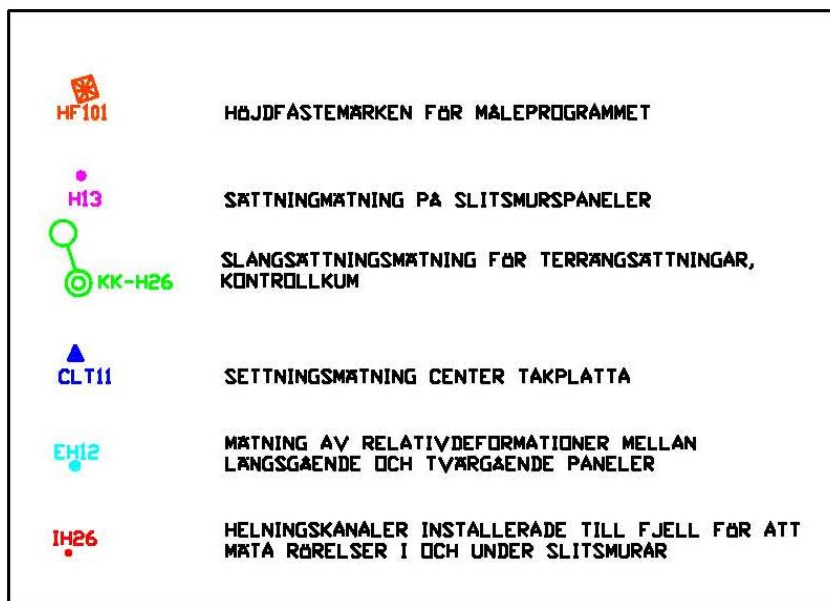
og lastopptak i konstruksjonen ble ivarettatt til enhver tid. Med hensyn til geometrisk kontroll og kontroll med utførelsen av de enkelte slissevegg elementene henvises det til kapittel 6.

Fra byggeherrens side var det satt krav til deformasjonsmålinger under utførelsen av arbeidene. Dette var nedfelt i Notat 2-G-205, men det var opp til entreprenøren å velge utstyr og metoder og stå for installasjon og målearbeidene i henhold til disse anvisningene. Det spesifiserte måleprogrammet omfattet følgende:

- Måling av horisontalforskyvning ved installasjon av helningskanaler til fjell gjennom slisseveggpaneler på hver side av gropa for ca. hver 50 m, det første ca 20 m fra enden av slissevegg gropa mot sjøsiden. Det var opprinnelig tenkt 6 kanaler på hver side, men det ble redusert til 5.
- Målinger av terrengsetning i tre profiler på begge sider av gropa ut til avstand av 30 m fra byggegropa på steder der det også er installert helningskanaler.
- Måling av relativdeformasjon i kontakten mellom tverrvegger og langsgående slissevegg paneler på seks steder på begge sider av gropa.
- Måling av setning av hvert langsgående slisseveggpanel.
- Måling av setning i senterlinje takplate for hver 20 m langs gropa.

Figur 7.1 viser valgt plassering av målepunktene. De enkelte målesystemer og måleresultatene er beskrevet i det etterfølgende.





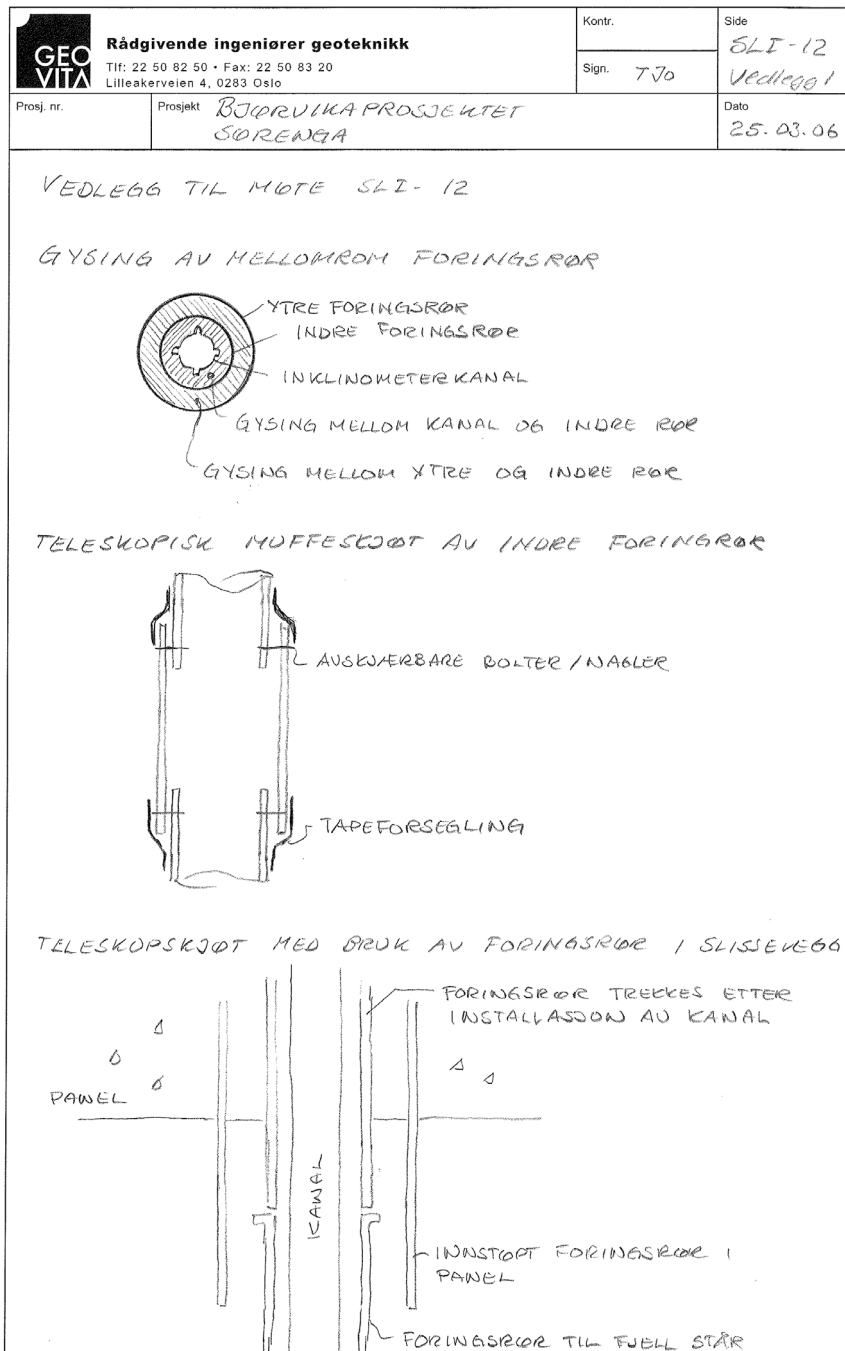
Figur 8.1- Plassering av målepunkter med tegnforklaring

8.2 Detaljert beskrivelse av valgte målesystemer og opplegg

8.2.1 Måling av horisontalforskyvning (Rød punkter i figur 8.1)

Før utstøping av langsgående slissepanel ble det plassert et foringsrør ned til underkant slissevegg. Disse ble forseglest i toppen for ikke å få betong inn i røret. Etter at panelene var utstøpt ble det boret foringsrør ned til inn i fjell/morene gjennom det ytre foringsrøret i panelene. Deretter ble det installert helningskanaler av ABS plast fra leverandøren RST Instruments Ltd, med dimensjon \varnothing 70mm. Det indre foringsrøret ble dratt opp igjen og det ble fylt med sand mellom helningskanal og foringsrør fra underkant slissevegg og opp. Figur 8.2 viser installasjonsmetoden og figur 8.3 viser et eksempel på rør og helningskanal ferdig installert. Merk som vist i figur 8.2 at det var satt krav til teleskopisk skjøteforbindelse i underkant av panelene. Dette for å prøve å unngå utknekking av målekanalen.

Erfaringsrapport slissevegger



Figur 8.2 - Metode for installasjon av helningskanaler

Helningskanalene har spor i to retninger og ble sentrert slik at horisontalforskyvning kunne måles både vinkelrett på og parallelt med tunnel.

Kanalene ble på begge sider av gropa plassert i panel 2, 9, 18, 26 og 33. Plasseringen i hvert enkelt panel var så eksentrisk som mulig i IH2, IH18, IH33, IV9 og IV26, mens kanalene IH9, IH26, IV2, IV18 og IV33 ble plassert sentrisk. H (høyre) er på vestsiden mens V (venstre) er østsiden av gropa.



Fig 8.3 - Helningskanal i foringsrør og foringsrør for relativ setningsmåler

Under målingene ble det tatt avlesning for hver 0,5 meter. Første måling ble gjort umiddelbart etter installasjon av panelene, deretter umiddelbart før start av utgraving av gropa. Målehyppigheten ble etter det tilpasset fremdrift av gravearbeidene.

Det var satt krav om innmåling av topp av kanalene for hver målerunde med på ± 1 mm. Det var satt krav til at måletorpedoen skulle gi en målenøyaktighet tilsvarende $\pm 0,02$ % av maksimalt vinkelutslag.

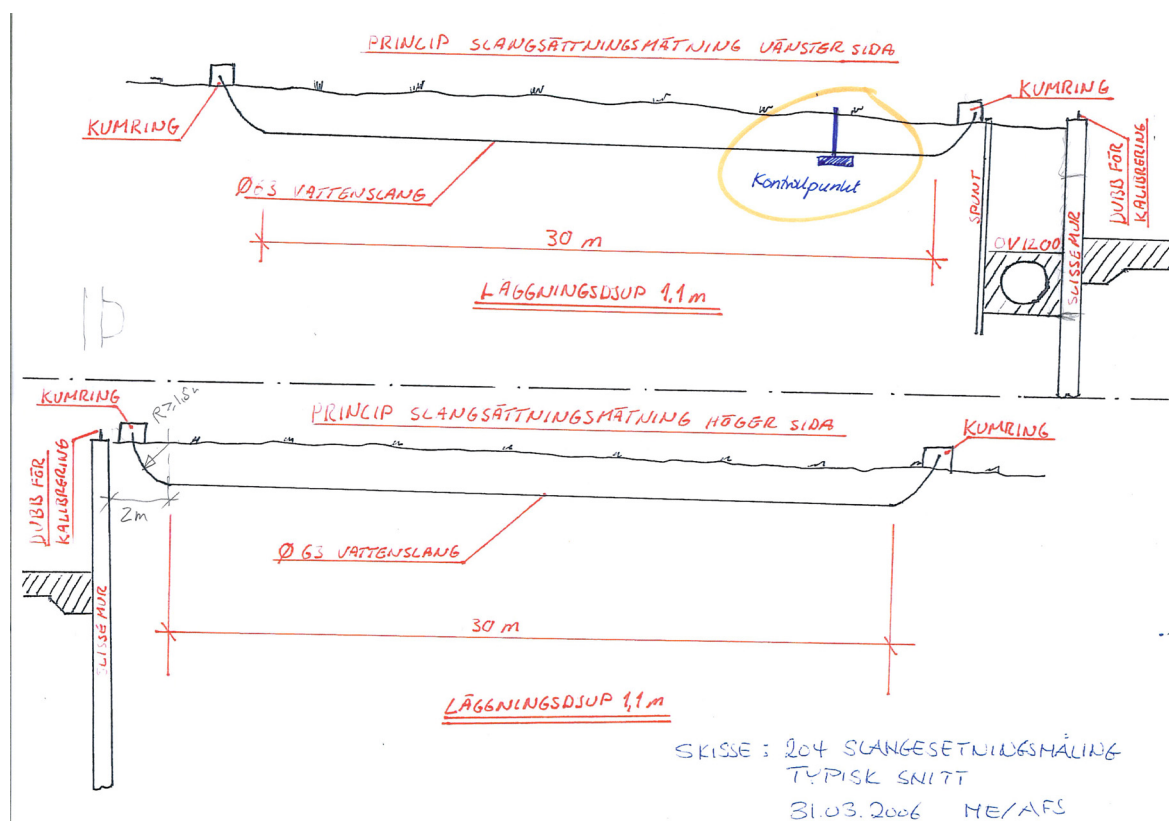
8.2.2 Terrengsetningsmålinger (Grønne punkter i figur 8.1)

Opprinnelig var det planlagt å etablere faste setningsbolter på terrenget i avstand 1,3, 5, 7, 10, 15, 25 og 30 meter fra slissevegg. Av praktiske hensyn til trafikk, lagerplass og masselagring ble det enighet mellom entreprenør og byggherre om å velge en alternativ løsning med slangesetningsmålere i stedet for setningsbolter. Måleprofilene ble lagt i samme tverrsnitt som 3 av helningskanalene, ved panel 02, 18 og 26, figur 8.1.

Som vist ved fotografiet skissen i figur 8.4 og fotografiet i figur 8.5 ble måleslangene lagt ned i en ca. 0,5 m dyp forgravet grøft på en avrettet seng av finpukk. Deretter ble grøften tilbakemyt med stedlige masser. Enden av måleslangen ble ført i jevn bue opp til i like under terrengnivå og avsluttet inne i en beskyttende kumring med lokk.

Måletorpedoen som skyves inn i måleslangen er egentlig en trykkmåler som gir relativt trykk, og derved setning i forhold til slangens startpunkt i terreng. Startpunktet må derfor nivelleres ved hver målerunde for å få frem absolutt setning.

Erfaringsrapport slissevegger



Figur 8.4 – Opplegg for installasjon av slangesetningsmålere



Fig 8.5 - Grøft for montering av slangesetningsmålere

8.2.3 Måling av relativdeformasjon mellom tverr- og langsgående paneler. (Lyseblå punkter i figur 8.1))

Opplegget for måling av relativdeformasjonen ble tilpasset de ulike byggefasene av tunnelen.

Det opprinnelige opplegget var før start av utgraving å bore ned og gyse fast et foringsrør av stål i øvre tverrstiver, eller i takplata der den ligger over terrenget, for deretter å bore ned og gyse fast et indre rør eller stang som gyses fast i nedre tverrstiver. Plasseringen var så nær langveggene som mulig, i praksis ca. 0,5 m fra innerkant av langsgående panel. Relativ deformasjon kunne da måles direkte ved nivellement av de to rørene eller ved en

Erfaringsrapport slissevegger

måleuranordning, se prinsippskissen i figur 8.6. Denne målemetoden benyttes frem til det er gravd ut ned under takplaten og frigravd øvre del av tverrslissene.

Entreprenøren syntes etter hvert at det opplegget ikke var så hensiktsmessig fordi det var lett å skade rørene. De foreslo derfor, og fikk aksept for, å montere to bolter, en på henholdsvis langsgående sliss og en på tverrsliss, og så nivellere bevegelsen til de to punktene i forhold til hverandre, figur 8.6. Målepunktene ble da flyttet nedover slissene etter hvert som utgravingen skjedde. Målingene ble utført frem til utgravingen var ferdig og bunnplaten støpt ut på de aktuelle steder.

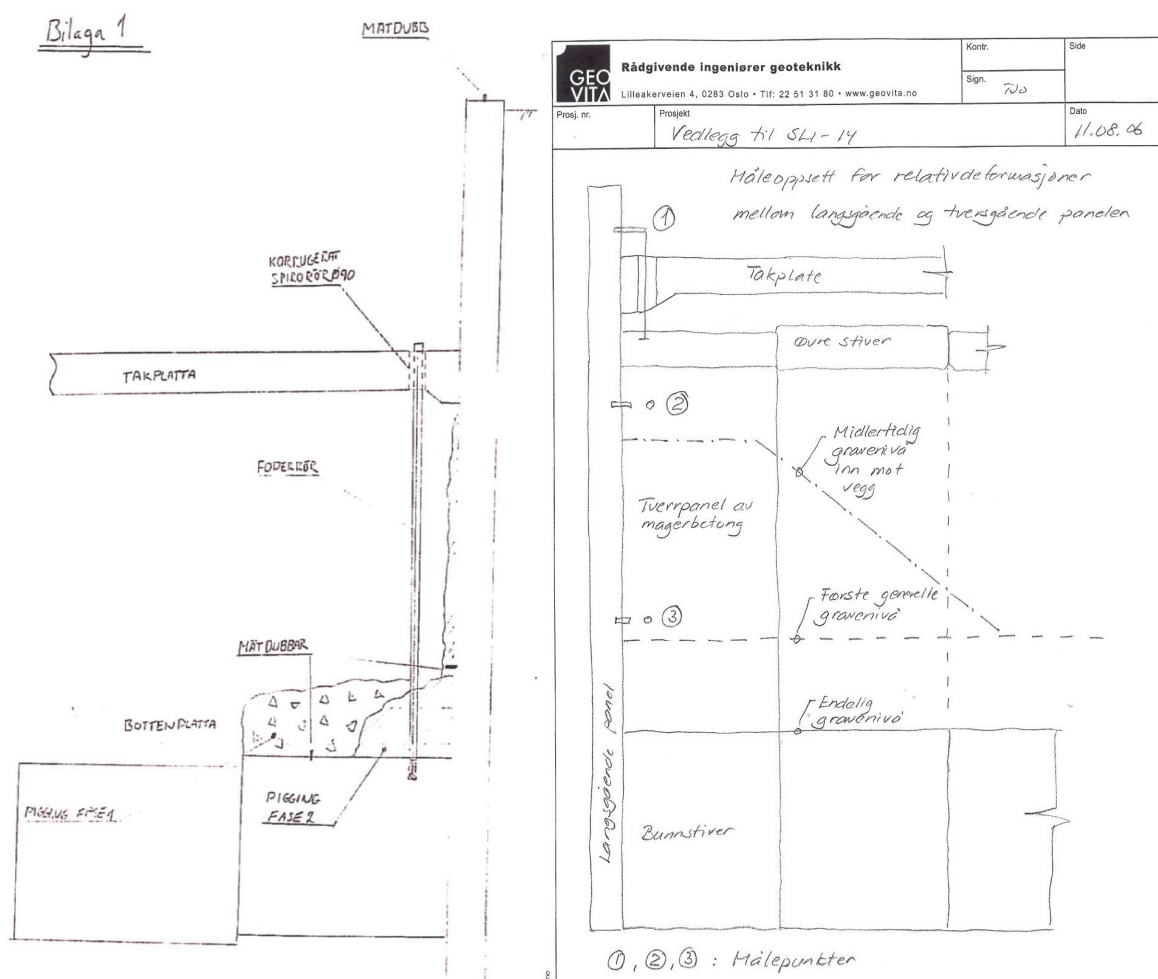


Fig 8.6 - Relativdeformasjonsmålinger – måle- og nivelleringsbolter

8.2.4 Setningsmålinger på hvert slisseveggpanel. (Lilla punkter i figur 8.1)

Etter utstøping av alle langsgående paneler ble disse påsatt nivellementsbolt, figur 8.7, og målt jevnlig på gjennom hele byggefasen. Typisk hver 14 dag frem til start av gravearbeider og ca. 2 ganger i uken når det forgikk gravearbeider Etter betongtunnelen var ferdig støpt ble målingene fortsatt nede i tunnelen på nye bolter satt i veggene, figur 8.8. Grunnen til dette var at toppslissevegg ble pigget ned til ca 1 meter under ferdig terrengnivå etter at takplaten var støpt.



Fig 8.7 - Setningsbolter på slissevegg

Erfaringsrapport slissevegger



Fig 8.8 - Plassering av nivellemenspunkter på veggene nede i tunnelen.

8.2.5 Setningsmålinger i senterlinje takplate. (Blå punkter i figur 8.1))

Etter at støp av takplate var utført ble en setningsbolt montert midt på hver plate, som deretter ble nivellert inn for å kontrollere eventuelt oppløft av takplate ved utgraving under. Unntaket for dette var takplate nummer 6 som ligger under fylling for E18 og Havnevegen. Nivellement ble utført typisk 1 gang i uken der hvor utgravingen under takplate pågikk. Disse ble målt frem til membran var lagt på takplate og støp for beskyttelse av membran var gjennomført. På det tidspunkt var tunnelen ferdig utgravd. Videre gjennomføringen av målingene ble utført ved at det ble montert målepunkter på midtveggen i betongtunnelen, figur 8.8.

9 Sammenstilling og vurdering av måleresultater

9.1 Generelt

I den etterfølgende presentasjon av måleresultater er det først vist noen typiske opptegnede kurver slik de ble presentert av entreprenøren.

Deretter gis det en sammenstilling av alle måleresultater i form av en del tidsplott og tabulering av nøkkelderier, der det også gis noen kommentarer også sett i forhold til de akseptgrenser byggeherren hadde satt på forhånd, tabell 9.1. Til slutt vises noen direkte sammenlikninger mellom målt og beregnet oppførsel.

Tabell 9.1 - Alarmgrenser for byggegrop.

Måles	Måletype	Deformasjongrense [mm]	
		For varsling	For alarm
Eventuell heving av langsgående panel etter at takplate var støpt	Nivellering	20	40
Største setning i terreng	Slangesetningsmåler med lengde 30 meter	50	100
Maksimal horisontalforskyvning over traubunn	Inklinometerkanal	30	60
Horisontalforskyvning i nivå midt i tverrvegg	Inklinometerkanal	10	40
Maksimal horisontalforskyvning over traubunn	Inklinometerkanal	30	60
Oppad rettet relativ deformasjon mellom langsgående og tverrgående panel	Innstøpt skjøtestang eller relativt mellom bolter	2	10
Oppad rettet relativ deformasjon mellom midt tverrvegg/takplate og ytterkant tverrvegg (dvs pilhøyden på tverrveggen)	Bolt sentrert på takplate	15	40

Merk: Deformasjonene gjelder hva som er kommet etter at gravearbeider for tunnelen er igangsatt på de angjeldende strekninger.

Ved oppnådde alarmgrense skulle hele byggegropen evakueres. Varslingsgrensen ble overskredet for terrengsetningene ellers ble det ble aldri behov for å evakuere byggegropen. Ved terrengsetningsmåler som overskred varslingsgrensen ble det mellomlagret masser i et større omfang enn som var avtalt mellom entreprenør og byggherre. Dette ble også da varslet om når varslingsgrensen ble overskredet.

Erfaringsrapport slissevegger

9.2 Eksempler på typiske måleresultater

Figur 9.1 viser horisontalforskyvning målt i helningskanal H02 både på tvers og på langs av gropa. Målekurven viser A-akse og B-aksen. A-aksen var vinkelrett på slisseveggen med + mot byggegrop og – mot jordside. Horisontal akse er i mm og vertikal akse er i meter. Inntegnet på siden av kurven er også nivåene for tverrstiverne og takplaten.

B-aksen var parallell med lengderetningen av slissegroppen. + (pluss) er i retning økende profilnummer, mot Ekeberg, - (minus) er minkende profilnummer mot sjøen. Horisontal akse er i mm og vertikal akse er i meter.

Største forskyvning inntraff helt typisk rett i underkant av slisseveggene, og var i dette tilfellet ca. 22 mm. Det fremgår ellers at det har skjedd noe deformasjon i nivå med tverrveggene, her 8-10 mm.

Figur 9.1 viser også at det har skjedd en ikke ubetydelig forskyvning i retning på tvers av gropa, i dette tilfellet 14 mm mot sjøen. Dette går også igjen på alle kanaler, men retningen varierer, både vekk fra sjøen og mot sjøen har vært observert.

Måleresultatene har generelt vært konsistente og av god nøyaktighet. I flere kanaler har man imidlertid sett en tendens til lokal "utknekning" i nivå under tverrveggene. Dette tyder på at den teleskopiske skjuten ikke har fungert helt etter hensikten, og/eller at kanalen i slutter godt inntil omkringliggende leire.

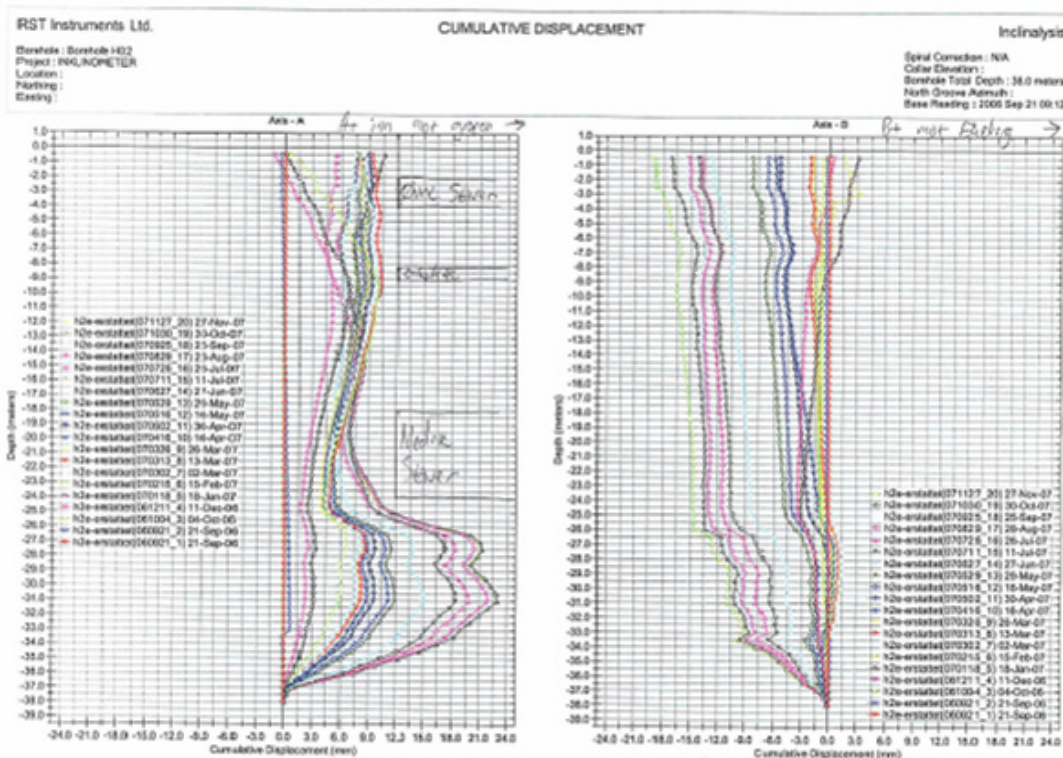


Fig 9.1 - Horisontalforskyvning målt ved kanal H02

Figur 9.2 viser terrengsetning målt med slangesetningsmåler for H2 (på utsiden av panel H2). Målingene viser at setningene har pågått ganske jevnt og trutt helt fra start. Ved siste måling etter at tunnelen var ferdig utstøpt var største setning opp mot 80 mm. Det er 2.5 ganger største målte horisontalforskyvning ved helningskanal H02. Det er også betydelig

Erfaringsrapport slissevegger

setning helt ut til 30 m avstand fra slisseveggen. Dette er ganske typiske forhold ved samtlige målepunkter. Årsaken til de relativt store setningene er uklar, se senere diskusjon.

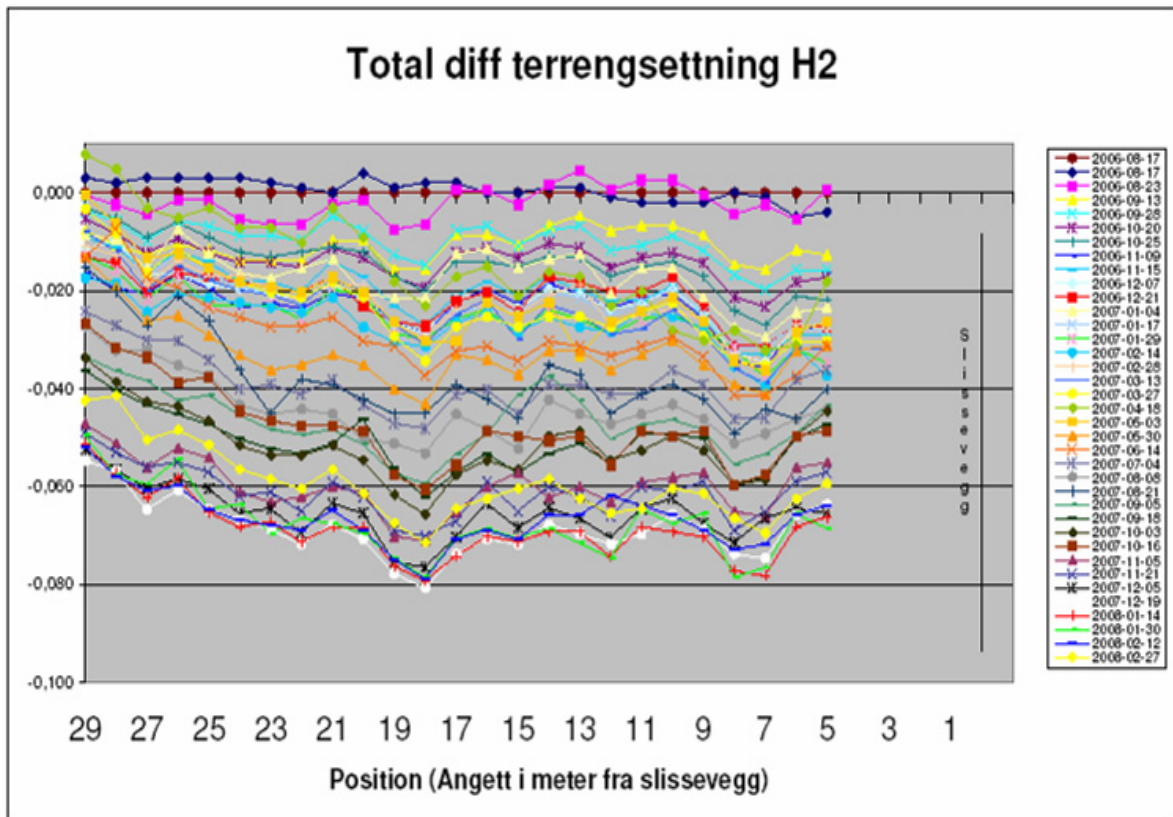


Fig 9.2 - Terrengsetning målt ved slangesetningsmål H2 på utsiden av panel H2.

Erfaringsrapport slissevegger

Figur 9.3 viser målt relativ vertikaldeformasjon mellom tverr- og langsgående paneler. Positive (+ pluss) verdier betyr at tverrslissen beveger seg mindre enn langsgående slissen, det vil si langsgående sliss setter seg mest, mens negative verdier (– minus) betyr mest bevegelse på tverrgående sliss. I forklaringsteksten i figur 9.3 er det henvist til hvor hvert panel befinner seg i forhold til takplatene. Målte relativdeformasjoner har vært helt ubetydelige og maksimalt knapt 2 mm.

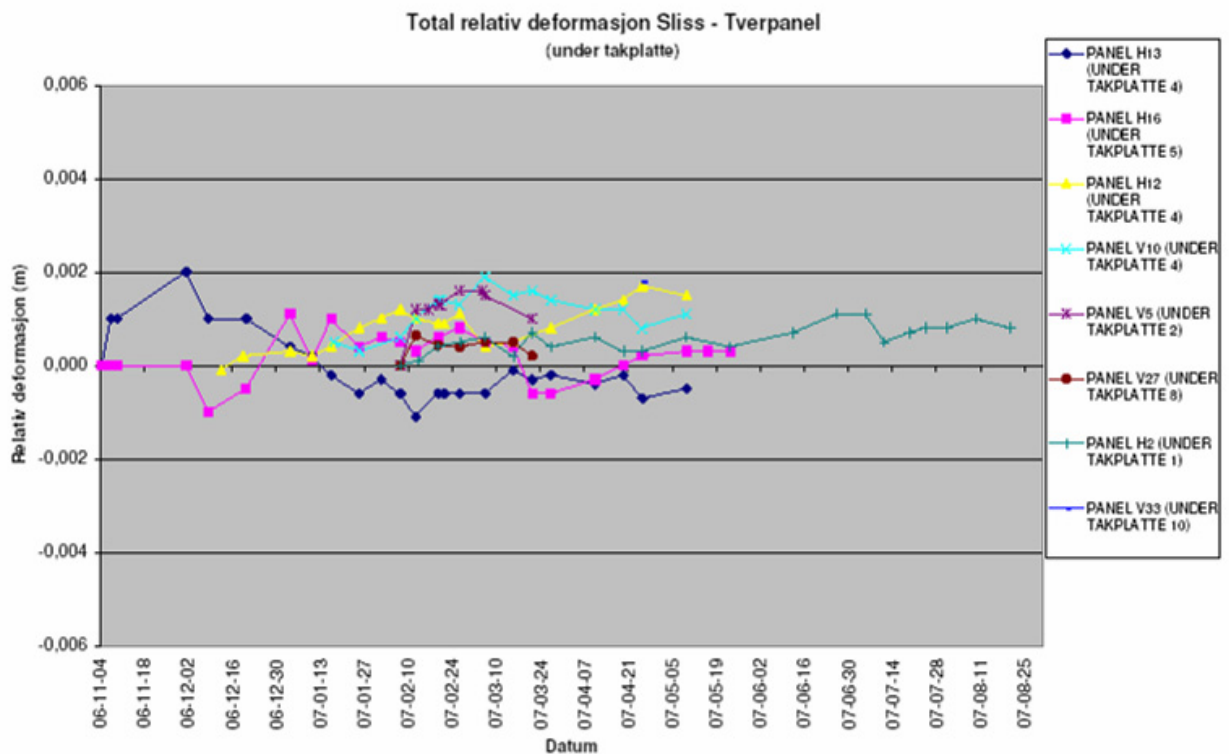


Fig 9.3 - Målt relativdeformasjon mellom tverr- og langsgående paneler

Erfaringsrapport slissevegger

Figur 9.4 viser målt setning av utvalgte langsgående slisseveggpaneler. Rett fra avsluttet utstøping er det målt ganske betydelige setninger på panelene, opp til vel 10 cm, og som først flater ut etter ca. 6 mnd.

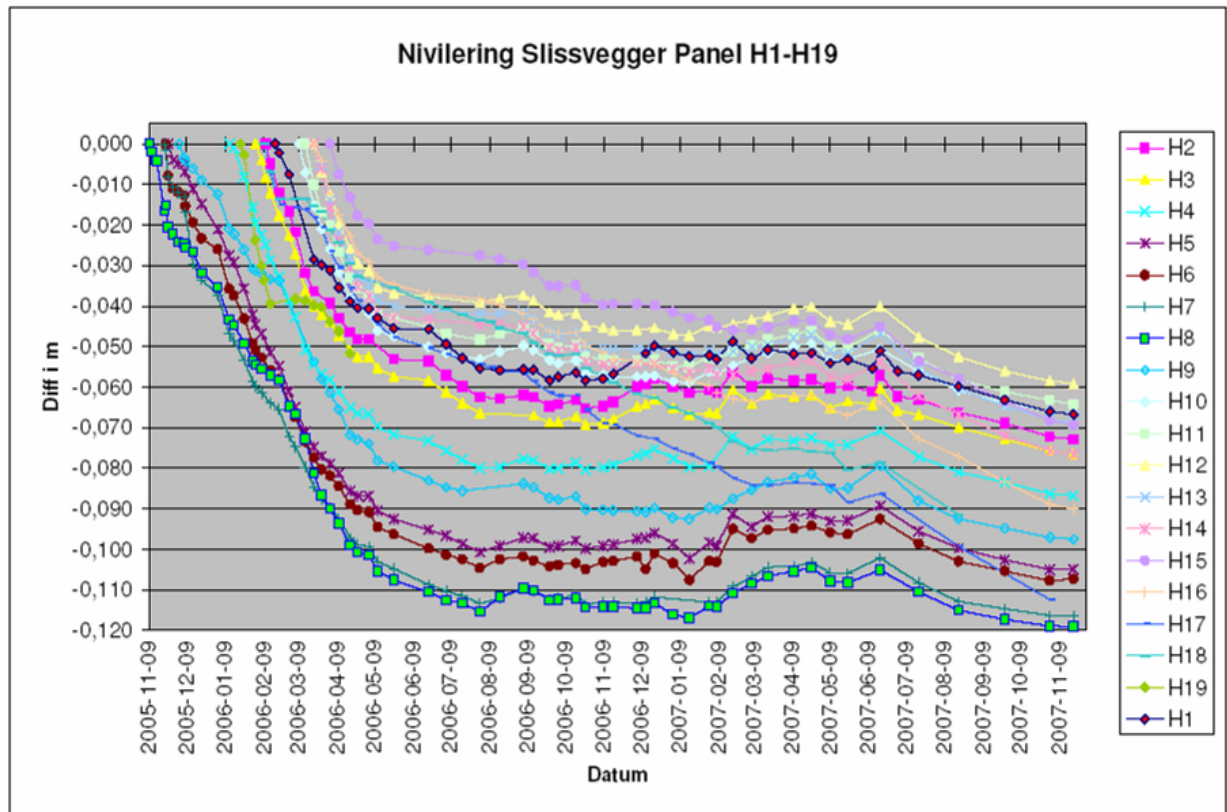


Fig 9.4 - Eksempel på målt setning av langsgående paneler

Erfaringsrapport slissevegger

Figur 9.5 viser setning/hevning målt midt på takplaten sammenliknet mot setning målt på veggene på samme tidspunkt. Målingene ble utført slik at punktet på høyre side (H2A) ble målt inn først, deretter ble midtpunkt (TP1) og venstre side (V2A) målt inn med høyrepunktet som referansepunkt.

I tegnforklaringen er det vist også utgravingsnivåene ved gitt dato. Som forventet viste målingene at det relativt sett skjedd en heving midt på takplaten relativt til veggene når det ble gravet under denne.

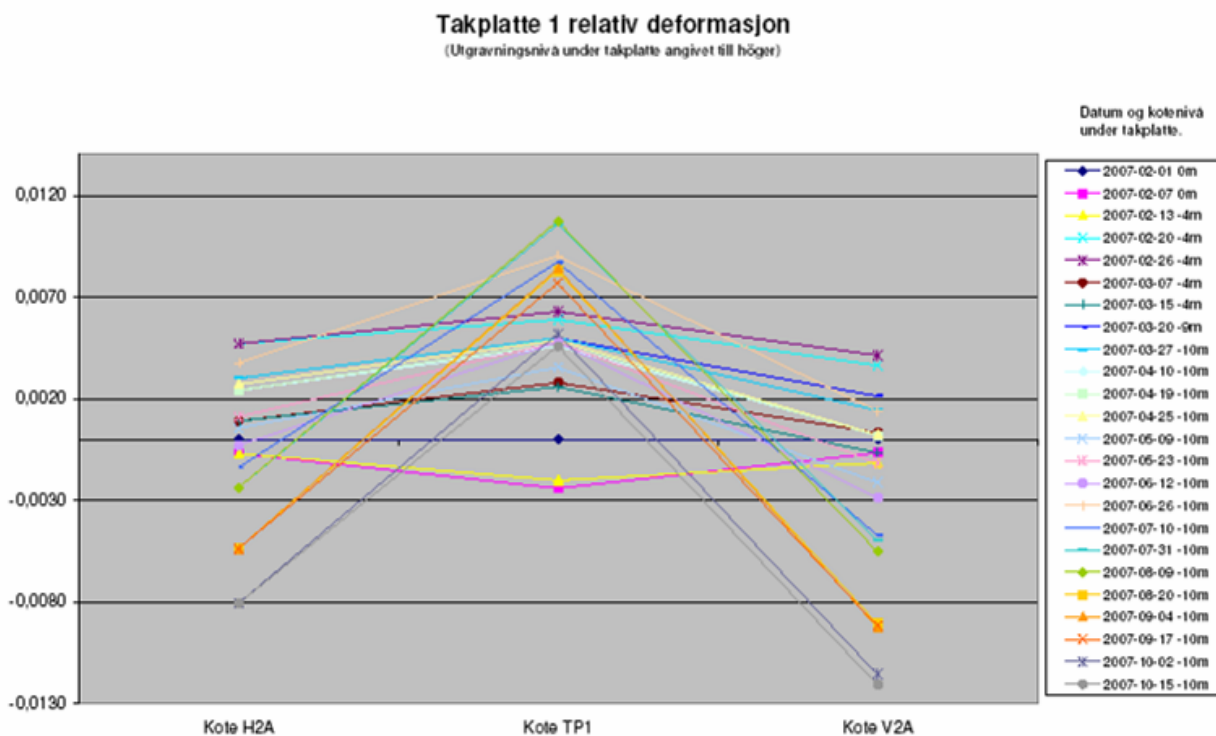


Fig 9.5 - Eksempel på målt vertikalforskyvning midt på takplate i forhold til veggene.

9.3 Sammenstilling og sammenlikning mot beregninger

Utførte helningsmålinger viste at maksimal horisontaldeforrasjon oppstod i nivå ca. 5 m under bunn av tverrvegg, og varierte i dette nivå fra 21 til 36 mm, tabell 9.1. Figur 9.6 viser eksempler på målt horisontalforskyvning med dybden sammenholdt mot PLAXIS beregninger utført på prosjekteringsstadiet (fra notat 2-G-145).

I nivå med nedre tverrvegg har horisontalforskyvningen etter ferdig utgraving variert fra ca. 6 til 20 mm. Sammenliknes målinger fra de to sidene av byggegropen er det en klar tendens til størst deformasjon langs nordsiden av tunnelen. Ser man på gjennomsnittet av målingene på de to sidene av byggegropen, blir midlere tøyning i tverrveggene typisk 0,08 %. Denne tøyningen er størrelsesorden 5 ganger større enn hva som var forventet. Det tyder på at det ikke er oppnådd helt perfekt betong, eller betong/betong kontakt i fugene mellom panelene. Dette fremgår også av tabell 9.2, som sammenholder målte og beregnede deformasjoner i beregningsnittene. Figur 9.6 viser også tydelig problemet med tendens til utkneking av helningskanalene beskrevet tidligere.

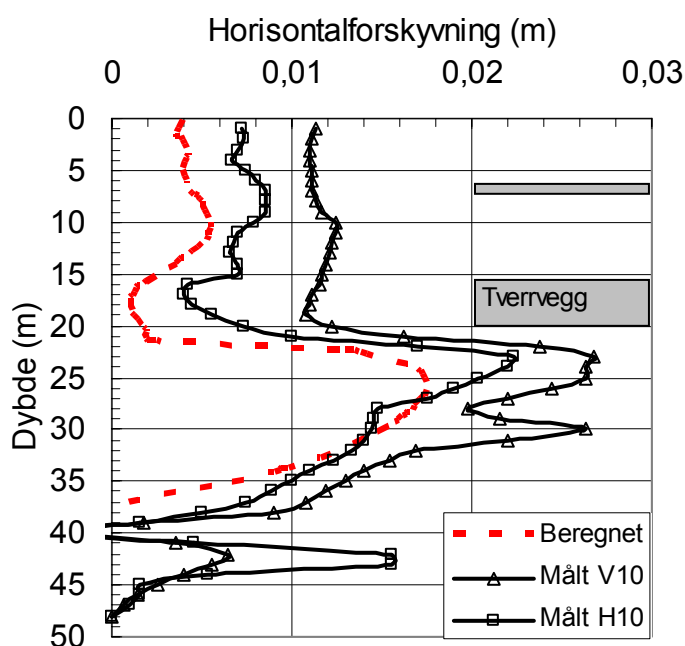


Fig 9.6 - Målt og beregnet horisontalforskyvning ved Pr. 6435

Tabell 9.2 - Sammenlikning målt og beregnet horisontalforskyvning (mm)

Nivå	Pr. 6393		Pr.6435		Pr.6483	
	Målt	Beregnet	Målt	Beregnet	Målt	Beregnet
I terreng	7	21	8	4	0	20
Midt tverrvegg	9	1	7	1	11	1
Maks. (ca. 5 m under tverrvegg)	23	15	24	18	27	19

Erfaringsrapport slissevegger

Figur 9.6 og tabell 9.2 viser at det er godt samsvar mellom målt og beregnet deformasjon under tverrveggene. Korrigeres det for deformasjonen av tverrvegg og øvre stiver, ville beregningene ligget innen 5-20 % av hva som er målt. Det viser at valgte jordparametere er fornuftige.

Figur 9.7 viser eksempler på fordeling av terrengsetninger etter av tunnelen var ferdig. Største terrengsetning etter ferdig utgravet tunnel varierer i de 6 ulike profilene fra ca. 4 til 10 cm. Den største setningen har sammenheng med at det har vært foretatt noe oppfylling på terreng, det vil si det skyldes delvis konsolidering av leira på grunn av fyllingslasten. Det pågår også en naturlig krepsetning i området som følge av tidligere oppfylling og utvikling av Søranga området. Ut fra generelle erfaringer fra Oslo, antas krepsetningen her å kunne utgjøre minst 5 -10 mm/år (mye oppfyllingen er til dels av nyere dato, dvs. fra 1950-60 tallet).

Målt setning er vesentlig større enn beregnet, dels på grunn av at tverrveggene er mykere enn antatt. Arealet under setningsprofilen er imidlertid ca. 3 ganger arealet under horisontalforskyvningen, noe som må skyldes volumendringer i jorda. Årsaken er usikker, men det kan i tillegg til volumendringer i leira også skyldes egenetning i fyllmassene i toppen eller i avretningsmasser lagt i grøftene for slangesetningsmålerene. Dette delvis som følge av trafikkering over området med tungt anleggsutstyr over lang tid.

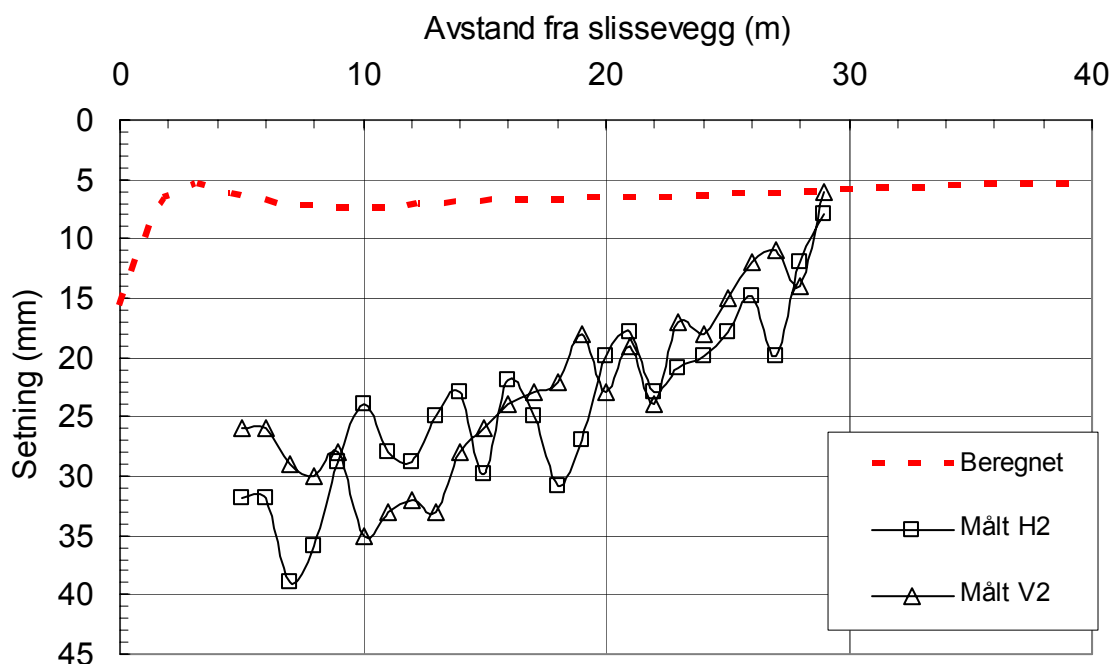


Fig 9.7 - Målt og beregnet terrengsetning ved Pr. 6393

Figur 9.8 viser et eksempel på målt deformasjonsutvikling med tid nær det dypeste snittet lengst nord. Setningen er vist for et punkt som ligger i 15 m avstand fra slisseveggene, og sammenliknet mot utviklingen av maksimal horisontalforskyvning målt i nivå ca. 5 m under underkant av tverrveggene. Figur 9.8 viser også tid for graving for takplate og bunnplate i tunnelen. Det fremgår at ca. 30 % av deformasjonene oppstod ved graving ned til takplaten. Deformasjonene har fortsatt etter at det var gravet til traubunn, men horisontaldeformasjonen stoppet når bunnplaten var støpt.

Erfaringsrapport slissevegger

Figur 9.9 viser setningsutviklingen for noen utvalgte paneler i forhold til fremdrift av byggeaktivitetene. De totale setninger utgjør fra ca. 6 til 12 cm. For de fleste paneler stoppet setningen mer eller mindre opp etter at takplaten var støpt. Unntaket er ved H18, der det straks etter støp av utførelse av takplaten ble fylt opp for etablering av ny Havnevei. Både størrelse av setningene på panelene og utvikling over tid, er i tråd med tidligere erfaringer fra slissvegger bygget i Oslo leire (Karlsrud, 1975 og 1978).

Setningsmålinger midt på takplaten viste at denne generelt satte seg noe rett etter støp, men at den hevet seg 5 til 20 mm ved utgraving for tunnelen. Som vist ved et eksempel i figur 9.10, var det også noe tendens til heving av de langsgående veggene når det ble gravet under takplaten. Dette er i samsvar med hva som var forventet ut fra PLAXIS beregningene. Den relativt markerte setning på ca. 10 mm ved takplate 3 etter drøye 9 måneder, synes å ha sammenheng med støp av bunnplaten.

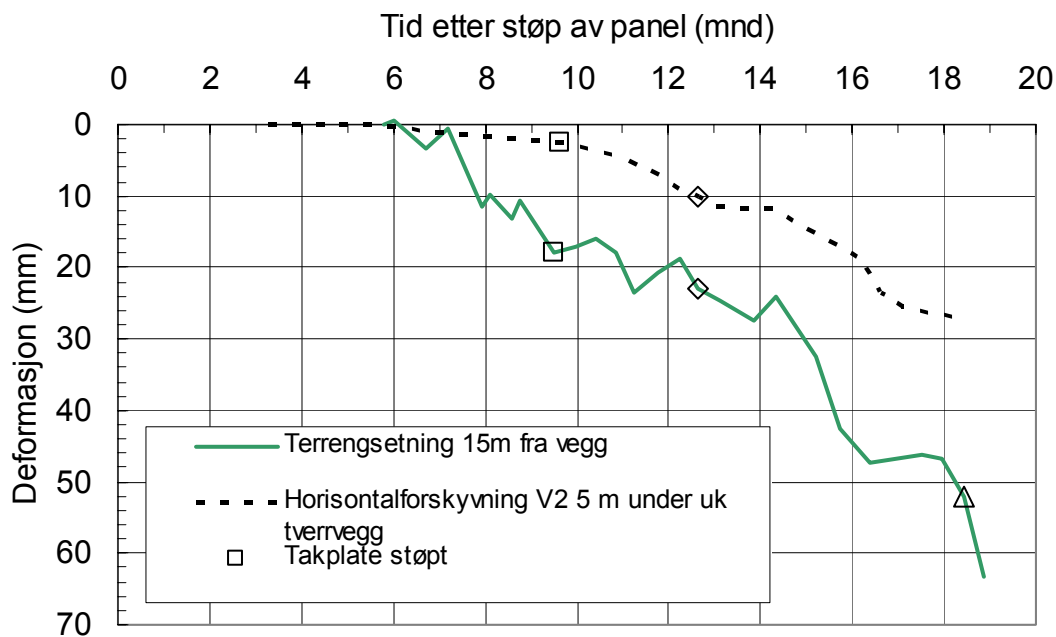


Fig 9.8 - Utvikling av maksimal setning og horisontalforskyvning med tid ved Pr. 6393

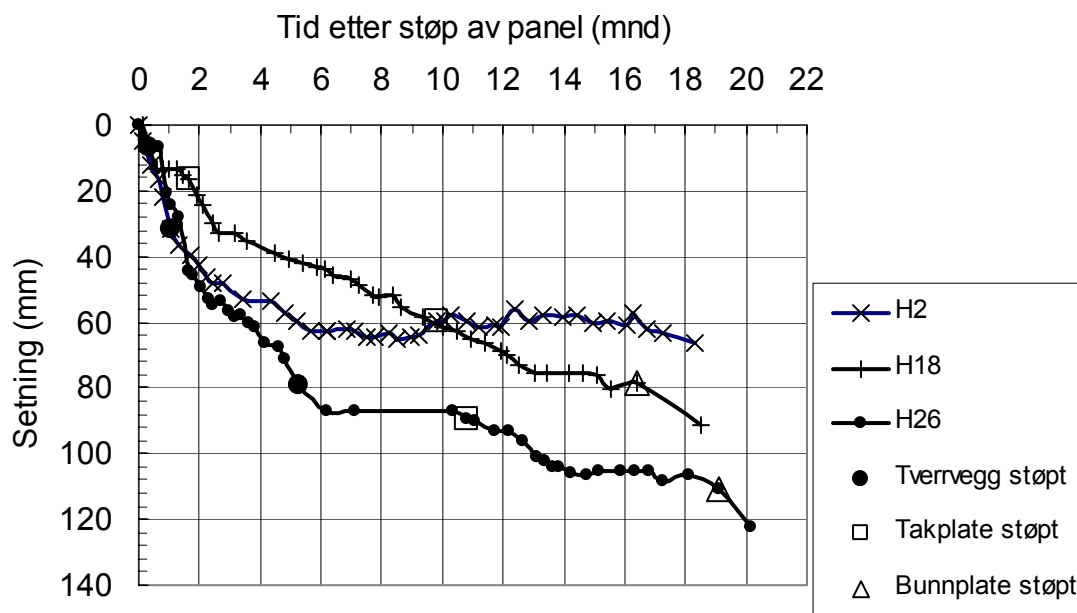


Fig 9.9 - Målt setningsforløp for utvalget paneler

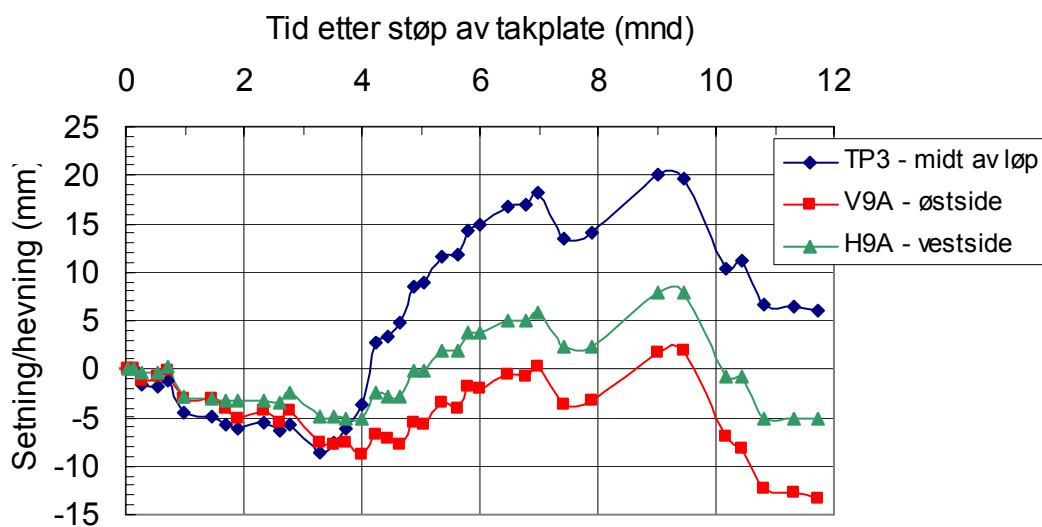


Fig 9.10 - Eksempel på målt setning/hevningsforløp av vegger og takplate 3 ved Pr. 6440

Utførte målinger av relativ deformasjon i kontakten mellom tverrvegg og langsgående panel, viser praktisk talt ingen deformasjon (0-2 mm) som bekrefter god kontakt mellom veggene og at friksjon ble overført som forutsatt.

9.4 Forslag til forbedringer

Entreprenøren har generelt gjennomført det foreskrevne måleprogrammet, inkludert installasjon av måleutstyr, målinger og presentasjon av disse, på en tilfredsstillende måte.

Problemet med tendens til utknekning av helningskanalene viser at disse burde ha vært installert på en annen måte, med bedre evne til å oppta relative vertikaldeformasjoner

Erfaringsrapport slissevegger

og/eller en bedre omfyllingsprosedyre, for eksempel ved injeksjon mellom kanal og omkringliggende leire eller foringsrør.

Erfaringene med slangesetningsmålingene tilsier at det i det minste burde vært en terrengsetningsmåler av konvensjonell type i vært snitt for verifikasjon av disse måleresultatene. Slike terrengsetningsmålere kunne med fordel vært utført som presisjonssetningsmålere med innerstang til fjell. Ved slike installasjoner må det være et foringsrør til like over fjell for å unngå påhengskrefter og falsk deformasjon av innerstangen. Slike målere kunne avleses med måleur eller elektronisk ved bruk av LVDT type givere. Innerstangen til fjell ville også kunne fungert som fastpunkt for andre nivellementer.

Selve presentasjonen av måleresultater kunne kanskje vært gjort bedre og mer oversiktlig, og gjort lettere tilgjengelig for videre bearbeidning av byggherre og konsulenter. For fremtiden burde det vurderes om det ikke ville vært mer hensiktsmessig at byggherren selv stod direkte for målingene.

Hvis setninger hadde vært et mer kritisk spørsmål, og det var sterkere behov for å avklare årsaken til disse, burde det ha vært installert måleutstyr på et eller to karakteristiske steder for å få frem setningsfordeling med dybden. Dette parallelt med måling av poretrykk i flere dybder.

For bedre å avdekke årsak til setninger burde det over området også ha vært installert 4-6 poretrykksmålere ved fjell. Dette spesielt sett i sammenheng med mulig effekt av lekkasje gjennom staghull i spuntgropa i syd og dels som følge av at deler av spuntgropa og påavrampene er i nær kontakt med fjell.

10 Betongtunnelen

Hensikten med byggegropa bestående av slissevegger var å etablere en betongtunnel for hovedløpet og rampe MO-DR. Hovedprinsippene for bygging av selve betongtunnelen var å bygge takplate først slik at den virker som innvendig avstiving av byggegropa. Deretter ble det gravet ut under takplate og resten av betongtunnelen ble deretter bygget i rekkefølge; bunnplate, yttervegger og midtvegg til slutt.

Betongtunnelen som i prosjektet benevnes konstruksjonselement K204 består av i alt 11 seksjoner med varierende lengde på 18 til 24 m målt i profillinjelinje DR-HA. Det er ikke gjennomgående armering i disse seksjonsskjøtene, kun en kraftig waterstop.

Rekkefølge i byggearbeidene slik de er angitt i kontrakten avviker noe fra endelig bygge-metode. Arbeidsrekkefølgen frem til at det var ferdig utgravd under takplate var i prinsippet lik opprinnelig kontrakt. I kontrakten var det forutsatt følgende videre arbeidsgang:

1. Takplate understøttes av stålstivere ned på tverrslisser.
2. Tverrsliss som understøtter takplate rives ned til nivå underkant bunnplate.
3. Del av bunnplate under midtvegg støpes
4. Midtvegg støpes
5. Midlertidige stålstivere fjernes
6. Resten av bunnplate støpes ut mot yttervegger
7. Yttervegger støpes.

Erfaringsrapport slissevegger

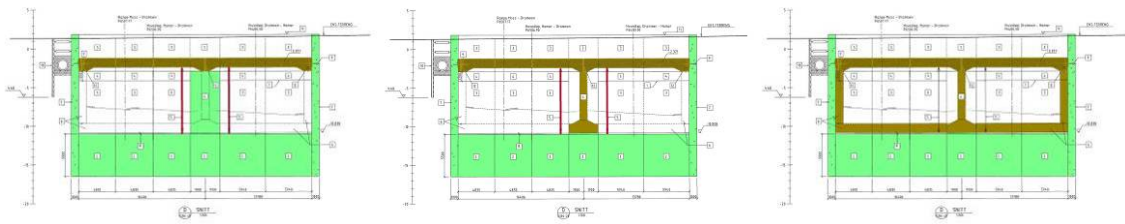


Fig 10.1- Kontraktens byggerekkefølge

Følgende rekkefølge ble benyttet:

1. Bunnplate for en hel seksjon støpes med utsparring rundt hver tverrsliss som understøtter taket.
2. Yttervegger støpes.
3. Del av midtvegg mellom hver tverrsliss støpes, ca 3m lengde
4. Tverrslisser som understøtter rives
5. Utsparringer i bunnplate armeres og støpes ut.
6. Siste del av midtvegg støpes ut

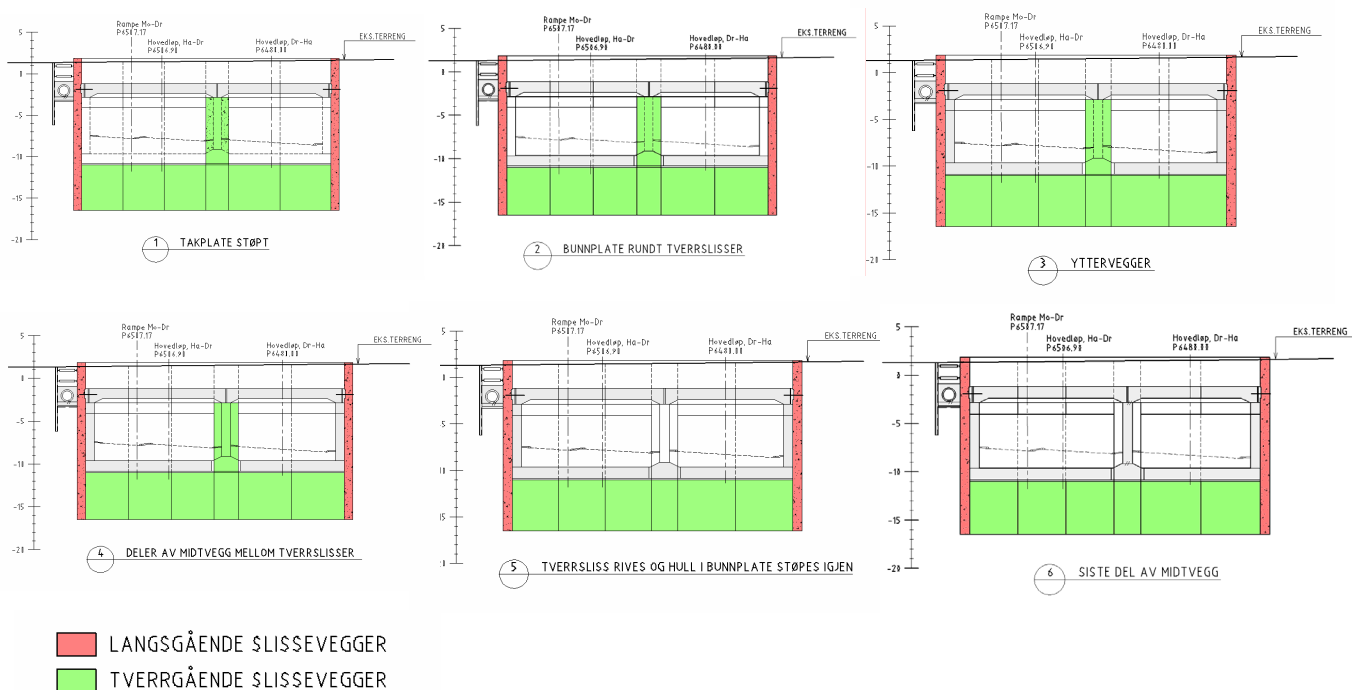


Fig 10.2 - Utført byggerekkefølge

Den valgte løsning ga en robust gjennomføring av arbeidene. Det var en fordel å slippe å rive tverrslissene samtidig med midlertidig understøttelse. Utsparringer rundt tverrslissene med kun ca 150 mm klaring lot seg armere videre med omfattende bruk av skjøtkoblinger. Fordelen var at man fikk rask produksjon av tilnærmet komplette bunnplater.

At midtvegger ble støpt i seksjoner før riving av tverrslisser medførte den mest tenkelige robuste gjennomføring av arbeidene ut fra sikker mot skader på stivere/understøttelser i midlertidige faser.

Erfaringsrapport slissevegger

10.1 Utsparing rundt tverrslisser

Bunnplatene ble støpt rundt tverrslisser med en forskalet avstand på 150 mm og med skjøtkoblinger inn mot forsiklingen. Disse skjøtkoblingene ble trukket noe tilbake slik at de ikke skulle bli skadet i forbindelse med riving av tverrslissene. Det er vedlagt en figur som viser prinsippet for utførelse av disse arbeidene. Det er relativt mye armering i underkant bunnplate. For å begrense omfang av skjøtkoblinger ble noe av armeringen flyttet til side for selve utsparingen.

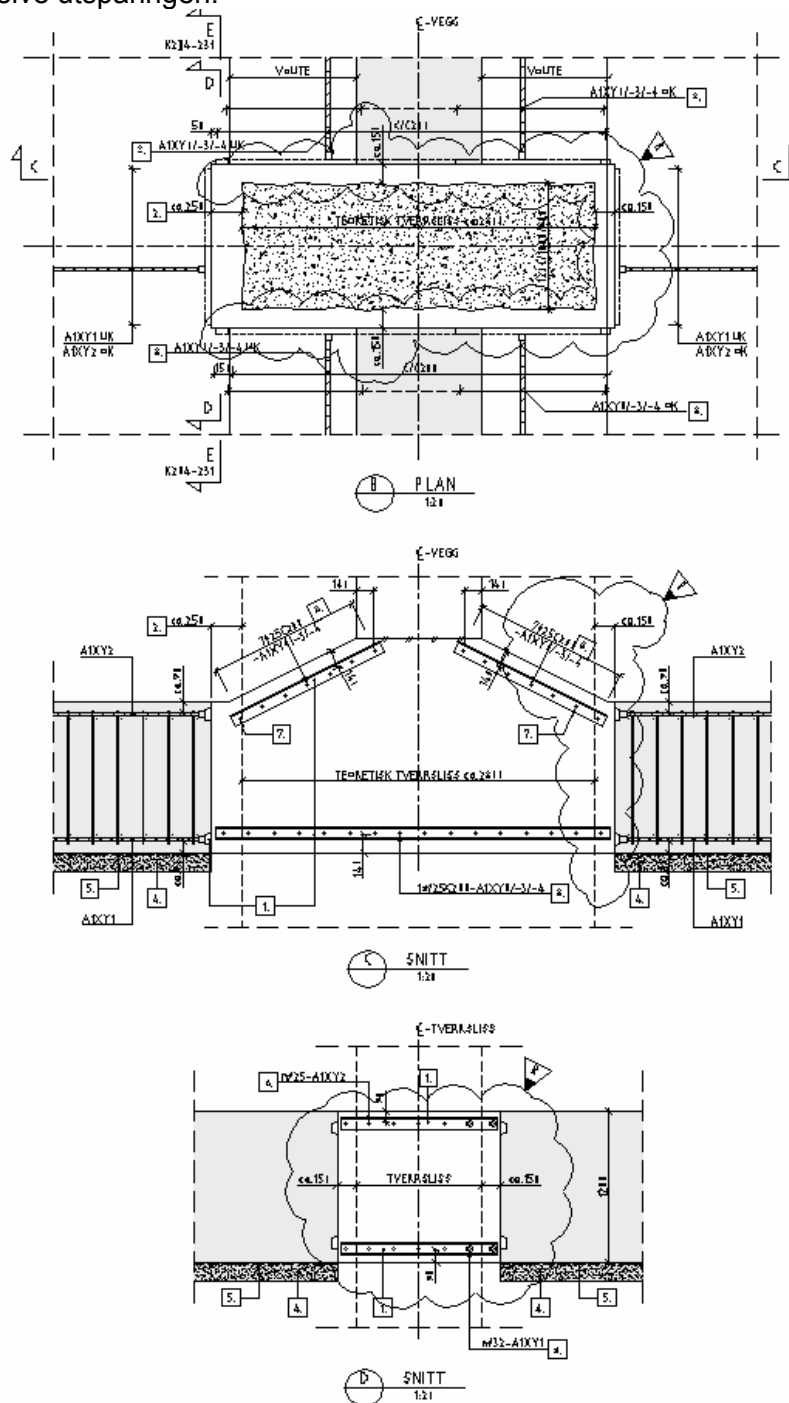


Fig 10.3 - Utsparing i bunnplate

10.2 Trinnvis støp av midtvegger

Etter at bunnplate ble støpt i en hel operasjon ble yttervegger og midtvegger forskalet og støpt parallelt. Ytterveggene ble støpt i hele seksjoner. Midtveggene ble derimot bygget i 3 m lang seksjoner mellom hver av tverrslisene. Se vedlagt figur.

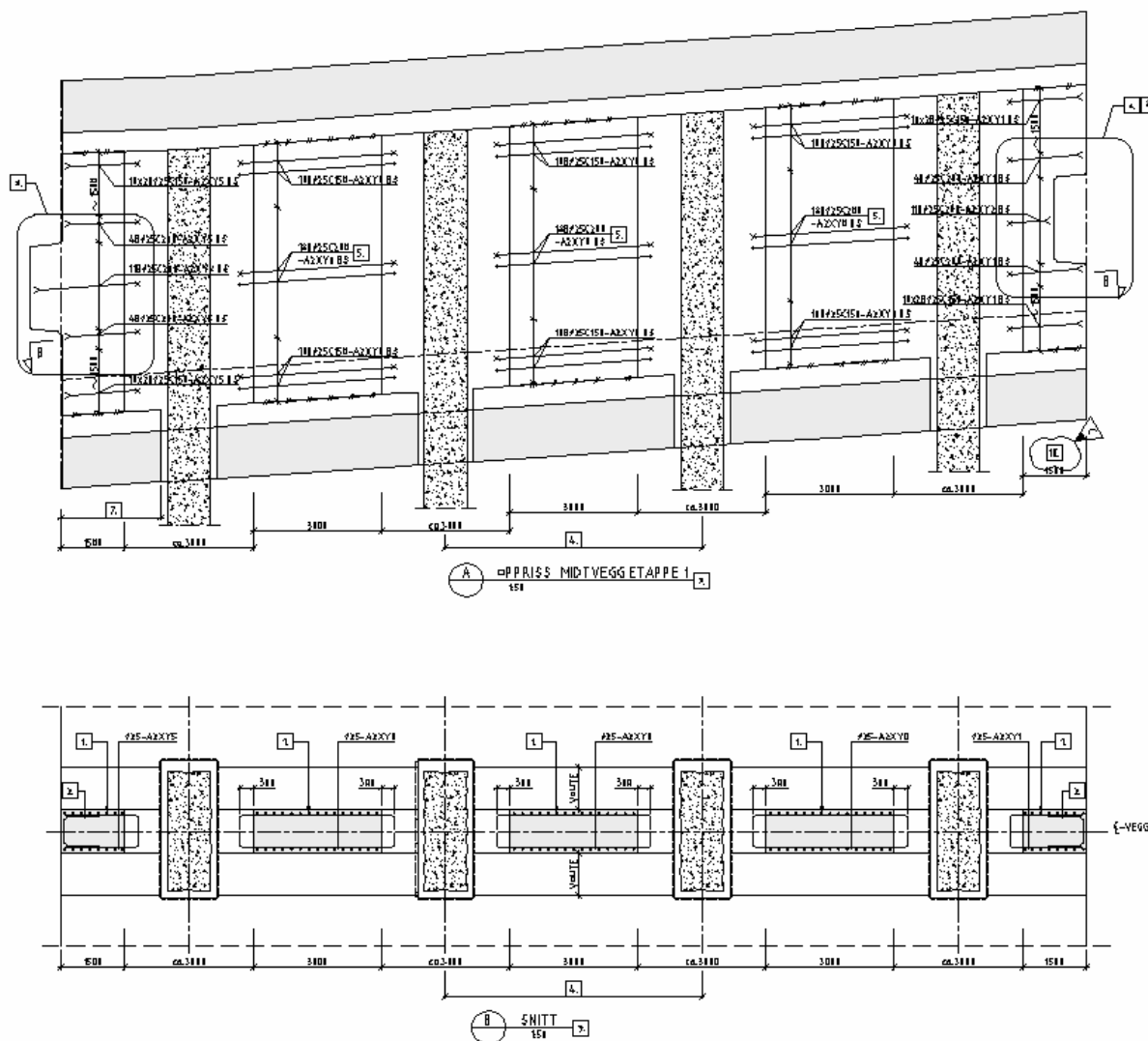


Fig 10.4 - Midtvegg bygget i etapper mellom understøttende tverrslisser.

10.3 Riving av tverrslisser

Tverrslissen ble revet ved sprengning "miniblasting". Rystelser fra sprengning ble målt i starten av rivingsarbeidene. Dette ble utført for å ha kontroll på en fornuftig avstand til konstruksjonsdeler med herdende betong.

Grunnen til at sprengning ble valgt av entreprenøren var i første rekke av HMS hensyn. Pigging ville gitt langvarig og intens støy i hele tunnelen.



Fig 10.5 - Sliss etter sprengning



Fig 10.6 - Sliss etter sprengning

Erfaringsrapport slissevegger

10.4 Hull etter tverrslisser og siste del av midtvegger

Etter at tverrslissene ble revet var det kun to operasjoner som gjensto: Det ene var å armere og støpe igjen hullene i bunnplate etter slisseveggene. Deretter ble siste del av midtveggene utført mellom de delene som allerede var støpt.

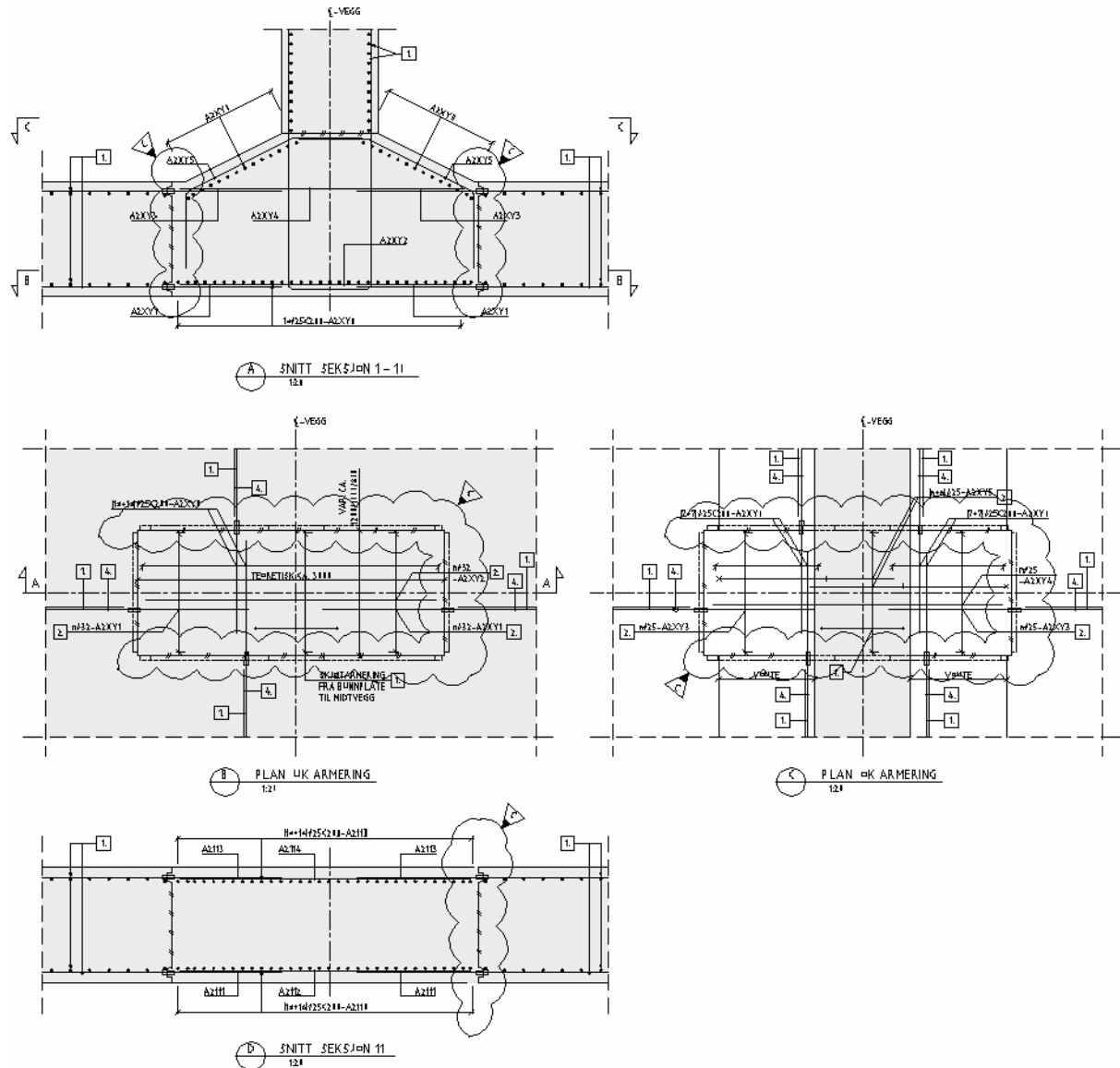


Fig 10.7 - Igjenstøping av hull i bunnplate

Erfaringsrapport slissevegger

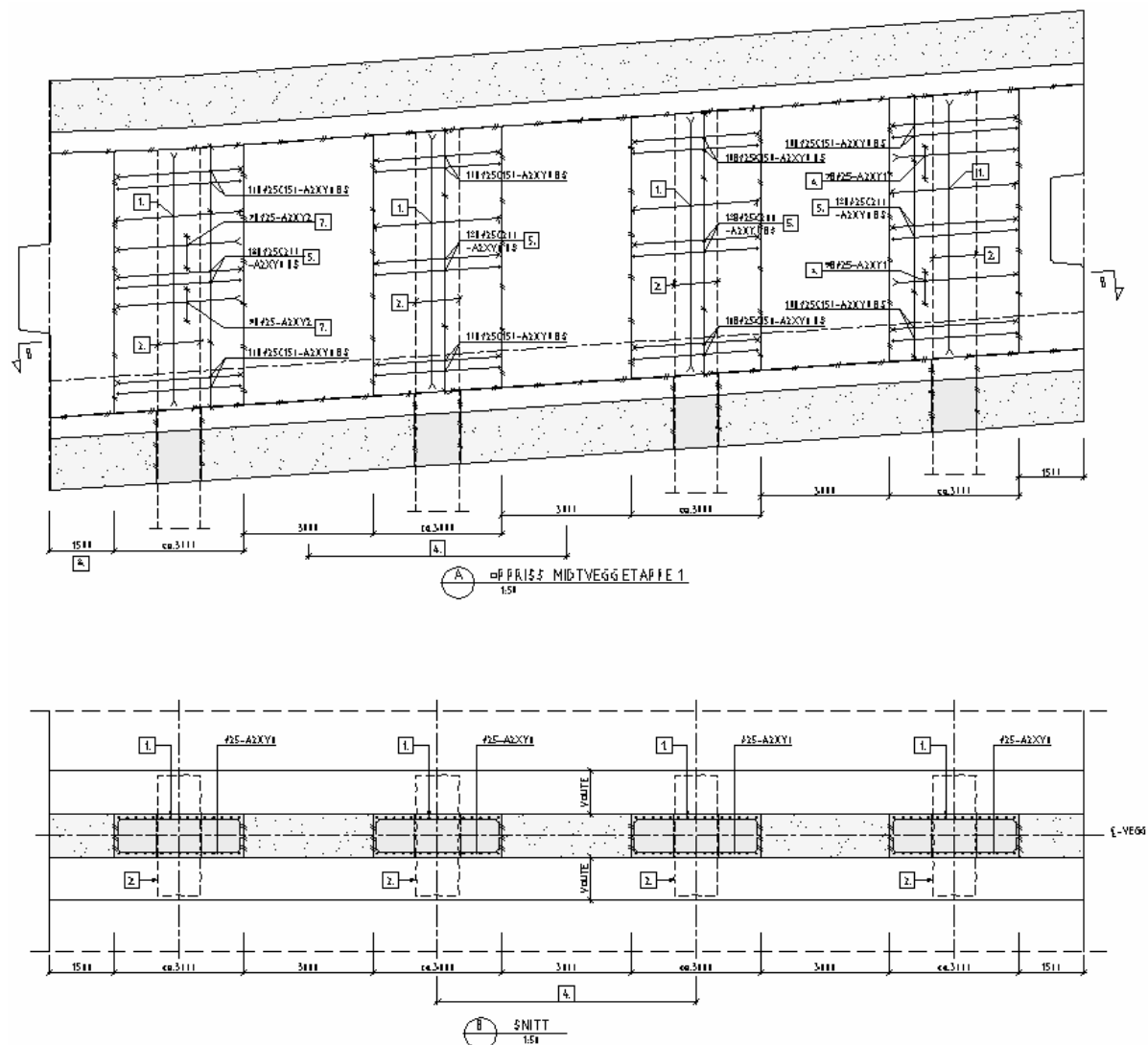


Fig 10.8 - Siste del av midtvegger

10.5 Hva kunne vært bedre?

I tidligere faser av prosjekteringen var det forutsatt at man i tverrslissepanel som understøtter taket skulle sette inn en stålsøyle samtidig med bygging av dette slisseveggpanelet. Denne stålsøylen skulle stå igjen i midtvegg og i bunnplate. Dvs. det ble ingen riving av understøttelse for taket, og midtvegger kunne støpes i en hel etappe med stålsøyle inne i midtveggen.

Prosjekteringsgruppen gikk vekk fra dette før dette ble sendt til teknisk delgodkjenning. Usikkerhet knyttet til posisjonering og ikke minst kraftoverføring i bunn mot tverrslissepanel var grunne til dette.

Erfaring fra prosjektet tilsier at man kunne benyttet betydelige ressurser for å utvikle dette til en robust løsning, fordelene i etterkant i forhold til fremdrift og enda enklere utførelse ville kunne forsvart dette. Et alternativ initiert av entreprenøren med stålrør påsveist dybler ble vurdert under byggesaken men, men den ble ikke funnet egnet.

Erfaringsrapport slissevegger

Utfordringen var å etablere en god understøttelse av den midlertidige søylen på tverrslissepanelet uten at utstøping og styrke i tverrslissepanelet forringes. Dette ville nok vært løsbart ved å armere opp hele bunnen av dette tverrslissepanelet, men det er først i ettertid man ser at en slik innsats ville være verdt fordelene for senere faser i arbeidet.

11 Kontrakten

Kontrakten var utformet som en tradisjonell enhetspriskontrakt basert på Prosesskoden, utgave 1997. Kontrakten var utformet med en generell del, "Generell spesiell beskrivelse" som gjelder alle elementene, og en mengdedel for hvert element. Slisseveggene var en del av element K204.

Slissevegger er kun tatt med i prosesskoden på et grovt nivå (prosess 83.8). Det var derfor nødvendig med til dels omfattende spesiell beskrivelse. Det var under prosjekteringen bestemt geometri på slisseveggene, dvs. lengde på langsgående paneler, og dermed avstand mellom tverrpanelene, bredde og dybde.

Entreprenøren var stilt fritt til å bestemme nødvendig densitet på støttevæske, lengde på tverrpanelene og hvordan de ikke konstruktive delene av tverrpanelene skulle utformes. Entreprenøren skulle også utforme armering i panelene ut fra gitte statiske krav fra byggherren supplert med egne behov for løfting mm.

Selve slisseveggarbeidene var dermed utført som en blanding av prosjektering av byggherre og entreprenør. Dette ga noen utfordringer, se avsnitt 11.3 Tillegg.

11.1 Mengder

Mengder for graving, armering og betong fra kontrakt og endelig mengdeoppgjør:

	Enhet	Kontakt	Utført
Ledevegger	m	1 780	1 683
Graving og støttevæske for slissevegg			
Graving og støttevæske for slissevegger tykkelse 1.2m	m3	8 000	7 850
Graving og støttevæske for slissevegger tykkelse 1.0m	m3	16 000	15 025
Graving og støttevæske for slissevegger tykkelse 0.8m	m3	6 000	6 051
Armering av slissevegg			
Armering av slissevegger	tonn	1 350	1 086
Armering av slissevegger, skjøtarmering til takplate	stk	1 600	1 496
Armering av slissevegger, skjøtarmering til øvre stivere	stk	200	131
Armering av slissevegger, skjøtarmering til stivere over takplaten	stk	500	108
Armering av slissevegger, skjøtarmering til bunnplaten	stk	600	-
Betong			
Betong langsgående slissevegger	m3	8 500	8 082
Betong tverrgående slissevegger med konstruktiv betong	m3	12 000	7 696
Betong tverrgående slissevegger med ikke-konstruktiv betong	m3	9 500	12 810
Utsparring for opplegg av takplate	m	300	302
Vertikale skjøter mellom langsgående slisseveggpaneler	m	1 300	1 261
Vertikale skjøter mellom langsgående og tverrgående slissevegg	m	1 290	1 332
Vertikale skjøter mellom tverrgående slisseveggpaneler	m	3 300	3 278

11.2 Endringsanmodninger

Endringsanmodninger kom i all hovedsak knyttet til forgraving, fjerning av gamle peler og rør i grunnen.

11.3 Tillegg

Det ble utbetalt betydelige tillegg for slisseveggarbeidene. Tilleggene var i hovedsak knyttet til følgende forhold:

1. Forgraving, tilbakefylling
2. Oppfylling indre område
3. Økt densitet støttevæske
4. Økt omfang mellomlagring av masser
5. Omfang måleprogram, dokumentasjon av slisseveggpaneler
6. Riving av tverrvegger av konstruktiv betong

11.3.1 Forgraving, tilbakefylling

Det var i kontrakten tatt med forgraving langs alle slisseveggpaneler, prosess 81.196. I praksis var det så mye kabler, ledninger og gamle kaikonstruksjoner at alle massene i slisseveggområdet ble fjernet ned til rene masser og tilbakefylt.

Dette var sett i ettertid en riktig utførelse. Entreprenøren fikk godtgjort disse arbeidene med fradrag av kontraktens poster for forgraving.

11.3.2 Oppfylling indre område

Inn over Sørreng skulle terrenget heves og slisseveggene skulle føres over eksisterende terreng. Det måtte derfor fylles opp før etablering av ledevegger. Denne posten var uteglemt i konkurransegrunnlaget. Entreprenøren fikk derfor godtgjort disse arbeidene.

11.3.3 Økt densitet støttevæske

I stabilitet av en slissevegggrøft inngår, foruten skjærstyrke av jorda, følgende variable:

- Geometri på sliss (bestemt av byggherren)
- Nivåforskjell topp støttevæske og terreng
- Vekt slisseveggmaskin
- Densitet støttevæske
- Krav til sikkerhet

Entreprenøren hevdet at med den geometrien som var bestemt av byggherren skulle det vært varslet i konkurransegrunnlaget at det ville være behov for å benytte ekstra tung støttevæske med barytt i tillegg til bentonitt.

Etter en samlet vurdering av slisseveggarbeidene godtok byggherren dette argumentet og det ble utbetalt et betydelig beløp for økt densitet på støttevæske.

11.3.4 Omfang måleprogram, dokumentasjon av slisseveggpaneler

Det normale kontrollomfanget var henvist til NS-EN 1538 tabell 3. Denne er lite detaljert og i praksis ble det meste av de målinger som byggherren forlangte oppgjort som spesielle målinger i henhold til kontrakten.

11.3.5 Riving av tverrvegger av konstruktiv betong

I konkurransegrunnlaget var riving og fjerning av tverrslisseveggene tatt med som "Løsgjøring og graving av harde masser ..." (prosess 81.17) i graveprosessene. I praksis ble de deler av tverrpanelene som var av betong revet som betongkonstruksjoner, dvs. riving med pigging, utsortering og borttransport til knusing og gjenbruk.

Entreprenøren krevde godtgjørelse som riving av betong, som for øvrig på entreprisen, og dette ble akseptert av byggherren.

11.3.6 Oppsummering kostnader for slisseveggene

Samlet kostnad for etablering av slissevegger er kr. 78.740.200 (inkl. godkjente tillegg og uten generell rigg). Dette inkluderer ikke kostnadene for endetverrspunten mot sjøen. Det er utført i alt 27.475 m² slissevegg og det er gravd og støpt ut (eventuelt tilbakefylt med puk) 26.537 m³. Lengden av slissevegg-gropa er 233 m.

Dette gir følgende erfaringspriser:

Kostnad pr. m ² slissevegg	2.865	kr/m ²
Kostnad pr. 1m byggegrop (begge sider)	337.940	kr/1m

I vurderingene av kostnadene skal det tas hensyn til entreprenørens generelle rigg, som for dette prosjektet var høy.

11.4 HMS

Under byggingen av slisseveggene var HMS-utfordringen i hovedsak knyttet til:

- Språkproblemer med arbeidere fra mange land
- Bruk av tungt anleggsutstyr

11.5 Forslag til forbedringer

Det burde vært klargjort i konkurransegrunnlaget at geometrien var optimalisert i forhold til geoteknisk stabilitet og at dette krevde støttevæske med densitet på minimum 11,5 kN/m³.

Det normale kontrollomfanget var henvist til NS-EN 1538 tabell 3. Denne er for generell og angir for dårlige målinger. Kontrollkravet bør derfor skjerpes i spesiell beskrivelse til å ta med det som ønskes av løpende produksjonskontroll inn i de ordinære slisseveggprosessene.

12 Erfaringer

12.1 Framdrift, planlagt og virkelig

12.2 Hovedmengder og kostnader for konstruksjonselement K204

Samlet kostnad for konstruksjonselement K204 (inkl. godkjente tillegg og uten generell rigg) er kr. 219.077.400.

Lengde av betongtunnelen er 233 m. Dette gir en løpemeterpris på 940.250 kr/lm.

12.3 Erfaringer og vurderinger av slissevegger som permanente konstruksjoner

De langsgående slisseveggene i dette prosjektet har vært prosjektert som en midlertidig konstruksjon. Det har derfor ikke vært utført kontroller av bruksgrensetilstanden for slisseveggene. Kun kontroll i bruddgrense. Det ble valgt en overdekning på 65 mm, minimum i henhold til NS-EN 1538 er 60 mm for midlertidige konstruksjoner.

Det som dimensjonerer tykkelse på slisseveggene er følgende kriterier: armeringsmengde: 2Ø32 i ett lag og fri avstand mellom stenger/ bunt, min 100 mm, NS-EN 1538
Dvs: Maksimal armeringsmengde vertikalt: 2Ø32c180

Vi vurderte flere lag med armering men krav til horisontal avstand på grunn av utstøpning medførte at denne armering i lag nummer to ble lite effektiv.

Det var ett punkt som typisk dimensjonerte slisseveggens tykkelse og det var område for anlegg mot tverrslisseveggene, på nivå med maksimal utgraving.

Et vesentlig punkt for om det er kostnadsdrivende å bygge slissevegger for permanent bæring eller kun midlertidig er om bæresystemet endres fra den dimensjonerende situasjonen.

I dette konkrete tilfelle ble belastning på slisseveggene reduseres betydelig i det bunnplaten støpes. Anleggspunkt på tverrslissene vil opphøre og veggens vertikale spennvidde mellom takplate og bunnplate er redusert i forhold til maksimal utgraving.

Det er videre flere forhold som også må vurderes. Et viktig punkt er strategi for vanntetting. Overgang mellom slissevegger og takplate samt fuger i takplate konstruksjon gir en rekke komplekse utfordringer i forhold til vanntetting. Å støpe ut full tunnel slik som utført i dette prosjektet er den mest robuste metoden teknisk sett. Vi drener heller ikke byggegropa i permanent situasjon slik at omgivelsene skal ikke bli berørt av endringer vanntrykknivåer.

De langsgående slisseveggene i dette prosjektet var i prinsippet vanntette nok selv om skjøtene mellom slisseveggpanelene ikke ble bygget med en waterstop. Det er avgjørende at det er homogene masser i dette tilfellet leire rundt panelene som sikrer vanntettingen.

I dette prosjektet har konstruksjonen bygget med slissevegger et grensesnitt mot en senketunnel. Senketunnelen har skjøter som vil medføre aksialt trykk i tunnelsystemet som igjen krever at en bunnplate må inngå i konstruksjonen fra sjøen og et godt stykke oppover Sørrenga. Dette sett i sammenheng med at yttervegger alene, fra ok bunnplate til uk tak, er

Erfaringsrapport slissevegger

en liten differansekostnad for å få et avklart og robust forhold til vanntetting har forsterket vår oppfatning at for dette konkrete prosjektet så er fullt tunnel tverrsnitt fortsatt det riktige konseptet.

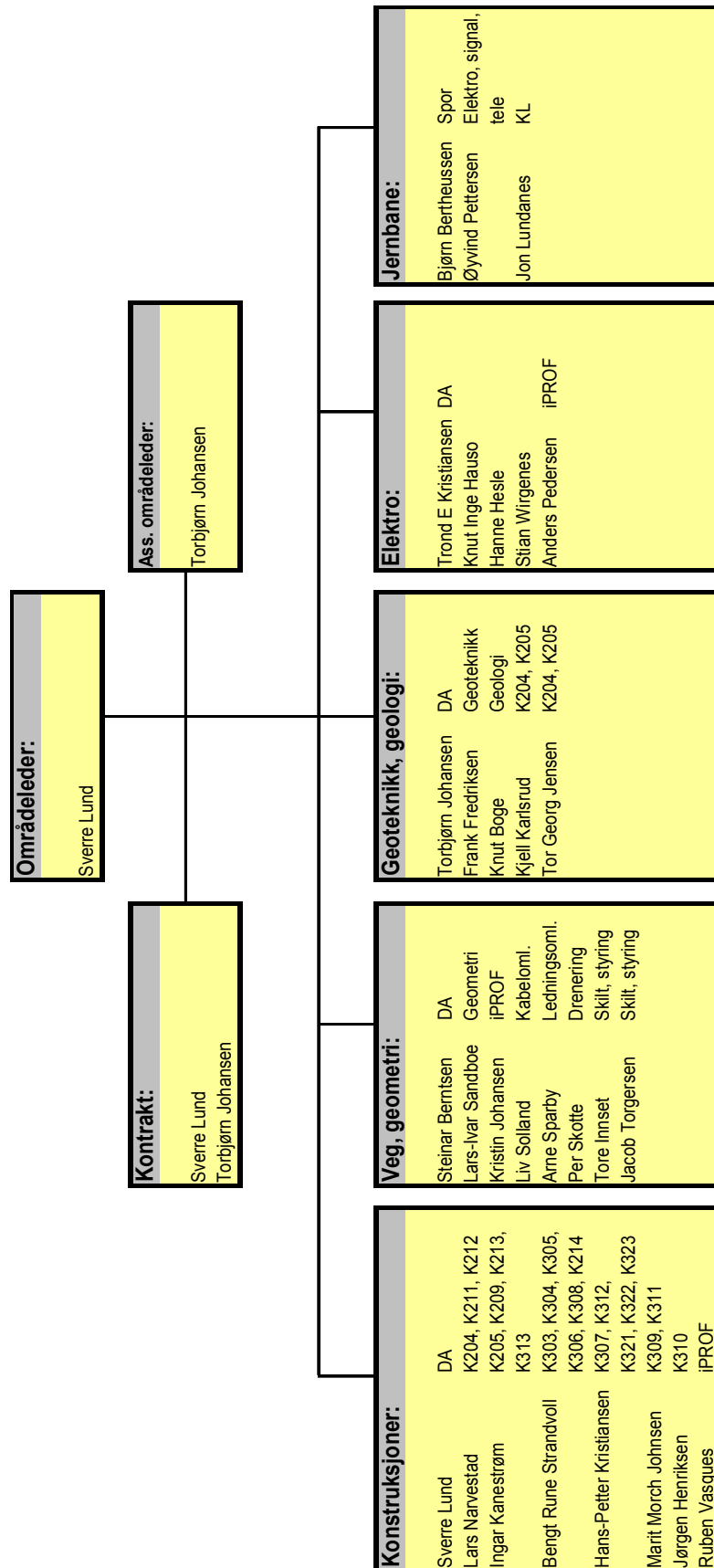
Erfaringen med slissevegger utført i de aktuelle omgivelser har forsterket vår oppfatning om at slissevegger gjerne kan inngå som permanent bærende konstruksjonsdeler. Vanntetting som problem blir til dels borte hvis gropa for all tid skal være åpen, dvs større og dype traue synes nærliggende som en type konstruksjon hvor slissevegger har et potensial som permanent konstruksjon. Vi ser heller ikke bort fra at løsninger med takplate også vil være fullt mulig så lenge rammebetingelsene i prosjektet er slik at vanntetting lar seg løse.

13 Referanseliste, prosjektdokumenter

13.1 Grunnundersøkelsesrapporter

- Oppdragsrapport, Oppdrag A-21A rapport nr. 2 – DEL 1. E18 mellom Festningstunnelen og Ekeberg tunnelen. Grunnundersøkelser for detaljplan, Alternativ B. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. 20. august 1996.
- Oppdragsrapport, Oppdrag A-21A rapport nr. 2 – DEL II. E18 mellom Festningstunnelen og Ekeberg tunnelen. Grunnundersøkelser for detaljplan, Alternativ B. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. 20. august 1996.
- Oppdragsrapport, Oppdrag A-21A rapport nr. 4. E18 mellom Festningstunnelen og Ekeberg tunnelen. Supplerende grunnundersøkelser. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. 6. november 1998.
- Oppdragsrapport, Oppdrag A-21A rapport nr. 6. E18 mellom Festningstunnelen og Ekeberg tunnelen. Sørønga. Grunnundersøkelser for detalj- og reguleringsplan. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. 04.12.2001.
- Oppdragsrapport, Oppdrag A-21A rapport nr. 7. E18 mellom Festningstunnelen og Ekeberg tunnelen. Loenga. Grunnundersøkelser for detalj- og reguleringsplan. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. 04.12.2001.
- Oppdragsrapport, Oppdrag A-21A rapport nr. 11. Sørønga. Grunnundersøkelser for detalj- og reguleringsplan. Supplerende boringer. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. 22. april 1999.
- Oppdragsrapport, Oppdrag A-21A rapport nr. 12. Loenga + Grønli. Grunnundersøkelser for detalj- og reguleringsplan. Supplerende boringer. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. 18.12.2001.
- Oppdragsrapport, Oppdrag A-21A rapport nr. 13. Sørønga, Loenga og Grønli. Grunnundersøkelser for detalj- og reguleringsplan. Supplerende boringer vinter 2002. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. 03.06.2002.

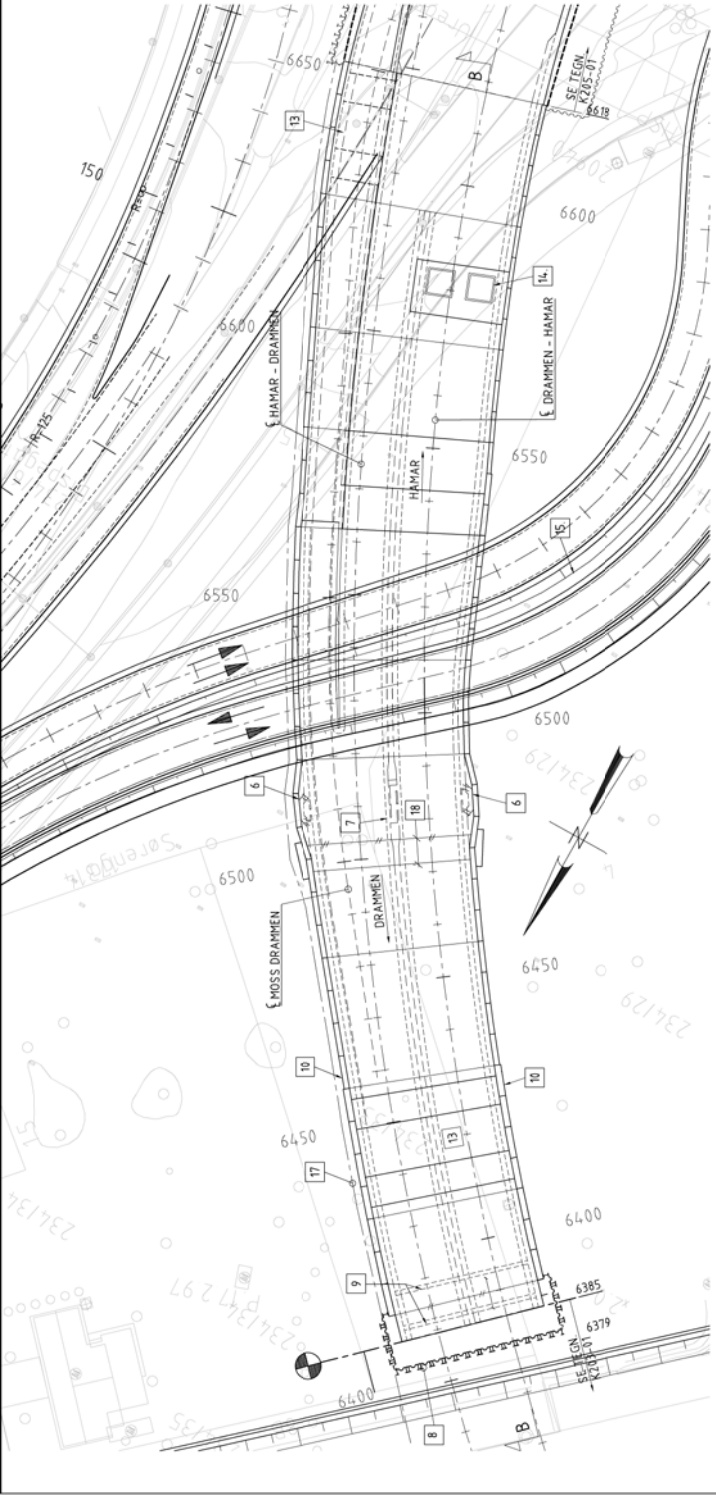
Organisasjonsplan konsulentgruppen entrepriise Sørønga



BEKRENNINGER:

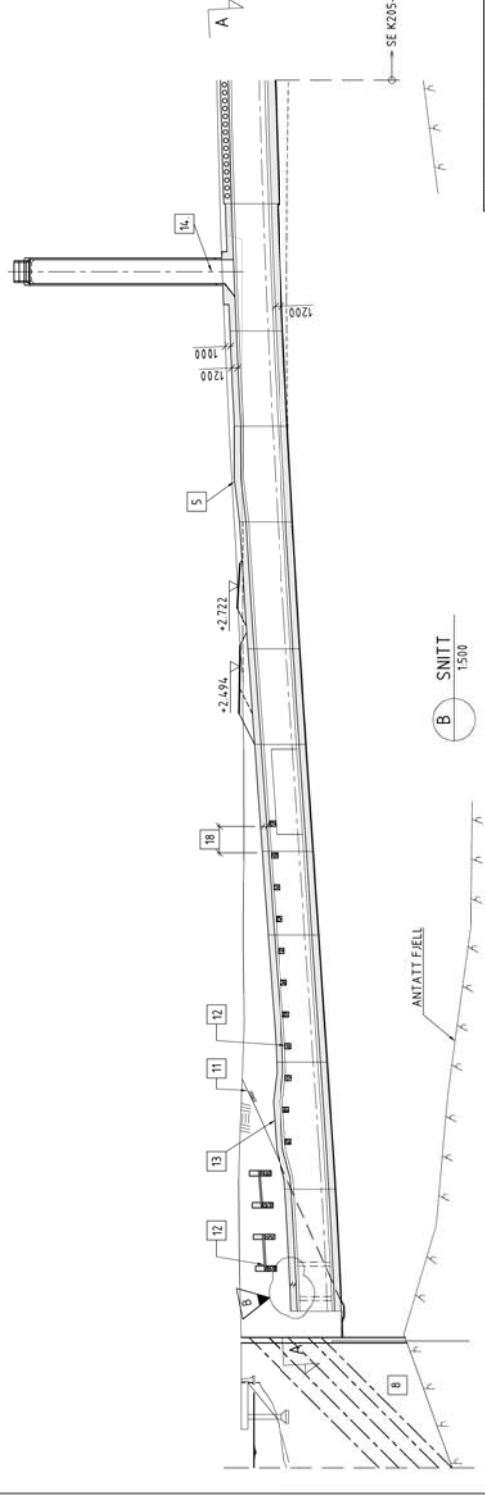
- KONSTRUKSJONEN ER PROSJEKTERT I HENHOLD TIL:
HB 185 "PROSJEKTERINGSREGLER FOR BRUER" MED RETTELSE, ENDRINGER OG TILLEGG TIL UTGAVE 1996, VERSJON 2001-1 HB 184 "LASTSKRIFTER FOR BRUER OG FERREKAER I DET OFFENTLIGE VEGNETT" MED RETTELSE, ENDRINGER OG TILLEGG TIL UTGAVE 1996, VERSJON 2001-1
STATENS VEGVESSEN, REGION ØST E18 MELLOM EKEBERGTUNNELN OG FESTNINGS-TUNNELN "PROSJEKTERINGSGRUNNLAG" UTGAVE AV AUGUST 2004, FOR BYGGEPLANFASEN
- BYGGVERKET ER DIMENSJONERT FOR FØLGENDE SLETELAGSVEKT, IKKE RELEVANT
- BETONGKVALITETER:
BETONGTUNNEL LAVVÅRMEBETONG, C14
STIVERE OG OVERGANGSPLETTER: SV40, C55,
TYPE FUKTISOLERING:
BENTONITT MEMBRAN MOT BUNNPLATE
BENTONITT MEMBRAN PÅ TAKPLATE FOR P6385-P6492 HOVEDLØP
BENTONITT MEMBRAN PÅ TAKPLATE FOR RAMPE-ØD, P6534-P6618
TOPEKA MEMBRAN PÅ TAKPLATE HOVEDLØP FOR P6492 HOVEDLØP - P6618
- TAKNISJE FOR SKILT.
- SOS NISJE.
- RØMNINGSVEI.
- STAGFORANKRET ENDESPUNT.
- TVERRSKOTT, IKKE DEL AV DENNE ENTREPRISE.
- BYGGEGROP AV SLUSSEVEGGER, LANGSGÅENDE SLUSSEVEGGER ER DEL AV VERTIKAL BALLAST FOR PERMANENT TILSTAND.
- TILBAKEFYLLING TIL DETTE NIVÅ FØR ENTREPRISE S JØDELEN
- TEMPORÆR AVSTYVNING AV SLUSSEVEGGER.
- TAKNISJE FOR VIFTER.
- VENTILASJONSTÅRN OVER TUNNELN, SE TEGN. K211-01
- OMLAGT HAVNEVEI OG HD - DR.
- HØYDER ER UTEN TILLEGG FOR NISJE OG GJELDER HOVEDLØP DR-HA.
- 120mm OY-LEDNING.
- FUGE ELYTTET PGA. MIDLERTIDIG UTSPARING I TAKPLATE.
STØPESKJØT KUN I TAKPLATE TIL OG MED VOUTE. SE TEGN. K204-165.

- HENVISNINGER:
BYGGEGROP SLUSSEVEGG OPPRISSE
NØDÅPNING
SE TEGN. K204-22
SE TEGN. K204-62
SE TEGN. K204-64
SE TEGN. K204-65/67
SE TEGN. K204-66
- ANGITT MÅLESTOKK GJELDER A1-FORMAT

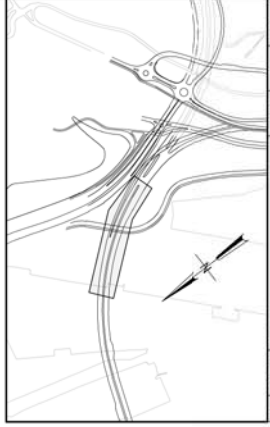


A PLAN 1500

Pf. DR-HA	6380	6390	6400	6410	6420	6430	6440	6450	6460	6470	6480	6490	6500	6510	6520	6530	6540	6550	6560	6570	6580	6590	6600	6610	6620
HØYDE DR-HA	-14,357	-13,988	-13,518	-13,048	-12,578	-12,108	-11,638	-11,168	-10,698	-10,228	-9,758	-9,288	-8,818	-8,348	-7,878	-7,408	-6,938	-6,468	-5,998	-5,528	-5,058	-4,588	-4,118	-3,648	-3,178
ØK TUNNEL Ø	-7,695	-7,888	-8,081	-8,274	-8,467	-8,660	-8,853	-9,046	-9,239	-9,432	-9,625	-9,818	-10,011	-10,204	-10,397	-10,590	-10,783	-10,976	-11,169	-11,362	-11,555	-11,748	-11,941	-12,134	-12,327
ØK TUNNEL H	-16,997	-16,542	-16,087	-15,632	-15,177	-14,722	-14,267	-13,812	-13,357	-12,902	-12,447	-11,992	-11,537	-11,082	-10,627	-10,172	-9,717	-9,262	-8,807	-8,352	-7,897	-7,442	-6,987	-6,532	-6,077



B SNITT 1500

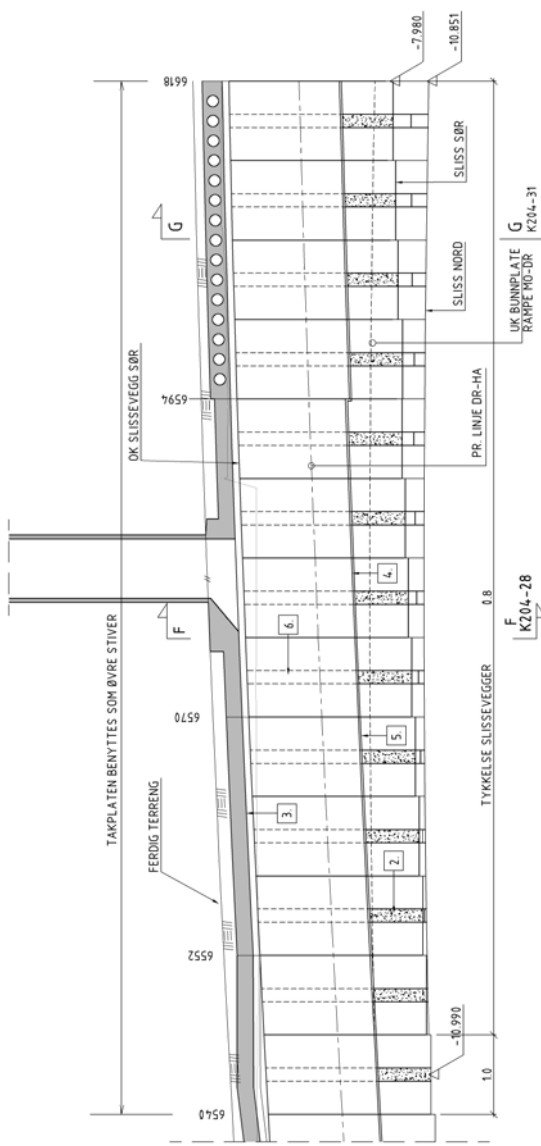


B	1387.84.28	Membran	LMA	SU
C	1387.05.31	Membran	LMA	SU
B	1385.18.24	Edge, fluted edge, water-repellent, waterproof	LMA	SU
Rev.	0111	Edge, fluted edge, water-repellent, waterproof	LMA	SU
<p>Statens vegvesen</p> <p>E18 MELLOM FESTNINGS-TUNNELN OG EKEBERGTUNNELN - ENTREPRISE SØRENGA</p> <p>HOVEDLØP SØRENGA, YTRE DEL</p> <p>BYGGEPLAN OVERSKILT</p> <p>P. 6385 - P. 6618</p> <p>Prosjekt av: AAAS-JAKOBSEN</p> <p>Rev. K204-01</p>				

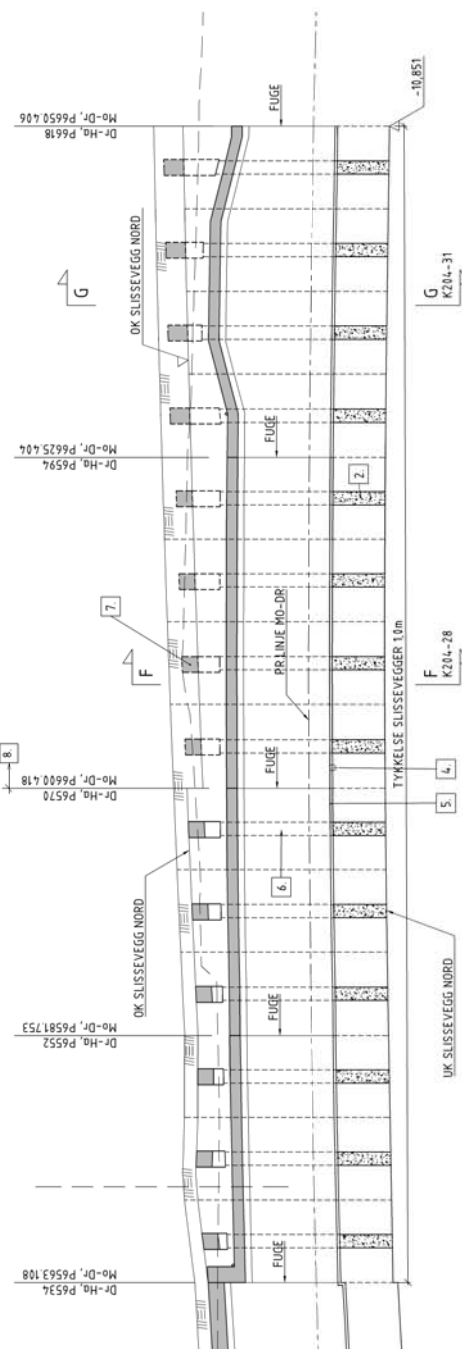
Godkjent som arbeidsregning av
Vegvesenets beredning i brev av 21.05.2015.
Sjette Lund
Prosjektregning

BEKRENNINGER

1. HVER SEKSJON AV SLUSSEVEGGER ER 6.0 m MÅLT LANGS PROFIL-LINJEN DR-HA
2. KONSTRUKTIVE RIBBER
3. DET GRAVES NED TIL UK TAKPLATE, DENNE UTSTØPES MOT FORSKALING PÅ AVRETTET GRUNN
4. DET GRAVES UT TIL DETTE NIVÅ ETTER AT TUNNELS TAK ER STØPT.
5. FRA AVGRAVD NIVÅ OG OPP: FIBERDUK OVER LEIRE, 150mm AVRETTING MED PUKK Ø-63, 50mm MAGERBETONG SAMT MEMBRAN NÆRMEST KONSTRUKSJONEN.
6. DET ØVRIGE VOLUMET I SLUSSEVEGGØFTEEN FOR RIBBER STØPES UT MED IKKE KONSTRUKTIV BETONG ELLER ANNET EGNET MATERIALE.
7. BETONGSTIVERE STØPT SOM DEL AV TAKPLATE OVER HOVEDLØP.
8. BUEKLER FOR SLUSSEBEGGANELER V31 TIL V38 RIVES ETTER AT HELE BETONGTVERRSNITTET ER STØPT UT.



A SNITT
K204-21 1:200

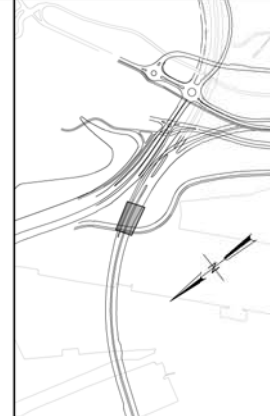


B SNITT
K204-21 1:200

HEVVISNINGER

- FORM SLUSSEVEGGER SE TEGN K204-140 TIL 145

ANGITT MÅLESTOKK GJELDER A1-FORMAT



Rev.	Rev. No.	Rev. Dato	Rev. Beskrivelse
1	1	2014-08-18	Opprinnelig
2	2	2014-08-18	Endring
3	3	2014-08-18	Endring
4	4	2014-08-18	Endring
5	5	2014-08-18	Endring
6	6	2014-08-18	Endring
7	7	2014-08-18	Endring
8	8	2014-08-18	Endring
9	9	2014-08-18	Endring
10	10	2014-08-18	Endring
11	11	2014-08-18	Endring
12	12	2014-08-18	Endring
13	13	2014-08-18	Endring
14	14	2014-08-18	Endring
15	15	2014-08-18	Endring
16	16	2014-08-18	Endring
17	17	2014-08-18	Endring
18	18	2014-08-18	Endring
19	19	2014-08-18	Endring
20	20	2014-08-18	Endring
21	21	2014-08-18	Endring
22	22	2014-08-18	Endring
23	23	2014-08-18	Endring
24	24	2014-08-18	Endring
25	25	2014-08-18	Endring
26	26	2014-08-18	Endring
27	27	2014-08-18	Endring
28	28	2014-08-18	Endring
29	29	2014-08-18	Endring
30	30	2014-08-18	Endring
31	31	2014-08-18	Endring
32	32	2014-08-18	Endring
33	33	2014-08-18	Endring
34	34	2014-08-18	Endring
35	35	2014-08-18	Endring
36	36	2014-08-18	Endring
37	37	2014-08-18	Endring
38	38	2014-08-18	Endring
39	39	2014-08-18	Endring
40	40	2014-08-18	Endring
41	41	2014-08-18	Endring
42	42	2014-08-18	Endring
43	43	2014-08-18	Endring
44	44	2014-08-18	Endring
45	45	2014-08-18	Endring
46	46	2014-08-18	Endring
47	47	2014-08-18	Endring
48	48	2014-08-18	Endring
49	49	2014-08-18	Endring
50	50	2014-08-18	Endring
51	51	2014-08-18	Endring
52	52	2014-08-18	Endring
53	53	2014-08-18	Endring
54	54	2014-08-18	Endring
55	55	2014-08-18	Endring
56	56	2014-08-18	Endring
57	57	2014-08-18	Endring
58	58	2014-08-18	Endring
59	59	2014-08-18	Endring
60	60	2014-08-18	Endring
61	61	2014-08-18	Endring
62	62	2014-08-18	Endring
63	63	2014-08-18	Endring
64	64	2014-08-18	Endring
65	65	2014-08-18	Endring
66	66	2014-08-18	Endring
67	67	2014-08-18	Endring
68	68	2014-08-18	Endring
69	69	2014-08-18	Endring
70	70	2014-08-18	Endring
71	71	2014-08-18	Endring
72	72	2014-08-18	Endring
73	73	2014-08-18	Endring
74	74	2014-08-18	Endring
75	75	2014-08-18	Endring
76	76	2014-08-18	Endring
77	77	2014-08-18	Endring
78	78	2014-08-18	Endring
79	79	2014-08-18	Endring
80	80	2014-08-18	Endring
81	81	2014-08-18	Endring
82	82	2014-08-18	Endring
83	83	2014-08-18	Endring
84	84	2014-08-18	Endring
85	85	2014-08-18	Endring
86	86	2014-08-18	Endring
87	87	2014-08-18	Endring
88	88	2014-08-18	Endring
89	89	2014-08-18	Endring
90	90	2014-08-18	Endring
91	91	2014-08-18	Endring
92	92	2014-08-18	Endring
93	93	2014-08-18	Endring
94	94	2014-08-18	Endring
95	95	2014-08-18	Endring
96	96	2014-08-18	Endring
97	97	2014-08-18	Endring
98	98	2014-08-18	Endring
99	99	2014-08-18	Endring
100	100	2014-08-18	Endring

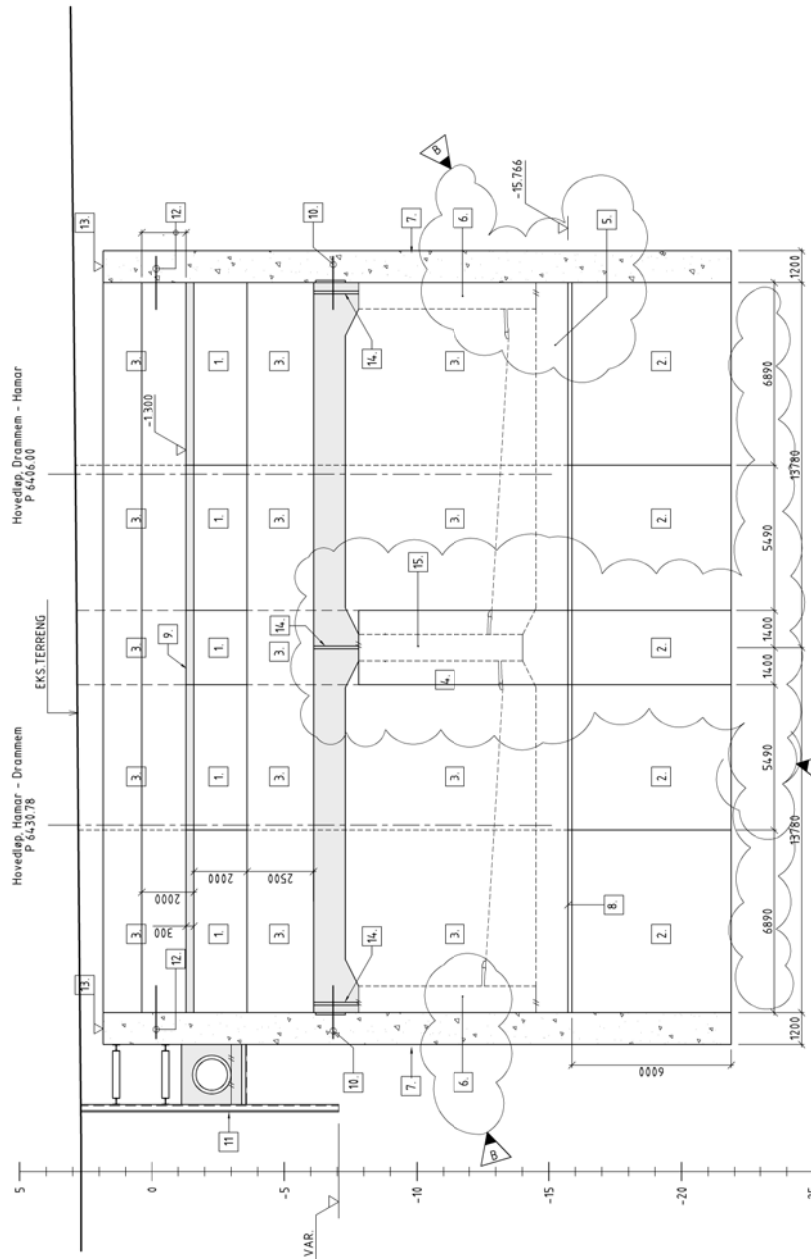
BEMERKINGE:

1. STIVER STØPES SAMTIDIG MED RIBBER. DISSE RIVES NÅR PLASSTØPT STIVER OVER TAKPLATEN ER ETABLERT. STIVER OG RIBBER UTSTØPES MED KONSTRUKTIV BETONG.
2. RIBBER
3. DET ØVRIGE VOLUMET I SLUSSEVEGRØFTEN FOR STIVERE OG RIBBER STØPES UT MED IKKE-KONSTRUKTIV BETONG.
4. SLUSSEN STØPES MED KONSTRUKTIV BETONG INKL. EVT. ARMERING OPP TIL UK TAKPLATE. SLUSSEN FUNGERER SOM UNDERSTØTTELSE FOR TAKET NÅR DET GRAVES UT FOR TUNNELN UNDER TAKPLATEN. TAKPLATEN STØPES MOT FORSKALING PÅ AVRETTET GRUNN.
5. BUNNPLATE STØPES UT RUNDT ARMERT TVERRSLUSS. SE TEGNING K204-230 TIL -232.
6. YTTERVEGGER STØPES UT ETTER AT BUNNPLATE ER ETABLERT.
7. LANGSGÅENDE SLUSSEVEGG, ARMERT OG UTSTØPT MED KONSTRUKTIV BETONG.
8. 150mm ARMERT MAGERBETONG RETT PÅ LERER. BENTONITT MEMBRAN NÆRMEST KONSTRUKSJONEN DET SKAL VÆRE 50mm KLARING MOT LANGSGÅENDE SLUSSEVEGGER PÅ BEGGE SIDER.
9. ARMERT BETONGPLATE OG OVERLIGGENDE BÆLKER BENYTTES SOM AVSTIVNING OVER SLUSSESTIVERE. DET GRAVES UT TIL UK PLATE. DENNE STØPES UT PÅ AVRETTET GRUNN.
10. ARMERING FOR FESTE I SLUSSEVEGG
11. AVSTIVET BYGGEGRUP FOR 1200mm ØV.
12. SKJØTARMERING FOR ARMERT STIVER.
13. OVERKANT SLUSSEVEGGER SKAL AVSLUTTES MINIMUM PÅ KOTE +1.85.
14. EVT. STØPERØR
15. MIDTVEGG BYGGES ETAPPEVIS
1. ETAPPE FØR RIVING AV TVERRSLUSS
2. ETAPPE ETTER RIVING AV TVERRSLUSS. SE TEGNING K204-234 OG -235.

HENVISNINGER:

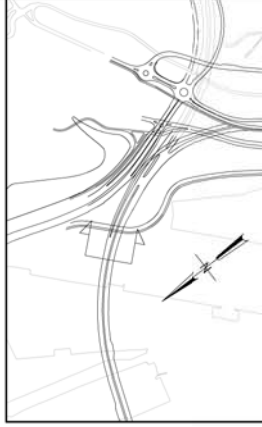
- OVERSKT SE TEGN K204-01
- TVERRSNITT FORM SE TEGN K204-05
- OVERSKT BYGGEGRUP SE TEGN K204-20
- OPPRISS SLUSSEVEGG SE TEGN K204-22

Godkjent som arbeids-tegning av Vegdirektoratets brukende i brev av 2005/09/15. Sverre Lund prosjekterings



C SNITT 1:100

ANGITT MÅLESTOKK GJELDER A1-FORMAT



B	2007/14/12	Byggesaken	RVA	LMA	SJU
A	2005/08/24	Arbids-tegning	RVA	LMA	SJU
Rev. nr.	001	Rev. dato	Rev. av	Rev. av	Rev. av
			Sverre Lund	Sverre Lund	Sverre Lund
Statens vegvesen					
E18 - MELLOM FESTINGS-TUNNELN OG EKEBERGTUNNELN - ENTREPRISE SØRENGA					
BYGGEPLAN TVERRSNITT					
P 6406 BYGGEGRUP					
Produisert av: AAAS-JAKOBSEN					
Prosjekt nr.: K204-25					
Rev. B					

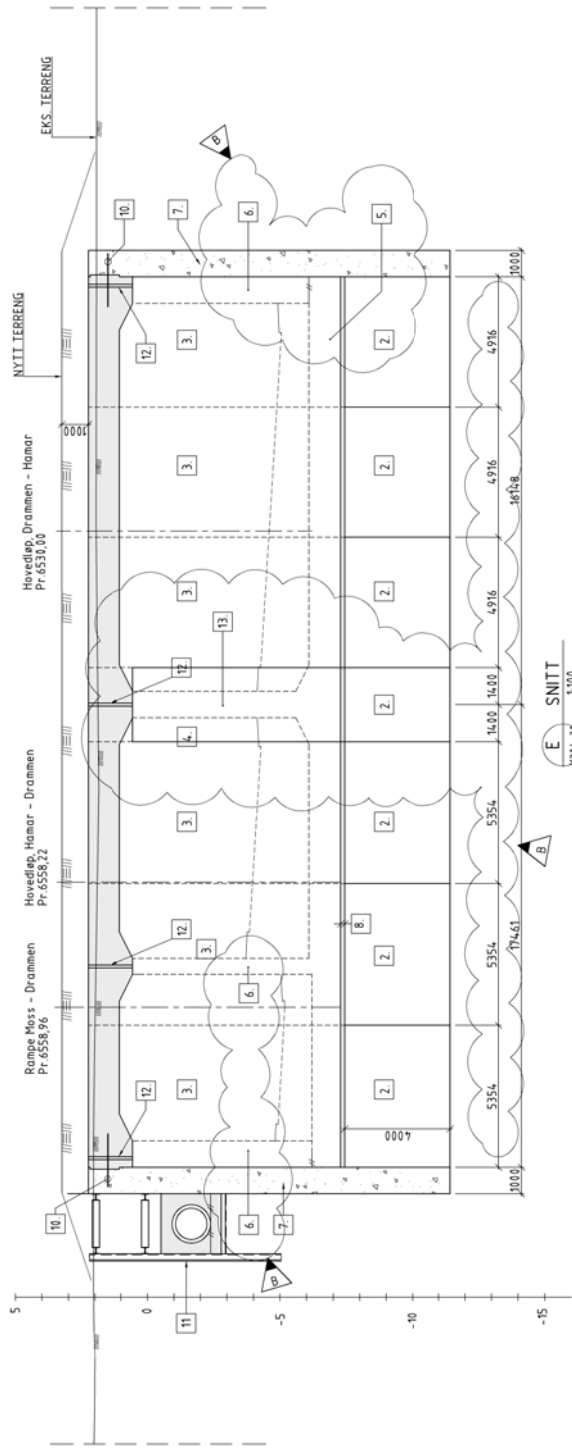
BEMERKNINGER:

- 2 RIBBER
- 3 DET ØVRIGE VOLUMET I SLISSEVEGGRØFTEN FOR RIBBER STØPES UT MED IKKE-KONSTRUKTIV BETONG.
- 4 SLISSEN STØPES MED KONSTRUKTIV BETONG INKL. EVT. ARMERING OPP TIL UK TAKPLATEN. SLISSEN FUNGERER SOM UNDERSTØTTELSE FOR TAKET NÅR DET GRAVES UT FOR TUNNELN UNDER TAKPLATEN. TAKPLATEN STØPES MOT FORSKALLING PÅ AVRETTETT GRUNN.
- 5 BUNNPLATE STØPES UT RUNDT ARMERT TVERRSLUSS SE TEGNING K204-220 TIL -222.
- 6 YTTERVEGGER STØPES UT ETTER AT BUNNPLATE ER ETABLERT.
- 7 LANGSGÅENDE SLISSEVEGG, ARMERT OG UTSTØPT MED KONSTRUKTIV BETONG.
- 8 50mm ARMERT MAGERBETONG RETT PÅ LEIRE. BENTONITT MEMBRAN NÆRMEST KONSTRUKSJONEN DET SKAL VÆRE 50mm KLARING MOT LANGSGÅENDE SLISSEVEGGER PÅ BEGGE SIDER.
- 10 ARMERING FOR FESTE I SLISSEVEGG.
- 11 AVSTIVET BYGGEGRUP FOR 1200mm ØV.
- 12 EVENTUELT STØPERØR
- 13 MIDTVEGG BYGGES ETAPPEVIS.
1. ETAPPE FØR RIVING AV TVERRSLUSS 14.
2. ETAPPE ETTER RIVING AV TVERRSLUSS 14.
SE TEGNING K204-234 OG -235.

HENVISNINGER:

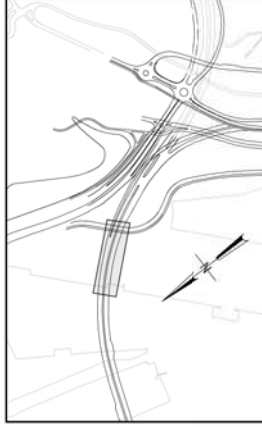
- OVERSKIT, SE TEGN. K204-01
- TVERRSNITT, FORM, SE TEGN. K204-07
- OVERSKIT BYGGEGRUPP, SE TEGN. K204-21
- OPPRISSE SLISSEVEGG, SE TEGN. K204-22

Godkjent som arbeids tegning av Vegdirektoratets brukende/ i brev av 2005.09.15.
Sverre Lund 2005.09.15.
prosjektansvarlig

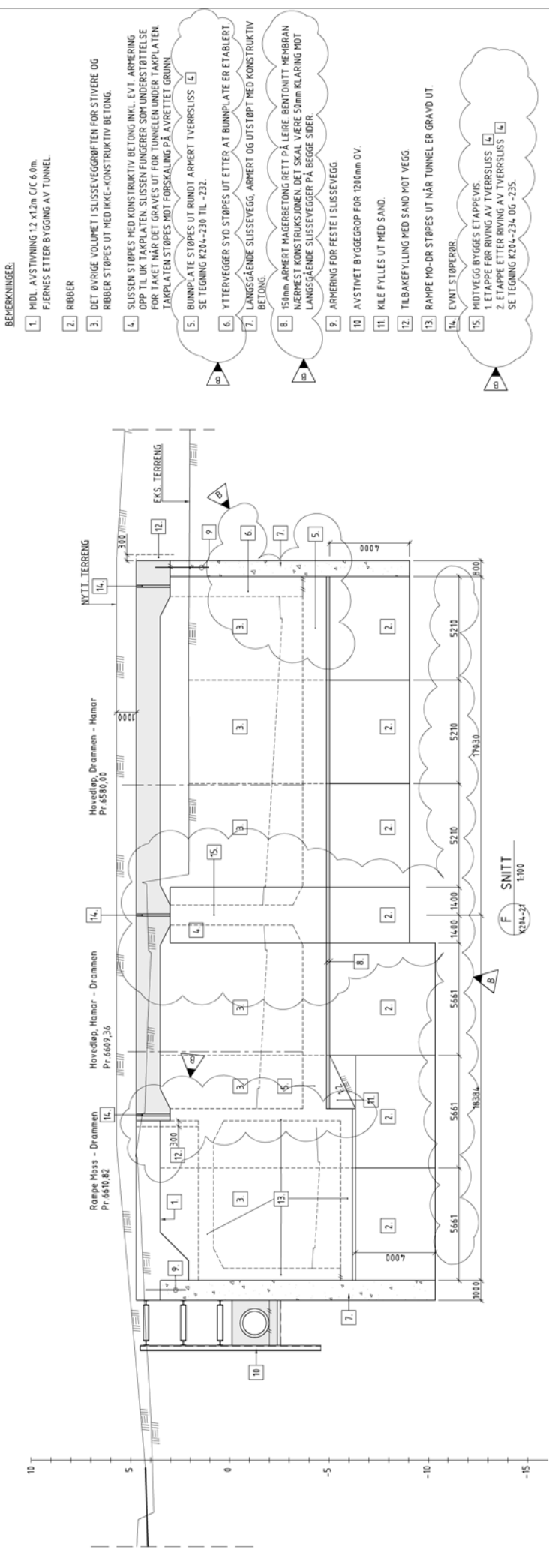


E SNITT 1:100
K204-20

ANGITT MÅLESTOKK GJELDER A1-FORMAT



B	2007.10.12	Byggesaken	RVA	LMA	SJU
A	2005.08.24	Arbids tegning	RVA	LMA	SJU
Rev.	011	Feilrettning - utstilling	Tegn. av	Kontrollert	Godkj. utst.
			Arnt	PH	2004.08.20
Statens vegvesen					
E18 MELLOM FESTINGS-TUNNELN					
OG EKEBERGTUNNELN - ENTREPRISE SØRENGA					
BYGGEPLAN TVERRSNITT					
HOVEDLØP SØRENGA, YTRE DEL					
BYGGEGRUPP P 4530					
Prosjekt av: AAAS-JAKOBSEN					
Tegn. Rev. K204-27 B					



BEMERKNINGER:

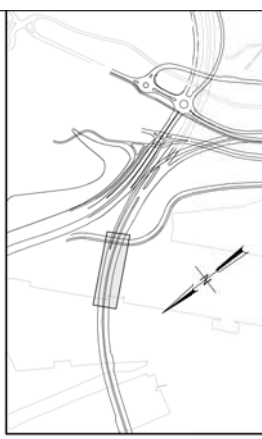
1. MIDL. AVSTVING 12 x 1,2m C/C 6.6m
FJERNES ETTER BYGGING AV TUNNEL.
2. RIBBER
3. DET ØVRIGE VOLUMET I SLUSSEVEGGRIFTEN FOR STIVERE OG
RIBBER STØPES UT MED IKKE-KONSTRUKTIV BETONG.
4. SLUSSEN STØPES MED KONSTRUKTIV BETONG INKL. EVT. ARBERING
OPP TIL IK TAKPLATEN. SLUSSEN FUNGERER SOM UNDERSTØTTELSE
FOR TAKET NÅR DET GRAVES UT FOR TUNNELN UNDER TAKPLATEN.
TAKPLATEN STØPES MOT FORSKALING PÅ AVRETTE GRUNN.
5. BUNNPLATE STØPES UT RUNDT ARMERT TVERSLUSL **L**
SE TEGNING K204-230 TIL -232.
6. YTTERVEGGER SYD STØPES UT ETTER AT BUNNPLATE ER ETABLERT.
7. LANGSGÅENDE SLUSSEVEGG, ARMERT OG UTSTØPT MED KONSTRUKTIV
BETONG.
8. 150mm ARMERT MAGERBETONG RETT PÅ LEIRE BENTONITT MEMBRAN
NÆRMEST KONSTRUKSJONEN DET SKAL VÆRE 50mm KLARING MOT
LANGSGÅENDE SLUSSEVEGER PÅ BEGGE SIDER.
9. ARBERING FOR FESTE I SLUSSEVEGG.
10. AVSTIVET BYGGEGRUPP FOR 1200mm ØV.
11. KILE FYLLES UT MED SAND.
12. TILBAKEFYLING MED SAND MOT VEGG.
13. RAMPE MO-DR STØPES UT NÅR TUNNELN ER GRAVD UT.
14. EVNT STØPESØR.
15. MIDTVEGG BYGGES ETAPPEVIS
1. ETAPPE FØR RIVING AV TVERSLUSL **L**
2. ETAPPE ETTER RIVING AV TVERSLUSL **L**
SE TEGNING K204-234 OG -235.

BEVÆISNINGER:

- OVERSIKT, SE TEGN. K204-01
- TVERSNITT, FORM, SE TEGN. K204-08
- OVERSIKT BYGGEGRUPP, SE TEGN. K204-21
- OPPRISS SLUSSEVEGG, SE TEGN. K204-23

Godkjent som arbeids tegning av
Vegdirektoratets brukende i brev av 2005.09.15
..... Sverre Lund 2005.09.15
prosjektleder

ANGITT MÅLESTOKK GJELDER A1-FORMAT



B	2007.10.12	Byggetegning	RVA	LMA	SJU
A	2005.08.24	Arbids tegning	RVA	LMA	SJU
Rev. nr.	001		Opp. av	Kjell	Gjerdal
Rev. nr.	002		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	003		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	004		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	005		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	006		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	007		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	008		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	009		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	010		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	011		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	012		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	013		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	014		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	015		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	016		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	017		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	018		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	019		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	020		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	021		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	022		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	023		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	024		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	025		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	026		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	027		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	028		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	029		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	030		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	031		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	032		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	033		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	034		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	035		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	036		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	037		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	038		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	039		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	040		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	041		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	042		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	043		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	044		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	045		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	046		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	047		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	048		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	049		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	050		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	051		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	052		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	053		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	054		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	055		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	056		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	057		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	058		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	059		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	060		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	061		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	062		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	063		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	064		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	065		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	066		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	067		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	068		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	069		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	070		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	071		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	072		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	073		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	074		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	075		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	076		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	077		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	078		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	079		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	080		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	081		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	082		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	083		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	084		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	085		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	086		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	087		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	088		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	089		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	090		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	091		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	092		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	093		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	094		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	095		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	096		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	097		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	098		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	099		Opp. av	Per	Storvick
Rev. nr.	100		Opp. av	Per	Storvick



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Boks 8142 Dep.
N-0033 Oslo
Tlf. (+47 915)02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN: 1892-3844