

Rapport nr. 112

Stålkjernepeler

Erfaringsrapport fra Helland bruer



20.04.2001



Laboratorieserien, rapport nr. 112

Stålkjernepeler

Erfaringsrapport fra Helland bru

Sammendrag

Helland bru på E18 i Vestfold er ca. 600 m lange og fundamentert med en del akser direkte på fjell og de øvrige på stålkjernepeler til fjell.

Rapporten beskriver erfaringer fra fundamenteringsarbeidene. Det oppsto blant annet hulrom i grunnen ved nedboring av foringsrør for stålkjernepelene. Videre beskrives forhold knyttet til montering av kjerner, injisering, anleggskontroll m.v.

Emneord: *Stålkjernepeler, erosjon, montering av kjerner*

Kontor:

Saksbehandler:

Gaute Nordbotten

/frodeo

Dato:

20.04.2001

Statens vegvesen
Vestfold

Rapporten kan fås ved henvendelse til Vegteknisk avdeling, Arkivet:
Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

Innhold

Forord	I
Innhold	II
Sammendrag.....	IV
1. Innledning.....	1
2. Grunnforhold.....	2
3. Dimensjoneringsforutsetninger	3
4. Boring av foringsrør	4
4.1 Generelt	4
4.2 Stort hull i akse 8 vest	4
4.2.1 Hull	4
4.2.2 Årsak.....	5
4.2.3 Tiltak.....	5
4.2.4 Betongplate	5
4.2.5 Luft istedenfor vann.....	6
4.3 Hull i akse 7 vest	6
4.4 Overgang fra luft til vann i akse 6 vest.....	7
4.4.1 Bobling i byggegropa.....	7
4.4.2 Tanken bak kravet i prosesskoden	8
4.4.3 Boring med vann.....	8
4.5 Hull i akse 3 vest	8
4.5.1 Hull	8
4.5.2 Faste sand- og grusmasser	10
4.5.3 Oppheising og vraking av foringsrør	10
4.5.4 Logg	10
4.6 Hull i 6 øst	11
4.7 Mer om årsakene til hullene	11
4.8 Store blokker i akse 3	11
4.9 Avvik på foringsrør	12
4.10 Helse, miljø og sikkerhet (HMS).....	13
5. Boring av fjellhull	14
6. Rengjøring av foringsrør og fjellhull	16
7. Injisering.....	17
7.1 Overgang fjell - foringsrør.....	17
7.2 Metoder.....	17
7.3 Skjeve fjellhull.....	18
8. Montering av kjerner	19
8.1 Generelt	19
8.2 Peler som ikke gikk til fjell	21
8.3 Måling av lengder.....	22
8.4 Kontroll av setninger	24
9. Mengder	25
10. Tips for framtiden.....	26
10.1 Generelt	26
10.2 Boring.....	26
10.3 Injisering.....	26
10.4 Montering av kjerner	27

Figur- og bildeliste

Figur 1	Oppriss av Helland bruer	1
Figur 2	Peleplan	3
Figur 3	Prinsippskisse av hullet i akse 8 vest.....	4
Bilde 1	Hullet i akse 7 vest.....	6
Bilde 2	Byggegroppa i 6 vest etter at arbeidene var stanset.....	7
Bilde 3	Hull i akse 3 vest	9
Bilde 4	Nytt hull i akse 3 vest	9
Bilde 5	Forsterkning av byggegrop med ståldragere	13
Bilde 6	Borehammer med styring	15
Bilde 7	Kjernene skrues sammen hvilket er lett når de ikke står i spenn	20
Bilde 8	Banking på pel med luftlodd (fra akse 6 øst).....	21
Bilde 9	Måling av lengde til fjell	23

Vedlegg 1 Spesiell beskrivelse, prosess 83.5

Vedlegg 2 Prosesskode 2, prosess 83.5

Sammendrag

Generelt

Rapporten tar i hovedsak for seg problemer med boring av foringsrør i veldig bløte masser og problemer med å få kjerner til bunn av fjellhull som følge av skjeve eller taggete hull. Det blir også belyst en del mindre problemstillinger som for eksempel injisering av fjellhull ved overtrykk i grunnen.

Boring av foringsrør

Kontrakten beskriver vannspyling ved boring av foringsrør i løsmasser av leire, sand og silt. På Helland var det bløt kvikkleire, og kravet om vannspyling var dermed gjeldende. Entreprenøren begynte imidlertid med trykkluft for å drive boret. Dette medførte store hull i grunnen som er helt uakseptable både av hensyn til HMS (helse-, miljø- og sikkerhet) og med tanke på den konstruktive utførelsen. Det viste seg at det sannsynligvis var helt nødvendig å bruke vannspyling under boringen gjennom den bløte leira for å unngå disse problemene. Entreprenøren mente at det var umulig å få tak i utstyr for å bore med vann. Etter noen undersøkelser viste det seg at det sannsynligvis var nok å bruke vann for å holde dysene på boreutstyret åpne og ikke nødvendig å ha det for å drive selve borekrona. Metoden ble prøvd, og viste seg å fungere meget bra. I de bløte massene var det ikke nødvendig å bore, men nok å føre/skyve røret ned. I partier var leira så bløt at egentyngheden av røret var nok til å drive det ned. Der det var nødvendig å bruke luft for å drive boreutstyret, var det viktig å være forsiktig med luftbruken. Tilførsel av luft måtte i størst mulig utstrekning unngås for å hindre at luftlommer dannet seg i leirelaget. Det var nødvendig å bruke luft i hardere lag og for å skape fjellfeste.

Skjeve eller taggete fjellhull

I noen hull gikk det ikke å få kjerner ned til bunnen fordi fjellhullet (4 meter under foringsrøret) var taggete eller skjevt i forhold til retningen på foringsrøret (teoretisk retning). Kjerner som ikke står på fjell er konstruktivt helt uakseptabelt. Da det ikke ble benyttet den type prøvepel som var beskrevet i kontrakten, ble dette ikke oppdaget før noen peler var montert. Pelene kom ikke så langt ned som de skulle, og ble derfor vraket. Etter forsøk med "riktig" prøvepel, konstaterte man at dette også gjaldt flere hull. Hullene ble da injisert med en sterk injiseringsmasse og boret opp igjen på nytt. For å hindre at boret fulgte det tidligere hullet, ble det tatt i bruk utstyr som hadde påmontert styring på borhammeren samt en styring på borestrengen oppe i foringsrøret. Metoden var vellykket. Det ble også boret 21 nye fjellhull med utstyret med styring, og disse hullene ble bra.

Injisering

På grunn av tildels lange foringsrør, ble det tillatt en alternativ metode å injisere på. Metoden gikk ut på å skape et indre overtrykk ved bunnen av foringsrøret ved å fylle injiseringsmasse til et gitt nivå opp i foringsrøret (resten av røret er hele tiden fylt med vann). En del av vannet blir da erstattet med injiseringsmasse (dobbel så tung), og trykket øker. Erfaringene med metoden er at det må utføres trykkberegninger for å holde kontroll på at det virkelig er foreskrevet overtrykk ved bunnen av foringsrøret.

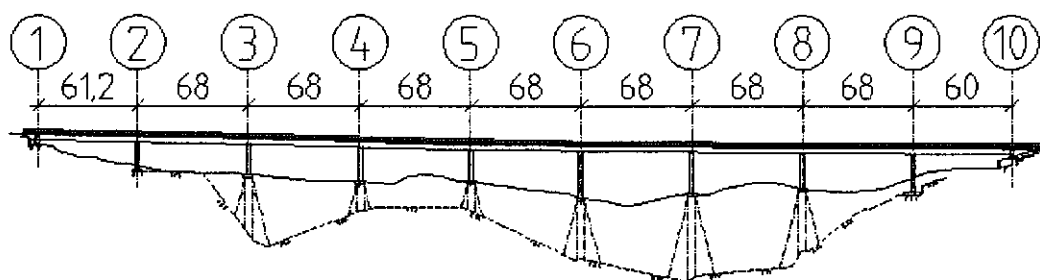
Tips for framtiden

Til slutt i rapporten gis noen tips til hva som etter vår erfaring, kan forbedres i framtidige kontrakter, eller i hvert fall tas i betraktning ved oppfølging av arbeider med stålkjernepeler.

1. Innledning

Helland bru er to omtrent 600 meter lange kassebruer i spennarmert betong. De to bruene er så godt som like og har begge 10 akser (dvs 9 spenn). Se figur 1. Akse 1, 2, 9, 10 står på fjell mens de øvrige er fundamentert på stålkjernepeler til fjell. Bruene skal bære ny firefelts motorveg (E18) over en dalgang. Dalgangen inneholder foruten dyrket mark og kratt, Vestfoldbanen, Burmavegen (kommunal veg), Hellandselva og en gammel del av E18 som blir ny rampe til ny E18. Høydeforskjellen fra ny E18 og ned til Hellandselva nederst i dalgangen er omtrent 35 meter.

Bruene skal være helt ferdige til vegen åpner som firefelts motorveg høsten 2001 og har vært benyttet for massetransport fra de var kjørbare.



Figur 1 Oppriss av Helland bru

Byggherre for bruene er Statens vegvesen Vestfold og entreprenør er Veidekke ASA. Kontraktssummen for begge bruene er omtrent 143 millioner hvorav omtrent 18 millioner er pelearbeidene. Rådgivende ingeniør for byggherren er Scandiaconsult AS (tidligere SCC Abel Engh A/S).

Kontrakten er en enhetspriskontrakt og består av en standard arbeidsbeskrivelse Håndbok 026, Prosesskode 2 og en spesiell beskrivelse. Beskrivelsene for prosess 83.5 (stålkjernepeler) er vedlagt som vedlegg 1 (spesiell beskrivelse) og 2 (Prosesskode 2). I den videre teksten henvises det direkte til aktuell beskrivelse.

Denne rapporten tar for seg arbeidene med stålkjernepelene. Det er ikke benyttet andre typer peler enn stålkjernepeler. Pelearbeidene ble startet opp i desember 1998 og avsluttet i oktober 1999.

2. Grunnforhold

Fjellets utseende i grove drag under løsmassene i dalen framgår av figur 1. Dybdene til fjell varierer i størrelsesorden fra 10 til 60 meter og det er mange steder svært skrått fjell. Under brua er det en forkastningssone i fjellet ettersom det er konstatert Rombeporfyr i akse 10 og Basalt i akse 1. Høyst sannsynlig ligger forkastningssonen nærme akse 10 da borekaket var av Basalt i akse 7 øst.

Løsmassene over fjellet består av siltig leire og leire. Det er noe varierende fasthet på avsetningene, men gjennomgående viser avsetningene til dels meget kvikk leire under et noe fastere topplag i 2 til 3 meters dybde. I de høyereliggende områdene er det noe bedre forhold. Prøveserier som er tatt opp viser skjærstyrke på den siltige leira varierende fra 10 til 20 kN/m² under topplaget.

I akse 3 øst og 3 vest ligger det et 7 til 15 meter tykt lag av faste sand og grusmasser mellom leira og fjellet. Dette laget inneholder også en del store blokker med mektighet opptil 8 meter. I akse 7 vest, 7 øst og 8 øst er det delvis et inntil 6 meter fastere lag av sand og grusmasser over fjellet. For øvrige akser går leira helt ned til fjell.

Med unntak av blokkene i akse 3, var det god overensstemmelse mellom rapporten om grunnundersøkelser, og det som ble konstatert under boring av foringsrør. Selve grunnundersøkelsen hadde påvist blokker, men dette hadde ikke kommet med i rapporten. For å fastslå at det virkelig var kvikkleire, ble det benyttet en salttest. Testen viste at det var kvikkleire.

Mellom akse 7 øst og Hellandselva hadde byggherren montert poretrykksmålere som leste av poretrykket på ulike nivåer i leirlaget. Disse viste både før og under borearbeidene et stort poretrykk. Trykket var så stort at det tilsvarte vann til omtrent 5 meter over elva. Det ble ikke registrert noen forandring i poretrykket under borearbeidene.

For å utnytte det fastere topplaget av tørrskorpeleire, ble fundamentene hevet etter at entreprenør var bestemt, men før ferdige byggetegninger ble sendt ut. Det var viktig at fundamentene ikke ble hevet for mye ettersom fundamentene skal fylles over. Graveplaner ble utarbeidet med bakgrunn i de nye fundamentthøydene. Hvor mye hvert fundament ble hevet framgår av tabell 1.

Tabell 1 Heving av fundamenter

Akse	Heving
3 vest, 4 vest, 5 vest, 7 vest	1,0 meter
6 vest, 8 vest	1,5 meter
3 øst, 5 øst	0,9 meter
4 øst, 6 øst, 7 øst	1,4 meter
8 øst	Ingen heving

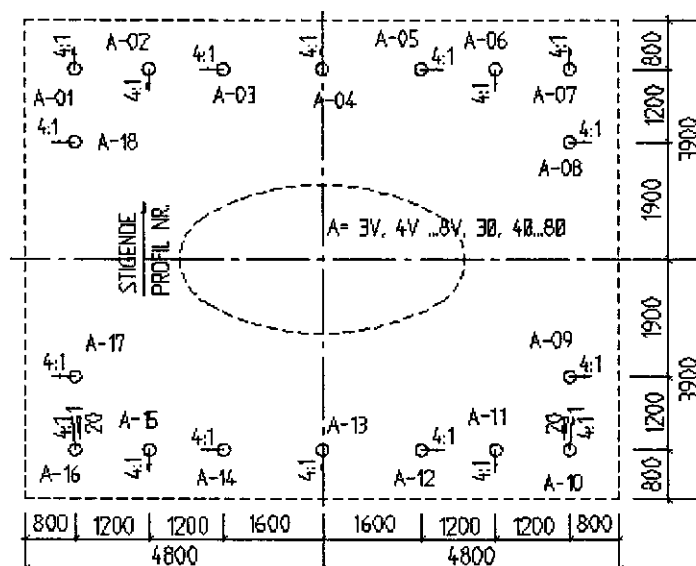
3. Dimensjoneringsforutsetninger

I aksene 3 til 8 er begge bruer fundamentert på stålkjernepeler til fjell, 18 stykker i hver akse. Se figur 2. Hver pel er bygd opp av en 150 millimeter massiv stålkjerne som er korrosjonsbeskyttet av et lag omstøpningsmasse (mørtel) mellom kjernen og foringsrøret av stål med tykkelse 10 mm. Pelene er i toppen påsveiset et pelehode som kan overføre trykk-kraft, strekk-kraft og moment til betongfundamentet. Stålkjerner og pelehoder er av stålkvalitet St 52-3N.

Stålkjernene er boret inn minst fire meter i godt fjell. Hensikten med dette er todelt. I lastsituasjoner med jordskjelv og ekstreme vindlaster var det påkrevet med en viss strekk-kapasitet i enkelte peler. Innboring i fjell ble også valgt på grunn av den store lokale trykk-kraften som overføres i overgang pel/fjell, og som krever svært godt fjell uten innboring. På grunn av stor usikkerhet med hensyn til fjelltype og fasthet var innboring påkrevet. Maksimale trykk-krefter i peler opptrer også i de to lastsituasjonene med ekstreme vindlaster (bruddgrensetilstanden) og jordskjelv (ulykkesgrensetilstanden).

Ved beregning av pelenes kapasitet er kun stålkjernen tatt hensyn til. Ved beregning av knekk-kapasiteten lokalt i de bløteste leirlagene er det også tatt hensyn til foringsrøret fratrukket et beregnet korrosjonsmonn. (Her er leira svært tett, oksygentilførselen og korrosjonshastigheten liten). Dette er årsaken til at foringsrørets tykkelse er valgt til 10 mm.

Det er i beregningene forutsatt at foringsrør/peler plasseres innenfor toleranser som angitt i prosess 83.5 (Håndbok 026, Prosesskode-2 og spesiell beskrivelse). I de tilfeller hvor peler er plassert utenfor toleransene er dette avviksbehandlet. (Dette innebærer vanligvis at pelgruppene er blitt etterkontrollert med virkelig pelplassing).



(mål gjelder senter pel 400mm over u.k. fundament)

Figur 2 Peleplan

4. Boring av foringsrør

4.1 Generelt

I spesiell beskrivelse (vedlegg 1) er det beskrevet foringsrør med 209 millimeter innvendig diameter og en godstykkelse på 10 millimeter. Da det ifølge entreprenøren ikke finnes utstyr for å bore denne dimensjonen, som heller ikke er standarddimensjon, ble det gått ned til 199 millimeter innvendig diameter og uforandret godstykkelse for å få en standarddimensjon. Denne rørdimensjonen går ikke å bore med ODEX 190 eksenterborekrone som er vanlig for rør med samme ytre diameter (219 millimeter) og mindre godstykkelse. Det ble istedenfor benyttet en Duplex 180 eksenterborekrone. Kronene fungerer på samme måte, og det benyttes trykkluft for å drive kronene. I de neste avsnittene blir boremetoden diskutert mer inngående for å belyse ulike problemstillinger.

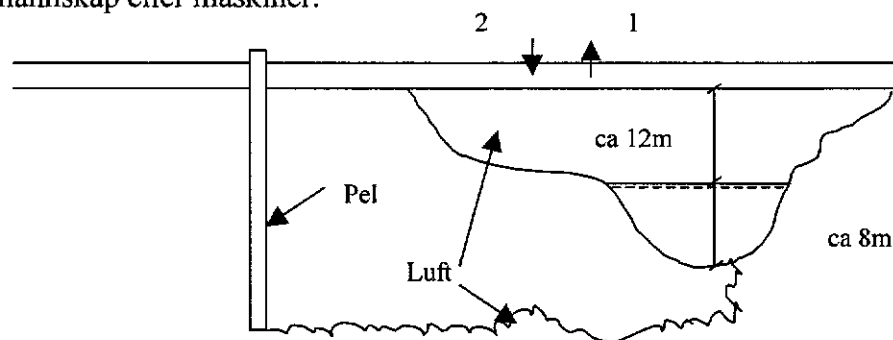
Foringsrørene kom i tre meters lengder og ble sveist sammen etter hvert som de ble boret ned. Det ble ikke gjort noe kontroll av sveisene da røret sannsynligvis er mest belastet under montering. Det ble i hovedsak benyttet to borerigger, men i enkelte tilfeller ble tre rigger brukt. Før arbeidene startet ble det gravet ut byggegrop for å slippe å grave mer etter at rørene var montert.

Første rørlengden ble satt ut med totalstasjon, og det ble deretter kontrollert med digitalt vater. Etter at to rørlengder var satt ned, var det ikke mulig å justere røret ytterligere.

4.2 Stort hull i akse 8 vest

4.2.1 Hull

Under boringen av foringsrøra dannet det seg store hull i grunnen. Det første kom i slutten av januar 1999 i forbindelse med arbeidene i akse 8 vest som var den første aksene det ble boret i. Hullet var tolv meter dypt, og i bunnen var det ytterligere åtte meter ned til fastere masser. Se figur 3. I toppen var det et lag med rundt en halv meter tele hvilket medførte at det ikke gikk å bestemme det eksakte omfanget av hullet. Det er helt klart at omfanget var stort. Entreprenøren evakuerte umiddelbart mannskap og maskiner når hullet ble oppdaget, og det ble ingen fysiske skader på mannskap eller maskiner.



Figur 3 Prinsippskisse av hullet i akse 8 vest

4.2.2 Årsak

Årsaken til at hullet dannet seg var at det var presset mye luft ned i grunnen under boringen. Denne lufta hadde ikke funnet noen veg ut og lagt seg under den tette teleskorpa. Når telen begynte å tine, sprakk skorpa i vestsiden av byggegropa og hullet kom til syne. Sannsynligvis hadde luften presset teleskorpa opp en bit før det gikk hull. Merker på foringsrørene kunne tyde på at telelaget hadde vært omtrent 10 cm høyere før skorpa sprakk. Når teleskorpa sank igjen, fylte hullet seg delvis igjen.

4.2.3 Tiltak

Etter anbefaling fra byggherren bestemte entreprenøren seg for å fylle hullet med sand (lett å bore i) samt å legge fiberduk og en 0,75 meter tykk sprengsteinsfylling i bunnen av byggegropa. Videre bestemte man seg for å holde byggegropa frostfri for om mulig ha kontroll med eventuelle setninger og nye hull. Fundamentet ble hevet 0,75 meter for å slippe å grave bort mer av det fastere leirlaget i toppen (hevingen er utover det som er beskrevet i kapittel 2).

Tiltakene ble også gjort i de øvrige fundamentene. Fundamentet i akse 5 øst ble imidlertid ikke hevet ettersom det da ikke ville latt seg gjøre å få fylt over. For øvrige fundamenter bedømte man at med hjelp av mindre enkelttiltak, ville det likevel gå bra å få fylt inntil og over fundamentene.

4.2.4 Betongplate

Det ble også vurdert å støpe en armert betongplate med forankring utenfor byggegropa, men dette ble ikke gjort da det i så fall ville vært umulig å ha kontroll med hva som skjedde under plata. I akse 5 til 8 var det også viktig å vite hva som skjedde under byggegropa med tanke på totalstabiliteten i området. Det ble senere foreslått å støpe en armert betongplate, men å ha hull i plata for å få en oppfatning om hva som skjedde under. Det ble konkludert med at sprengsteinsfyllinga sannsynligvis ville ha noe av den samme effekten som en betongplate, og plata ble droppet.

I tillegg til de sikkerhetsmessige aspekter diskutert ovenfor, er det heller ikke i samsvar med beregningsforutsetningene for dimensjonering av pelegruppe og enkeltpeler å ha store hulrom fylt med vann/luft under fundamentene. Hulrom i størrelse som avdekket i akse 8 vest vil kunne medføre knekning av enkeltpeler.

En betongplate ville fiksert foringsrørene i toppen og dermed hindret at rørene forandret seg under det videre arbeidet. På den annen side ville en bevegelse i betongplata ført med seg at rørene ville blitt dratt ut av stilling.

4.2.5 Luft istedenfor vann

Prosesskoden (prosess 83.5 c) beskriver vannspyling ved boring av foringsrør i løsmasser av leire, sand og silt. Det var her kun benyttet trykkluft ved boring til tross for at leira var meget bløt. Byggherren påpekte dette, men entreprenøren hevdet at det ikke gikk å bruke vann ved de dybder og dimensjoner som her forelå. Entreprenøren hadde imidlertid ikke varslet byggherren om at kontrakten ikke ble fulgt. Byggherren anbefalte entreprenøren å bruke så lite luft som mulig ved den videre boreprosessen samt å være forsiktig med luften. Mer om problemstillingen luft/vann kommer i kapittel 4.4.

4.3 Hull i akse 7 vest

Omtrent en måned etter oppdagelsen av hullet i akse 8 vest, oppsto det et lignende hull i akse 7 vest. Se bilde 1. Hullet var ikke fullt så stort, men omstendighetene rundt det var desto mer dramatiske. En av arbeiderne hadde nemlig gått igjennom isskorpa som lå over hullet. Det fortonet seg antageligvis omtrent som å gå igjennom isen på et vann eller en innsjø. Med hjelp fra arbeidskollegaene kom arbeideren seg opp igjen, og han ble ikke fysisk skadet.



Bilde 1 Hullet i akse 7 vest

Det viste seg at leire som hadde kommet opp under boring, hadde lagt seg over sprengsteinsfyllinga og frosset til en hinne. Entreprenøren vurderte denne hinna til å være såpass tynn, at byggegropa fortsatt var frostfri. Dette viste seg ikke å være tilfelle, for ved mildvær tinte hinna og hullet ble oppdaget. For å avdekke eventuelle flere hull, ble byggegropa tint opp og leirmassene fjernet. Det ble ikke konstatert flere hull i akse 7 øst, og det hullet som var, ble fylt igjen med sprengstein (alle foringsrøra var boret).

For å få forvarsel om framtidige hull, kom man fram til at følgende måtte følges opp:

- Byggegrope må holdes frostfrie
- Kontroll på masser som kom opp
- Kontroll på hvor mye luft som ble brukt
- Måling av eventuelle setninger eller stigninger i byggegropene (for å kunne stoppe om det viste seg at byggegropene steg som følge av at luften presset dem opp).

I og med at det ble vår og teleproblematikken forsvant, ble det kun kontrollmålt i akse 6 vest, og det gikk ikke å registrere noen setning eller stigning der.

Det var i akse 7 vest fortsatt diskusjon om boring med vann/luft. Entreprenøren hadde fortsatt samme synspunkter som tidligere (se 4.2.5). Mer om problemstillingen luft/vann kommer i kapittel 4.4.

4.4 Overgang fra luft til vann i akse 6 vest

4.4.1 Bobling i byggegropa

Etter å ha fått hull i både akse 8 vest og 7 vest, ble byggegropa i akse 6 vest tint før arbeidene der fortsatte. Direkte etter ny oppstart, ble det konstatert en kraftig bobling i bakkant av byggegropa samtidig som massene i graveskråningen ned mot byggegropa hadde antydning til å røre på seg. Se bilde 2. Entreprenøren stoppet umiddelbart jobben og varslet byggherren.



Bilde 2 Byggegrope i 6 vest etter at arbeidene var stanset

4.4.2 Tanken bak kravet i prosesskoden

Undersøkelser gjort av byggherren viste at tanken bak kravet i prosesskoden (vedlegg 2) om å bruke vannspyling ved boring i leire, var at vannet kun var nødvendig for å holde dysene åpne og ikke hadde som oppgave å drive selve borekrona. I dårlige masser er det normalt ikke nødvendig med boring, men nok å bare presse ned røret. På Helland var situasjonen delvis den at røret måtte holdes igjen for ikke å forsvinne i leira, og boring med luft gjennom leirlaget var således unødvendig. Teknikken med vann var blant annet benyttet på Arteid bru i Akershus.

Entreprenøren hevdet på sin side at bare å holde dysene åpne ikke var å betrakte som boring, og at han derfor ikke hadde tenkt den tanken. Han var videre redd for at dysene skulle tette seg, og at røret skulle få en bananform under boring som følge at det ble vannfylt og dermed tyngre. Til tross for stor skepsis sa entreprenøren seg villig til å prøve metoden. I første omgang ville man benytte seg av vann ned til omtrent 20 meter under bakken. I sprengsteinslaget og i tørrskorpa måtte fortsatt luft benyttes.

4.4.3 Boring med vann

Kort etter var man i gang med vann. Byggherren fulgte kontinuerlig opp monteringen av et foringsrør og kunne ikke konstatere noen uregelmessigheter. Det var tvert om mye roligere i byggegropa enn normalt. Problemer med tette dyser ble heller ikke konstatert. Etter 20 meter ble det benyttet luft videre ned til fjell.

4.5 Hull i akse 3 vest

4.5.1 Hull

I siste halvdel av april oppsto det også et hull i akse 3 vest. Se bilde 3. Arbeiderne var nå vitne til at massene sank ned forholdsvis fort. Det var imidlertid aldri kritisk for mannskapene. Byggegrova var nå telefri, og det var derfor ikke tele som var problemet her. Hullet var svært dypt inntil foringsrøret, men ble fort grunnere. Det ble fylt 48 m³ masse i hullet, og byggherren anbefalte entreprenøren å ta det forsiktig ved videre boring.

Direkte etter oppstart igjen, forsvant massene igjen på samme stedet. Se bilde 4. Det gikk fortere nå enn forrige gang. Entreprenøren evakuerte byggegropa og varslet igjen byggherren.



Bilde 3 Hull i akse 3 vest



Bilde 4 Nytt hull i akse 3 vest

4.5.2 Faste sand- og grusmasser

I akse 3 er det et tykt lag av faste sand- og grusmasser over fjellet. Når man borer igjennom dette er det nødvendig å bruke luft, og det var også under boring i dette laget at problemene oppstod. Entreprenøren mente han gjorde det riktig og fulgte prosesskoden (se vedlegg 2) ved å bruke vann gjennom leira, for så å gå over til luft i det fastere laget. Byggherren var av den oppfatningen at entreprenøren var uforsiktig ved bruk av luft, og at dette var årsaken til hullet. Til sammen 100 m³ masse ble fylt i hullet i flere omganger så det skulle få tid til å sette seg. Deretter ble boreprosessen gjenopptatt. Boreriggen ble plassert oppå stokkmatter som igjen hvilte på lange stålbjelker som gikk tvers over byggegropa. Dette ble gjort for å sikre mannskap og maskiner.

4.5.3 Oppheising og vraking av foringsrør

Under ventetiden hadde borestrengen satt seg fast, og både borestreng og rør ble heiset opp igjen med hjelp av et vibrolodd. Nytt rør ble satt ned på samme sted, men ettersom entreprenøren hadde fylt noe sprengstein i hullet, ble det vanskelig å bore. Sammen med en dårlig sveist skjøt gjorde dette til at foringsrøret knakk i skjøten og måtte vrakes. Nytt foringsrør ble boret ved siden av, og dette gikk greit.

4.5.4 Logg

Byggherren anbefalte entreprenøren å føre logg under boring av foringsrør, for at det i etterkant skulle være enklere å analysere hva som hadde forårsaket hullene. Det var ønskelig at følgende var med i loggen:

- Bruk av luft eller vann og lufttrykk/mengde og vannmengde
- Massetype
- Matetrykk
- Registrering av slepper når man boret i fjell
- Eventuelle andre problemer (for eksempel at boret satte seg fast)

Entreprenøren fant føring av logg over nøyaktige mengder luft og vann som ble brukt vanskelig da mengdene varierte hele tiden. Byggherren mente det var viktig at det ble registrert hvor det ble brukt vann og hvor det ble brukt luft, og mente det kunne sies noe grovt om det ble brukt mye eller lite luft. Maksimalt luftforbruk i en sone kunne også angis, uten at nøyaktig luftmengde per meter ble registrert.

Det ble utarbeidet et skjema for loggføring med følgende punkter:

- Borehull
- Dybde
- Bruk av luft eller vann
- Merknader (der blant annet slepper over 30 cm skulle angis).

Skjemaet ble brukt i akse 3 øst samt deler av akse 6 øst og 7 øst. Loggføring blir også behandlet i kapittel 5.

4.6 Hull i akse 6 øst

Omtrent samtidig med hullet i 3 vest, ble det et mindre hull utenfor byggegropa i akse 6 øst. Entreprenøren hevdet at han brukte vann som beskrevet. Det ble imidlertid brukt mye luft for å oppnå fjellfeste for boret ettersom det var ekstremt skrått fjell. Av hensyn til totalstabiliteten i området, ble hullet fylt igjen med sprengstein og arbeidene fortsatte. Igjen ble det påpekt viktigheten av forsiktig boring.

4.7 Mer om årsakene til hullene

Det er helt sikkert at bruk av for mye luft var årsaken til at hullene kom. Mot slutten av arbeidene ble det brukt vann helt ned til fastere lag eller fjell, og dette fungerte meget bra. Kompressoren ble til og med slått av, og det var da helt sikkert at ikke noe luft lekk ned. I akse 7 øst, som det var størst skepsis til fra starten av, var det ingen problemer knyttet til boring av foringsrør. Her ble det brukt vann helt ned til fjell (avslått kompressor).

Byggherren konstaterte også at det var forskjell på boreoperatørene (mannen bak spakene på boreriggen). Den operatøren som har boret flest foringsrør hadde ikke forårsaket noen hull. En annen operatør som byggherren fulgte spesielt, fikk heller ikke noen hull. Byggherrens observasjoner var kort og godt at de som var forsiktige og brukte litt bedre tid og sannsynligvis mindre luft, klarte seg uten hull.

4.8 Store blokker i akse 3

Entreprenøren hadde en mistanke om at tre av foringsrøra i akse 3 vest ikke sto på fjell til tross for at foringsrøret var boret flere meter inn i "fjell". Mistanken grunnet seg på lengden av de enkelte foringsrørene i forhold til naborør og på grunnundersøkelsen. Vurderinger ble gjort av både entreprenør, byggherre og konsulent med konklusjon at de tre røra ikke virket til å ha kommet til fjell, men sannsynligvis sto i store blokker. Det var registrert blokker i grunnen under grunnboringene, men disse hadde ikke kommet med i rapporten. To av rørene viste seg å stå i blokker da boring av fjellhull viste "slepper" på omtrent en meter. Blokkene hadde en mektighet av opptil åtte meter. Entreprenøren hadde vært forutseende nok til ikke å slå rørene til fjell etter at eksenterborekrona var tatt opp, og derfor klarte han å bore foringsrøret videre ned. For det ene røret var imidlertid boreskoen utslitt, og det gikk ikke å få det videre ned. Det ble vurdert å injisere hullet for å kunne bruke det, men dette var usikkert både konstruktivt og økonomisk. Blokkene var heller ikke med i rapporten om grunnundersøkelser. Byggherren valgte derfor å bekoste nytt foringsrør.

Det ble også truffet på blokker i akse 3 øst, men ettersom man nå var klar over blokkene, skapte det ingen problemer.

Det er sannsynligvis ikke noe problem å sette en pel i en stor blokk. Det som er kritisk er hvis det er boret igjennom nesten hele blokken. Pelen kan da slå ut resten og

bli stående i en sleppe. Ved montering av de ”usikre” pelene var det imidlertid ingenting som tydet på dette.

4.9 Avvik på foringsrør

Retthet, helning, retning og plassering for ferdig monterte foringsrør ble målt inn. Toleransene var følgende:

- Retthet: maksimalt 0,2 gons vinkelendring over 2 meter rørlengde.
- Helning: 2% for skrå peler og 1% for vertikale peler.
- Retning: 2% for skrå peler.
- Plassering \pm 100 millimeter i horisontalplanet.

Retthet og helning ble målt med gyro multishot. Instrumentet har en nøyaktighet på retthet på 0,217 gon over 2 meter ved en helning på omtrent 14°. Nøyaktigheten blir bedre ved flere målinger. For helning er nøyaktigheten 0,17 gon. Ved to tilfeller oppdaget byggherren feil i selve målingene under avviksbehandlingen. Feilene ble rettet, og entreprenøren skjerpet internkontrollrutinene. Retning og plassering ble målt med totalstasjon.

På grunn av intern misforståelse hos entreprenøren ble ikke retning målt inn i akse 3-7 vest og 8 øst.

For alle andre akser enn 8 øst ble det konstatert enormt mange avvik. Avvik var heller regelen enn unntaket. Ingen rør ble imidlertid vraket som følge av avvikene, men det ble tidvis lagt ned en stor beregningsinnsats med reviderte og til dels mere avanserte pelmodeller for å kunne godkjenne rør utenfor toleranse. Det er således ikke noe som tyder på at toleransene burde vært mer liberale.

Det ble ikke konstatert noe forskjell på avvik for rør boret med vann og for rør boret med luft. Rør boret med vann fikk heller ikke noen bananeffekt som følge av at vannet presset røret i tyngderetningen. Takket være godstykkelsen på 10 millimeter, virket røret til å være så stivt at det tålte mye. Det var sannsynligvis heller ikke manglende stivhet på røret som forårsaket avvikene, men derimot manglende retthet i skjøtene. Ved å sammenligne retthetsmålingene med loggen var det heller ikke noe som tydet på at eventuelle steiner eller andre masseforandringer førte til skjeve rør. Det var derimot ved noen tilfeller at røret var litt skjevt akkurat ved overgangen til fjell. Dette kom antageligvis av at fjellet hadde stor helning, og at boret skled litt før fjellfestet ble etablert.

Byggherren konstaterte at operatøren som boret foringsrør i akse 8 øst, virket til å være mer nøye enn de andre. Han brukte også bedre tid ved monteringen. Det var ikke noe som tydet på at det var noe lettere å få rørene riktige i akse 8 øst. I akse 8 øst var samtlige foringsrør innenfor toleranse.

Det ble også konstatert at enkelte peler flyttet på seg i tidsrommet mellom det at foringsrøret ble målt inn og at pelen var ferdig montert. Grunnen til dette ble aldri helt klarlagt, men det kan ha vært maskinførere som har vært borti foringsrøret, eller at leira rett og slett var så bløt at det ikke var nok motstand i den. For de fleste pelene

ble det litt forandring som følge av tyngdekraften. En fiksering av rørene i toppen direkte etter montering hadde kanskje derfor vært ønskelig. Metoder for avstivning diskuteres i kapittel 4.2.

4.10 Helse, miljø og sikkerhet (HMS)

Med tanke på HMS var ikke dannelsen av hullene i grunnen bra. Det virket som om det bare var flaks som hadde hindret en alvorlig ulykke. Etter at det første hullet dannet seg, ble fiberduk og steinfylling lagt ut i byggegropene. Samtidig ble det påpekt viktigheten av frostfrie byggegrop for å få et forvarsel om når massene eventuelt begynte å røre på seg. Erfaringene fra akse 3 vest (kapittel 4.5) viste at dette ikke var tilstrekkelig. Før hullene oppsto hadde man vurdert både stålavstivere mellom foringsrørene og betongplate. Ettersom steinlaget først var på plass, valgte man å legge to store stålbjelker over byggegropa med stokkmatter oppå. Se bilde 5. Ståldragerne gikk tvers over og godt utenfor byggegropa. Funksjonen av dette opplegget ble aldri testet da det ikke ble noen flere hull, men sannsynligvis hadde det klart seg bra. Utfra kun HMS og forutsatt at totalstabiliteten ikke hadde vært kritisk, hadde nok en betongplate som dekte hele byggegropa vært det beste. Denne løsningen hadde sannsynligvis også gjort det lettere å holde byggegropa rein. Løsningen var imidlertid ikke aktuell (se 4.2.4).



Bilde 5 Forsterkning av byggegrop med ståldragere

Fra aksene nede ved Hellandselva var det problemer med leirvann som rant ned i elva. Det er fisk i elva, og nedstrøms bruene har det vært gjort tiltak med blant annet spesiell gytesand. Det var derfor lite ønskelig med leirvann ned i elva. For å minske leirinnholdet i vannet, ble vannet ført igjennom en container som ble brukt som slamfanger. Dette fungerte bra ved lite vannføring gjennom containeren, men ved stor vannføring måtte det nok vært benyttet flere containere etter hverandre for å få det til å fungere skikkelig. Det var sjelden vannføringen var stor gjennom containeren.

5. Boring av fjellhull

Det ble benyttet en vanlig fjellborekrone Ø178 for boring av fjellhull. Hullet var fire meter langt (se kapittel 3). Der som det ble påtruffet dårlig fjell, ble hullene boret lengre så det helt sikkert var fire meter godt fjell. Det lengste fjellhullet som ble boret var 10,5 meter.

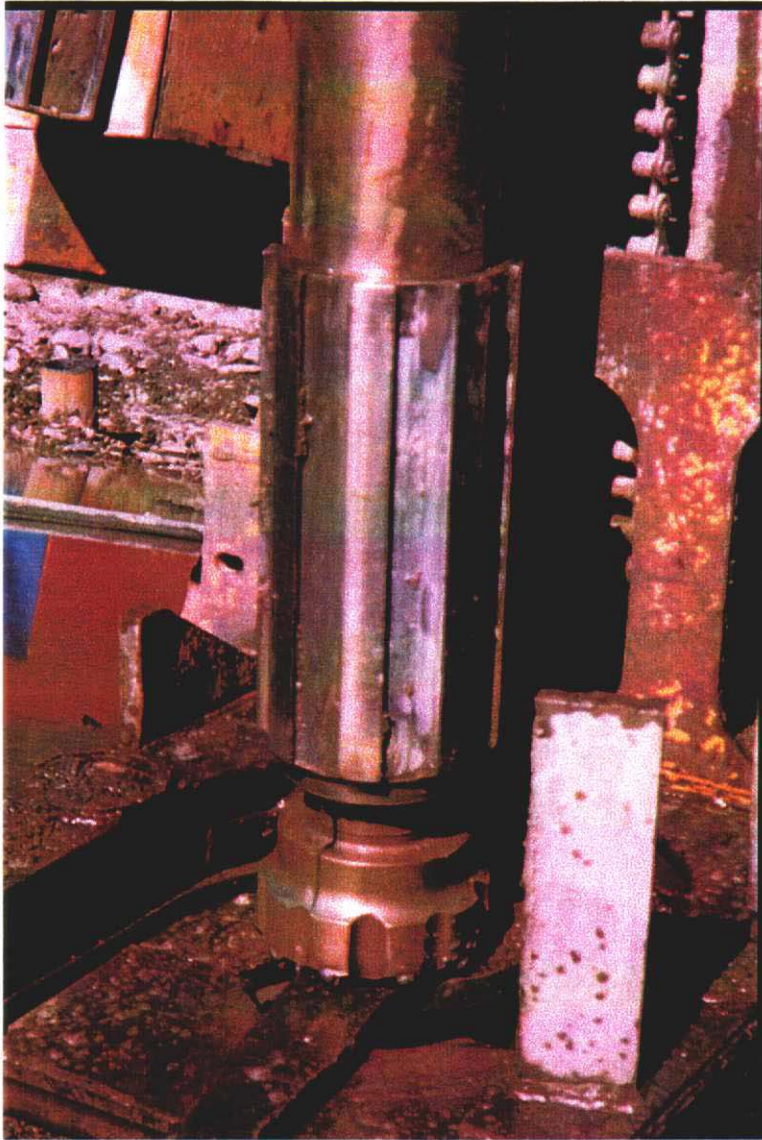
Under montering av kjerner i akse 7 øst var det ikke alle kjernene som gikk ned til bunnen av fjellhullet. Test med prøvepel viste at denne heller ikke gikk til bunns mens målebåndet gikk til bunns. Boret gikk derimot ned til bunnen av hullet uten merkbar motstand. Årsaken til dette var antagelig at hullet var skjevt eller taggete.

På byggherrens anbefaling skaffet entreprenøren seg borehammer med styring samt en styring til å sette på borestrengen oppe i foringsrøret. Se bilde 6. Utstyret ble brukt i akse 4 til 7 øst for å forsøke å redde skjeve eller taggete hull. Hullene ble injisert med sterk injiseringsmasse og boret forsiktig opp igjen. Dette fungerte i hovedsak bra. Enkelte hull måtte bores to ganger for å få ned pelen. I hele akse 3 øst og for tre hull i akse 7 øst ble utstyret med styring brukt for å bore nye fjellhull. Dette fungerte bra.

Problemstillingen med kjerner som ikke går til bunnen av fjellhullet er ytterligere behandlet i kapittel 8.2.

Det virket som om det var mer problemer med hull som hadde stått lenge åpne. Derfor hadde en tidsbegrensning fra oppboring til montering av kjerner kanskje vært på sin plass.

Under fjellboringen anbefalte også byggherren entreprenøren å føre logg. Det var her viktig å registrere slepper og et forhold mellom matetrykk og boresynk for å kunne bedømme fjellkvaliteten. Entreprenøren hevdet at man hele tiden varierte matetrykket og at det derfor ikke gav noe å registrere matetrykk og boresynk. Slepper under 0,30 meter gikk heller ikke å registrere ifølge entreprenøren.



Bilde 6 Borehammer med styring

6. Rengjøring av foringsrør og fjellhull

Hullene ble i begynnelsen gjort rene ved at foringsrøret ble fylt med vann, og det ble blåst luft gjennom borestrengen for å få borekaks og slam ut av hullet. Denne metoden skaper et undertrykk lengst ned, og det var vanskelig å få hullet rent.

For å få hullene ordentlig rene ble det benyttet en ejektorpumpe. Pumpa besto av et Ø40 stålrør med en gummislange koblet til noen centimeter fra bunnen av røret. Foringsrøret ble fylt med vann og ejektorpumpe heist ned. Når man så blåste luft ned i slangen samtidig som foringsrøret ble holdt vannfylt, skapte dette en sugeeffekt lengst ned i stålrøret, og slammet i hullet ble sugd ut gjennom stålrøret.

Ejektorpumpe viste seg å være effektiv. Det var imidlertid litt problemer med å holde hullene rene ettersom fjellet ga fra seg slam som la seg på bunnen. Dette problemet oppstod selv i noen av hullene som var tette. Et sted gikk det ikke å få til rengjøringen ordentlig. Hullet ble derfor injisert en gang ekstra, hvilket fungerte bra (også omtalt i kapittel 8.3).

7. Injisering

7.1 Overgang fjell - foringsrør

Entreprenøren valgte å injisere overgangen mellom fjell og foringsrør før boring av fjellhull. Dette sparte sannsynligvis så stor mengde injiseringer, injiseringsmasse og oppboringer av mørtelpropp at det ble behandlet som en vanlig injisering i mengdeoppgjøret. Denne injiseringen er helt spesiell, og den videre teksten omhandler kun injisering av fjellhull.

7.2 Metoder

Injiseringsmetoden som ble valgt fulgte ikke prosesskoden (vedlegg 2). Erfaringene fra tilsvarende arbeider på Mofjellbekken bru vest (også Nye E18 Vestfold) gjorde til at det ble benyttet ekstra injiseringsmasse for å skape mottrykk framfor å bruke pakker. Erfaringene var at femten minutter med pakker var for lite tid for at massen skulle herdne. Det var dessuten vanskelig å ha kontroll på massen. Dersom pakkeren sto lengre, var det fare for å ødelegge den. Framgangsmåten som ble valgt, forutsatte vannfylte hull og en viss kunnskap om trykkberegninger.

Metoden fungerte bra så lenge det ikke var overtrykk i hullene i nivå med bakken. For hullene med overtrykk (der vannet rant over kanten på foringsrørene) fungerte metoden tilsynelatende dårlig. Etter en del undersøkelser, viste det seg at ikke hadde brukt nok injiseringsmasse (masse tilstrekkelig høyt opp i røret) for å skape foreskrevet overtrykk. Noen steder hadde det sågar vært trykk utenfra i fjellhullet ved injiseringen. Der det ikke var brukt tilstrekkelig trykk, var hullet tett rett etter oppboring, men begynte straks deretter å lekke.

Det ble også ved et tilfelle forsøkt å injisere med pakker i toppen på foringsrøret. Røret var da vannfylt over injiseringsmassen. Metoden gjorde det litt vanskelig å vite hvor mye injiseringmasse som trengte ut i sprekker og slepper i fjellet. Det var dessuten vanskelig å etterfylle masse ved behov. Metoden fungerte imidlertid bra. En overraskende effekt var at leire boblet opp i byggegropa under injiseringen. Dette viste med all tydelighet at det ikke var tett fra fjellhullet og ut i leirlaget.

Utfra de erfaringene som ble gjort på Helland, virket det som om at injisering ved å fylle masse opp i foringsrøret uten å bruke pakker var en fornuftig måte å injisere på. Det forutsetter imidlertid at elementære trykkberegninger utføres for å være sikker på at det blir injisert med riktig overtrykk. Metoden kan i ugunstige tilfeller komme til å gi høyt forbruk av injiseringsmasse. Erfaringer fra Mofjellbekken bru øst som er pelet etter Helland, er at det ikke er noe problem med pakker nede i foringsrør på 50 meter. Det kan derimot være umulig å skape foreskrevet overtrykk i korte foringsrør med metoden som ble brukt på Helland.

Det viktigste ved injisering er sannsynligvis å skape de riktige trykkforholdene. Flere metoder kan derfor benyttes og bør tilpasses de stedlige forholdene. Det økonomiske aspektet ved de ulike metodene bør også vurderes.

7.3 Skjeve fjellhull

En del hull ble injisert fordi de var skjeve (se også kapittel 5 og 8.2). Ny oppboring vil da være tilbøyelig til å følge det gamle hullet. Det ble derfor benyttet en injiseringsmasse med stor fasthet (omtrent 70 MPa etter 28 døgn). Injiseringen ble utført rett før sommerferien og injiseringsmassen fikk således lang herdetid. Når det ble boret opp igjen, kom massen opp som borekaks hvilket bekreftet den høye fastheten. Borekaket inneholdt i mindre grad partikler av fjellet noe som indikerte at styringen fungerte da det også ble boret litt i fjell. Metoden var vellykket.

8. Montering av kjerner

8.1 Generelt

Stålkjernene var Ø150 og av stålqualität St. 52 – 3N. De kom til byggeplassen i lengder på seks og åtte meter og var ferdig gjenga i begge ender ("skrue og mutter") og påsatt avstandsholdere. Det ble i akse 3 øst benyttet noen få kjerner med lengde tolv meter. Nederste kjerneelementet ble kappet i bunnen for at øverste elementet skulle få riktig lengde. Øverst ble det benyttet et åttemetersselement for å få minst seks meter med uskjøtt kjerne i toppen som er kravet i henhold til prosesskoden. Kjernen ble kappet i riktig høyde etter montering og påsveist pelehode. Delen som ble kappet av i toppen kunne brukes som bunnelement på en annen kjerne.

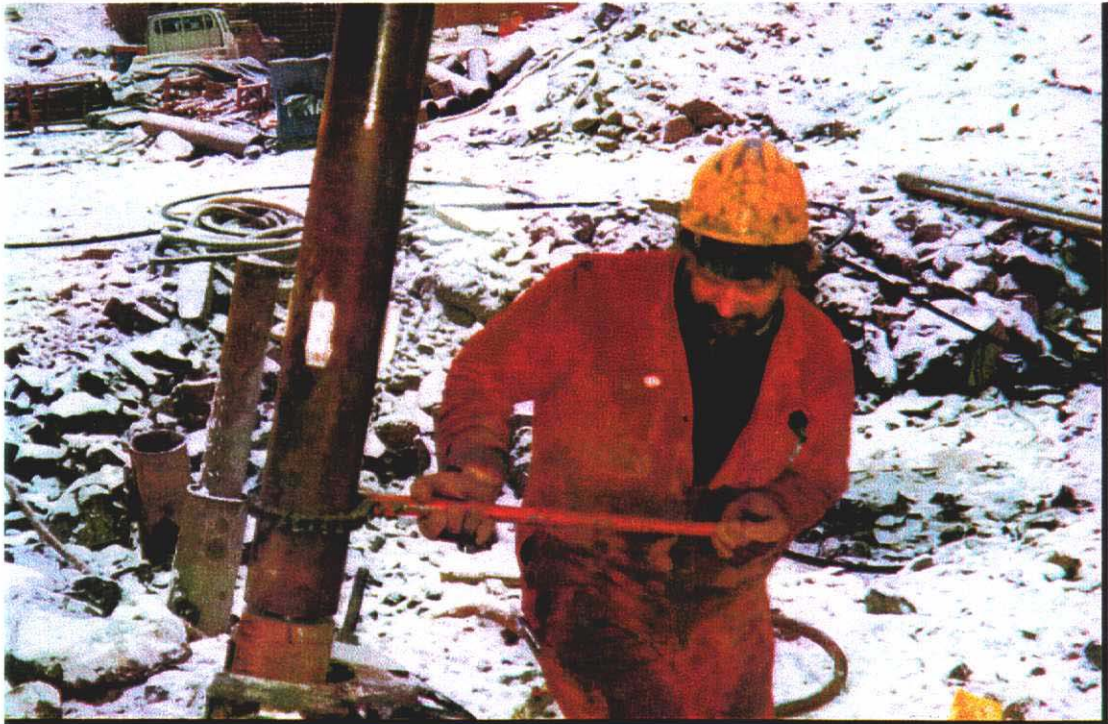
All kapping ble gjort med skjærebrenner da entreprenøren hevdet at kaldsaging ikke gikk å få til ute på byggeplassen. Peletoppene ble slipt med vinkelsliper etter at eventuelle store groper fra skjærebrenneren var fylt opp med sveis. Resultatet ble ikke så bra som ønskelig. Utførelsen ble imidlertid akseptert, blant annet fordi pelehodet var sveiset fast til selve kjernen med seks avstivere som er i stand til å overføre mesteparten av trykkraften mellom pelehode og kjerne.

Som en motytelse fra entreprenøren fordi han fikk kappe kjerner med skjærebrenner, utførte han kontroll av sveisene mellom pelehodet og kjernen. En tiendel av sveisene ble kontrollert med magnetpulverkontroll og alle ble godkjente. Kontroll av sveisene var ikke beskrevet i verken spesiell beskrivelse (vedlegg 1) eller prosesskoden (vedlegg 2). Dette var en mangel som bør innarbeides i neste utgave av prosesskoden.

Før montering ble foringsrøret fylt omtrent halvveis opp med omstøpningsmasse. Massen ble blandet på stedet og pumpet i fra bunnen av hullet via en plastslange. Dette skulle sikre at hele pelen ble omsluttet av omstøpningsmasse. Entreprenøren valgte å ha resten av røret fylt med vann for å ha kontroll med massen under montering. Dette fungerte meget bra.

Prøver tatt av omstøpningsmassen rett fra blanderen viste et masseforhold på 0,40 noe som er identisk med kravet. To prøver tatt av omstøpningsmassen som rant over kanten på foringsrøret rett før kjernen hadde kommet helt ned, viste et masseforhold på 0,43 og 0,47. Dette indikerer at det bør settes krav som sikrer riktig masseforhold på omstøpningsmassen øverst i røret dersom røret er fylt med vann over omstøpningsmassen.

Under montering ble kjernene heist på plass i foringsrøret med mobilkran og holdt igjen med en hydraulisk klype som var montert på toppen av foringsrøret. Siden avstandsholderne ikke ville gått ned i fjellhullet, ble disse fjernet nederst på kjernen i tilsvarende fjellhullets lengde. Kjernene ble skrudd sammen og punktsveist for å hindre skjøten i å skru seg opp. For å være sikker på at skjøten ble ordentlig skrudd til, ble den hydrauliske klypa brukt for å skru til ordentlig. Det var svært viktig at kjernen ikke sto i spenn mens skruingen pågikk. Se bilde 7. Gjengene var av typen API 3½" og ble testet av Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm. Kravet til skjøten framgår av spesiell beskrivelse (vedlegg 1).



Bilde 7 Kjernene skrues sammen hvilket er lett når de ikke står i spenn

Den siste meteren ble kjernen sluppet i fritt fall for å være sikker på fjellkontakt. Der det ikke hørtes et tydelig klang, ble det benyttet et 1700 kg luftlodd. Under montering av kjerner i akse 3-7 øst, ble kjernen heist en meter opp igjen når klanget uteble, og kjernen ble sluppet på nytt.

I noen akser gav byggherren tillatelse til at noen peler ble montert før alle hullene var tette. Dette ble gjort på betingelse av at ingen ytterligere arbeider ble gjort før omstøpningsmassen hadde oppnådd en viss fasthet.

Ved arbeid i minusgrader ble kjernene varmet opp før montering. Likeledes ble den delen av foringsrøret og kjernen som var over bakken, pakket inn med vintermatte når det var fare for frost. Ved sveising i dårlig vær ble det teltet.

Entreprenøren var i begynnelsen dårlig på å erstatte avstandsklosser som hadde ramlet av. Selv når byggherrens representant var tilstede ble dette registrert neglisjert. Rengjøring av kjernene for leire var også ofte for dårlig i begynnelsen. Begge deler bedret seg betraktelig i akse 3-7 øst.

Helt i begynnelsen av pelearbeidene glapp en kjerne (8V-05) ut av klypa og forsvant ned i hullet når det var et element igjen å montere. Det siste elementet ble heist ned og skrudd på og kjernen heist opp igjen. Det ble konstatert at skjøten var skrudd godt sammen, og pelen ble deretter satt på vanlig måte. Klypa ble etter dette påsveist kraftigere klør, og man valgte å slå på klypa med slegge for å være sikker på at klørne hadde fått tak. Det var ikke flere kjerner som glapp.

Ved to tilfeller ble pelen kappet i feil høyde noe som medførte at pelehodet kom for høyt. Dette medførte at armeringen i fundamentet måtte omprosjekteres.

Entreprenøren valgte etter dette å bruke kikkert for å finne riktig høyde. Dette fungerte bra.

8.2 Peler som ikke gikk til fjell

I akse 7 øst ble det konstatert at tre stålkjerner (7Ø-02, 04 og 06) ikke gikk ned til bunnen av fjellhullet. Byggherren hadde mistanke til de to første, men visste ikke noe med sikkerhet og valgte derfor å gjøre en detaljert kontroll av den tredje. Det var aldri tvil om at denne ikke sto på fjell selv etter lang tids banking med luftlodd. Se bilde 8. Entreprenøren innrømmet senere at de to første pelene heller ikke sto på fjell. Arbeidene ble etter dette avbrutt, og det ble senket prøvepel i de resterende hullene. Det kom fram at den prøvepelen som var brukt så langt, hadde vært en seksmeters kjerne uten avstandsholdere. Dette fulgte ikke prosesskoden (vedlegg 2). Det ble derfor byttet til en åttmeters kjerne med tre sett avstandsholdere. I ti av de fjorten gjenstående hullene gikk ikke prøvepelen ned til bunnen av hullet, men stoppet 1,5 – 2,8 meter over.



Bilde 8 Banking på pel med luftlodd (fra akse 6 øst)

Etter dette ble et vilkårlig valgt hull boret opp igjen uten at det ble konstatert noen motstand mot boret på veggen ned. Det ble boret omtrent 0,35 meter videre ned i hullet for å få opp litt borekaks. Borekaket var av bergarten Basalt. Prøvepelen som ble testet umiddelbart etter boring stoppet på samme sted som tidligere. Målebåndet gikk derimot ned til bunnen.

Entreprenøren forsøkte å filme fjellhullet, men vannet var for grumsete til at dette lyktes.

De hullene der prøvepelen ikke gikk ned, ble injisert og boret opp på nytt. Se også kapittel 5 og 7.3. Dette var vellykket, og det tyder således på at hullene var skjeve eller taggete.

I et av de andre hullene i akse 7 øst (7Ø-18) gikk heller ikke kjernen ned til bunnen av fjellhullet. Prøvepelen hadde gått ned i dette hullet ved alle tidligere forsøk, men det hadde vært problemer med injiseringen (se kapittel 7.2). Det var til sammen injisert tre ganger (fjellfot ikke medregnet) i dette hullet. Observasjoner gjort før montering tydet på at hullet ikke var tilstrekkelig tett ettersom en stri strøm av vann rant over kanten på røret. Prøvepel var ikke satt etter siste oppboring. Det er noe uklart hva som var årsaken til at pelen ikke gikk til fjell, men det meste tyder på at det har sammenheng med vannlekkasjen å gjøre. Vannet kan ha ført med seg sand og slam som har lagt seg i bunnen, og dette kan ha kommet fort så at det ikke har blitt fanget opp med målebåndet. Det kan også være at hullet på noen måte har forandret seg ved siste boring eller som følge av vanngjennomstrømningen.

Ved samtlige peler som ikke gikk til fjell, satt slangen til å føre ned omstøpningsmassen unormalt hardt fast i hullet når den skulle tas opp. Årsaken til dette er uklar, men det kan ha kommet av forandringer nede i hullet.

De fire pelene som ikke gikk til fjell, ble erstattet av tre nye. Konsulenten bedømte i samråd med Vegdirektoratet at de fire kjernene som ikke sto på fjell kunne ta noe last, og disse ble dermed påsveist pelehode (kjernene ble omstøpt i samband med montering).

8.3 Måling av lengder

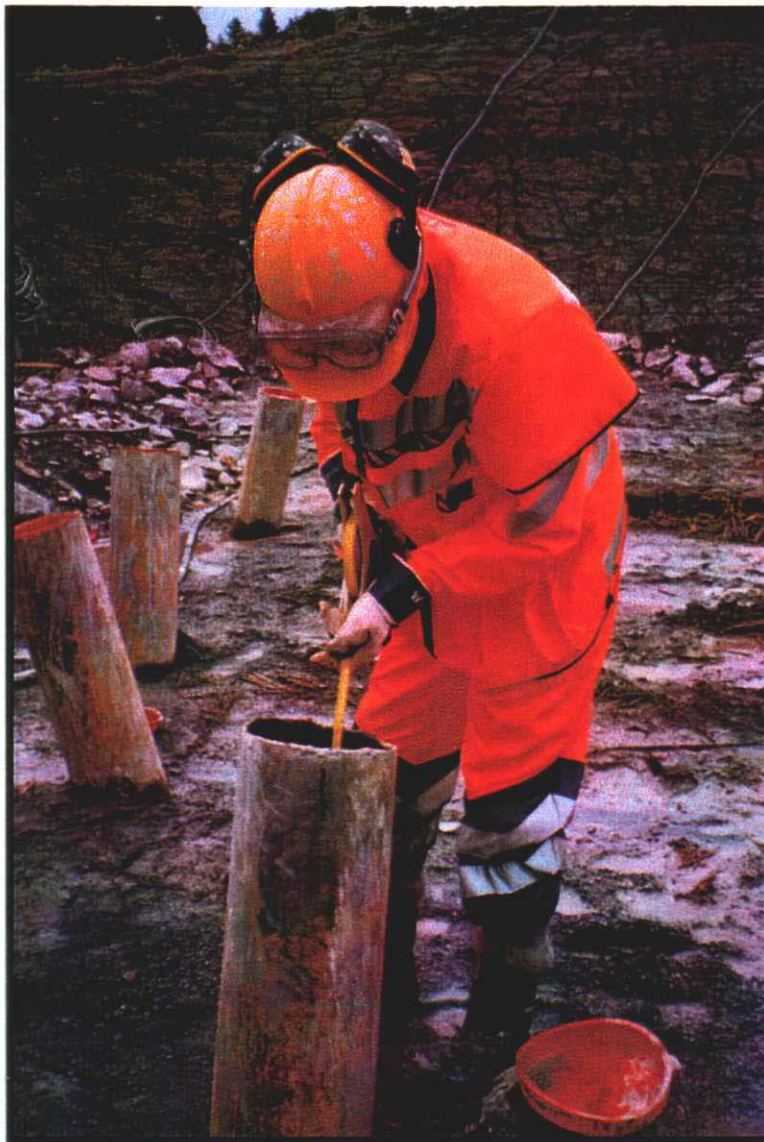
Etter arbeidene i akse 7 øst innså byggherren at det var nødvendig å sette ytterligere fokus på måling av lengder på kjerner. Det viste seg at entreprenøren bare hadde omtrentlig kontroll og en nøyaktighet på i verste fall $\pm 0,40$ meter for den lengste pelen. Nøyaktigheten kom man fram til på følgende måte:

1. Variasjon på seksmeterslementer: opptil 0,061 meter (elementene varierte fra 5,957 til 5,896 meter, byggherrens målinger)
2. Variasjon på åttmeterslementer: opptil 0,082 meter (elementene varierte fra 8,061 til 7,979, byggherrens målinger)
3. Variasjon på bunnelementet: 0,10 meter (informasjon fra entreprenøren)
4. Variasjon på hull-lengde: 0,10 meter (informasjon fra entreprenøren)
5. Total usikkerhet på lengste pel: $9 \cdot 0,061 + 0,082 + 0,10 + 0,10 = 0,831$ meter

Den lengste pelen bestod av 9 seksmetersselementer, åttometersselement i toppen samt en stump i bunnen.

En nøyaktighet på $\pm 0,40$ meter er ikke tilstrekkelig for å kunne si at kjernene står på fjell der det er tvil. Byggherrens egne målinger viste at det var uproblematisk å måle med en nøyaktighet som han bedømte var god nok. I de fleste tilfellene gikk det å komme i nærheten av $\pm 0,01$ meter mens det i de verste tilfellene ble rundt $\pm 0,03$ meter. Det var tendens til at nøyaktigheten ble mindre jo lengre kjernene var hvilket også er naturlig. Med tanke på utstyr og metoder, var det ikke vanskelig å forstå en unøyaktighet på 0,03 meter. For å komme så lavt, var det imidlertid nødvendig å måle alle kjerneelementene i millimeter. Det var også nødvendig å være nøyaktig i utførelsen av målingene.

Byggherren målte også lengden på en del av hullene med målebånd. Se bilde 9. I hovedsak stemte disse med entreprenørens målinger. Entreprenøren opererte hele tiden med tre forskjellige målinger. De tre var lengden på borestrengen, målebånd og prøvepel med målebånd. Disse var sjelden helt like.



Bilde 9 Måling av lengde til fjell

Ved å måle lengder med målebånd kunne det også konstateres om hullet var rent ettersom man får distinkt stopp i et rent hull. Ved noen tilfeller ble det konstatert urene hull. Disse ble da som regel rengjort igjen. Ved et tilfelle ble ikke hullet rengjort (3Ø-16), og pelen måtte bankes de siste 0,06 meterne. Ved et annet tilfelle (3Ø-05) ble hullet rengjort, men pelen ville likevel ikke gå til fjell. Her satt også slangen med omstøpningsmassen fast i hullet. Pelen ble heiset opp igjen og hullet injisert og boret opp igjen fire dager senere. Kjernemonteringen var deretter helt uproblematisk.

Et hull var helt spesielt (4Ø-08). Alle målingene til entreprenøren viste samme resultat, men det ble likevel konstatert at hullet i virkeligheten var omtrent 0,70 meter dypere. Det var slam i bunnen, men dette burde ikke påvirket lengden på borestrengen på samme sett som målebånd og prøvepel. Entreprenøren konkluderte med at det var skjedd en helt unik målefeil. Hullet ble rengjort før montering, og monteringen gikk greit.

8.4 Kontroll av setninger

Det har ikke vært konstatert noen form for setninger i pelefundamentene. Bruene har vært belastet med til dels store laster i byggefasen og kommer neppe til å oppleve tilsvarende igjen. Byggherren kommer til å måle enkelte fundamenter med tanke på setninger. Dette kommer til å gjøres både på fundamenter der byggherren har fulgt all pelemonteringen og på fundamenter der kun stikkprøvekontroll har vært utført.

9. Mengder

Det er gjort opp for mengder som vist i tabell 2:

Tabell 2 Mengder

Type	Bru vest	Bru øst	Totalt	Enhet
Stålkjerner	4 616	4 230	8 846	meter
Foringsrør	4 170	3 738	7 908	meter
Retthetsmålinger	4 131	3 738	7 869	meter
Fjellboringer	113	113	226	stykk
Vanntapsmålinger	169	196	365	stykk
Injiseringer	156	171	327	stykk
Merforbruk	4 880	16 050	20 930	kg
Oppboring av injisering	48	63	111	stykk
Kapping av kjerner	108	108	216	stykk
Pelehode	108	108	216	stykk

Årsaken til at mengden foringsrør og retthetsmålinger ikke er like for bru vest er at et foringsrør i et tilfelle ble erstattet før retthetsmålingen. De tre ekstra pelene i akse 7 øst er ikke med. For fjellboringer er det inngått en spesiell avtale der stykkpris ble omregnet til løpmeterpris for å få med den ekstra lengden som var boret i visse hull. Løpmeterprisen ble igjen regnet om til stykkpris for å få enklere avregning. Det er også betalt for boring av foringsrør i blokker der som grunnundersøkelsen ikke stemmer med virkeligheten. I injiseringen inngår injisering av fjellfot. Antallet injiseringer, vanntapsmålinger og oppboring av injisering er resultat av avtale mellom entreprenør og byggherre. Tallene gjenspeiler dermed ikke virkeligheten, men gir et representativt bilde på antallet. Diverse andre økonomiske krav er avvist av byggherren.

10. Tips for framtiden

Dette er tips til hva som vi savnet ved oppfølging av pelearbeidene, og som vi gjerne skulle hatt med i spesiell beskrivelse, i prosesskoden, eller i hvert fall visst om på forhånd så vi kunne brukt det i forbindelse med oppfølgingen. Utover dette konstaterte vi at vanlig stikkprøvekontroll ikke var tilstrekkelig ved oppfølging av arbeidene med stålkjernepeler. Byggherren utførte i prinsippet full byggeplasskontroll i akse 3-7 øst.

10.1 Generelt

- Entreprenørens pelekonsent skal ha ingeniørbakgrunn og erfaring med stålkjernepeler. Konsent skal være på plass hele tiden under setting av kjerner.
- Det bør stå at supplerende grunnundersøkelser også omfatter fjellkvaliteten.

10.2 Boring

- Kravet til boring med vann i løsmasser av leire, sand og silt må utdypes så det framgår at tanken er å bruke vann for å holde dysene åpne. Det er ikke nødvendig å drive borekrona med vann.
- Det skal samles borekaks på slutten av boringen av foringsrøret og på slutten av fjellhullet slik at fjellkvaliteten kan avgjøres ved tvilstilfeller.
- Foringsrør bør fikseres rett før retthetsmålingene dersom det er dårlige masser i grunnen.
- Boreprotokoll skal føres av boreoperatør både under arbeidene med foringsrør og fjellhull. Av protokollen skal det framgå navnet på operatøren, type masser, slepper i fjell, matetrykk, om det bores med luft eller vann samt eventuelle problemer.
- Det bør vurderes om retthetsmåling av foringsrør også bør omfatte fjellhullet.
- Fjellhullet må om nødvendig bores med noen form for styring for å få et tilstrekkelig rett hull.
- Det bør settes krav til at fjellhull ikke blir stående åpne for lenge.

10.3 Injisering

- Det kan være en fordel om overgangen mellom fjellet og foringsrøret injiseres før fjellhullet bores. Denne injiseringen bør ha egen prosess for mengde og pris og bør kun benyttes etter avtale med byggherren.
- For injiseringen kan det også tillates å fylle injiseringsmasse opp i foringsrøret for å skape overtrykk ettersom denne metoden er vanlig spesielt for lange foringsrør. Overtrykket må regnes fram med kjennskap til det eventuelle overtrykket som var ved vanntapsmålingene. Beregningene overleveres byggherren før injisering. Metoden er ikke brukbar ved korte foringsrør og høyt overtrykk. I ugunstige tilfeller kan metoden gi stor mengdeøkning.

10.4 Montering av kjerner

- Prøvepelen må settes umiddelbart før kjerne monteres. Prøvepelen må være utstyrt med minimum tre sett avstandsholdere over fjellhullet.
- Ved temperatur under 0°C må kjernene varmes opp før montering.
- Ved temperatur i luften under 0°C må foringsrør holdes varmt mens omstøpningsmassen herder.
- Slangen for nedføring av omstøpningsmassen skal ha lengdeskala så det går å slå fast med sikkerhet at den er i bunn.
- Dersom slangen for nedføring av omstøpningsmassen sitter unormalt hardt fast, skal monteringen avbrytes og hullet rengjøres eller injiseres på nytt.
- Dersom hullene er vannfylte ved innpumping av omstøpningsmasse, må så mye masse pumpes inn at det er sikkert at all masse som omslutter pelen har masseforhold $\leq 0,40$.
- Prøvetaking av omstøpningsmassen må følges opp. Prøveblanding anbefales.
- Byggegroppa bør være fri for leire og omstøpningsmasse ved start av montering av hver kjerne.
- Dersom kjerneer skjøtes på plassen må kjerneelementene måles eksakt (meter med tre desimaler) før de skrues sammen og monteres, slik at lengden er helt bestemt (for å kunne si med sikkerhet at pelen går til fjell). Lengder overleveres byggherren før montering starter.
- Dersom skruskjøter velges må ikke kjernene være bøyemomentbelastede når de skrues sammen.
- Luftlodd må brukes på alle peler.
- Krav til flaten (planhet, vinkel) på kjernen i kontaktzone fjell/kjerne må angis.
- Dersom kjerneer kappes på stedet etter montering, bør ikke kapplengden overstige 2,0 meter av hensyn til mulighetene for kontroll.
- Dersom en pel ikke går helt ned til bunn av fjellhull, og man bedømmer at den ikke går å slå helt ned med luftloddet, skal kjernen heises opp igjen (må gjøres før bruk av luftlodd) og hullet rengjøres eller injiseres på nytt.
- Det må settes krav til sveisekontroll på konstruktive sveiser.

Vedlegg 1

83 KONSTRUKSJONER I GRUNNEN (PELER, SPUNT ETC.)*Spesiell beskrivelse*

- a) Evt. vannulemper i forbindelse med vann i fjellet og vannsig forøvrig, skal være inkl. i enhetsprisene.

83.5 Stålkjernepeler*Spesiell beskrivelse*

- a) Kfr. tegn. K601-4, samt geoteknisk rapport.

83.51 Supplerende grunnundersøkelser for stålkjernepeler*Spesiell beskrivelse*

- a) Prosessen omfatter de tilleggsundersøkelser som entreprenøren finner nødvendig for å redusere hans risiko for kostnader til ekstra peling pga. vrakpeler eller andre usikkerhetsfaktorer ved grunnen. Prosessen kommer til utbetaling uansett omfang av tilleggsundersøkelse.

RS

kr _____

83.52 Rigg og oppstilling for stålkjernepeler*Spesiell beskrivelse*

- a) Prosessen inkluderer nødvendige forsterkninger av byggegropene slik at disse kan benyttes ved arbeider med stålkjernepeler.

RS

kr _____

83.53 Boring for stålkjernepeler**83.531 Levering og installasjon av foringsrør i løsmasse***Spesiell beskrivelse*

- b) Permanent foringsrør Ø209 mm innv. diameter og godstykkelse t = 10 mm, boret min. 0,5 m inn i fjell. Kfr. tegn. K601-4.

83.5311 Søyle akse 3

702 m a kr _____ kr _____

83.5312 Søyle akse 4

378 m a kr _____ kr _____

83.5313 Søyle akse 5

378 m a kr _____ kr _____

83.5314 Søyle akse 6

702 m a kr _____ kr _____

83.5315	Søyle akse 7	990 m	a kr _____	kr _____
83.5316	Søyle akse 8	738 m	a kr _____	kr _____
83.532	Retthetsmåling av foringsrør <i>Spesiell beskrivelse</i>			
e)	Følgende toleransekrav gjelder: - Retthet, foringsrør: Maks. 0,2 g vinkelendring over 2 m rørlengde målt hvor som helst på røret, med Multishot, Maxibor eller tilsv. utstyr som er godkjent av byggherren.			
83.5321	Søyle akse 3	702 m	a kr _____	kr _____
83.5322	Søyle akse 4	378 m	a kr _____	kr _____
83.5323	Søyle akse 5	378 m	a kr _____	kr _____
83.5324	Søyle akse 6	702 m	a kr _____	kr _____
83.5325	Søyle akse 7	990 m	a kr _____	kr _____
83.5326	Søyle akse 8	738 m	a kr _____	kr _____
83.534	Boring i fjell for strekkpeler <i>Spesiell beskrivelse</i>			
a)	Gjelder akse 3,4,5,6,7 og 8. Pelene skal bores 4 m i godt fjell. - 18 stk pr akse.			
		108 stk	a kr _____	kr _____
83.54	Vanntapsmåling <i>Spesiell beskrivelse</i>			
c)	Pakker plasseres i toppen av borhullet og det benyttes 1 bar overtrykk.			
		200 stk	a kr _____	kr _____

83.55 Injisering av bunnsoner i borhull**83.551 Injisering inntil 200 kg sement**

180 stk a kr _____ kr _____

83.552 Tillegg for merforbruk utover 200 kg

30.000 kg a kr _____ kr _____

83.553 Oppboring av injisert mørtelpropp

180 stk a kr _____ kr _____

83.56 Installasjon av stålkjernepeler**83.561 Levering og montering av stålkjerner***Spesiell beskrivelse*

- b) Prosessen omfatter stålkjerner med diameter Ø150 mm. Pelene kan skjøtes med K-sveis med min. 30 mm sveisedybde eller gjengeskjøt med min. dimensjonerende kapasitet 4000 kN på trykk, 1800 kN på strekk og 70 MNm på bøyning.

83.5611 Søyle akse 3

756 m a kr _____ kr _____

83.5612 Søyle akse 4

432 m a kr _____ kr _____

83.5613 Søyle akse 5

432 m a kr _____ kr _____

83.5614 Søyle akse 6

756 m a kr _____ kr _____

83.5615 Søyle akse 7

1044 m a kr _____ kr _____

83.5616 Søyle akse 8

792 m a kr _____ kr _____

83.563 Kapping av stålkjerner

108 stk a kr _____ kr _____

83.564 Levering og montering av pelehode

Spesiell beskrivelse

a)	For utførelse av pelehode vises til tegn. K601-4.	108 stk	a kr _____	kr _____
83.58	Ventetid og driftstid			
83.581	Ventetid for rigg for stålkjernepeler	30 time	a kr _____	kr _____
83.582	Driftstid for rigg for stålkjernepeler	30 time	a kr _____	kr _____

Vedlegg 2

83.5 Stålkjernepeler

- a) Prosessen omfatter alle leveranser og alle arbeider med stålkjernepeler, fram til ferdige og godkjente peler.

Med hensyn til grunnforholdene vises til *geoteknisk rapport*.

Dersom ikke annet er angitt i *den spesielle beskrivelsen*, omfatter prosessen også alle kostnader forbundet med at den utførende selv skal ha sin pelekontrollør på plassen. Denne kontrolløren skal kun utføre kontrollfunksjoner under pelingen og utarbeide dokumentasjon av kontrollen, og således ikke være delaktig i selve arbeidet.

Proessen omfatter dessuten risikoen for vrakpeler, ansvaret for alle kostnader forbundet med eventuelle erstatningspeler, og alle kostnader ved supplerende grunnundersøkelser og tiltak som den utførende måtte finne nødvendig å planlegge og gjennomføre, bl.a. for å unngå vrakpeler som følge av skrens på skråfjell. Den utførende skal selv vurdere risikoen for samt eventuelt planlegge og gjennomføre tiltak for å unngå vrakpeler. Resultatene av de undersøkelsene som er utført for å kartlegge beliggenheten av fjelloverflaten i pelefundamentene er presentert i *den geotekniske rapporten* for anbudet.

- b) Stålkjernepelene inklusiv pelehodet skal ha stålkvalitet St. 52 - 3N. Kvaliteten skal dokumenteres ved at det fremlegges verksertifikat etter DIN 0040/2.2.2. eller tilsvarende standard.

Kvalitet av stålkjerner skal kontrolleres i henhold til DIN 1013.

Pelene skal være fri for rust og skal om nødvendig stålørstes, sandblåses eller flammerenses. Pelene skal også være fri for fett, og om nødvendig avfettes ved bruk av avfettingsmiddel som skal godkjennes av byggherren.

Pelene skal være påmontert avstandsholdere som gir en overdekning mellom stålkjernen og foringsrøret på min. 20 mm. Avstandsholderne skal være av glassfiberarmert epoksy, og skal utformes slik at de ikke hindrer god mørtelflyt. Avstandsholderne skal skrues fast til stålkjernen. Det benyttes 3 stk. klosser i snittet, med avstand mellom snittene på 3 meter i pelens lengderetning.

Avstandsholderens utforming og feste skal godkjennes av byggherren.

Pelen skal skjøtes slik at pelen i skjøtesnittet har tilfredsstillende kapasitet for trykk, strekk og bøyning mht. aktuelle påkjenninger, og uansett påkjenning ha en minimums strekk- og momentkapasitet som angitt i *den spesielle beskrivelsen*.

Det tillates gjengeskjøl og sveiseskjøl. Ved gjengeskjøl skal skjøten punktveises tilstrekkelig til å hindre at den skrur seg opp under montering. Sertifikat for test av gjengeskjøter skal fremlegges av den utførende.

Sveiseskjøl utføres som K- sveis med beregnet tilstrekkelig dybde rundt periferien av pelen. Minimumsløsning er 30 mm sveisedybde.

Ved skjøting skal pelen bygges opp slik at det blir en hel stanglengde (min. 6 m)

i toppen av pelestrengen.

Skjøtens styrkeegenskaper skal dokumenteres av den utførende. Skjøtene skal godkjennes av byggherren.

Alle skjøter på foringsrør skal være tette.

Overflaten av foringsrør skal behandles (f.eks. avfetting, sandblåsing, asfaltering) dersom dette er angitt i *den spesielle beskrivelsen*.

Med hensyn til kjernediameter av stålkjernepeler samt minimum innvendig diameter og minimum veggtykkelse for foringsrør vises det til *den spesielle beskrivelsen*.

Til omstøping skal det benyttes omstøpningsmasse med v/c forhold $< 0,40$, og de tilsetningsstoffer den utførende finner nødvendig for å oppnå et godt resultat med hensyn til retardasjon, flyteevne og ekspansjon. Resept for mørtelen og bruk av tilsetningsstoffer skal avtales med, og godkjennes av byggherren.

Det skal utføres prøveblandinger i henhold til Norsk Betongforenings Publikasjon nr. 14, i god tid før monteringsarbeidet starter. Det skal også dokumenteres fasthet på mørtelen, og at den er tilpasset den tid det tar for installasjon av stålkjernene.

- c) Når det gjelder geotekniske forutsetninger og utførelsesbetingelser vises til *den spesielle beskrivelsen*.

Det skal som hovedregel tilstrebes en rekkefølge ved boring og injisering slik at de dypeste pelene innen hver gruppe utføres først.

Foringsrør bores gjennom løsmassene og videre ned i fjell, til en minimumsdybde i godt fjell som angitt i *den spesielle beskrivelsen*. Ved boring gjennom løsmasser av leire, silt og sand skal det kun benyttes vannspyling, dersom ikke annet er angitt i *den spesielle beskrivelsen*. Vanntrykk og vannmengde tilpasses for å unngå uønsket erosjon.

Når det er boret til foreskrevet dybde ned i fjell, kan det utføres vann-tapsmåling og eventuell injisering av fjellfot rundt og under foringsrøret. Det vises til *den spesielle beskrivelsen*.

Før vanntapsmåling av trykkpeler/strekkpeler skal borehull og foringsrør rengjøres og tømmes for alle rester av løsmasser og boreslam. Ved bruk av ejetorpumpe for rengjøring av borhullet, forutsettes det et konstant overtrykk i borhullet (vannfylt foringsrør) for å unngå utvasking av løsmassene over fjell. Ejetorpumpe skal godkjennes av byggherren.

For trykkpeler skal foringsrøret gå helt til bunnen av borhullet. Røret slås til bunnen av borhullet etter tilfredsstillende vanntapsmåling, eller umiddelbart etter 1. injisering.

For strekkpeler skal det, etter at det er kontrollert at hullet er tett, bores forankringslengde for pelen under foringsrøret med fjellborkrone. Boringen utføres til en dybde under foringsrøret som er angitt i *den spesielle beskrivelsen*.

Ved vanntapsmåling plasseres pakker i toppen av foringsrøret eller som angitt i *den spesielle beskrivelsen*, og vanntrykk settes på. Etter at en jevn vannstrøm er registrert, måles vanntapet over en periode på ett minutt. Vanntrykket måles i terrenghøyde og skal tilpasses de stedlige forholdene, som angitt i *den spesielle beskrivelsen*. Vanntrykket skal dokumenteres med trykkmåler.

Akseptkriterium: Vanntap < 0,5 l pr. min. og m borhull i fjell ved *foreskrevet* vanntrykk. Ved større vanntap skal det utføres injeksjon.

Resultatet overleveres byggherren etter hver måling.

Alle borhull i en pelegruppe skal tilfredsstillende maks. tillatt vanntap før stålkjernene monteres.

Injisering av bunnsone i borhull utføres med sement, etter at borhull og foringsrør er tømt for løsmasser og boreslam ved hjelp av luft- og vannspyling eller eventuelt ejetorpumpe.

Injeksjonsmassen tilpasses de stedlige forhold, og resepten skal forelegges byggherren til godkjenning før oppstart av arbeidene.

Injiseringen utføres med pakker 0,5 m over uk foringsrør. Det injiseres med et overtrykk på 1 atm i forhold til poretrykket. Injeksjonstrykket holdes i 15 minutter. Oppnås ikke mottrykk, må injeksjonsmassen fortykkes eller andre injeksjonsstoffer vurderes brukt.

Foringsrøret slås til bunnen av borhullet umiddelbart etter 1. injeksjon.

Etter at den injiserte massen har herdet minimum 1 døgn, bores det gjennom proppen og ned til fast fjell. Hullet rengjøres og ny vanntapsmåling utføres.

Før montering av stålkjernene skal borhull og foringsrør tømmes for alle løsmasser og boreslam ved hjelp av luft og vannspyling. Borhullet skal loddes for nøyaktig bestemmelse av pelelengde. Foringsrøret skal være kappet i *angitt nivå*.

I den grad det er *spesifisert* eller *bestilles* av byggherren, skal det utføres retthetsmåling av foringsrøret med retningsstyrt elektronisk inklinometer.

Før montering av stålkjernen skal det med nedsenking av prøvepel påsatt avstandsholdere kontrolleres at foten er tilfredsstillende rensket og at pelen kan monteres uten hindring i full lengde.

Etter at hullet er innsisert og godkjent, skal det fylles med omstøpningsmasse. Mørtelen føres inn fra bunnen av borhullet med slange. Mørtelvolumet skal være slik at den fortrenkte mørtelen flyter over kanten av foringsrøret under pelemontering. Overflødig mørtel fjernes snarest.

Pelene senkes ned i hullene og slippes med ca. 1 meter fritt fall mot fjell. Deretter rammes pelen med luftlodd for kontroll av fjellkontakt. Luftlodd og loddvekt skal godkjennes av byggherren.

Byggherren varsles i rimelig tid (min. 24 timer) før nedsetting av hver kjerne for å kunne kontrollere at fjellkontakt kan oppnås.

Kjernen skal kappes ved kaldsaging og bearbeides slik at pelehodet får tilfredsstillende anlegg, vinkelrett på pelens lengdeakse. Tillatt avvik fra vinkelrett flate er maks. 1:500.

- d) Den utførende pelekontrollør skal foreta den nødvendige kontroll, føre protokoll og sørge for rapportering av alle resultater som krevet. Protokollen skal minst angi:
- navn på ansvarlig leder av pelingen
 - navn på kontrollør/protokollfører
 - pelenummer, dato og klokkeslett
 - borhullsdybde og bunnkote
 - spyletrykk/vannmengde
 - borsynk i fjell
 - resultat av borhullsinspeksjonen
 - innmåling av kotehøyde for topp foringsrør.
 - foringsrørets plassering i avskjæringsnivå med angivelse av avvik fra prosjektert plassering i mm
 - foringsrørets helning i toppen, med angivelse av avvik fra prosjektert helning i grader
 - foringsrørets helningsretning i toppen med angivelse av avvik fra prosjektert retning. Avvik fra prosjektert helning og retning angis i forhold til pelens akse
 - dersom det er spesifisert eller angitt av byggherren skal foringsrørets retthet måles i hele lengden til bunn av hull i fjell

Rørets form (retthet/krumning) skal måles ved retningsstyrt elektronisk inklinometer, hver 2 m fra avskjæringsplanet ned til fjellfot. Målemetode og utstyr skal godkjennes av byggherren. Pelens form fremstilles i diagram med målestokk:

1:200 vertikalt
1:10 horisontalt

Pelens vertikalprojeksjon vises på samme tegning.

Pelens minste krumningsradius beregnes og angis på samme tegning med angivelse av dybde.

- kontroll av stålkjerne-elementenes retthet (DIN 10139) og stålkvalitet
- kontroll av skjøter på stålkjernepeler, retthet og styrke
- vanntapsmåling før og etter eventuell injisering. Vanntrykk og vanntap i l/minutt og m angis
- injisering. Injiseringstrykk og medgått injeksjonsmasse angis
- kontroll av injiseringsmasse. Resept oppgis og fasthet angis
- kontroll av nedsetting av stålkjerne. Lengde og avvik fra oppmålt hullengde angis
- kontroll av ramming på stålkjerne. Loddvekt og synkning pr. min. ramming angis
- kontroll av mørtel ved innstøping. Resept oppgis og medgått mørtelmengde angis. Avvik fra teoretisk mengde angis

- dersom det er spesifisert eller bestilt av byggherren, prøvetrekkning av strekkpeler. Resultat presenteres i kraft/deformasjonskurve
- andre relevante data for avregning og for vurdering av pelens karakter og kapasitet

Alle kontrolldata skal presenteres på skjema og i en form som godkjennes av byggherren.

Pelen skal vurderes av byggherren på grunnlag av den utførendes peleprotokoller og dagbøkene til byggherrens kontrollør. Peler som ikke tilfredsstillt kravene til toleranse og kvalitet generelt, kan vrakes av byggherren. Vrakede peler skal erstattes med nye peler.

- e) Følgende toleransekrav gjelder dersom ikke annet er angitt i *den spesielle beskrivelsen*:
- Plassering + 100 mm i horisontalplanet
 - Helningsavvik: Vertikale peler: 1%
 Skrå peler: 2%
 - Retningsavvik: Skrå peler: 2% målt i enhver retning fra teoretisk peleakse.
 - Retthet, foringsrør: Maks. 0,2% vinkelendring over 2m rørlengde, eller min. krumningsradius = 600 m regnet over 6 m lengde. Måling utføres kontinuerlig i foringsrør og i hull i fjell med utstyr godkjent av byggherren.
 - Retthet, før nedsetting av stålkjerner: Krav iht. DIN 1013
 - Vinkelendring i peleskjøter: Maksimalt 1:500
 - Avvik fra prosjektert kotehøyde topp stålkjerne ferdig montert: + 50 mm

Ved avvik fra et eller flere krav, skal byggherren avgjøre om pelen må vrakes.

- f) Mengden måles som utført lengde av stålkjernepeler målt fra pelespiss til prosjektert kappekote.
Enhet: m.

83.51 *Supplerende grunnundersøkelser for stålkjernepeler*

- a) Prosessen omfatter alle kostnader til planlegging og gjennomføring av supplerende grunnundersøkelser/fjellkontrollboringer og øvrige tiltak for å kartlegge risiko og unngå vraking av peler, bl.a. som følge av skrens på fjelloverflaten.

Behovet for omfanget av boringer og /eller tiltak avgjøres av den utførende, men eventuelle tiltak skal godkjennes av byggherren.

- f) Kostnaden angis som rund sum, samlet for alle stålkjernepeler.

Enhet: RS.

83.52 *Rigg og oppstilling for stålkjernepeler*

- f) Kostnaden angis som rund sum.
Enhet: RS.

83.521 Rigg for stålkjernepeler

- a) Prosessen omfatter all transport, tilrigging og nedrigging av alt utstyr som er nødvendig for utførelse av stålkjernepeler, så som boring, tetthetskontroll, injeksjon, samt gysing/omstøpning og montering av stålkjernepelene. Forslag til rigg med angivelse av laster forelegges byggheren til godkjenning.
- f) Kostnaden angis som rund sum.
Enhet: RS.

83.522 Oppstilling for stålkjernepeler

- a) Prosessen omfatter oppstilling, flytting og nøyaktig plassering av pelemaskin/tårn, samt alle kostnader forbundet med målegrunnlag, eventuelt utsetting av mal og utsetting for nøyaktig plassering av pelene
- f) Mengden måles som antall pelegrupper.
Enhet: stk.

83.53 *Boring for stålkjernepeler*

- f) Mengden måles som lengden fra fjellfot til prosjektert nivå topp terreng.
Enhet: m.

83.531 Levering og installasjon av foringsrør i løsmasse

- a) Prosessen omfatter levering og montering av foringsrør, inkludert nødvendig boring i løsmasser og innboring av foringsrør i fjell. Videre omfattes skjøting av foringsrør og kapping av foringsrør i angitt nivå, samt eventuell overflatebehandling av foringsrøret som angitt i *den spesielle beskrivelsen*.
- b) Krav til foringsrør er gitt i *den spesielle beskrivelsen*.
- f) Mengden måles som lengde av foringsrør fra uk foringsrør til prosjektert kappnivå. All kapp og skjøting skal være inkludert i enhetsprisen.
Enhet: m.

83.532 Retthetsmåling av foringsrør

- a) Prosessen omfatter retthetsmåling av foringsrør med retningsstyrt elektronisk inklinometer, i et omfang som angitt i *den spesielle beskrivelsen* eller som avtales med byggheren.
- c) Krav til målenøyaktighet angis i *den spesielle beskrivelsen*.

- f) Mengden måles som lengde retthetsmålt foringrør.
Enhet: m.
- 83.533 Boring i fjell for trykkpeler
- a) Prosessen omfatter boring i fjell. Med hensyn til minimum innboringslengde i godt fjell vises det til *den spesielle beskrivelsen*.
- f) Mengden måles som antall peler.
Enhet: stk.
- 83.534 Boring i fjell for strekkpeler
- a) Prosessen omfatter boring til angitt minimumsdybde i godt fjell, og boring videre med fjellborkrone til en dybde som angitt i *den spesielle beskrivelsen* etter at hullet er tett.
- f) Mengden måles som antall peler.
Enhet: stk.
- 83.54 *Vanntapsmåling*
- a) Prosessen omfatter alle materialer og arbeider i forbindelse med vanntapsmåling, inklusiv rengjøring av borhull og foringsrør før vanntapsmåling.
- f) Mengden måles som antall utførte vanntapsmålinger.
Enhet: stk.
- 83.55 *Injisering av bunnsone i borhull*
- f) Mengden måles som antall utførte injiseringer.
Enhet: stk.
- 83.551 Injisering inntil 200 kg sement
- a) Prosessen omfatter levering av materialer og alt arbeid i forbindelse med injisering av borhullet. Materialet inkluderer inntil 200 kg. Sement pr. injeksjon.
- f) Mengden måles som antall utførte injiseringer.
Enhet: stk.
- 83.552 Tillegg for merforbruk utover 200 kg
- a) Prosessen omfatter merforbruk av sement ut over 200 kg pr. injeksjon.
- f) Mengden måles som medgått mengde sement ut over 200 kg.
Enhet: kg.
- 83.553 Oppboring av injisert mørtelpropp

- a) Prosessen omfatter boring gjennom injisert mørtelpropp og ned til fast fjell, etter at injiseringsmasser er herdet.
 - f) Mengden måles som antall utførte oppboringer.
Enhet: stk.
- 83.56 *Installasjon av stålkjerpeler*
- f) Mengden måles som lengde fra fjellfot til prosjektert nivå topp pel.
Enhet: m.
- 83.561 *Levering og montering av stålkjerner*
- a) Prosessen omfatter alle leveranser og komplett monteringsarbeid for stålkjerner inkludert skjøting og omstøpning i ferdig montert og godkjent foringsrør og borhull. Prosessen inkluderer endelig rengjøring av borhull og foringsrør før pelen monteres, samt heft pga. byggherrens kontroll før kjernen monteres. For kontroll av hver pel regnes en times heft.
 - f) Mengden måles som lengde fra fjellfot til prosjektert nivå topp stålkjerne i pelehodet.
Enhet: m.
- 83.562 *Tillegg for strekkpeler*
- a) Prosessen omfatter bearbeiding av ståloverflaten i pelens heftesone som angitt i *den spesielle beskrivelsen*, og alle arbeider i tilknytning til dette.
 - f) Mengden måles som lengde av heftsone med bearbeiding.
Enhet: m.
- 83.563 *Kapping av stålkjerner*
- a) Prosessen omfatter kapping av stålkjerner i angitt nivå.
 - f) Mengden måles som antall kappede peler.
Enhet: stk.
- 83.564 *Levering og montering av pelehode*
- a) Prosessen omfatter levering av materialer og alle arbeider med pelehodet, samt alle arbeider i forbindelse med montering av pelehodet på stålkjernene.
 - f) Mengden måles som antall pelehoder, komplett utført og montert.
Enhet: stk.
- 83.57 *Prøvetrekking av strekkpeler*
- a) Prosessen omfatter alle leveranser og arbeider i forbindelse med prøvetrekking av strekkpeler, inkludert utstyr, rigging, utførelse og rapportering av prøvetrekking.

- c) Pelene skal prøvetrekkes ved måling av pelens heving i 1/10 mm som angitt i *den spesielle beskrivelsen*.
- f) Mengden måles som antall prøvebelastede peler.
Enhet: stk.

83.58 *Ventetid og driftstid*

- a) Prosessen omfatter uforutsett ventetid som skyldes byggherren.

Prosesen omfatter videre driftstid som kommer til anvendelse etter avtale om ekstraarbeider.
- f) Mengden måles som medgått tid attestert av byggherren.
Enhet: timer.

83.581 Ventetid for rigg for stålkjernepeler

- a) Prosessen omfatter uforutsett ventetid som skyldes byggherren. Forutsatt ventetid ved kontroll før kjernen monteres inkluderes i prosess 83.561.
- f) Mengden måles som utført uforutsatt ventetid attestert av byggherren.
Enhet: timer.

83.582 Driftstid for rigg for stålkjernepeler

- a) Prosessen kommer til anvendelse etter avtale ved ekstraarbeider og ved spesielle forhold som ikke dekkes av enhetspriser.

Prosesen omfatter alle kostnader for drift av pelerigg med tilhørende mannskap.
- f) Mengden måles som utført driftstid attestert av byggherren.
Enhet: timer.