

Erfaringsrapport permanent rørspunt mot jernbane

E18 Vestkorridoren Lysaker - Ramstadsletta

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 901



Tittel

Erfaringsrapport permanent rørspunt mot jernbane

Undertittel

E18 Vestkorridoren Lysaker - Ramstadsletta

Forfatter

Torbjørn Johansen, Josefin Ogemann, Katinka Wingerei Stenstad, Rune Grøslund

Avdeling

Vegutforming

Seksjon

Klima og geofag

Prosjektnummer**Rapportnummer**

901

Prosjektleder

Grete Tvedt / Tom Hedalen

Godkjent av

Frode Oset

Emneord

Tunnelpåhugg, byggegrop, rørspunt

Sammendrag

Statens vegvesen bygger ut E18 mellom Lysaker og Ramstadsletta. I området mellom Strand og Ramstadsletta skal ny E18 legges i tunnel, Høviktunnelen. Påhugget for tunnelen ligger vest for Drammensbanen ved Høvik, og det er etablert en støttekonstruksjon av forankret rørspunt for å sikre jernbanen mot påhugget.

Erfaringsrapporten gir en dokumentasjon av de spesielle sidene ved etablering av støtteveggen, blant annet løsningsvalg, boring av rørspunt, bergfeste, forankring etc.

Title**Subtitle****Author**

Torbjørn Johansen, Josefin Ogemann, Katinka Wingerei Stenstad, Rune Grøslund

Department

Road Design

Section

Geotechnics and Climate Adaptation

Project number**Report number**

901

Project manager

Grete Tvedt / Tom Hedalen

Approved by

Frode Oset

Key words**Summary**



Statens vegvesen

**E18 Vestkorridoren
Lysaker - Ramstadsletta**

Erfaringsrapport permanent rørspunt mot jernbane



Utarbeidet av:

 **AAS-JAKOBSEN**

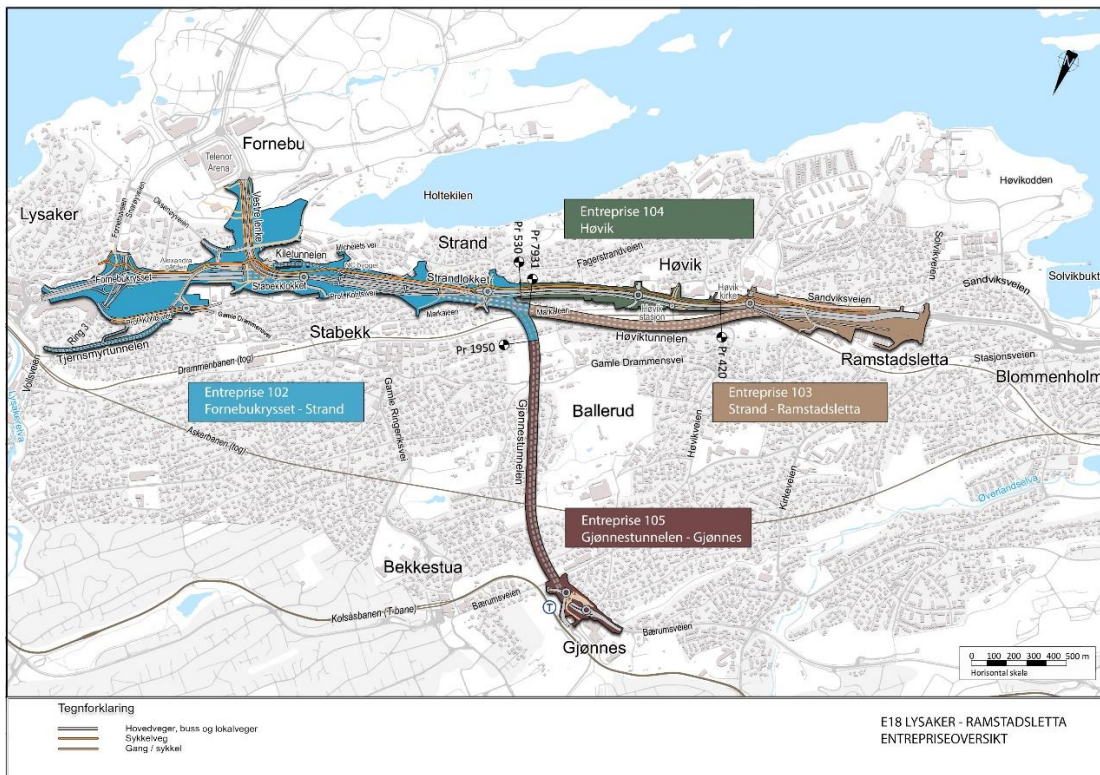
2023-03-08



Forord

Første etappe av E18 Vestkorridoren bygges ut mellom Lysaker og Ramstadsletta. Dr.Ing. A. Aas-Jakobsen AS er engasjert av Statens vegvesen til å utarbeide byggeplan fra og med konkurransegrunnlag, til og med oppfølging i byggetiden og ferdigdokumentasjon. Dr.Ing. A. Aas-Jakobsen AS har etablert en prosjekteringsgruppe som tar seg av alle aktuelle fagområder og som består av ViaNova AS, Geovita AS, Electronova AS, Asplan Viak AS, Grindaker AS, LPO Arkitekter AS, Plan Arkitekter AS, Ingenia AS, Brekke & Strand AS, Norges Geotekniske Institutt, NILU og Safetec AS.

Strekningen er delt inn i flere entrepriser som vist i figuren under.



I tillegg er det noen entrepriser for forberedende arbeider, lokale støytiltak samt egen entrepriser for elektrotekniske anlegg, mens ventilatorer er i egen anskaffelsesentrepriser.

Denne rapporten er utarbeidet av Dr.Ing. A. Aas-Jakobsen AS/Geovita AS og omhandler en permanent støttekonstruksjon langs eksisterende jernbane vest for Høvik Stasjon. Arbeidene ble utført i en forberedende entrepriser E108 før hovedentreprisen E103 E18 Høvik - Ramstadsletta.

Prosjektleder hos SVV har vært Grete Tvedt (fram til 2020) og deretter Tom Hedalen med Katinka Wingerei Stenstad som byggeleder. Videre har Marte Sundby Nybo vært Ass. prosjekteringsleder geoteknikk. Paul Solheim og Georg Lundebø har vært kontrollingeniører.

Uavhengig kontroll av prosjekteringen er utført av Sweco AS.

Hovedentreprenør for entrepriser E108 har vært Marthinsen & Duvholt AS med FAS som underentreprenør for spunt og stagarbeider. Jetgrunn har utført jetpeler i et område i spuntlinjen.



Innhold

1 Innledning	4
1.1 Generelt om prosjektet	5
2 Grunnforhold	5
2.1 Grunnundersøkelser	5
2.2 Generell beskrivelse av grunnforholdene	5
2.3 Geologi	7
2.4 Oversikt, tolkning, designprofiler	9
2.4.1 Udrenert skjærstyrke	9
2.4.2 Effektivspenningsparametere.....	10
2.5 Poretrykk og grunnvannsnivå	10
3 Vurderte løsninger	11
3.1 Rammet stålpunt	11
3.2 Boret rørsput	11
3.3 Betongforblending	11
4 Prosjektering av rørsput	12
4.1 Forutsetninger	12
4.2 Nærføring til Drammenbanen og Høviktunnelen	12
4.3 Anleggsteknikk	13
4.4 Beregninger	13
4.4.1 Krefter, dimensjoner	14
4.4.2 Deformasjoner	15
4.4.3 Stag og pute	15
4.4.4 Bergfeste	16
5 Kontrakt	16
6 Utførelse av arbeidene, utfordringer	16
6.1 KS-stabilisering	16
6.2 Boring av rørsput	16
6.3 Stagavstivning	17
6.4 Kryssing av VA-ledninger	18
6.5 Innboring i berg	20
6.6 Forsterkning av spuntfot	22
6.7 Deformasjoner på jernbanespor	25
7 Økonomi	25
8 Samlet vurdering av løsningen, forbedringspunkter	25
9 Referanser	26

Geovita AS

O:\Data\Arkiv\2090 E18 Lysaker - Ramstadsletta\Erfaringsrapporter\E108 Rørvegg\2090_E18VK_E108_Erfaringsrapport_r1.docx

1 Innledning

Statens vegvesen bygger ut E18 mellom Lysaker og Ramstadsletta. I området mellom Strand og Ramstadsletta skal ny E18 legges i tunnel, Høviktunnelen. Tunnelen er planlagt å tas ut fra en byggegrop på Ramstadsletta og byggegropen skal sikres med flere støttekonstruksjoner. Påhugget for den nye tunnelen ligger noe vest for Drammenbanen og det er etablert en støttekonstruksjon for å sikre jernbanen mot påhugget, se Figur 1.



Figur 1: Flyfoto av området for støtteveggen langs Drammenbanen

Når tunnelen er ferdig bygget skal det lokale vegsystemet bygges om i området. Nærmest Drammenbanen skal det forberedes for en ny bussveg som eventuelt kommer å følge tett inntil deler av den nye støttekonstruksjonen. Den nye bussvegen er planlagt på et lavere nivå enn Drammenbanen og støttekonstruksjonen skal derfor prosjekteres og bygges som en permanent støttevegg. I løpet av anleggsperioden har det imidlertid blitt bestemt at bussvegen foreløpig ikke skal bygges.

Erfaringsrapporten gir en dokumentasjon av de spesielle sidene ved etableringen av støtteveggen tett inntil Drammenbanen ved Høvik. Materialet er så langt mulig tatt direkte fra ulike dokumentasjoner som er utarbeidet under prosjekterings- og gjennomføringsfasen. Materialet har derfor ulike karakterer.

Rapporten er ment å gi dokumentasjon myntet på rådgivere og byggherrer som senere skal arbeide med tilsvarende problemstillinger.

Rapporten er utarbeidet i fellesskap av:

Torbjørn Johansen
Josefin Ogemann
Katinka Wingerei Stenstad
Rune Grøslund

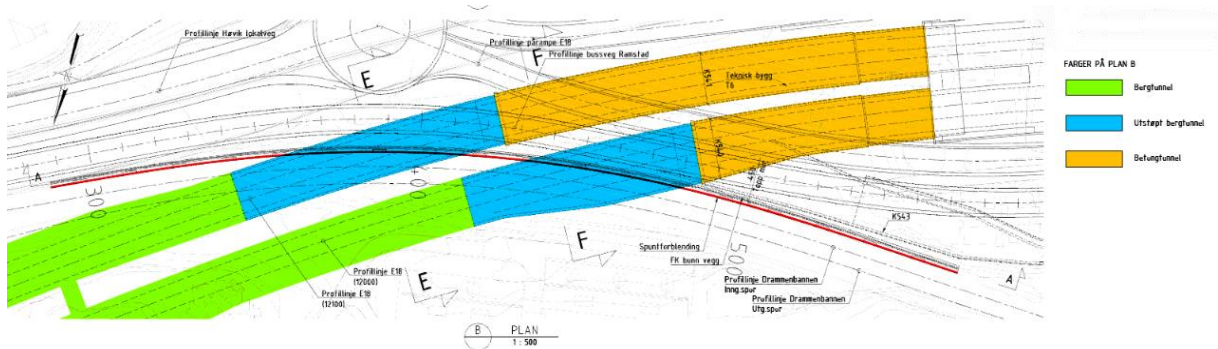
Geovita
Geovita
Statens vegvesen
Aas-Jakobsen

Redaktør for rapporten
Geoteknikk for E108 Rørspunt
Byggeleder
FA Konstruksjoner

Foto er enten tatt av byggeledelsen i Statens vegvesen eller av rådgivere hos Geovita eller Aas-Jakobsen

1.1 Generelt om prosjektet

Figur 2 viser en plantegning ved tunnelpåhugget på Ramstadsletta. Høviktunnelen er markert i grønn der det skal sprenges konvensjonell bergtunnel, blå farge viser område med sprengt bergtunnel med full utstøping og det oransje området viser hvor det skal bygges betongtunnel i åpen byggegrøp. Rød linje langs jernbanen viser støttekonstruksjonen.



Figur 2: Plantegning

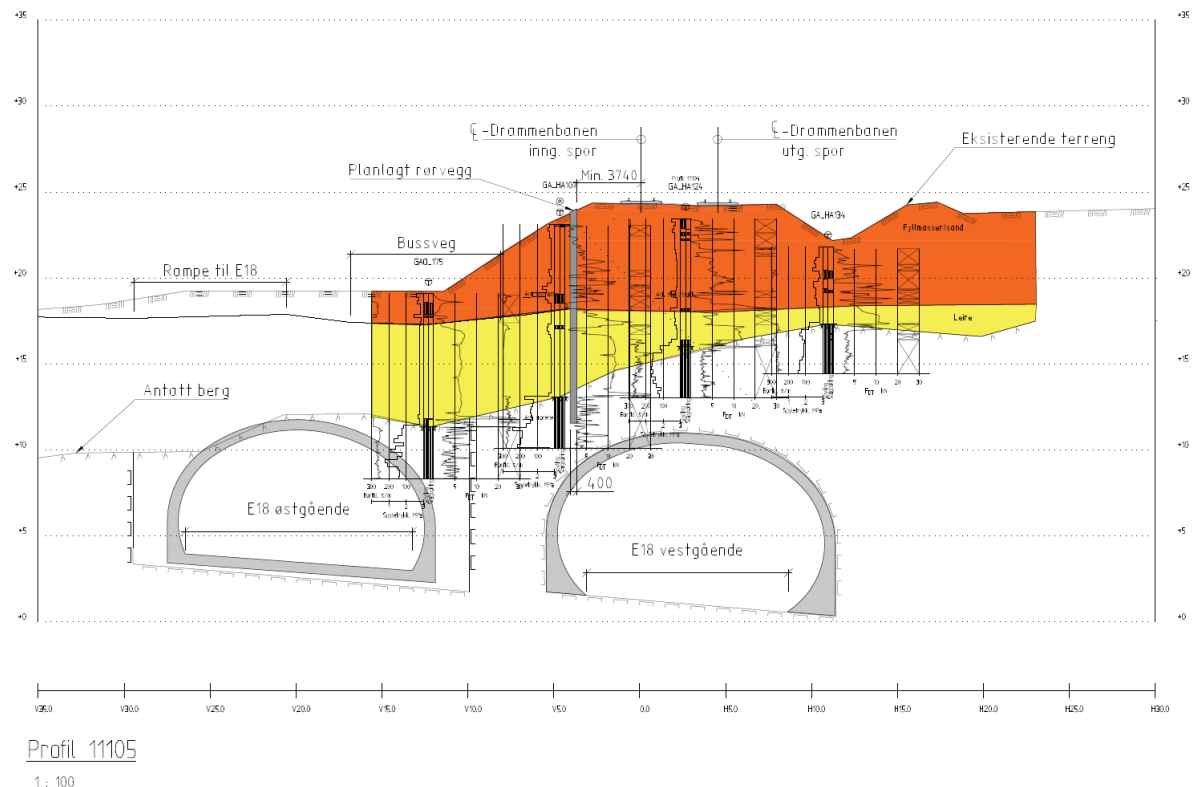
2 Grunnforhold

2.1 Grunnundersøkelser

Det er utført flere grunnundersøkelser i flere omganger og mange av boringene ble utført under bygging av Høvik stasjon. For entreprisen ble det utarbeidet en datarapport med sammenstilling av alle relevante undersøkelser og oppriss med boringer (ref. /1/).

2.2 Generell beskrivelse av grunnforholdene

Boringene som er utført i jernbanenes trase indikerer på at det er et blandet lag i toppen. Dette topplag går direkte mot berg i øst. Lenger mot vest kommer det inn et lag med leire mellom topplaget og berget.



Figur 4: Typisk snitt ved profil 11105 (fra ref. /3/)

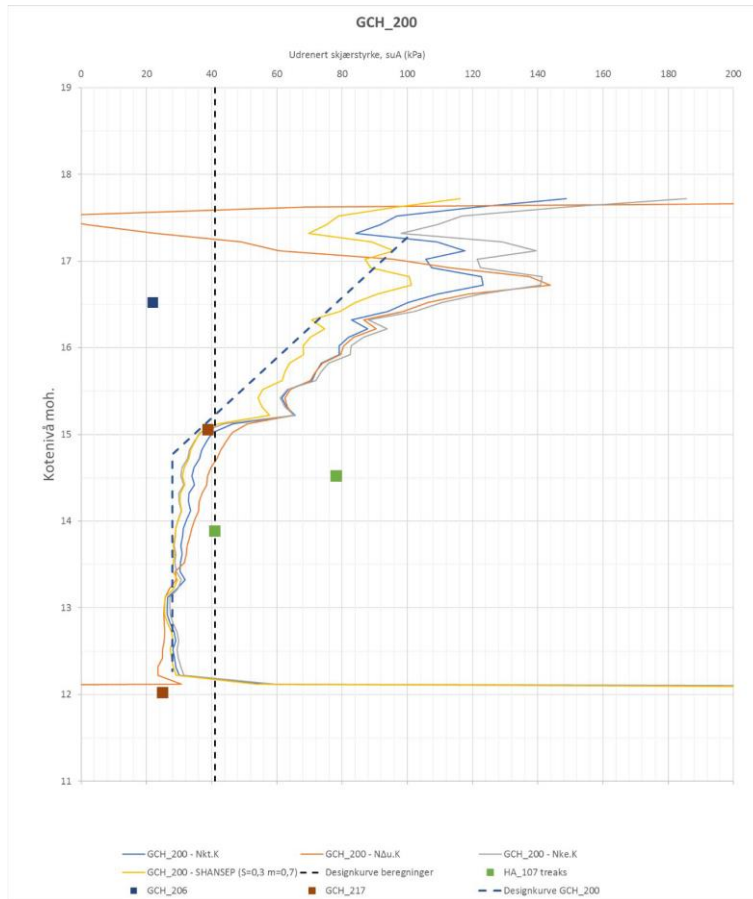
2.3 Geologi

Helt øst i anleggsområdet for entrepris E108 er det registrert leirskifer. Fra området rett øst for boligblokken i Høvikveien 2c og vestover mot Kirkeveien er det registrert knollekalk. Leirskifer og knollekalk tilhører de sedimentære bergartene i etasje 4b i Oslofeltets kambrosilur-lagrekke. Både leirskifer og knollekalk blir gjennomskåret av ca. N-S gående permiske diabasganger med bredder på inntil 8 m.

Leirskiferen registrert i en inntil 1,5 m høy bergskjæring langs Drammenbanen sør for Høvikveien 2a er svært forvitret og oppsprukken, og har rustbrunt belegg langs sprekkeflatene (dagfjell). I høyere bergskjæring lengre øst blir skiferen mer kompakt 1-2 m under terreng. Knollekalken registrert i en inntil 4 m høy bergskjæring langs Drammenbanen mellom Kirkeveien og Høvikveien 2c opptrer svært oppsprukken. Spesielt de mørke lagene med leirskifer er småflisige (blyantstrukturer).

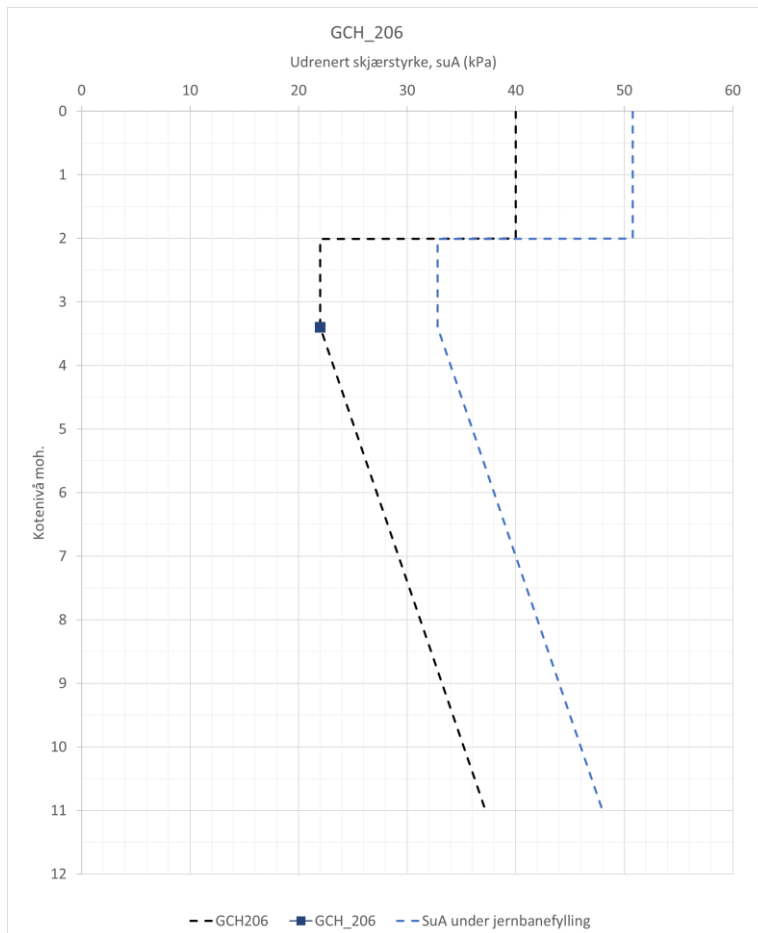
2.4 Oversikt, tolkning, designprofiler

2.4.1 Udrenert skjærstyrke



Figur 6: CPTU 200 plottet sammen med treaks og designprofil (fra ref. /3/).

Lenger mot vest er det en treaksprøve med lavere s_u , utført i GCH_206. På grunn av dette ble det benyttet en annen s_{ua} -designkurve i dette området. Ettersom det ikke er utført mange grunnundersøkelser i dette området er det brukt forsiktige verdier. Se designkurve i etterfølgende figur.



Figur 7: Designprofil for vestre del (fra ref. /3/).

2.4.2 Effektivspenningsparametere

Effektivspenningsparametere er tolket fra treaksforsøk. Alle friksjonsvinkelene er tatt ut på 2% tøying. For hoveddelen av vegg er det benyttet parametere (fra ref. /3/):

	[m]	γ [kN/m ³]	ϕ grader	a [kN/m ²]
Sand (erfaringsparametere)	0-5	18,0	35	0
Leire (med tørrskorpeeffekt)	5-7	18,5	35	0
Leire (normalkonsolidert)	7-10	18,5	30,5	0

2.5 Poretrykk og grunnvannsnivå

Poretrykket er registrert i to målere. Måler GA_HA_107 er lokalisert ved siden av Drammenbanen og ble installert i januar 2014. Måleren registrer poretrykkene i dybde 5 og 10 m. Poretrykket ligger på 0 kPa i 5 m dybde og øker til 40 kPa i 10 m dybde.

Måler GAX-179 er lokalisert noe sør for E18 og poretrykket registreres i dybde 5, 10 og 18 m. Disse målere er installert på et lavere terrengnivå og viser at poretrykket er på ca. 35 kPa i 5 m dybde og øker noe mer enn hydrostatisk med dybden.



Høyeste målte grunnvannstand i måler HA_GA_107 er på kote +18,5. I beregningene velges det å bruke et høyere nivå som varierer noe langs veggen. Nivåer som brukes er mellom kote +22 og +22,5. Det er valgt å bruke et høyere grunnvannsnivå ettersom rørspunten som skal installeres er en tett konstruksjon og det er en risiko at den skaper en barriere der vannet kan bli stående på et høyere nivå enn det er i dag.

3 Vurderte løsninger

3.1 Rammet stålspunt

Det ble vurdert at ramming av stålspunt tett inntil og parallelt med jernbanesporene ville by på en rekke utfordringer knyttet til anleggsteknikk.

Spunten måtte i tillegg rammes gjennom inntil 4 meter med fyllmasser før spunten ville komme ned i lett rambare masser.

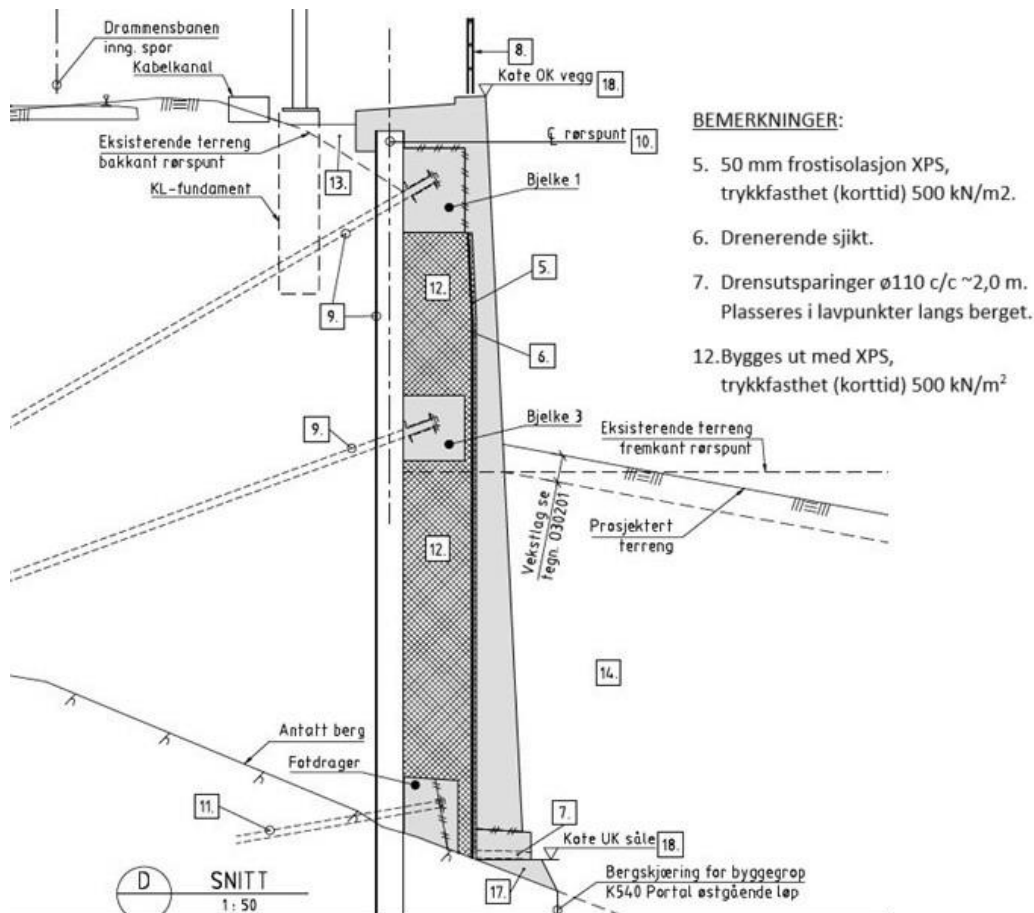
3.2 Boret rørspunt

Boret rørspunt ble tidlig vurdert til å være gunstig. Boringen kan gjøres med maskiner med begrenset plassbehov og vekt. Samtidig vil boring av rør ned i berg gi et sikkert bergfeste for opptak av krefter i foten.

3.3 Betongforblending

Støtteveggen skal være permanent og rørspunten skal forblendes med en betongforblending. Forblendingen er også permanent isolasjon.

Forblendingen skal etableres i entreprise E103 på prosjektet. Forblendingen er prosjektert i prinsipp av SVV og et typisk snitt av forblendingen er vist under.



Figur 8: Typisk snitt av betongforblending (utsnitt av tegning K545-012)

4 Prosjektering av rørspunt

4.1 Forutsetninger

Generelle prosjektforutsetninger er gitt i V 501 Prosjektforutsetninger geoteknikk (Ref. /2/). Rørspunten er permanent og har dimensjonerende brukstid på 100 år. Dette medfører at spunten dimensjoneres for utvendig korrosjon og for jordskjelv.

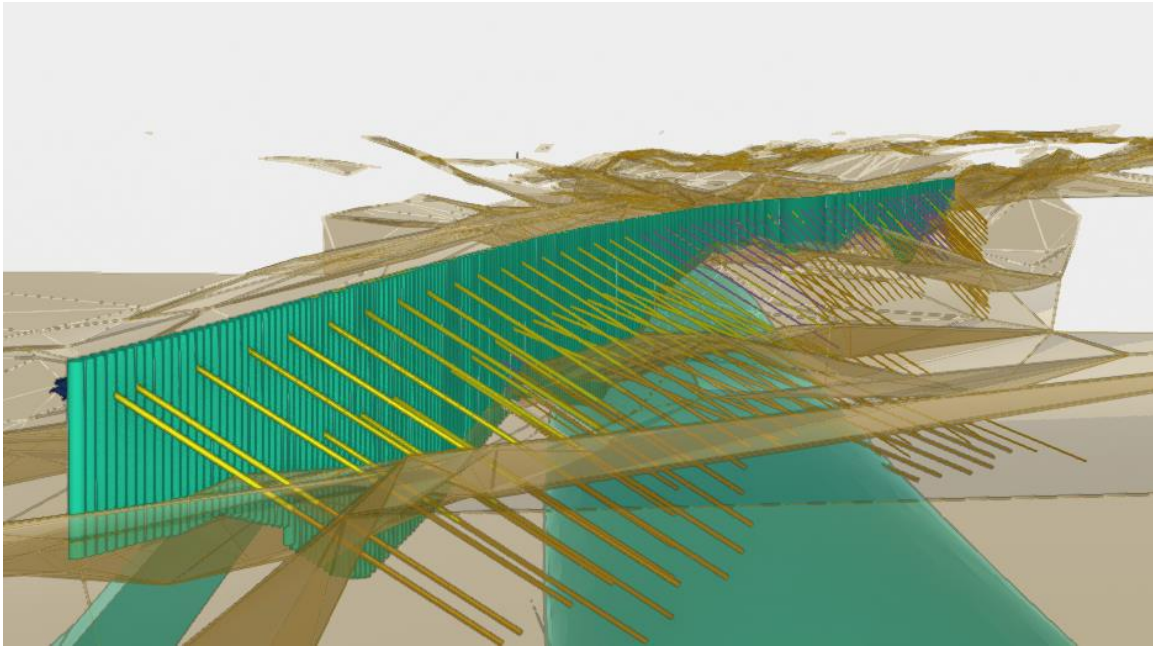
Stag er permanente og har dobbel korrosjonsbeskyttelse. Puter støpes inn i betongdrager.

Etablering av rørspunt og avstivning utføres i den forberedende entreprisen E108, men den permanente betong forblendingen skal utføres i entreprise E103 Ramstadsletta.

4.2 Nærføring til Drammenbanen og Høviktunnelen

Rørspunten støtter opp Drammenbanen for å kunne etablere påhugg for Høviktunnelen og deretter drive Høviktunnelen under Drammenbanen med lav bergoverdekning.

Rørspunten og stagene måtte derfor i detalj plasseres i bergsonen over Høviktunnelen uten å komme i konflikt med drivingen og sikringen av denne. Det ble derfor nødvendig å tidlig modellere dette i 3D. Et utsnitt av modellen er vist under.



Figur 9: Modell av vegg, stag bergoverflate og sikringszone til Høviktunnelen

4.3 Anleggsteknikk

Rørspunten ble boret tett inntil inngående spor på Drammenbanen. Opprinnelig var det planlagt å bore rørspunten med kun stengt spor inngående og med borriggen stående på en fylling utenfor banen. Fyllingen måtte stabiliseres med KS-peler.

Imidlertid ble det anledning til å bore rørspunten i full togstopp som medførte mer rasjonell utførelse av arbeidene.

Det ble ikke mulig å etablere KS-peler for anleggsfyllingen under pandemien da både mannskap og maskiner var i utlandet. I stedet klarte entreprenøren å bore fra et lavere nivå enn planlagt. Stabiliteten var da tilfredsstillende med lavere fyllingsnivå og bruk av lette masser i kombinasjon med motfylling.

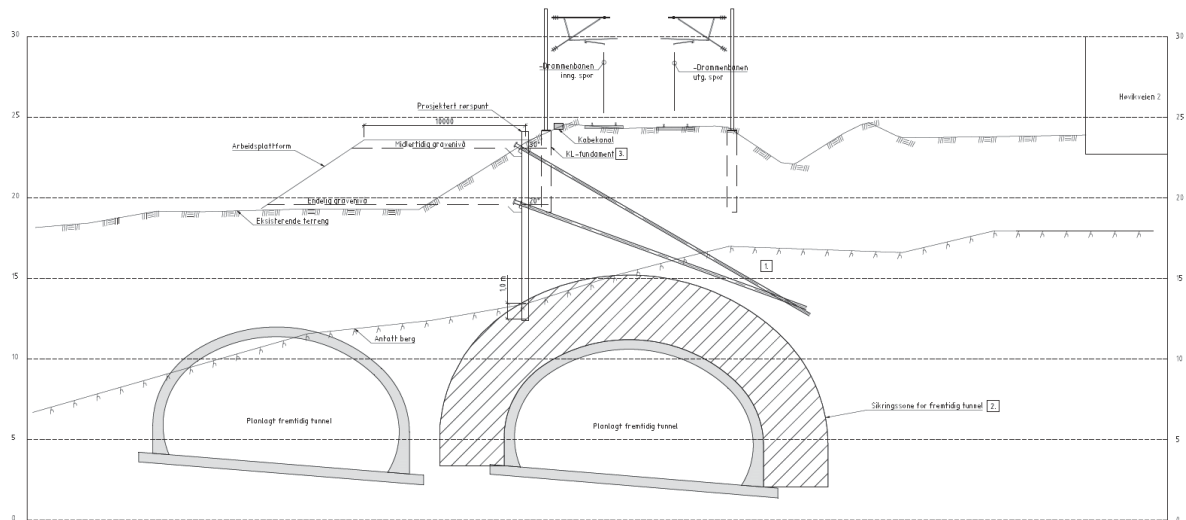
Mot E18 var det nødvendig å stabilisere med KS-peler for å sikre stabilitet mot E18 ved utgraving til foten av rørspunten.

4.4 Beregninger

Momenter, avstivningskrefter og deformasjoner er beregnet ved hjelp av Plaxis 2D. Innledende beregninger for å bestemme fornuftige dimensjoner i Plaxisberegningene er gjort ved håndberegninger og Spunddim.

Det er utført beregninger i 4 ulike snitt. Alle snitt er beregnet på både effektiv- og totalspenningsbasis. Alle lastvirkninger er multiplisert med lastfaktor på 1,4 for beregninger i bruddgrense. Ved kontroll av deformasjoner og seismisk last brukes lastfaktor 1,0 på laster.

Et typisk snitt av rørvegg og avstivning er vist under.



Figur 10. Tverrsnitt i ca. profil 11105 (fra ref. /3/).

Figuren viser to kritiske sider av konstruksjonen:

1. Nærføring til Høviktunnelen som har gitt utfordringer med plassering av stag og innboring av rørsput.
2. Fallende bergforløp foran rørsputen som har gitt utfordringer med å ta opp krefter ved foten.

4.4.1 Krefter, dimensjoner

Det er valgt en rørsput med dimensjoner og forsterkning:

	EA (kN/m)	EI (kNm/m)	c/c (m)	Tykkelse t, (mm)
406,4 mm rør	$4,43 \cdot 10^6$	$8,615 \cdot 10^4$	0,47	10 mm
406,4 mm rør + 240 HEB	$9,165 \cdot 10^6$	$13,65 \cdot 10^4$	0,47	10 mm

Stivheten i rørsputen er redusert med motsvarende 2 mm korrosjon for både brudd- og bruksgrense.

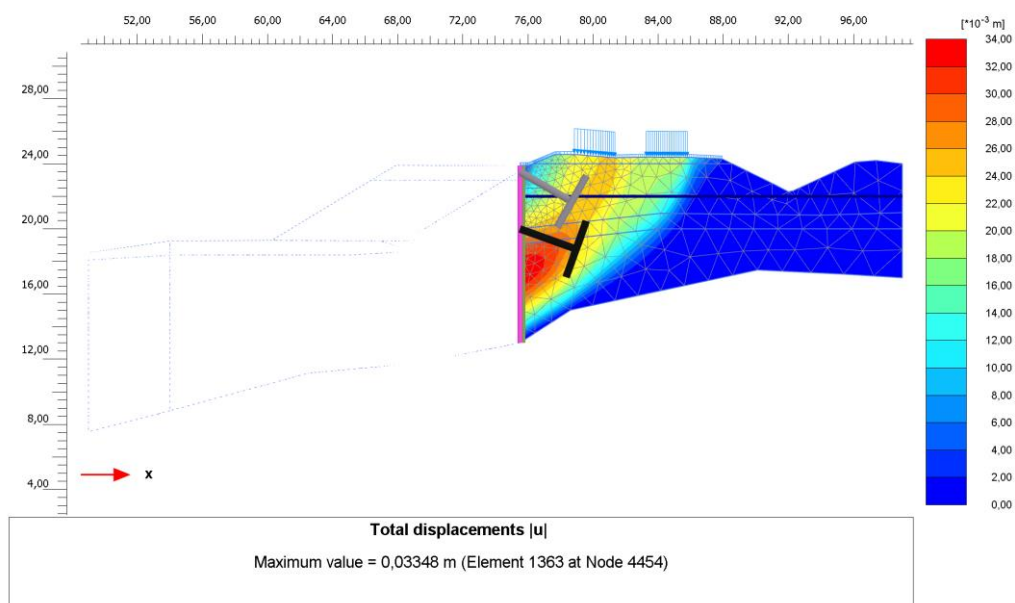
Dimensjonerende laster i spunt og utnyttelse.

Profil	Moment (kNm/m)	M_{Ed}/M_{cRd}	Skjærkraft (kN/m)	$V_{Ed}/V_{pl,Rd}$	Aksial last (kN/m)	$N_{Ed}/N_{pl,Rd}$	N_{Ed}/N_{cr}
11060	360	0,52	280	0,23	242	0,034	0,013
11070	753	0,69	493	0,40	557	0,038	0,019
11080	641	0,59	406	0,33	350	0,024	0,022
11105	834	0,76	526	0,43	486	0,033	0,017
11165	249	0,36	252	0,2	266	0,037	0,015
11208	587	0,54	459	0,37	694	0,047	0,024

Etter at rørsputen er etablert er stagene støpt inn og det skal etableres en forblending langs hele vegg. Denne forblendingen gir ekstra vertikal last og moment på rørsputen. De økte lastene er ikke dimensjonerende.

4.4.2 Deformasjoner

Deformasjonene er beregnet i bruksgrense med $\gamma = 1,0$ på laster. Stagene er dimensjonert etter dimensjonerende laster i bruddgrense og antall lisser er økt til korrekt antall for å få mest riktige deformasjoner. I de dype snittene er rørsputen forsterket med en HEB240 for å redusere deformasjonene på jernbanen. Maksimal deformasjon er beregnet til 24 mm under nærmeste sporet til rørsveggen. Deformasjonene på sporet var forutsatt og ble fortløpende målt slik at sporjustering kunne utføres ved behov.



Figur 11: Profil 11105. Deformasjoner etter full utgraving med toglast (fra ref. /3/).

4.4.3 Stag og pute

Ved dimensjonering av stag er håndbok V220 brukt som veiledning. Det er utarbeidet et eget MathCAD-ark for beregning av antall lisser og festsoner i berg for permanente stag. Alle stag ble prosjektert med c/c på 3,29 m.

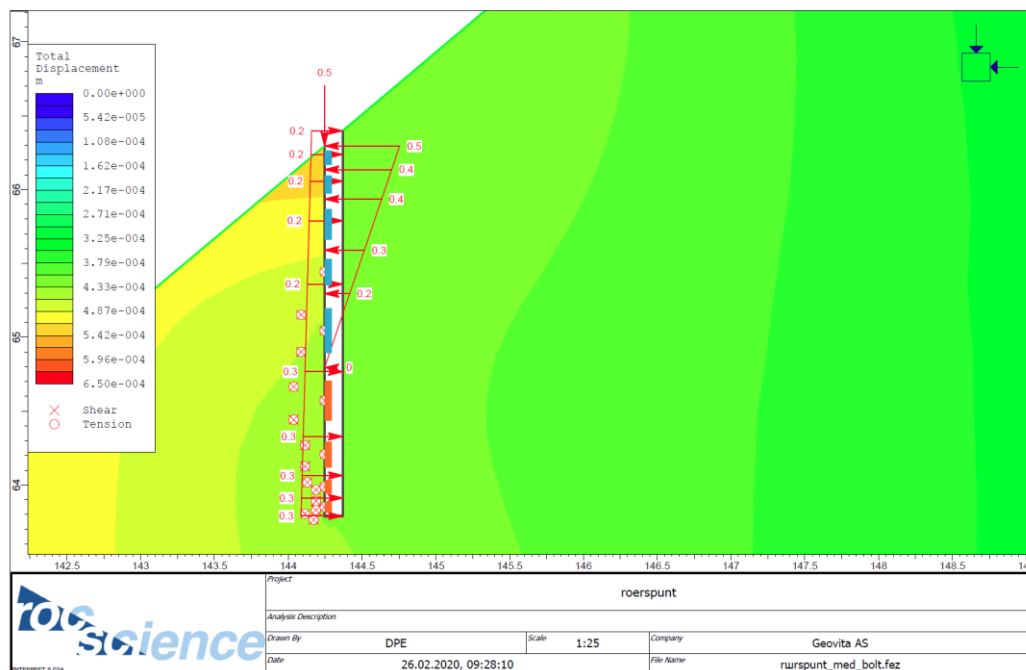
Det er konflikt mellom stag og fremtidig tunnel. Tunnelen skal sprenges ut etter at stagene er installert og stagene er plassert slik at sikringssonen på 4 m rundt tunnelen unngås så langt det er mulig. Det er derfor valgt å bruke lavere stagsvinkel på flere stag samt å sakse stagene og bruke lavere staghelning på andre stagnivået i det mest kritiske området. Dette gjør at stagnivå 1 og 2 vil feste i samme sone i berget. Beregningsmessig er det valgt å redusere avstanden mellom stagene til halve ved dimensjonering av lengde på festsonen i dette område.

4.4.4 Bergfeste

Rørsputen er avhengig av bergfestet. Generelt var dette sikret med krav om 1,0 meter innboring i berg. I deler av veggen faller berget av foran spunten. I disse partiene var det krav om 1,5 meter innboring.

Der det ikke var mulig å bore rørsputen tilstrekkelig ned i berg ble det i tillegg installert fotbolter.

I tillegg til håndberegninger av kapasitet ble det utført numeriske beregninger med Phase 2D.



Figur 12: Beregninger av bergfeste (fra ref. /3/).

5 Kontrakt

Entreprise E108 er en utførelsesentreprise etter NS8405. Arbeidene er beskrevet i Prosesskoden versjon 2018. Det er i hovedsak benyttet standard prosesser med lite bruk av Spesiell Beskrivelse.

6 Utførelse av arbeidene, utfordringer

6.1 KS-stabilisering

KS-stabiliseringen mot E18 ble utført uten spesielle problemer.

6.2 Boring av rørsput

Boringene av rørene skulle foregå i et 6 uker langt togbrudd i sommerferien. Dette var et strengt fremdriftskrav som satte føringer for anleggsarbeidene. Det ble arbeidet 3 uker med døgnkontinuerlig drift. Sporet ble levert tilbake til Bane Nor 10 timer før første tog.

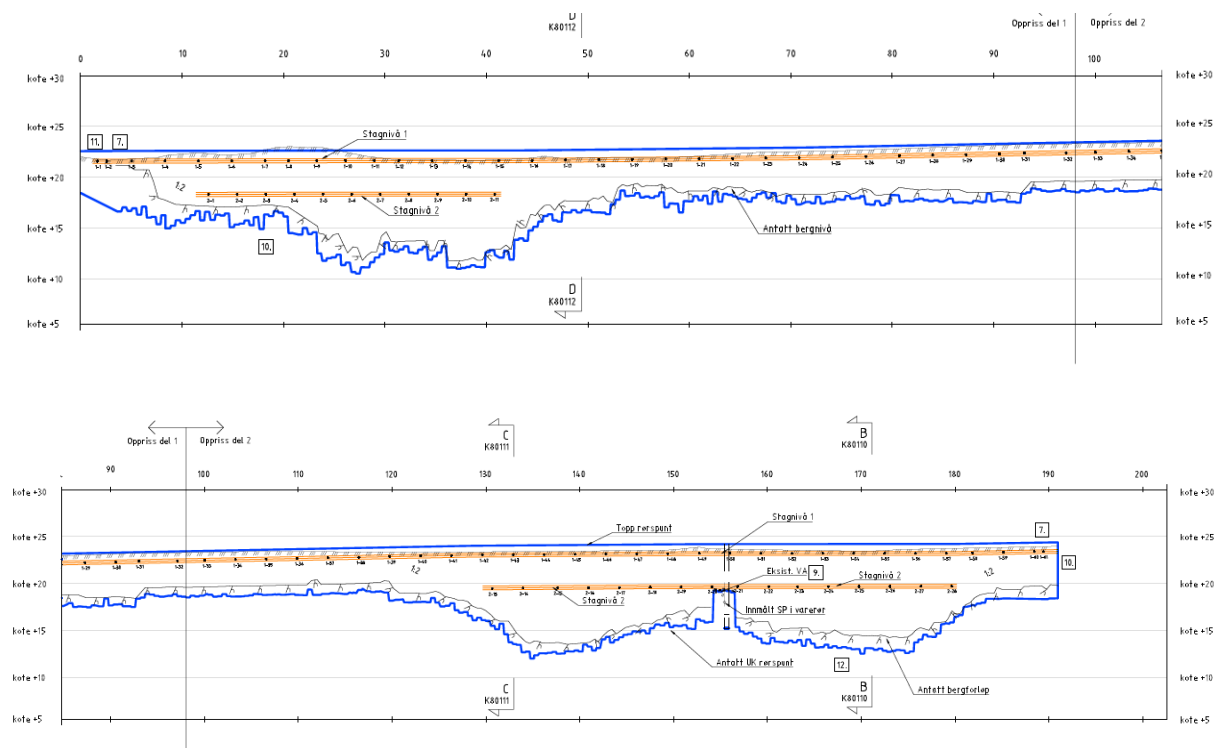
Boringene av rørene var forutsatt utført fra dypeste bergnivå og mot stigende berg. Det var krav om bruk av hele rørlengder, dvs. at det ikke var tillatt å skjøte rør.

Entreprenøren startet med to borrhigger. En mindre maskin startet med de forventede korte rørene i det grunne partiet. En større rigg, som kunne ta de lengste rørene i en lengde, startet i det dypeste partiet med et rør med to hanlåser og gikk deretter i begge retninger som forutsatt.

Entreprenøren bestilte rørlengder basert på bergmodellen tillagt noe overlengde og nummererte disse i henhold til plan. Dette viste seg å være en lite robust løsning som ga begrensede muligheter til å håndtere de uunngåelige avvikene i bergnivåer mellom modell og virkelighet. Entreprenøren ble betalt for alle bestilte rør. Sett i ettetid burde det vært bestilt større overlengder sett i forhold til den stramme framdriften.

Det ble tidlig noen avvik i forventet bergdybder fra modell slik at entreprenøren måtte benytte lengre rør enn tenkt og disse måtte tas fra andre steder. Dette medførte en del misforståelser i nummereringssystemet og planene til entreprenøren.

Basert på protokoller fra boringen er det tegnet opp oppriss av rørspunt med antatt bergnivå og antatt underkant rørspunt.



Figur 13: Spuntoppriss (utsnitt av Som Bygget tegningene K80105 og K80106)

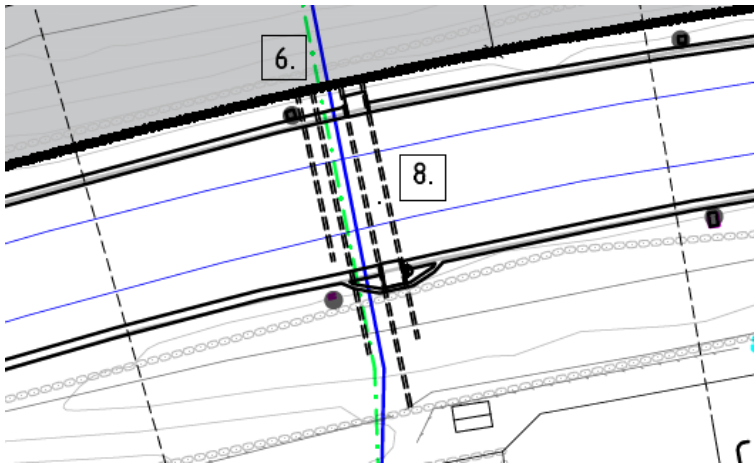
6.3 Stagavstivning

Alle stagene er permanente. Entreprenøren bestilte stagene komplette i forhåndsvurderte lengder fra produsent i Italia. Når det ble behov for å endre og supplere stag medførte det lang leveringstid (ustabile leveringssituasjoner i Europa gjorde dette ikke enklere) og forsinkelser i framdriften.

Detaljer for staggjennomføring og tetting av gjennomføringer i rørsputen ble løst på plassen. Dette burde vært detaljprosjektert og beskrevet i kontrakten. Det samme gjelder plassering og detaljer av puter og opplegg for puter.

6.4 Kryssing av VA-ledninger

Der VA-ledningene skulle krysse veggen var det planlagt at rør skulle bores så tett inntil VA-ledningene som mulig. Ledningene ligger i varerør i stål, og derfor kunne det ikke bores gjennom ledningene. Ved selve kryssingen skulle rørene bores til overkant VA-ledningene. Ledningene var koblet ut av drift.



Figur 14: Kryssende VA-ledninger (utsnitt av tegning K80101)

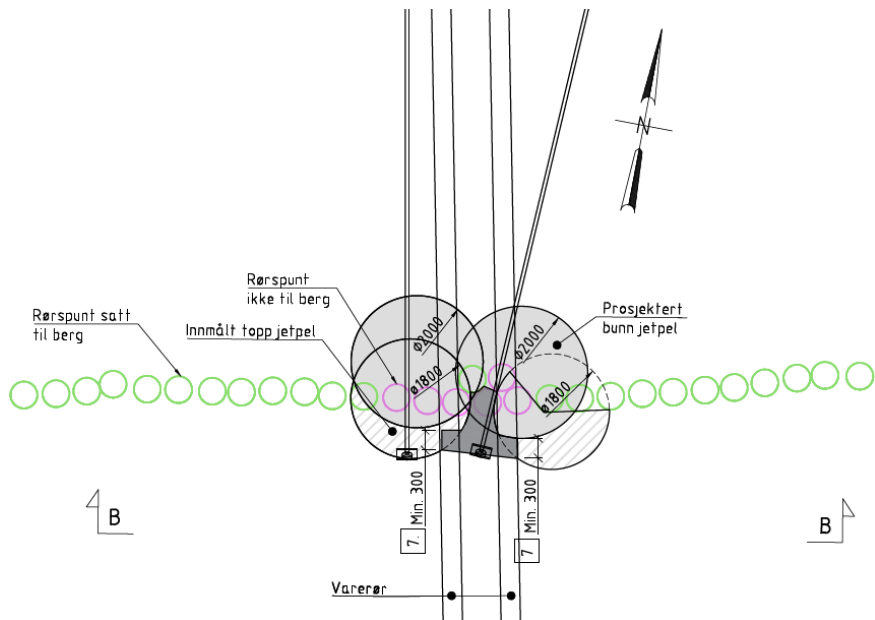
Krav til kryssingen var gitt på tegning, merknad 6:

6. Eksisterende VA-ledninger krysser trase for rørsput og skal være ute av drift før boring av rørsput. Eksisterende ledninger som er i konflikt med rørsput håndteres av entreprenør på en slik måte at rørsputen vil være en kontinuerlig, tett vegg med innboring i berg som angitt.

Under boringen valgte entreprenøren å stoppe boringen av rør med noe avstand til VA-ledningene. Argumentasjonen var risiko for å ødelegge og tape borhammer med fare for tap av framdrift i det kritiske sporbruddet. Det ble dermed en relativt stor glippe i rørveggen. For å avbøte noe på dette ble det boret ned et rør til berg på baksiden av VA-ledningene i tillegg.

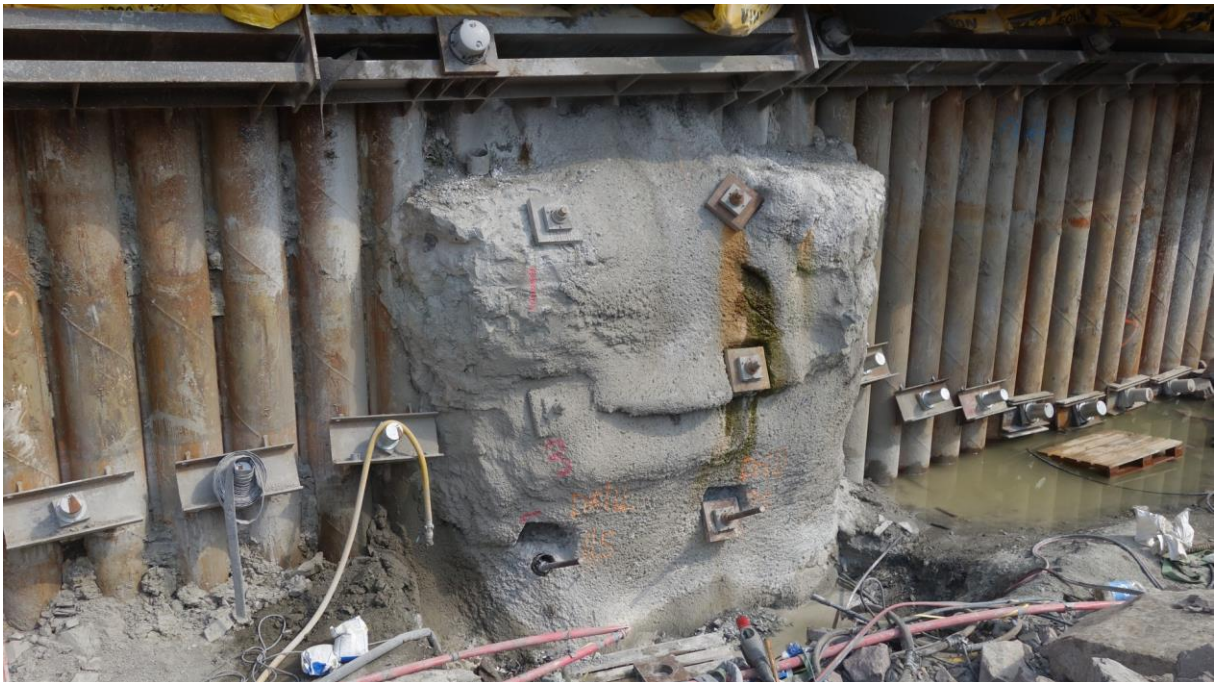
Uavhengig av problemene med boring av rør, burde tettingen rundt VA-ledningene være detaljprosjektert. I tillegg burde det vært sett på løsninger her der spuntrørene kunne vært ført forbi VA-rørene på en bedre måte.

Rådgiver vurderte glippen i rørveggen til å utgjøre en risiko for utrasing og utvasking av masser under sporene og prosjekterte en tetting av glippen med jetpeler. Jetpelpuggen skulle så sikres med stag til berg.



Figur 15: Tetting med jetpeler (utsnitt av tegning K80150)

Tettingen ble utført av Jetgrunn. Imidlertid viste det seg ved videre graving at jetpelene ikke var vinklet som prosjektert slik at det ble nødvendig med ytterligere sikring av glippen. Det ble utført med sprøytebetong påført i flere omganger og sikret med stag etter som det ble gravet ned.



Figur 16: Ferdig sprøytet og staget jetpelplass ved VA-ledningene (ett stag ikke ferdig oppspent)

Denne løsningen fungerte tilfredsstillende, men krevde mange arbeidsoperasjoner og var kostbar.

6.5 Innboring i berg

Funksjonen av støtteveggen er basert på at rørsjunten blir boret ned i berg til prosjektert nivå, det vil si generelt 1,0 meter under bergoverflaten eller 1,5 m under bergoverflaten ved skråberg foran, jfr. avsnittet om prosjektering. Angivelse av innboring var vist på tegning, både på oppriss og som merknader:

Bemerkninger:

1. Rørsjunt: Stålkvalitet S355J2H i henhold til NS-EN 10219. Ved etablering av rørsjunt, skal arbeidet begynne i den antatt dypeste partiet og gå mot lavere bergdybder. Rørsjunten bores i lås og min. 1,0 meter ned i godt berg. Alle rør skal installeres i hele lengder uten skjøt. Alle rør skal støpes ut med betong.
12. Ved antatt skrått berg foran rørsjunt bores rørsjunt 1,5 meter ned i godt berg. Omfangøkt innboring er vist på oppriss og innarbeidet i 3D-modell.

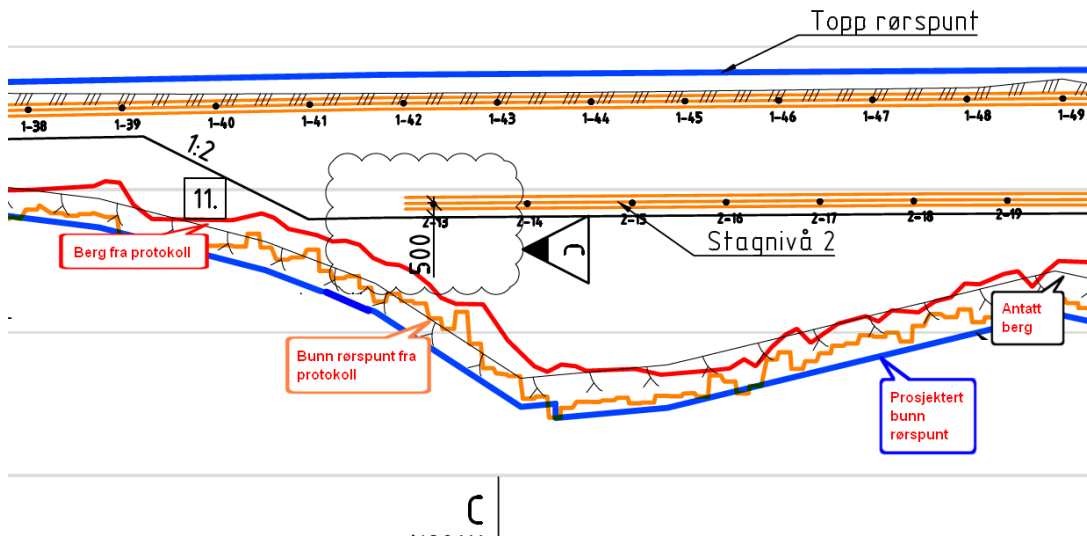
Etter hvert som veggen ble frigravd ble det klart at bergforløpet var svært varierende og har vært utfordrende å bore rørene ned i.



Figur 17: Bergforløp i dyprennen.

Etter hvert som protokollene fra boring kom inn, ble det stor usikkerhet både om angivelse av bergoverflate var korrekt og om rørene var boret ned i berg som foreskrevet.

Protokollene ble tolket etter beste skjønn og et revidert spuntoppriss med prosjektert spunt og utført spunt ble utarbeidet. Et utsnitt er vist under.



Figur 18: Utsnitt av spuntoppriss med prosjektet og utført rørsputt (Utsnitt av tegning K80106-01C)

Fra opprisset er det lange partier av spuntene som, ut fra protokollene, ikke hadde innboring i berg som prosjektert.

Når gravingen kom til berg ble manglede innboring avdekket for et par enkeltrør (se foto under av rør uten innboring), men mistanken var at det generelt var boret for kort.



Figur 19: Rør stoppet over berg (innboret noe i bakkant)

Det var til dels svært varierende bergforløp langs spunten. Dette har antagelig gjort innboring stedvis utfordrende. Det var ikke stilt krav til bruk av sentrisk borsystem og entreprenøren boret både med sentrisk borsystem og borkrone med vinger uten bruk av ringborkrone på røret. Foto under viser en borkrone med vinger som har kilt seg og som har medført at røret ikke er boret inn i berg.

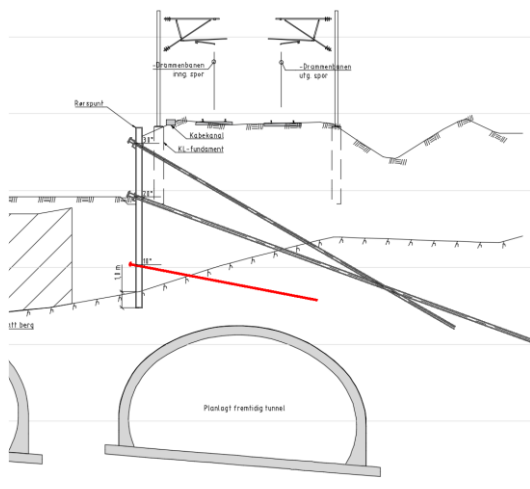
Det burde vært satt krav til sentrisk borsystem og ringkrone i kontrakten. Kostnadene for dette er relativt liten sett i forhold til robusthet i gjennomføring med den korte tidsfristen for boringen.



Figur 20: Borkrone i bunn rør.

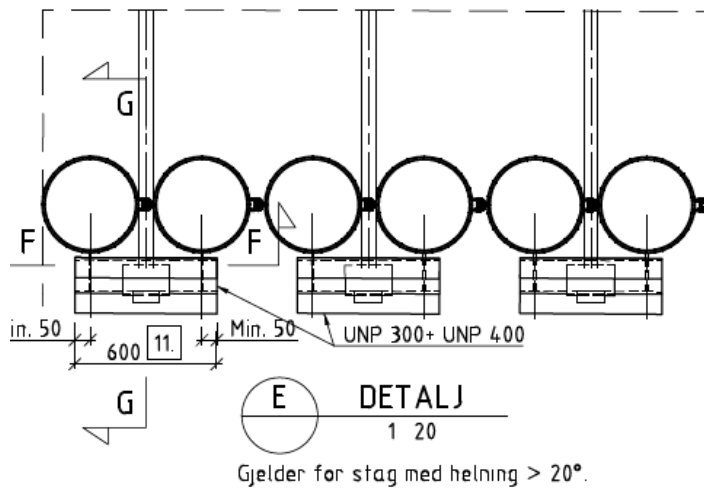
6.6 Forsterkning av spuntfot

Det ble derfor prosjektert forsterkning av spuntfoten med ekstra innborede stangstag.



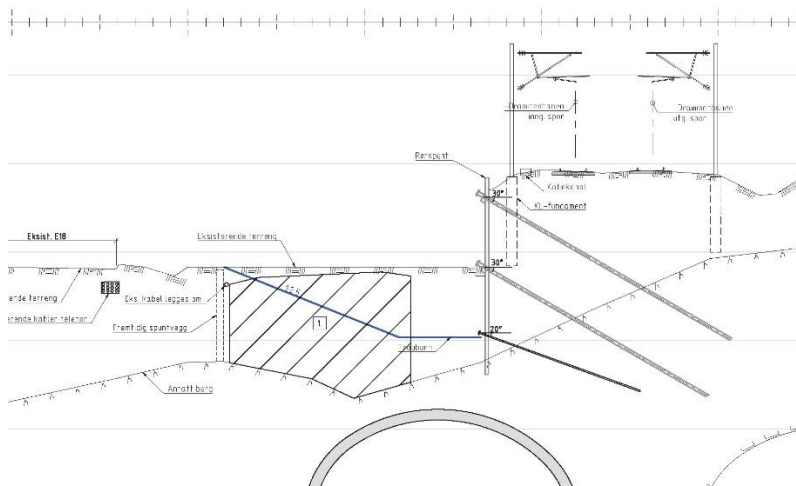
Figur 21: Forsterkning av fot med ekstra stag (fra ref. /3/)

Stagene ble festet til to og to rør med korte putesegmenter, se etterfølgende tegning og foto. Stagene er permanente.



Figur 22: Stag satt i foten av rørsput (Utsnitt fra tegning K80145)

Det var strenge krav til seksjonsvis framgraving av spuntfot med tett oppfølging. Dette var sterkt førende for framdrift. Stagene over Høviktunnelen ble satt med lav helning på 10 grader og ble utfordrende å installere med graveskråniger og berg i bakkant.



Figur 23: Utgraving mot E18 for å kunne bore og installere stag i fot (utsnitt av tegning K80147).



Figur 24: Permanente stag i fot

I et parti med oppstikkene berg over ble det støpt betong mellom vegg og berg.



Figur 25: Parti der fot ble sikret med betong mellom vegg og oppstikkende bergrygg.

6.7 Deformasjoner på jernbanespor

Det var beregnet deformasjoner på jernbanesporet. Det ble foretatt sporjustering etter at veggen var boret. Det ble imidlertid behov for ytterligere justeringer av sporet ved boring for stag. Dette var konsentrert i området ved profil 11.190. Et foto fra som viser deformasjonene er vist under.



Figur 26: Deformasjoner på sporet ved boring av stag.

7 Økonomi

Kostnadene for rørsveggen er høye. Dette skyldes noen spesielle forhold knyttet til veggen langs jernbanen:

- Veggen ble boret tett inntil jernbanen med de restriksjoner dette medførte
- Veggen ble boret i fellesferien, delvis med døgnkontinuerlig drift
- Veggen er permanent med strengere krav til utførelse enn midlertidige vegger

Kostnadene bør derfor ikke uten videre overføres til nye anlegg med rørsput.

8 Samlet vurdering av løsningen, forbedringspunkter

Til tross for store utfordringer med bergfestet med etterfølgende forsterkninger, så er vår vurdering at valg av rørsput som permanent støttevegg er riktig.

En viktig erfaring er at planlegging av denne typen vegger må ta høyde for variasjoner i løsmasser og bergnivå. Materialer må bestilles med tilstrekkelig marginer for å redusere risiko under utførelsen. Videre må en sette søkelys på bergnivå og innboring av hvert rør.



Videre må det fortløpende leveres protokoller. Skal byggherren klare å justere utførelsen underveis må protokollene ikke leveres i etterkant eller etter flere dager. Og protokoller skal være en dokumentasjon av teknisk utførelse og ikke en mengdeliste for betaling.

Den kritiske boringen av rørene ble utført i et sporbrudd i fellesferien. Dette har en ulempe at alle involverte; byggherre, entreprenør og rådgivere er tynnere bemannet og dermed i mindre grad klarer å følge tett opp arbeidene og ta beslutninger om utførelsen.

En del detaljer i veggene kunne vært bedre detaljprosjektert når utførelsen var så tidskritisk.

Støtteveggen utføres i to ulike entrepriser. Rørspunten og avstivninger er utført i E108, mens betongforblendingen utføres i E103. Dette gir noen utfordringer i grensesnittet og gir mindre fleksibilitet i tilpasninger av løsninger.

9 Referanser

1. E18 Vestkorridoren, Lysaker – Ramstadsletta. Byggeplan. Geoteknisk- og ingeniørgeologisk datarapport E108. V 559 Rev. 01. 2020.04.15
2. E18 Vestkorridoren, Lysaker – Ramstadsletta. Byggeplan. Prosjekteringsforutsetninger for geoteknikk. V 501 Rev. 05. 2019.10.09
3. E18 Vestkorridoren, Lysaker – Ramstadsletta. Byggeplan. Støttekonstruksjon ved Drammenbanen. V 538 Rev. 07. 2022.02.08



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag