

VESTFOLDBANEN (DRAMMEN) – LARVIK

Nykirke – Barkåker

Fagrappport Ingeniørgeologi

Denne versjonen er ok for oversendelse til kommunen ifm. reguleringsplanen.



Den må imidlertid oppdateres bl.a. med data fra kjerneboring. Det vil da med stor sannsynlighet ikke bli betydelige endringer.

Se bort i fra kommentarer fra Ole Christian Ødegaard i denne runden.

- Akseptert
- Akseptert m/kommentarer
- Ikke akseptert / kommentert
Revider og send inn på nytt
- Kun for informasjon

Sign:

Tom Frode Hansen

00-3	Oversendelse til førstegangsbehandling	03.01.2018	AEB	KBO	SSN
00-2	Innarbeidet kommentarer fra Bane NOR	20.10.2017	AEB	KBO	SSN
00-1	Høringsutgave	30.06.2017	AEB	KBO	SSN
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Tittel: VESTFOLDBANEN (DRAMMEN) – LARVIK NYKIRKE - BARKÅKER Fagrappport Ingeniørgeologi		Sider: 75	Produisert av: 		
		Prod.dok.nr.:		Rev:	
		Erstatter:			
		Erstattet av:			
Prosjekt:	965102	Dokumentnummer: ICP-34-A-11095		Revisjon: 00-3	
Parsell:	34 Nykirke-Barkåker				
Planfase:	Detalj- og reguleringsplan				
		Drift dokumentnummer:		Drift rev.:	

Endringslogg

Rev.	Endring
00-1	Høringsutgave
00-2	Innarbeidet kommentarer fra Bane NOR
00-3	Oversendelse til førstegangsbehandling

Terminologi

<u>Term</u>	<u>Utfyllende beskrivelse</u>
AEM	Airborne Electromagnetics/Resistivitetsskanning med helikopter
ERT	Elektrisk resistivitetstomografi
NGU	Norges Geologiske Undersøkelse
F ₁₀	Frostmengde som statistisk sett overskrides en gang i en 10-års periode
F ₁₀₀	Frostmengde som statistisk sett overskrides en gang i en 100-års periode

FORORD

Modernisering av Vestfoldbanen er en del av InterCity-utbyggingen på Østlandet, jfr. Nasjonal transportplan 2018 - 2029. Nytt dobbeltspor mellom Nykirke og Barkåker skal være bygget innen 2024.

Kommunedelplan med tilhørende konsekvensutredning for dobbeltspor Nykirke-Barkåker ble vedtatt i Horten, Re og Tønsberg kommune i oktober 2016.

Bane NOR utarbeider forslag til reguleringsplan for dobbeltspor Nykirke-Barkåker fra Fegstad/Tangentunnelen i Horten kommune til Barkåker i Tønsberg kommune. Planforslaget omfatter ca. 14 km dobbeltspor med stasjon sørvest for Skoppum. Deponiområder for mulig permanent plassering av overskuddsmasser fra anlegget inngår i planen.



Oversiktstegning Nykirke – Barkåker

Planarbeidet ledes av Bane NOR, Utbygging Vestfoldbanen, med Elsebeth A. Bakke som planleggingssjef.

Fagrapport Ingeniørgeologi beskriver de geologiske forholdene langs den nye jernbanestrekningen mellom Nykirke og Barkåker, med spesielt fokus på bergtunnelene Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen. Fagrapporten oppsummerer i tillegg utførte forundersøkelser og laboratorieundersøkelser og beskriver resultater fra disse. Resultatene er brukt til ingeniørgeologiske vurderinger, som bl.a. inkluderer prognose for bergsikring og tetting av berget i tunnelene ved hjelp av forinjeksjon. Løsninger rundt vann- og frostsikring av bergtunnelene er også beskrevet. Rapporten er utarbeidet av Geovita as. Dokumentet inngår som grunnlag for detalj- og reguleringsplanarbeidet på planstrekningen Nykirke-Barkåker.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING	7
2	EKSISTERENDE ANLEGG	8
3	NYTT ANLEGG	9
	FAKTA-DEL.....	12
4	UTFØRTE FORUNDERSØKELSER	13
4.1	GEOLOGISK KARTLEGGING.....	13
4.2	GRUNNBORINGER.....	13
4.3	GEOFYSISKE UNDERSØKELSER	14
4.3.1	<i>Resistivitetsskanning med helikopter (AEM).....</i>	<i>14</i>
4.3.2	<i>Elektrisk resistivitetstomografi (ERT).....</i>	<i>14</i>
4.3.3	<i>Refraksjonsseismikk</i>	<i>14</i>
4.4	KJERNEBORINGER.....	15
4.4.1	<i>Borhull KOBH-01.....</i>	<i>15</i>
4.4.2	<i>Borhull SKBH-01.....</i>	<i>15</i>
4.4.3	<i>Borhull SKBH-02.....</i>	<i>15</i>
4.4.4	<i>Borhull GRBH-01</i>	<i>15</i>
4.5	VANNTAPSMÅLINGER	15
4.6	LABORATORIEUNDERSØKELSER	15
4.6.1	<i>Analyser på sleppemateriale</i>	<i>15</i>
4.6.2	<i>Analyser på mekaniske egenskaper.....</i>	<i>15</i>
4.6.3	<i>Analyser på kjemiske egenskaper.....</i>	<i>17</i>
5	GRUNNFORHOLD	19
5.1	TOPOGRAFI OG LØSMASSER.....	19
5.1.1	<i>Skottåstunnelen</i>	<i>19</i>
5.1.2	<i>Gråmunktunnelen.....</i>	<i>20</i>
5.2	HYDROLOGISKE OG HYDROGEOLOGISKE FORHOLD	20
5.3	BERGSPENNINGER	20
6	BERGGRUNNSGEOLOGI	21
6.1	BERGARTER.....	21
6.1.1	<i>Rombeporfyrr</i>	<i>21</i>
6.1.2	<i>Latittlava</i>	<i>23</i>
6.1.3	<i>Konglomerat.....</i>	<i>23</i>
6.1.4	<i>Basalt.....</i>	<i>24</i>
6.2	STRUKTURGEOLOGISKE FORHOLD	25
6.2.1	<i>Oppsprekking.....</i>	<i>25</i>
6.2.2	<i>Forkastnings- og svakhetssoner.....</i>	<i>30</i>
6.3	GEOLOGIEN I TANGENTUNNELEN.....	30
7	RESULTATER FRA LABORATORIEUNDERSØKELSER.....	31
7.1	SLEPPEMATERIALER	31
7.2	BERGMEKANISKE EGENSKAPER	31
7.3	KJEMISKE EGENSKAPER.....	33
8	RESULTATER FRA KJERNEBORINGER	35
8.1	KARTLEGGING AV KJERNEPRØVER.....	35
8.2	RESULTATER FRA VANNTAPSMÅLINGER	35
	TOLKNINGSDEL	36
9	BERGSKJÆRINGER	37
9.1	BERGSKJÆRING VED KM. 91,900.....	37

9.2	BERGSKJÆRINGER LANGS KOPSTADTUNNELEN.....	38
9.3	BERGSKJÆRING VED SKAUG NORD FOR SKOTTÅSTUNNELEN.....	39
9.4	BERGSKJÆRINGER LANGS BETONGTUNNEL SØR FOR SKOTTÅSTUNNELEN.....	39
9.5	BERGSKJÆRING NORD FOR GRÅMUNKTUNNELEN	40
10	SPESIELLE LOKALE HENSYN.....	41
10.1	BRØNNER	41
10.2	KRYSSING AV VANNLEDNINGER	41
10.3	SKOTTÅS HØYDEBASSENG	41
10.4	SPRENGING OG PIGGING I NÆRHETEN AV E18.....	42
10.5	PÅHUGGSOMRÅDENE	43
10.5.1	<i>Skottåstunnelen</i>	43
10.5.2	<i>Gråmunktunnelen</i>	43
11	RESULTATER OG TOLKNING AV GEOFYSISKE UNDERSØKELSER.....	44
11.1	RESISTIVITETSSKANNING MED HELIKOPTER (AEM).....	44
11.2	ELEKTRISK RESISTIVITETSTOMOGRAFI (ERT) OG REFRAKSJONSSEISMIKK.....	44
11.2.1	<i>Påhugg nord – Skottåstunnelen</i>	44
11.2.2	<i>Området mellom km. 96,050 – 96,700 langs Skottåstunnelen</i>	45
11.2.3	<i>Området mellom km. 96,900 – 97,400 langs Skottåstunnelen</i>	46
11.2.4	<i>Påhugg sør – Skottåstunnelen</i>	47
11.2.5	<i>Påhugg nord – Gråmunktunnelen</i>	48
11.2.6	<i>Området mellom km. 100,700 – 101,100 langs Gråmunktunnelen</i>	49
11.2.7	<i>Påhugg sør – Gråmunktunnelen</i>	50
12	BERGMASSEKLASSIFISERING – Q-VERDIER	51
12.1	Q-VERDIER LANGS SKOTTÅSTUNNELEN	51
12.2	Q-VERDIER LANGS GRÅMUNKTUNNELEN.....	52
13	VANN- OG FROSTSİKRING.....	53
13.1	GENERELLE KRAV	53
13.2	FROSTMENGDER.....	53
13.3	BEREGNING AV FROSTINNTRENGNING.....	53
13.4	KONSTRUKSJONSTYPER	56
13.4.1	<i>Kontaktstøpt betonghvelv med membran</i>	56
13.4.2	<i>Sprøytebetongkledning vanntettet med sprøytbar membran</i>	58
14	TRYKKREDUSERENDE TILTAK	59
15	INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER.....	60
15.1	INGENIØRGEOLOGISK BESKRIVELSE AV TUNNELTRASEENE.....	60
15.1.1	<i>Skottåstunnelen</i>	60
15.1.2	<i>Gråmunktunnelen</i>	62
15.2	PROGNOSER FOR BERGSİKRING.....	63
15.3	ANVENDELSE AV TUNNELSTEIN	64
16	OMGIVELSER.....	66
16.1	INNLEKKASJEKRAV OG INJEKSJONSBEHOV	66
16.2	INJEKSJON.....	66
16.3	VIBRASJONER OG LUFTSTØT VED UTTAK AV BERG	68
16.4	BYGNINGSBESIKTIGELSE OG SETNINGSNIVELLEMENT.....	70
17	RAMS.....	71
18	KRAV TIL PROSJEKTERING OG BYGGING AV JERNBANETUNNELER	72
19	REFERANSELISTE	73
20	VEDLEGG.....	75

1 INNLEDNING

Hensikt med rapporten

Denne fagrapporten gjelder ingeniørgeologi for prosjektet Utbygging Vestfoldbanen Nykirke-Barkåker (forkortet til UNB).

Rapporter tar utgangspunkt i prosjektforutsetningene for bergtunneler [1].

Regelverk, føringer og avvikshåndtering

Teknisk regelverk og teknisk designbasis

Fagrapporter er basert på Bane NOR's tekniske regelverk, gjeldende utgave pr. 01.02.2017 [2]. I tillegg er den basert på Teknisk designbasis for InterCity, rev. (3) datert 14.11.2016 [3].

Alle eventuelle avvik fra Bane NOR's tekniske regelverk skal godkjennes iht. Bane NORs tekniske regelverk Felles bestemmelser kap. 2 tabell 1 (se under). Dette gjelder også der formuleringene «bør» er benyttet.

Tabell 1: Myndighet til å gi dispensasjon

Regel	Verb	Myndighet til å gi dispensasjon
Myndighetskrav	<i>skal (i kursiv)</i>	Krav som Bane NOR selv ikke har myndighet til å gi dispensasjon fra
Krav	skal	Teknologidirektør
Anbefaling	bør	Infrastruktureier
Mulighet/alternative løsninger	kan	Den som prosjekterer, bygger eller vedlikeholder

Avvik fra Teknisk designbasis for InterCity skal håndteres som endringer fra prosjektbestillingen og følge vanlig endringsprosedyre for prosjekter. Alle avvik fra Teknisk designbasis for InterCity skal forelegges leder teknikk og konsept før prosjekteiers endelige beslutning.

Det er opprettet en egen avvikslogg der alle avvik blir registrert (ICP-34-Q-00005, Avviksregister for Nykirke - Barkåker). I prosjekteringen er det lagt til grunn at foreslåtte avvik vil bli godkjent.

Andre fagrapporter

Det er laget en rekke andre tekniske fagrapporter. Det vises til ICP-34-A-11111, detaljplanbeskrivelse, for en nærmere oversikt.

2 EKSISTERENDE ANLEGG

Eksisterende anlegg består av enkeltsporet strekning med kryssingsspor på Skoppum stasjon. Banen går gjennom tettstedene Nykirke, Skoppum og Barkåker. Nytt dobbeltspor Nykirke-Barkåker tilknytter seg dobbeltsporet Holm-Nykirke i nord (åpnet i 2016) og dobbeltspor Barkåker-Tønsberg i sør som åpnet i 2011.

Tangenttunnelen er en eksisterende bergtunnel som ligger langs planlagte trasé helt nord i prosjektet, rett sør for dobbeltsporet Holm-Nykirke, se figur 3-1.

Tangenttunnelen er en dobbeltsporet jernbanetunnel med total lengde på 145 m inklusiv portaler. 131 m er bergtunnel, og er drevet i sin helhet i rombeporfyrr. Tunnelen sto ferdig i juni 2002, er dimensjonert for hastighet på 200 km/t og bygget i henhold til regler for nye baner som gjaldt da den ble bygget. Tunnelen er sikret med bolter og sprøytebetong i heng, vederlag og i varierende grad i vegger. Det er ikke rapportert om at det er utført berginjeksjon i tunnelen.



Figur 2-1 Tangenttunnelen ved Nykirke sett fra nord mot sør. Vann- og frostsikring i hengen, og nedføring av vann lokalt i veggene.

Tunnelen er vann- og frostsikret med sprøytebetonghvelv (PE-skum) i hengen og ned i vederlagene. Vannet føres ned lokalt i veggene, se figur 2-1.

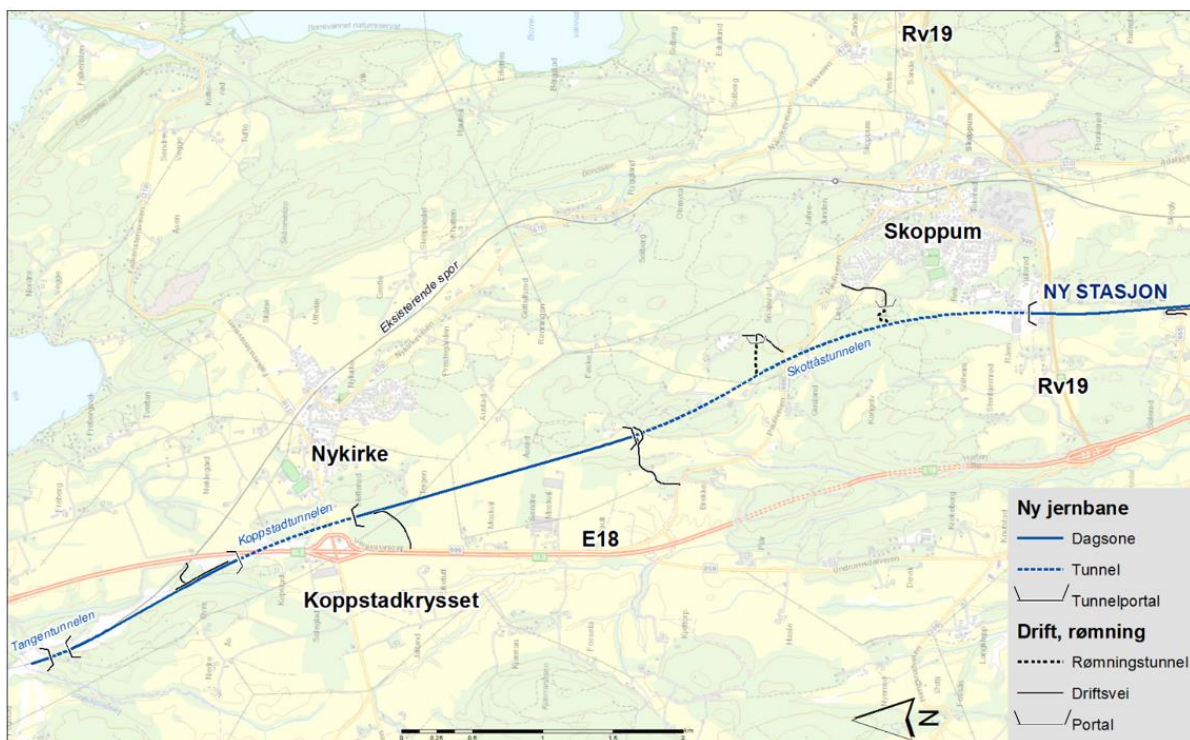
Tunnelen er i InterCity-prosjektet Nykirke – Barkåker planlagt å inngå i ny trasé og tunnelen skal derfor oppgraderes med hensyn på bergsikring og vann- og frostsikring. Det er utarbeidet et eget notat som beskriver forhold knyttet til vann- og frostsikring i tunnelen, ICP-34-A-10731 [4].

3 NYTT ANLEGG

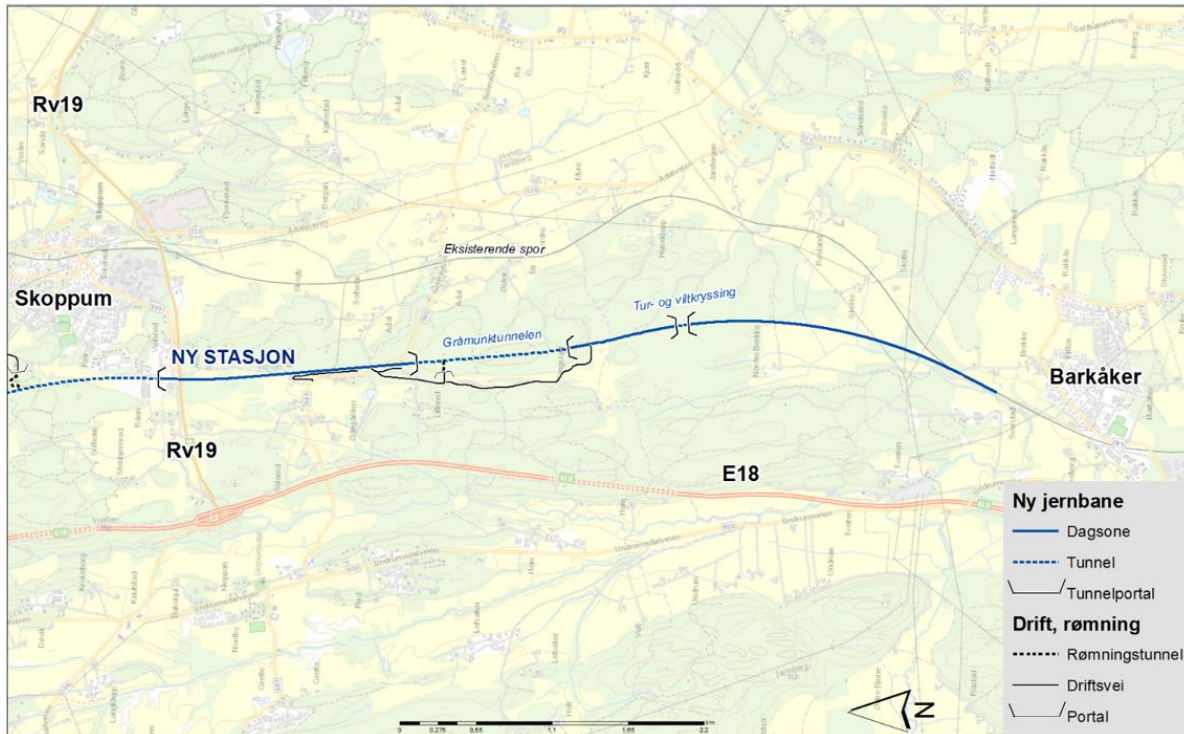
I nord kobles traseen til dobbeltspor Holm-Nykirke som ble åpnet høsten 2016. Eksisterende Tangentunnel benyttes og oppgraderes innvendig. Det nye dobbeltsporet starter rett sør for denne tunnelen. Banen går i en kort dagsone før den krysser under E18 og Kopstadveien i en betongtunnel, Kopstadtunnelen, med lengde ca. 1 km. Banen krysser landbruksområde sørvest for Nykirke før den går inn i Skottåstunnelen med lengde ca. 3 km.

Ved rv.19, vest for Skoppum, er det lokalisert en ny stasjon på sørsiden av veien. Banen går videre sørover, gjennom Tangsrødmarka i en ca. 1,2 km lang tunnel, kalt Gråmunktunnelen. Sør i Tangsrødmarka er det en kort betongtunnel for viltkryssing og turvei.

Den nye banen kobles til eksisterende dobbeltspor ved Barkåker.



Figur 3-1: Oversiktstegning delstrekningen Nykirke – Skoppum



Figur 3-2: Oversiktstegning delstrekningen Skoppum – Barkåker

Skottåstunnelen starter i nord ved gården Skaug, går under Skottås og kommer ut rett nord for industriområdet på Viulsrød nord for rv.19. Bergtunnelen blir ca. 2,1 km lang. Total lengde på tunnelen blir ca. 3 km, inklusiv betongkonstruksjoner.

Sør for stasjonen planlegges en dobbeltsporet bergtunnel under Gråmunken øst i Tangsrødmarka. Denne tunnelen, Gråmunktunnelen, blir ca. 1,1 km lang i berg og totalt 1,2 km inklusiv portaler.

For øvrig skal det tas ut berg i en inntil 40 m høy bergskjæring mellom Tangentunnelen og Kopstadtunnelen. Utfordringen her blir blant annet uttak av berg nær jernbane i drift. Det skal også tas ut en del berg i forbindelse med etablering av Kopstadtunnelen. Videre sørover blir det bergskjæring nord for gården Skaug nord for Skottåstunnelen og mellom ny stasjon vest for Skoppum og Gråmunktunnelen.

Geologisk oversikt i plan og profil langs hele strekningen mellom Nykirke og Barkåker er vist på tegningene ICP-34-V-29001 – ICP-34-V-29010. Oversikt over utførte forundersøkelser er vist på tegningene ICP-34-V-29011 – ICP-34-V-29028.

Det er avklart i tidligere planfaser at bergtunnelene Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen utformes som dobbeltsporede tunneler, med tverrsnitt på ca. 128 m² (teoretisk sprengingsprofil) som vist på tegning ICP-34-F-29005. Tunnelene skal ha rømningstunneler ut i det fri for minimum hver 1000 m. Det vil bli etablert en rømningstunnel og ett tverrslag i Skottåstunnelen og en rømningstunnel i Gråmunktunnelen. Skottåstunnelen er planlagt drevet via tverrslaget. Tverrslaget vil få et tverrsnitt i henhold til [3] på ca. 60 m². Rømningstunnelene vil få tverrsnitt på ca. 25 m². Normalprofilene for tverrslag og rømningstunneler er vist på tegning ICP-34-F-29006.

Det er videre avklart i tidligere planfaser at bergtunnelene skal drives konvensjonelt med boring og sprengning. I henhold til beslutningsprosess for drivemetode i Teknisk Designbasis [3] er konvensjonell driving å anbefale der bergforhold, innlekkasje og tunnelgeometri er

varierende. Boring og sprengning anses i tillegg som mest tidseffektiv for tunnallengder opp til 7 000 m.

Både Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen er relativt korte bergtunneler, og vil for en stor del bli drevet i områder med lite bebyggelse. Det skal i tillegg utføres forinjeksjon i tunnelene, se kapittel 16. I Skottåstunnelen antas behov for systematisk forinjeksjon for å oppnå innlekkasjekravet. Det er også stor sannsynlighet for å påtreffe svakhetssoner i tunnelen, spesielt i grenseområder mellom rombeporfyrlavaer.

Trykkreduserende tiltak medfører variasjon i tunnelgeometri, se kapittel 14.

FAKTA-DEL

De etterfølgende kapitlene, kapittel 4 - 8, inneholder henvisninger til måleresultater og faktiske observasjoner, samt oppsummeringer fra andre fagrapporter av relevante opplysninger, spesielt med hensyn på bergtunnelene Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen.

4 UTFØRTE FORUNDERSØKELSER

Dette kapittelet oppsummerer utførte forundersøkelser og laboratorieundersøkelser utført til sørlige del av dobbeltsporet Holm-Nykirke som åpnet i 2016 (spesielt UHN-07 Snekkestad), samt undersøkelser utført til hovedplan og detaljplan til gjeldende ny InterCity-parsell mellom Nykirke og Barkåker.

4.1 Geologisk kartlegging

Det er tidligere utført geologisk kartlegging av områdene nord for Nykirke til dobbeltsporet Holm-Nykirke. Arbeidene er utført av NGU, NGI og Multiconsult og gjengitt i [5], [6], [7], [8] og [9].

Geologisk kartlegging til denne rapporten er utført i flere omganger langs planlagte trasé mellom Nykirke og Barkåker, med spesielt fokus på områdene med bergtunneler, inklusiv påhuggsområder, tverrslag og rømningstunneler, samt området ved høy skjæring sør for eksisterende Tangentunnel.

Første runde med feltarbeid ble utført i løpet av to dager i månedsskiftet november-desember 2016. Deretter ble det i mai, juni og september 2017 utført fire dager med geologisk kartlegging av bergblotninger langs traseen. I tillegg er det i flere omganger registrert berg i dagen i området før feltarbeidene startet.

Flere steder er det tilkomst via lokalveier til traseen. Det meste av traseen er dekket av skog og dyrket mark. Skogen er relativt tett og det er stedvis vanskelig å orientere seg. Kartlagte bergblotninger finnes hovedsakelig på tett bevokste koller, hvor berget i blotningene er forvitret og opptrer som avløste bergblokker med varierende størrelser. Blotningene er også preget av åpne sprekker og grovblokkig ur. Berget er i tillegg kartlagt i bergskjæringer langs veiene og langs turstier i området.

Bergarter og strukturobservasjoner blir nærmere beskrevet i kapittel 6 og er vist på geologiske oversiktstegninger i plan og lengdeprofil, se tegningene ICP-34-V-29001 til -29010.

Bergartsgrenser og svakhetssoner vist på tegningene er tolkede strukturer basert på observasjoner i felt, samt informasjon fra geofysiske undersøkelser. Planlagte kjerneboringer i utvalgte områder vil, når disse er utført, gi mer informasjon til tolkningene.

I september 2016 ble det i tillegg utført geologisk kartlegging i eksisterende Tangentunnel til [4]. Dette blir nærmere beskrevet i kapittel 6.3.

4.2 Grunnboringer

Grunnboringer er hovedsakelig utført på jordene, men også i skogbevokst terreng på kollene. I skogsområdene er boringene utført både med borerigg og med håndholdt utstyr.

Grunnboringer til dette prosjektet er utført i flere faser. I tillegg er det utført grunnboringer for andre, tidligere byggeprosjekter i området.

Det ble utført grunnboringer langs 3 korridorer til hovedplan for parsellene Nykirke-Barkåker. Disse boringene ga grunnlag for valg av gjeldende korridor. Traseen er deretter justert basert på ytterligere grunnboringer i optimaliseringsfasen til detaljplan. Grunnboringerne er ytterligere supplert med en rekke boringer langs valgt trasé til detaljplan.

For Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen er grunnboringene konsentrert til påhuggsområdene. Langs Skottåstunnelen er det i tillegg utført flere boringer i områder med dyrket mark som tunnelen krysser under. Noen boringer er også utført i skogbevokste områder på åsryggene, spesielt ca. midt på høydedraget Gråmunktunnelen passerer under.

Oversikt over uførte grunnboringer er vist på oversiktstegningene ICP-34-V-29011 og -29028. Det vises til ICP-34-A-11092 Fagrapport Geoteknikk for mer informasjon angående grunnboringer og referanser til rapporter.

En kort oppsummering av resultater fra grunnboringer er gitt i kapittel 5.1.

4.3 Geofysiske undersøkelser

4.3.1 Resistivitetsskanning med helikopter (AEM)

Airborne Electromagnetics (AEM)-målinger ble utført til hovedplan for en grov kartlegging av grunnforholdene langs de 3 korridorene som forelå til dette planstadiet. I løpet av 4 dager i juni 2015 ble det undersøkt et område på 25 km² mellom Nykirke og Barkåker.

Metodebeskrivelse, gjennomføring, begrensninger, tolkning og presentasjon av resultater finnes i [10].

4.3.2 Elektrisk resistivitetstomografi (ERT)

Elektrisk resistivitetstomografi (ERT)-målinger ble utført i august 2015 i forbindelse med hovedplan. Det ble samtidig utført målinger av Indusert Polaritet (IP) for å avdekke om lav resistivitet skyldes oppsprekking og/eller sulfidmineralisering. Det ble totalt utført 3 100 m ERT-målinger fordelt på 8 linjer [11]. Resultatene er beskrevet i kapittel 11.

I mai 2017 ble det til detaljplan utført supplerende ERT-målinger langs traseene for Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen. I alt ble det utført 2 300 m fordelt på 6 ERT-linjer [12]. Resultatene fra disse er også beskrevet i kapittel 11.

Beliggenhet av linjene undersøkt med ERT-målinger er vist med gul farge på oversiktstegningene ICP-34-V-29011, -29016 til -29020, -29023 og -29024.

4.3.3 Refraksjonsseismikk

Samtidig med ERT-målinger ble det utført refraksjonseismiske undersøkelser til detaljplan i mai 2017. Disse er også utført langs traseene for Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen, samt langs tverrslag og rømningstunneler.

I alt ble det utført 1 970 m fordelt på 17 refraksjonsseismiske linjer [12]. Resultatene er beskrevet i kapittel 11.

Beliggenhet av linjene undersøkt med refraksjonsseismiske målinger er vist med orange farge på tegningene ICP-34-V-29016 til -29019, -29023 og -29024.

4.4 Kjerneboringer

Ikke utført.

4.4.1 Borhull KOBH-01

4.4.2 Borhull SKBH-01

4.4.3 Borhull SKBH-02

4.4.4 Borhull GRBH-01

4.5 Vanntapsmålinger

Sammen med ovennevnte kjerneboringer vil det bli utført vanntapsmålinger.

4.6 Laboratorieundersøkelser

I forbindelse med forundersøkelsene til det ferdigstilte prosjektet Holm-Nykirke ble det boret to kjerneboringer. Ett av borhullene (BH1) er boret langs entreprisen UHN-07 Snekestad, som grenser til parsellen Nykirke-Barkåker i nord. Det andre borhullet (BH2) er boret lengre nord (nord for Holmestrand). Kjerneboringene ble utført i henholdsvis rombeporfyr og basalt, som er samme type bergarter som er registrert langs planlagte trasé mellom Nykirke og Barkåker.

Det påpekes i [9] at resultatene fra prøvene til Holm-Nykirke kun er gjeldende for de aktuelle prøver og bare kan leses som veiledende verdier. Det vil forekomme lokale variasjoner for de ulike bergartstypene. Det skal derfor utføres egne tester på kjerneprøver utført langs traseen mellom Nykirke og Barkåker.

4.6.1 Analyser på sleppemateriale

En leirprøve fra et parti med basalt i et kjerneborhull boret til Holm-Nykirke er undersøkt for svelleevne [7] og [9]. Prøven ble testet på fri svelling, fritt svellevolum og målt svelletrykk. Resultatene er gjengitt i kapittel 7.1.

Eventuelt sleppematerialer i kjerneprøver fra traseen mellom Nykirke og Barkåker skal analyseres med hensyn på svelleevne. Resultatene herfra vil også være å finne i kapittel 7.1.

4.6.2 Analyser på mekaniske egenskaper

Tester på mekaniske egenskaper til rombeporfyr og basalt fra kjerneprøver utført av SINTEF Byggforsk til Holm-Nykirke er oppsummert i kapittel 7.2. Det er utført en rekke bergmekaniske analyser og borbarhetsanalyser [9]:

- Borsynkindeks (DRI) og borslitasjeindeks (BWI)
- Lydhastighet
- Trykkfasthet
- Sprøhetstall, flisighet og pakningsgrad
- Densitet
- Siever's J-verdi (SJ)
- Slitasjeverdi hardmetall (AV)

Skoppum pukkverk, som ligger ca. 1 km øst for planlagt ny stasjon ved Skoppum, produserer pukk av rombeporfyr i mange ulike fraksjoner, og som brukes til ulike formål av både private, stat, kommune og entreprenører. Tester på mekaniske egenskaper utføres i eget laboratorium, og utgjør følgende tester:

- Kulemølle (A_N) – gir en verdi for materialets abrasive egenskaper (f.eks. motstand mot piggdekkslitasje)
- Flisighetsindeks (FI)
- Formindeks (stengelighet, SI)
- Los Angeles (LA) – gir en verdi for prøvematerialets motstand mot slagpåkjenning/nedknusning
- Micro Deval (M_{DE}) – gir en verdi for materialets motstand mot abrasiv slitasje
- Densitet

Det er mottatt resultat fra to tester på mekaniske egenskaper til tilslag fra Skoppum pukkverk. Resultatene finnes i kapittel 7.2.

For å avgjøre bruksområder for sprengstein fra tunneler og bergskjæringer langs traseen fra Nykirke til Barkåker bør det settes opp et testprogram som tar utgangspunkt i krav til bruk i underbygning for jernbane, til vegoppbygging og til bruk som betongtilslag, se kapittel 15.3.

Til jernbanens underbygning stilles det følgende krav i Teknisk regelverk [2]:

- Til fylling opp til traubunn kan de fleste bergarter benyttes, så sant de ikke er sterkt skifrige, forvitrede eller har høyt glimmerinnhold. Egnetheten av slike bergarter må bestemmes ut fra en samlet vurdering
- I forsterknings- og frostsikringslag kan de fleste norske bergarter benyttes, bortsett fra bl.a. fyllitt, leirskifer og alunskifer.
- Øvrige krav til frostsikringslaget er at det skal være velgradert, ha største steinstørrelse på 500 mm, skal ikke være mettet av subus og skal ha mindre enn 3 % materiale mindre enn 0,02 mm (= sikteprøve)
- Forsterkningslaget har de samme kravene som frostsikringslaget, med unntak av at største steinstørrelse skal være 300 mm. I tillegg skal forsterkningslaget bygges opp av bæredyktige, godt drenerende og ikke-telefarlige masser (T1).
- Ballastpukk har en rekke strenge krav, som er gjengitt i en egen Teknisk spesifisering for ballast i [2]. Av fysiske krav skal steinmaterialet testes for motstand mot nedknusning (Los Angeles-verdi) og motstand mot slitasje (micro-Deval). Det settes krav til nominell størrelse, gradering, innhold av finstoff og finkorn, flisighetsindeks, formindeks og kornlengde. Ballastpukken skal heller ikke inneholde arsen og tungmetaller som overskrider normverdier i Forurensningsforskriften kapittel 2, vedlegg 1.

Statens vegvesen setter en rekke krav til materialer som brukes i de ulike delene av vegoppbyggingen. Figur 4-1 er hentet fra Statens vegvesens håndbok N200 Vegbygging [13] og angir krav til tester som skal utføres på steinmaterialer til bruk ved ulike formål.

Kontroll av	Frostsikr. lag	Forsterkningslag ¹⁾		Mek. stab. bærelag			Bærelag av bitumenstabiliserte materialer							Gjb I	Gjb II	
	S/G/P/K	G	P/K	Gk	Fk	Fp	Ag	Ap	Pp	Eg	Ep	Sg	Bg	Ak		
Materialegenskaper		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X
- Los Angeles-verdi		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X
- fisighetsindeks																
- mølleverdi ²⁾		(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	X	X	X	X	X	X	X			
- micro-Deval-koeffisient ³⁾		X	X	X	X	X	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)			
- andel knuste korn				X			X	X	X							
- bindemiddellkvalitet							X	X	X	X	X	X	X			
- sammensetning (inkl. renhet)														X ⁴⁾	X ⁵⁾	
Korngradering																
- kornfordeling	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- maks. steinstørrelse	X	X	X	X	X	X										
Vannemfintlighet	X	X	X	X	X	X										X
Telefarlighet	X	X	X	X	X	X										X
Bindemiddelmengde							X	X	X	X	X	X	X			
Asfalttemperatur																
- materialproduksjon							X	X								
- utlagt materiale							X	X	X							
Komprimering	X	X	X	X	X	X	X	X	X							X
Forbruk							X	X	X	X	X	X	X			
Indirekte strekkstyrke										X	X	X	X	X		

1) S, G, P og K betyr hhv. sand, grus, pukk og kult.

2) Parentes angir at mølleverdien tillates brukt i produksjonskontrollen som et alternativ til kontroll med micro Deval, men micro-Deval skal benyttes ved typeprøving/deklarasjon. Sammenheng micro-Deval og kulemølle må etableres. (Om korrelasjon mellom metodene, se også vedlegg 3.)

3) Parentes angir at dersom det foreligger resultater fra micro-Deval testing kan disse benyttes i stedet for kulemølleverdier både for typeprøving og produksjonskontroll. Se Vedlegg 3.

4) Se pkt 622.4

5) Se pkt 522.12

Figur 4-1 Statens vegvesens krav til tester av kvalitet på steinmasser til bruk i frostsikringslag, forsterkningslag og bærelag til vegbygging [13]

Til bruk som betongtilslag stilles det krav til [14]:

- Alkaliereaktivitet
- Innhold av syreløselige sulfat, totalt svovel og skadelige kismineraler (magnetkis)
- Kloridinnhold
- Frostmotstand
- Korngradering og finstoffinnhold
- Motstand mot knusning (LA-verdier)
- Densitet
- Vannabsorpsjon

4.6.3 Analyser på kjemiske egenskaper

Bergarten rombeporfyr fra Skoppum pukkverk er til prosjektet Nykirke-Barkåker analysert med hensyn på totalinnhold av metaller, inkludert uran og thorium [15]. Skoppum pukkverk ligger ca. 1 km øst for der ny jernbanetrasé krysser rv. 19 ved Skoppum.

Det ble tatt ut prøver fra fraksjonene 0-4 mm, 4-8 mm og 0-20 mm.

Sammen med uttak av rombeporfyr-prøver fra Skoppum pukkverk ble det tatt ut vannprøver fra bekker i området som drenerer vann fra områder med rombeporfyr [15]. Dette for å undersøke naturlig bakgrunnskonsentrasjon av metaller i området.

Resultatene fra undersøkelsene på pukk og vannprøver er gjengitt i kapittel 7.3.

Det skal i tillegg utføres kjemiske tester på bergartsprøver fra kjerneboringene langs traseen Nykirke - Barkåker. Resultatene herfra vil også bli gjengitt i kapittel 7.3.

5 GRUNNFORHOLD

I de følgende kapitlene gis det en kort oppsummering av grunnforholdene langs planlagt ny jernbanetrasé mellom Nykirke og Barkåker, med spesielt fokus på områdene langs Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen.

5.1 Topografi og løsmasser

Terrenget i området er preget av N-S gående skogbevokste åsrygger/koller og mellomliggende flate områder med dyrket mark. Bergblotningene finnes hovedsakelig på åsryggene, men kan også stikke lokalt opp fra de flate partiene. Der er registrert til dels tykke lag, inntil 37 m, med løsmasser i de flate mellomliggende områdene.

Høyden på terrenget langs de flate områdene varierer fra ca. kote +60 lengst i nord, rundt kote +80-90 mellom Kopstadtunnelen og nordlige påhugg til Skottåstunnelen og rundt kote +70-80 mellom Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen. Videre sørover fra Gråmunktunnelen til Barkåker avtar terrenghøyden gradvis fra ca. kote +70 til ca. kote +50.

Hele området ligger under den marine grense, det vil si under 200 moh. Løsmassene i området er derfor dominert av marine leirer.

Løsmassene i forsenkningene består vanligvis av et 1-5 m tykt lag av tørrskorpeleire over bløte, marine leirer. Ved store mektigheter vil leira ofte være sensitiv under et visst nivå (kvikkleire). Enkelte steder inneholder leira organisk materiale og lag av silt. Det er også registrert inntil 10 m tykke lag med morene/sterkt oppsprukket berg over fast berg.

For mer informasjon om løsmasser og deres egenskaper henvises det til ICP-34-A-11092 Fagrapport Geoteknikk.

5.1.1 Skottåstunnelen

Ved nordlige påhugg til Skottåstunnelen ligger terrenget på rundt kote +90-100. Terrenget stiger raskt herfra og sørover til ca. kote +140 ved km. 95,980 før det igjen avtar til ca. kote +100 ved km. 96,300. Terrenget ligger om lag på denne høyden sørover til påhugg for tunnelen i sør.

En rekke grunnboringer er utført ved påhuggsområdene og i områder med dyrket mark langs tunneltraseen, se tegning ICP-34-V-29016 til -29020. De største løsmassedybdene er registrert nær påhugget i nord, hvor det er boret ned til nær 37 m før berg ble påtruffet. Boringer utført langs åsryggene viser at berget hovedsakelig ligger mellom 0-2 m under terreng. I mellomliggende flate partier med dyrket mark er det registrert moderate dybder til berg, hovedsakelig inntil 6-8 m. Dette med unntak av området nær påhuggsområdet i sør, hvor det er boret ned til ca. 17 m og tunnelen mangler bergoverdekning i et område rundt km. 97,790, se tegning ICP-34-V-29005.

I henhold til ICP-34-A-11105 Fagrapport Hydrogeologi er det lite setningspotensiale i løsmassene i områder med bebyggelse langs tunnelen. Det ligger ca. 50 boliger innenfor en sone på 200 m til hver side av tunnelen. Ca. halvparten av boligene er fundamentert på berg og ca. halvparten delvis på berg og delvis på løsmasser.

5.1.2 Gråmunktunnelen

Over Gråmunktunnelen stiger terrenget jevnt fra ca. kote +70-80 ved påhugget i nord til kote +96 ved km. 100,660. Ved ca. km. 100,960 stiger terrenget ytterligere, og rundt km. 101,060 er terrenget på sitt høyeste langs denne tunnelen. Terrenget ligger her på ca. kote +108. Herfra avtar terrenget slakt inntil det er nede ved ca. kote +80 ved påhugget i sør.

Det er utført grunnboringer ved påhuggsområdene. Disse viser små løsmassemekthigheter på inntil 1 m over traseen. Det er registrert berg i dagen langs tunnelen, se tegningene ICP-34-V-29007 og – 29008, samt -29023 og -29024. Om lag midt på tunnelen, rett nord for der terrenget stiger mot kote +108 er det boret i løsmasser ned til ca. 8 m før berg. Løsmassedyprennen korresponderer med en overgang mellom to rombeporfylavaer.

Det er ingen bebyggelse innenfor 200 m til hver side av Gråmunktunnelen.

5.2 Hydrologiske og hydrogeologiske forhold

Poretrykksmålere installert i forbindelse med grunnundersøkelser for prosjektet viser at grunnvannet ligger høyt, omlag i nivå med terrenget. Poretrykksmålerne er hovedsakelig installert på flate partier mellom åsryggene. Det er også registrert lavere poretrykkgradient enn hydrostatisk poretrykkøkning med dybden. Stedvis er det også målt artesiske trykkforhold. I åsryggene, der bergtunnelen krysser under, antas grunnvannsnivået og ligge lavt.

Ved Skottåstunnelen er det hittil registrert ca. 15 vannbrønner innenfor en sone på ca. 200 m til hver side av bergtunnelen. Brønnene er drikkevannsbrønner og energibrønner. 9 av brønnene kommer innenfor området dekket av plankartene på tegningene ICP-34-V-29004 og -29005. Brønnene er mellom ca. 30-80 m dype og kapasitetene er oppgitt til mellom 1 200 – 10 000 liter/time, som er relativt høyt.

Over Gråmunktunnelen finnes ingen brønner innenfor en sone på 200 m til hver side av tunnelen.

Det er utført vanntapsmålinger i forbindelse med kjerneboringer langs traseen mellom Nykirke og Barkåker. Målingene viser vanntap på mellom xx - yy Lugeon. En kort oppsummering av resultater fra vanntapsmålinger i kjerneborhull finnes i kapittel 8.2.

For mer informasjon om hydrologiske og hydrogeologiske forhold, samt vurderinger av resultater fra vanntapsmålinger, vises det til ICP-34-A-11105 Fagrapport Hydrogeologi.

5.3 Bergspenninger

Det vurderes at det ikke er behov for spenningsmålinger langs bergtunnelene i dette prosjektet. Det er ikke noe som tyder på at det er spesielt høye eller spesielt lave bergspenninger langs tunnelene.

6 BERGGRUNNSGEOLOGI

Vestfold ligger i sin helhet innenfor det geologiske område som kalles Oslofeltet, som utgjør en ca. 30 - 60 km bred sone med kambro-siluriske bergarter fra Mjøsa i nord til ytre Oslofjord i sør. Bergartene i området er vulkanske bergarter (lavabergarter) som knyttes til vulkanismen i Oslofeltet i de geologiske tidsperiodene karbon og perm for ca. 300 millioner år siden.

Bergartene langs planlagt ny jernbanetrasé mellom Nykirke og Barkåker består hovedsakelig av flere typer rombeporfyrer som er avsatt fra flere vulkanske utbrudd. I Vestfold er det registrert rundt 50 ulike rombeporfyrlavaer med en stratigrafisk mektighet på 3 km. Lavastrømmene kom med om lag 250 000 års mellomrom, og varierte i tykkelse fra 5 til 100 meter.

I tillegg til rombeporfyrer er det også registrert basalt og latittlava lengst i nord i planområdet. Mellom latittlava og rombeporfyr, og også mellom ulike typer rombeporfyrlavaer, er det stedvis registrert konglomerat.

Overgangene mellom de ulike lavastrømmene kan være porøse og permeable. I tillegg kan overgangene ha dårlige bergmekaniske egenskaper som følge av slaggaktig materiale.

Tegningene ICP-34-V-29001 – ICP-34-V-29010 viser oversikt over geologien langs traseen mellom Nykirke og Barkåker i plan og lengdeprofil. Geologisk kartgrunnlag er hentet fra Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) sin database.

6.1 Bergarter

Kartlagte bergblotninger finnes hovedsakelig på tett bevokste koller, hvor berget i blotningene er forvitret og opptrer i store avløste bergblokker på inntil 5 m³. Blotningene er også preget av åpne sprekker og grovblokkig ur. Flere steder er det urmasser langs nedre deler av kollene som stikker opp fra omkringliggende flate jorder/terreng. Høyere opp i skråningene blir terrenget steilere og bergblotningen er preget av åpne sprekker og store avløste, ustabile blokker. Dette er blant annet registrert ved det nordlige påhuggsområde til Skottåstunnelen, ved påhugget til tverrslag nord til Skottåstunnelen, langs bergskjæring rundt km. 99,750, ved påhugget til rømningstunnelen til Gråmunktunnelen og øst for km. 101,000 ved Gråmunktunnelen. Dette beskrives nærmere i kapittel 9 for bergskjæringer og kapittel 15.1 for bergtunneler, sammen med forslag til sikringstiltak.

Det er registrert ulike typer rombeporfyrer, samt latittlava, konglomerat og basalt langs traseen mellom Nykirke og Barkåker. Disse blir beskrevet i de etterfølgende kapitlene.

6.1.1 Rombeporfyr

Langs store deler av traseen finnes rombeporfyr. De ulike lavastrømmene av rombeporfyrlava kan skilles på grunnlag av fenokrystallenes/rombenes form og fordeling.

Det er hovedsakelig registrert rombeporfyr som består av en finkornig rødbrun grunnmasse med større fenokrystaller/romber av feltspat, oftest større enn 1 cm, se figur 6-1. Fenokrystallene ligger tett i tett. I tillegg er det registrert en type med færre og mer kantede romber, se figur 6-2. Denne er registrert nær påhugget til Skottåstunnelen i nord, langs nordsiden av høy skjæring rundt km. ca. 91,960 og langs de midtre og sørlige delene av Gråmunktunnelen.



Figur 6-1: Rombeporfyr fra ca. km. 95,800 over Skottåstunnelen.



Figur 6-2: Rombeporfyr med spredte og kantede romber fra ca. km. 95,750 over Skottåstunnelen.

Det er også registrert rombeporfyrer med flere/tettere kantende romber enn vist på figur 6-2 og lengre romber enn vist på figur 6-1.

6.1.2 Latittlava

Denne lavabergarten er finkornet, opptrer i kompakte lag og har rosa farge. Latittlava er registrert i bergblotninger nord i prosjektet, i området ca. 50 m øst for høy skjæring rundt km. 91,900. Figur 6-5 viser latittlavaen fra dette området.

Figur 6-3 viser latittlavaen registrert ca. 200 m øst for km. 92,950 langs bergartsgrensen mot rombeporfyr vist på tegning ICP-34-V-29002.

6.1.3 Konglomerat

Konglomerat er registrert på grensen mellom latittlava og rombeporfyr ca. 200 m øst for km. 92,950, se figur 6-3, og i området mellom to ulike rombeporfyr lavaer nær nordre påhugg for Skottåstunnelen, se figur 6-4. Sistnevnte konglomerat inngår her i en større antatt sone med vekslende bergforhold på grensen mellom underliggende rombeporfyr med spredte og kantende romber (figur 6-2) og overliggende rombeporfyr tett med romber (figur 6-1). Sonen beskrives nærmere i kapittel 15.1.1.1.

På overflaten er konglomeratene svært forvitrede, løse og åpne i strukturen. Bollematerialet er avrundet, med boller opptil 2-3 cm store. Bollene består av materiale fra underliggende bergart, det vil si latittlava ved Kopstadtunnelen og rombeporfyr ved Skottåstunnelen.



Figur 6-3: Svært løst og åpent konglomerat langs grensen mellom latittlava og rombeporfyr ca. 200 m vest for km. 92,950.



Figur 6-4: Konglomerat på grensen mellom to ulike rombeporfyr lavaer ved ca. km. 95,750 over Skottåstunnelen.

6.1.4 Basalt

Basalt er kun registrert i bergblotninger ved høy skjæring rundt km. 91,900.

Bergarten er finkornet og kompakt og har svart til gråsvart farge. I en blotning nedenfor/NV for høy skjæring er basalten kartlagt sammen med latittlava. På grensen mellom bergartene ble det registrert et svært løst, nærmest grusaktig lag med rosa spetter i en mørk grå grunnmasse, se figur 6-5. Det grusaktige laget er kartlagt å ha orientering tilnærmet parallelt planlagt ny jernbanetrasé i dette område, og har et meget slakt fall på ca. 8° i vestlig retning, det vil si inn i skjæringen.



Figur 6-5: Bergartsprøver fra ca. 50 m øst for km. 91,900.
Basalt øverst, latittlava nederst og en liten prøve av
mørk grå og svært løs «bergart» med rosa spetter imellom.

6.2 Strukturgeologiske forhold

6.2.1 Oppsprekking

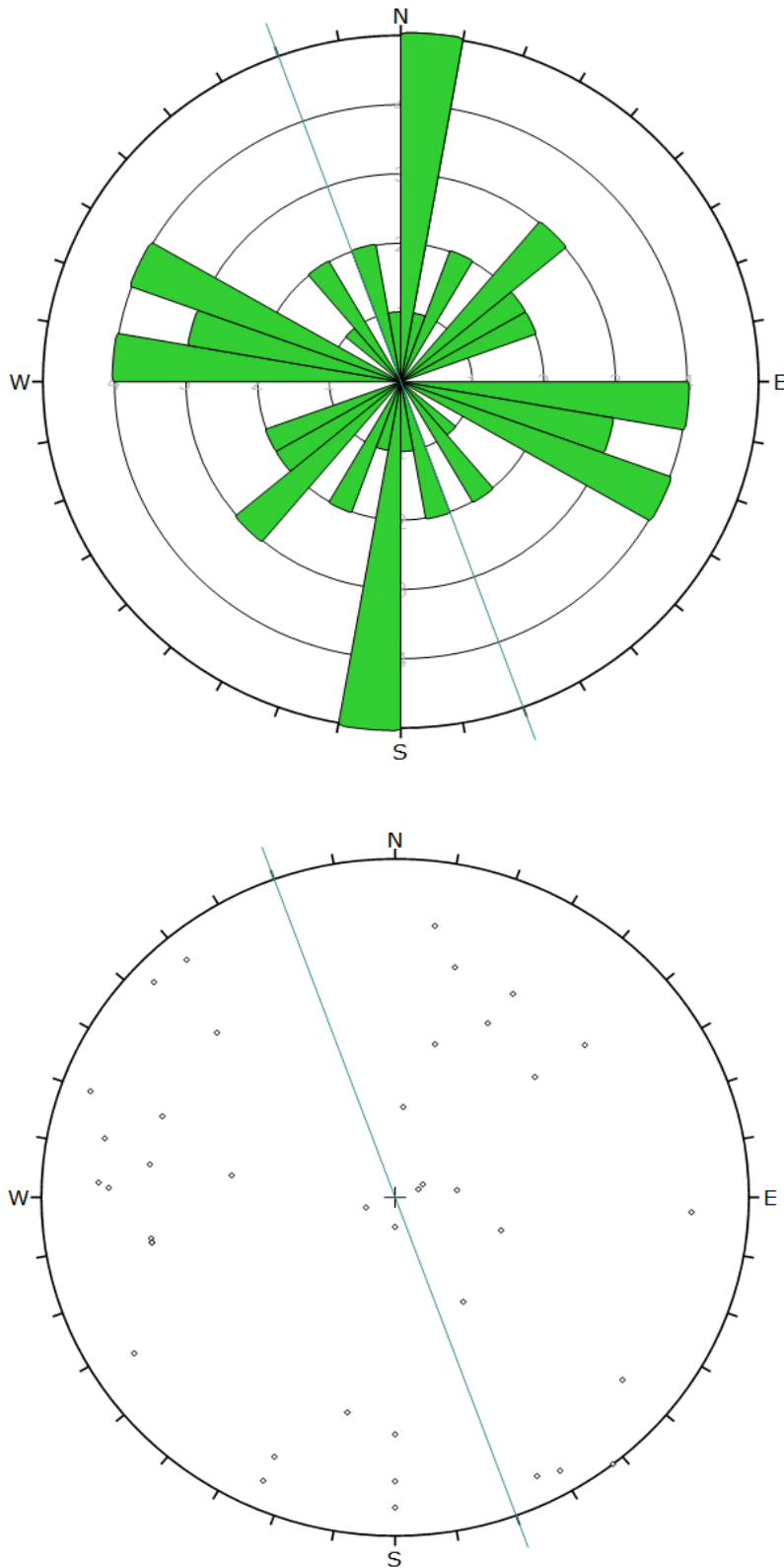
Det er registrert relativt stor spredning i sprekkeorientering og fallvinkler på sprekke langs traseen, men det opptrer hovedsakelig 3 sprekkesett samtidig på samme sted i tillegg til tilfeldige sprekker. Et av sprekkeretningene har strøkretning tilnærmet N-S og steilt fall hovedsakelig mot øst. Et annet sprekkesett har strøk tilnærmet NØ-SV til Ø-V og i hovedsak fall i sørlig retning. Det tredje sprekkesettet har strøk i NV-SØ retning og faller hovedsakelig mot nordøst.

Etterfølgende figurer med sprekkeroser og stereoplott viser målte orienteringer på sprekker fordelt på tre områder; ca. km. 91,800 – 93,500, ca. km. 94,000 – 98,400 inklusiv Skottåstunnelen og ca. km. 99,800 – 101,800 inklusiv Gråmunktunnelen.

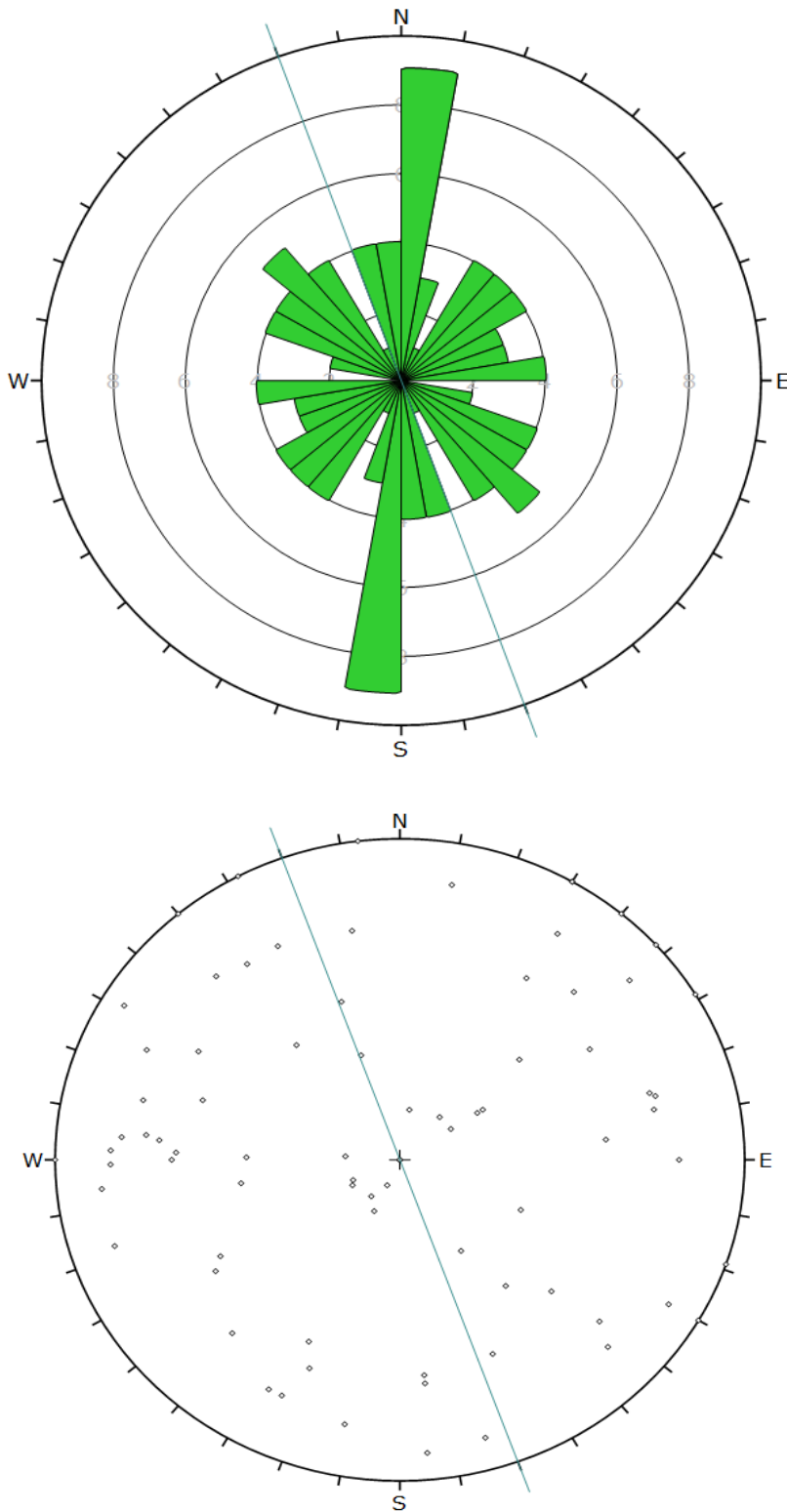
I hele området er det de N-S gående sprekke som dominerer, se figur 6-6 til 6-8. De fleste av disse har fall mot øst.

I området lengst i nord er det også registrert en rekke sprekker i NV-SØ til Ø-V retning, samt i NØ-SV retning, se figur 6-6. I området Skottåstunnelen er det foruten ca. N-S gående sprekker også registrert noen flere sprekker i NØ-SV retning enn andre retninger, men her er variasjonen stor, se figur 6-7.

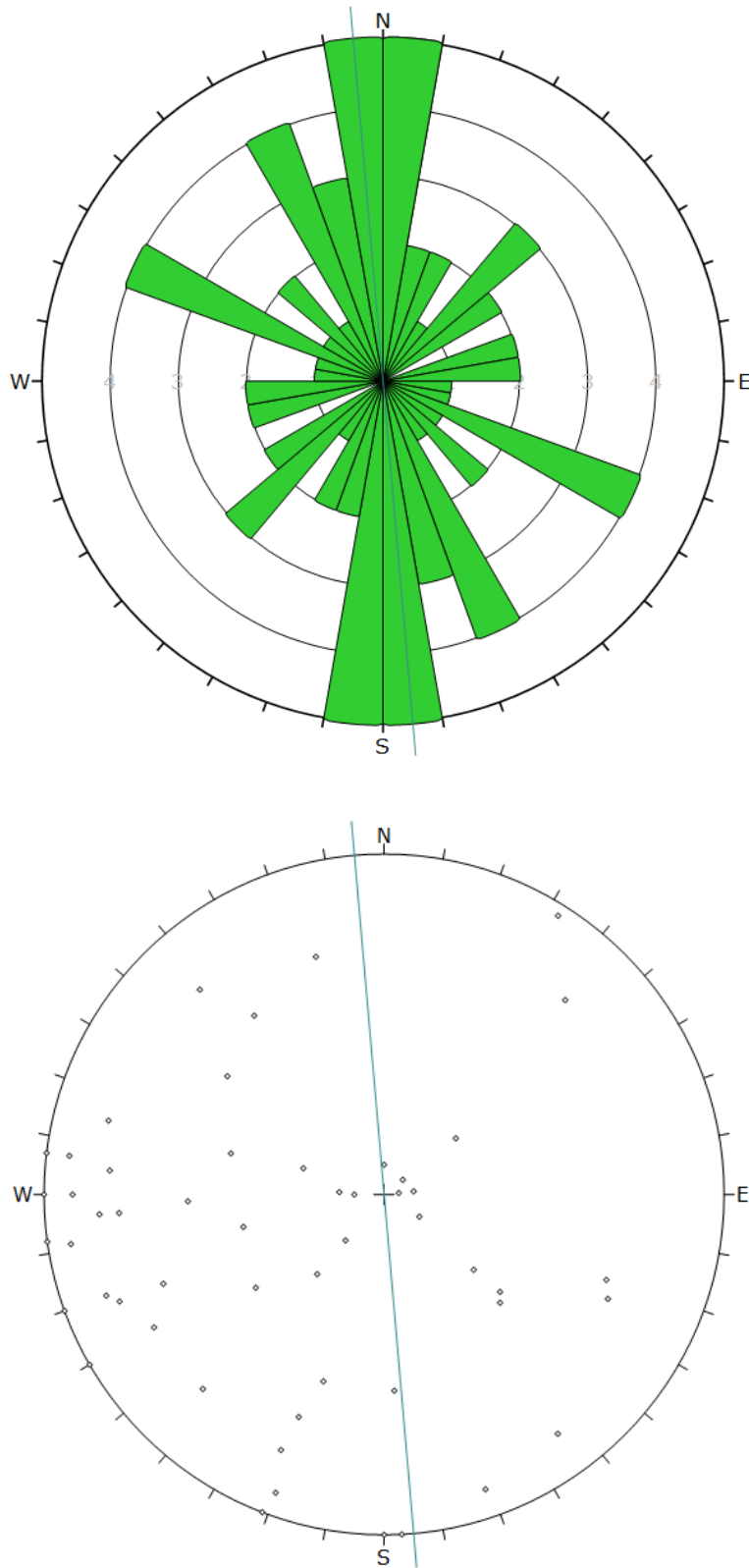
Langs Gråmunktunnelen er det de NV-SØ gående sprekkene vist på figur 6-8 som dominerer. De fleste med fall i nordlig retning. Som figur 6-8 viser er det de N-S gående sprekkene som dominerer også i dette området når registreringer av sprekkeorientering langs planlagt bergskjæring mellom km. 99,800 – 100,150 tas med. De fleste av de N-S gående sprekkene har varierende til steilt fall mot øst. Sprekker i NØ-SV retning er også fremtredende, og finnes både langs planlagte bergskjæring og langs traseen for Gråmunktunnelen.



Figur 6-6: Sprekkerose og stereoplott av målte strukturer mellom ca. km. 91,800 – ca. km. 93,500. Lyse blå strek viser gjennomsnittlig retning på ny jernbanetrasé i dette området. Antall målinger = 32 stk., hovedsakelig ved høy skjæring og vest for Kopstad betongtunnel.



Figur 6-7: Sprekkerose og stereoplott av målte strukturer mellom ca. km. 94,000 – ca. km. 98,400, inklusiv Skottåstunnelen. Lyse blå strek viser gjennomsnittlig retning på ny jernbanetrasé i dette området. Antall målinger = 63 stk., hovedsakelig langs Skottåstunnelen.



Figur 6-8: Sprekkerose og stereoplott av målte strukturer mellom ca. km. 99,800 – ca. km. 101,650. Lyse blå strek viser gjennomsnittlig retning på ny jernbanetrasé i dette området. Antall målinger = 41 stk., hovedsakelig langs Gråmunktunnelen, men også langs planlagt bergskjæring nord for tunnelen.

6.2.2 Forkastnings- og svakhetssoner

Større og mindre forkastnings- og svakhetssoner opptrer i hele det aktuelle området. Den dominerende orienteringen på sonene i nord er NØ-SV til NNØ-SSV. I områdene Viulsrød og Gråmunken opptrer svakhetssoner i NV-SØ retning. Enkelte forkastninger har hatt så stor bevegelse at det gir utslag på forløpet av bergartsgrensene, se f.eks. tegning ICP-34-V-29002.

Forkastningsspranget i området kan være opptil 100 meter i vertikalplanet [5]. Det har også vært bevegelse i horisontal retning langs store lineamenter. De største forkastningene danner markerte depresjoner i terrenget.

Svakhetssonene kan bestå av sterkt oppkjust berg. Det kan også forekomme leiromvandling i forbindelse med sonene. Forvitring av feltspat, som er hovedmineralet i «rombene» i rombeporfyr, kan ved forvitring danne leirminerale, også svelleleire.

Svakhetssonene beskrives nærmere når kjerneprovvene er analysert.

6.3 Geologien i Tangentunnelen

Bergarten i Tangentunnelen er hovedsakelig rombeporfyr med brunrød, finkornig grunnmasse og lyse fenokrystaller av feltspat. Det ble også registrert en ca. 15 cm bred basaltgang ved kartlegging i tunnelen utført til [4] i september 2016.

Ved kartlegging i tunnelen ble det også her registrert stor variasjon i retning på sprekker og oppsprekkingsgrad i tunnelen. Hovedsakelig opptrer 3 sprekkesett samt sporadiske sprekker samtidig. Ett av sprekkesettene har strøkretning tilnærmet N-S og faller med mellom 20-70° mot både øst og vest. I tillegg ble det registrert sprekkesett i NV-SØ og NØ-SV retninger. Disse faller med mellom 40-80° i både nordlig og sørlig retning. Totalt antall sprekker varierer mellom ca. 8-20 sprekker pr. m³ bergmasse. Det er registrert tynne leirbelegg langs enkelte sprekkeplan. En ca. 50 cm bred sone med svært oppsprukket berg og grusig, leirholdig sprekkeinnfylling ble registrert i venstre vegg ca. 30 m inn fra portalen i sør. Sprekkeplanene er plane med ru overflate.

7 RESULTATER FRA LABORATORIEUNDERSØKELSER

Dette kapittelet oppsummerer resultater fra utførte laboratorieundersøkelser utført til sørlige del av dobbeltsporet Holm-Nykirke som åpnet i 2016 (UHN-07 Snekkestad), **samt undersøkelser utført til detaljplan til gjeldende ny InterCity-parsell mellom Nykirke og Barkåker (når dette er utført).**

Det er mottatt testresultater på mekaniske egenskaper til rombeporfyr fra Skoppum pukkverk. Disse blir også presentert i dette kapittelet.

7.1 Sleppematerialer

Utført analyse på sleppemateriale/svelleleire i et parti med basalt fra kjerneborhull BH2, boret nord for Holmestrand til prosjektet Holm-Nykirke ga resultater som vist i tabell 7-1 [7] og [9]:

Tabell 7-1: Resultater fra ødometertest av svelleleire i basalt.

Parameter	Verdi	Klassifisering ^{*)}
Fri svelling (%)	170	Stor(t)
Fritt svellevolum (%)	386	
Maksimalt målt svelletrykk (MPa)	0,27	Middels/moderat

^{*)} Klassifisert i henhold til [16]

Resultater fra tester på eventuelt sleppemateriale fra planlagte kjerneprøver vil bli beskrevet her.

7.2 Bergmekaniske egenskaper

Utførte bergmekaniske analyser og borbarhetsanalyser på rombeporfyr og basalt fra kjerneborhull BH1 langs UHN-07 Snekkestad og BH2 nord for Holmestrand ga resultater som vist i tabell 7-2 [7] og [9]:

Tabell 7-2: Resultater fra bergmekaniske analyser og borbarhetsanalyser (middelverdier) på rombeporfyr og basalt fra kjerneborhull langs Holm-Nykirke.

Parameter	BH1	BH2
Bergart	Rombeporfyr	Basalt
Borsynkindeks DRI (klassifisering ¹⁾)	34 (lav)	30 (meget lav)
Borslitasjeindeks BWI (klassifisering ¹⁾)	33 (middels)	45 (høy/middels)
Lydhastighet (m/s)	4 954	4 952
Trykkfasthet (MPa) (klassifisering ²⁾)	285,5 (ekstremt høy)	249,3 (meget høy)
Sprøhetstall (S_{20} 11.2-16,0 mm)	32,6	30,5
Flisighet	1,30	1,19
Pakningsgrad	0	0
Densitet (g/cm ³)	2,61	2,73
Siever's J-verdi (SJ)	14,5	8,7
Slitasjeverdi hardmetall (AV)	1,5	3,0

¹⁾Klassifisering i henhold til [17]

²⁾Klassifisering i henhold til [18]

Det påpekes i [7] og [9] at laboratorieanalyser utført på kjerneprøver i enkelte punkter og i et begrenset omfang ikke nødvendigvis er representative for resten av bergmassen.

Resultater fra tester på mekaniske egenskaper til rombeporfyr fra Skoppum pukkverk er vist i figur 7-1 og figur 7-2.



Tilslag - Mekaniske egenskaper

Ident. av prøven	11/18	Forekomst	: Skoppum
Dato mottatt/uttatt	03.01.2017	Operatør	: Johnson
Lab prøvenummer	Uke 2.2017	Dato utført	: 13.01.2017
Lastradnummer	1	Uttak i	: Produksjon

Metode	Standard	Delprøve resultat				Resultat	Merknad
		1	2	3	4		
Kulemette (AN)	NS-EN 1097-9	11,9	12,3	0,0	0,0	AN= 12,1	Densitet 2,700 g/cm ³
Fisighetsindeks (FI)	NS-EN 933-3					FI=	
Formindeks (Stangelighet) (SI)	NS-EN 933-4	Total masse	Ikke kubisk	Resultat		SI=	
Los Angeles	NS-EN 1097-2	17	17			LA= 17	Fraksjon: 10 - 14 mm
Micro Deval	NS-EN 1097-1	9,7	9,8			MDE= 10	Fraksjon: 11,2 - 16 mm
Partikkeldensitet	NS-EN 1097-6 i henhold til punkt 8 eller 9 NS-EN 1097-6 i henhold til Annex A.4					ps= (kg/m³) 2,70	
Merknad:							

Figur 7-1: Mekaniske egenskaper til rombeporfyr fra Skoppum pukkverk. Tester utført i januar 2017.



Tilslag - Mekaniske egenskaper

Ident. av prøven:	11/16	Forekomst :	Skoppum
Dato mottatt/uttatt:	09.10.2017	Operator :	Johnsen
Lab prøvenummer:		Dato utført :	12.10.2017
Lastradanummer:	24	Uttak i :	Produksjon
Prosjekt		Kunde :	
Produktliste:	Produksjon		

Metode	Standard	Delprøve resultat				Resultat	Merknad
		1	2	3	4		
Kulemølle (AN)	NS-EN 1097-9	8,5	8,2	0,0	0,0	AN= 8,4	Densitet 2,685 g/cm ³
Flisighetsindeks (FI)	NS-EN 933-3					FI= 6	
Fornindeks (Stengefighet) (SI)	NS-EN 933-4	Total masse	Ikke kubisk	Resultat		SI=	
Los Angeles	NS-EN 1097-2	14	14			LA= 14	Fraksjon: 10 - 14 mm
Micro Deval	NS-EN 1097-1	7,9	7,6			MDE= 8	Fraksjon: 10 - 14 mm
Partikkeldensitet	NS-EN 1097-6 i henhold til punkt 8 eller 9 NS-EN 1097-6 i henhold til Annex a.4					ps= (kg/m ³)	2,69
Merknad:							

Figur 7-2: Mekaniske egenskaper til rombeporfyr fra Skoppum pukkverk. Tester utført i oktober 2017.

7.3 Kjemiske egenskaper

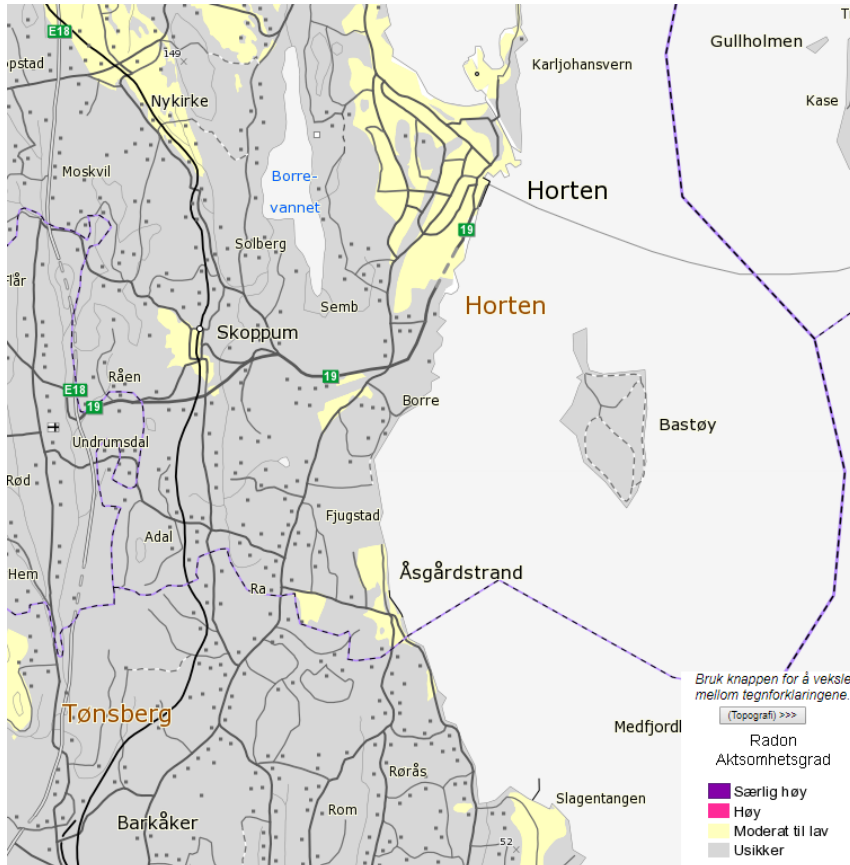
Kjemisk analyse og utlekkingsforsøk på prøver av rombeporfyr fra Skoppum pukkverk, samt kjemisk analyse på vannprøver fra bekker og andre vannkilder som drenerer vann fra områder med rombeporfyr ga følgende resultater [15]:

- Rombeporfyr fra pukkverket har lavt innhold av metaller, inkl. uran og thorium
- Utlekkingstester viser lav utlekking av metaller, inkl. uran og thorium
- Andre rombeporfyrlag kan inneholde mer uran og det anbefales supplerende prøvetaking og analyser
- Vannprøvene viser varierende konsentrasjoner av metaller
- Vannprøvene viser innhold av uran på mellom 0,67-4,3 µg/L som er over AA-EQS standarden foreslått av nederlandske helsemyndigheter på 0,5 µg/L. Norge har ingen EQS-verdi for uran.

Gjennomsnittskonsentrasjon av uran og thorium i jordskorpa er henholdsvis 3-4 mg/kg og 10-12 mg/kg (ref. [15] henviser til NGU). Målte mengder av uran og thorium fra Skoppum pukkverk var henholdsvis 1,47 – 1,56 mg/kg og 3,46 – 4,16 mg/kg.

Resultater fra kjemiske tester på kjerneprøver kommer når disse foreligger.

Aktsomhetskart for radon utarbeidet av Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) og Statens strålevern i området mellom Nykirke og Barkåker viser hovedsakelig «usikker» aktsomhetsgrad, se figur 7-3. Områder øst for ny jernbanetrasé ved Nykirke og ved Skoppum viser «moderat til lav» aktsomhetsgrad.



Figur 7-3: Utdrag fra Aktsomhetskart radon mellom Nykirke og Barkåker (fra geo.ngu.no/kart/radon)

8 RESULTATER FRA KJERNEBORINGER

Ikke utført.

8.1 Kartlegging av kjerneprøver

Oppsummering av kartleggings skjema. Kartleggings skjema som vedlegg.

8.2 Resultater fra vanntapsmålinger

Overordnede resultater fra vanntapsmålingene.
Beskrives hovedsakelig i Fagrapport Hydrogeologi.

TOLKNINGSDEL

De etterfølgende kapitlene inneholder tolkninger av utførte undersøkelser og antatte forhold langs bergskjæringene, kapittel 9, samt i og rundt tunnelene Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen i forhold til driving, bergsikring og injeksjon, kapittel 10 - 16.

9 BERGSKJÆRINGER

Dette kapittelet beskriver bergforhold og gir en vurdering av driving og sikringstiltak i områder med bergskjæringer langs traseen mellom Nykirke og Barkåker. Forskjæringene og påhuggsområdene til bergtunnelene beskrives i kapittel 15.1.

I henhold til [2] skal bergskjæringene tas ut med tilnærmet vertikal skjæringsvegg. Dette for å redusere masseuttaket. Grøftes bredde og dybde er avhengig av skjæringshøyde.

Det skal ikke forekomme sprut ved sprenging av salver. Alle salver skal tilpasses stedlige bergforhold og omgivelser, og dekkes godt med tunge skytematter.

9.1 Bergskjæring ved km. 91,900

Det skal tas ut ca. 70 000 m³ berg i en eksisterende bergskjæring i området rundt km. 91,900 for framføring av ny jernbanetrasé. Skjæringen blir inntil 40 m høy og er ca. 160 m lang. Arbeidet med berguttak og bergsikring vil foregå med liten avstand til eksisterende jernbanespor, hvor togtrafikken skal opprettholdes.

Berget i skjæringen antas å være hovedsakelig latittlava, se tegning ICP-34-V-29001. Under en markert, nær horisontal svakhetssone, er det registrert basalt. Bergartene beskrives i kapittel 6.1.2 og 6.1.4 og er vist på figur 6-5. Berget er stedvis svært grovblokkig. Det er registrert sprekker i flere retninger i området, se figur 6-6. Hovedsakelig opptrer 3 sprekkesett samt sporadiske sprekker samtidig på ett sted. Sprekker i N-S retning og fall mot øst er særlig ugunstige stabilitetsmessig.

I utgangspunktet skal bergskjæringen tas ut i paller på maksimum 8 m høyde, med en horisontal berghylle på ca. 2 m mellom hver pall. Bergsikringen vurderes og utføres suksessivt for hver pall, og vil hovedsakelig bestå av bergbolter og steinsprangnett.

Eksisterende skjæring er godt sikret med bolter, trolig fullt innstøpte, og steinsprangnett. Steinsprangnettet bør beholdes suksessivt nedover, og ikke tas ned før det er nødvendig. Det vil hjelpe til med å hindre nedfall.

Hugging av trær, fjerning av vegetasjon og rensk over skjæringen skal være utført før oppstart boring av salver.

Det vil være behov for god dekking og sprenging av små salver, spesielt i de øvre delene av bergskjæringen. Det må tas høyde for avfiring av salver i hvite tider på jernbanen.

Det er gjort flere vurderinger av hvordan bergskjæringen kan tas ut, se ICP-34-A-11099_00 Anleggsgjennomføring underbygning:

- Uttak av så mye berg som mulig, antatt ca. 35 %, i forbindelse med 6-ukers sporbrudd ved rehabilitering av Tangentunnelen, som ligger ca. 500 m nord for bergskjæringen. Dette fordrer at alt er klart for oppstart boring av salve fra første dag. Sikring av spor, kontaktledning og eventuelt annet jernbaneteknisk utstyr må være gjort før første salve. Før påsetting av trafikk på sporet må det i tillegg tas høyde for rensk og bergsikring. Resten av skjæringen må da tas ut etter sporbruddet, med trafikk på eksisterende jernbane.
- Alternativt er fokus på oppsett av tung sikring mot eksisterende bane i form av en beskyttelsestunnel og/eller beskyttelsesvegg av containere e.l. i 6-ukers sporbruddet. Boring av salve og sikring av spor kan pågå delvis samtidig, men ikke under hverandre. Både beskyttelsestunnel og -skjerm må dimensjoneres for nedfall av

blokker og stein fra høyder inntil 40 m. Det må settes krav til salver med hensyn på sprut, nedfall, fragmentering osv., og at dette må korrespondere med hva beskyttelsestiltaket er dimensjonert for.

- Et alternativ til sprenging kan være wiresaging og pigging av berget. Prosjektet skjæringsflate (= sageflate) er trolig rundt 4 400 m². Det er knyttet usikkerhet til hvordan bergartene registrert i området er å pigge og dermed hvor lang tid det kan ta å pigge ut ca. 70 000 m³. Det anbefales beskyttelsestunnel og -skjerm som beskrevet over for å kunne sage og pigge uforstyrret. Store bergblokker og eksisterende bergsikring kan gjøre piggearbeidet vanskelig. Wiresaget flate vil ha behov for bergsikring, og sikringsomfanget må vurderes grundig basert på sprekkeobservasjoner siden bergflaten kan se tilsynelatende stabil ut. Metoden kan medføre redusert behov for sikring med bolter og steinspangnett.

9.2 Bergskjæringer langs Kopstadtunnelen

I området mellom km. 92,680 – 93,300 skal det tas ut ca. 80 000 m³ berg for etablering av byggegrop for Kopstad betongtunnel. Betongtunnelen vil få en total lengde på ca. 920 m.

Det er lagt opp til midlertidig omlegging av E18 for etablering av betongtunnel i kryssingsområdet. Byggegropp og betongtunnel må her etableres etappevis i ulike trafikkfaser. Kopstadveien må også legges om i forbindelse med etablering av betongtunnelen.

Sprenging i dette området krever korte stopp i trafikken på E18, som vil medføre begrensning i skytetider i form av definerte tidspunkt for salver og stans på utfartsdager. Trafikken på Kopstadveien må også stanses ved avfyring av salver i nærheten.

Det antas at sprenging for betongtunnelen kan utføres uavhengig av hvite tider med spordisponering på jernbanen (minste avstand er ca. 300 m).

Bergskjæringene i byggegropa vil være høyest i området rundt km. 93,100 – 93,160, og blir her inntil 15 m høye. I området under eksisterende E18 vil bergskjæringene bli inntil 9 m høye. Salvestørrelser/pallhøyder må vurderes for å unngå sprut og skader som kan føre til lange stopp på E18, samt krav til vibrasjoner på bebyggelse, bruer og bensinstasjon ved Kopstadkrysset.

Bergarten i skjæringene, se tegning ICP-34-V-29002, vil fra nord og sørover til ca. km. 92,940 bestå av latittlava. Bergarten er beskrevet i kapittel 6.1.2. Ved km. 92,940 er det ifølge kartgrunnlaget til NGU en svakhetssone i form av en forkastning med horisontal bevegelse på rundt 300 m. Dette medfører trolig at konglomeratet på grensen mellom latittlava og rombeporfyr registrert ca. 200 m øst for ny trasé ikke vil opptre i skjæringene i byggegropa. **Planlagt kjerneborhull i området vil gi mer informasjon om bergforholdene langs forkastningen.**

Videre sørover fra forkastningssonen vil byggegropa etableres i løsmasser, før den igjen kommer inn i berg ved ca. km. 93,000. Berget i skjæringene herfra og til enden på betongtunnelen i sør vil være rombeporfyr, tilsvarende som vist på figur 6-1. Mellom E18 og Kopstadveien er bergartene registrert å være grovblokkige, og sprekker opp langs 2 steile sprekkesett med orientering nær normalt på hverandre, samt ett tilnærmet horisontalt sprekkesett. Det er registrert sprekker med orientering nær parallelt byggegropa, med fall både i østlig og vestlig retning. Disse vil gi ustabile bergblokker i skjæringene på begge sider av byggegropa. Sør for Kopstadveien er det ingen bergblotninger langs betongtunnelen.

Siden det skal etableres en betongtunnel i byggegropa og området mellom bergskjæringene og betong skal fylles igjen, antas hovedsakelig arbeidssikring med bolter som tilstrekkelig bergsikring. Det kan eventuelt bli behov for noe sprøytebetongsikring i forbindelse med kryssing av svakhetssonen/forkastningen.

9.3 Bergskjæring ved Skaug nord for Skottåstunnelen

Nord for nordlige påhugg til Skottåstunnelen vil det bli behov for uttak av berg for byggegrop til ny jernbanetrasé. Dette vil gi bergskjæring i området mellom ca. km. 95,150 – 95,500.

Det er behov for uttak av ca. 29 000 m³ berg, og bergskjæringene blir på sitt høyeste ca. 6 m. Salvestørrelser må tilpasses i forhold til bebyggelsen/gårdsbruk i nærheten og krav til vibrasjoner på bygninger.

Det er registrert to typer rombeporfyr i området. Disse er relativt like rombeporfyren vist på figur 6-1, men den ene har noe mer kantede og mindre romber og den andre har flere langstrakte romber. Ifølge kartgrunnlaget fra NGU til tegning ICP-34-V-29003 kan det også forekomme en tredje type rombeporfyr i området. Rombeporfyrene har samme grovblokkige opptreden og relativt like sprekketninger.

Det er registrert 3 sprekkesett i området. Ett av settene har strøkretninger tilnærmet parallelt ny jernbanetrasé, og fall i østlig og vestlig retning. Disse vil gi ustabile bergblokker i skjæringene på begge sider av traseen. Det er i tillegg registrert et sprekkesett tilnærmet normalt på traseen, med fall i nordlig retning, samt ett tilnærmet horisontalt sprekkesett.

Bolting av ustabile bergblokker antas hovedsakelig som tilstrekkelig stabilitetssikring i bergskjæringene. Det kan bli behov for steinsprangnett på grunn av dårlig bergkvalitet i overganger mellom lavastrømmer.

9.4 Bergskjæring langs betongtunnel sør for Skottåstunnelen

Det skal i området mellom km. 97,990 – 98,600 bygges en betongtunnel fra søndre påhugg av Skottåstunnelen og sørover mot rv. 19, se tegning ICP-34-V-29005 og -29006. Betongtunnelen etableres delvis i byggegrop med bergskjæring og delvis i spuntavstivet byggegrop i løsmasser. Det vil også være behov for uttak av berg for ny jernbanetrasé etter avslutning av betongtunnelen i sør, til km. 98,740.

Det er behov for uttak av ca. 53 000 m³ berg i hele området mellom Skottåstunnelen og rv. 19. Bergskjæringene blir på det høyeste ca. 10 m. Salvestørrelser/pallhøyder ved uttak av berg må tilpasses bergforholdene, samt hensyn til bebyggelse, industribygg og annen infrastruktur, som rv. 19 og ledninger i grunnen. Krav til vibrasjoner skal overholdes.

Bergarten i området er rombeporfyr som beskrevet i kapittel 6.1.1 og vist på figur 6-1. Det er også her hovedsakelig registrert 3 sprekkesett, hvorav det ene settet har ca. N-S orientering og opptrer dermed tilnærmet parallelt med ny jernbanetrasé. Dette sprekkesettet er registrert å ha fall mot vest, og vil derfor ha størst innvirkning på stabiliteten langs bergskjæring på østsiden av byggegropa. Det er i tillegg registrert steile sprekker med orientering omlag normalt på byggegropa og et tilnærmet horisontalt sprekkesett.

Med hensyn på bergsikring anses det tilstrekkelig med bolting av ustabile bergblokker i bergskjæringene i området langs betongtunnelen. Etter avslutningen av betongtunnelen, mellom km. 98,600 – 98,740, kan det i tillegg til bolter bli behov for steinsprangnett.

9.5 Bergskjæring nord for Gråmunktunnelen

I området mellom ny stasjon på Skoppum og Gråmunktunnelen skal det etableres banetrasè dels på fylling og dels i skjæring, se tegningene ICP-34-V-29006 og -29007. Mellom ca. km. 99,090 – 99,240 vil det være behov for uttak av ca. 4 700 m³ berg og det vil bli en inntil 3 m høy bergskjæring på vestsiden av jernbanetraseen. Dette området er ikke befart. Bergforholdene er derfor usikre, men det kan trolig antas samme forhold som beskrevet under for området lengre sør.

Det er behov for uttak av ca. 40 000 m³ berg mellom ca. km. 99,760 – 100,120. Bergskjæringene blir på det høyeste inntil 7 m. Salvestørrelsen/pallhøyden må tilpasses bergforholdene, samt bebyggelsen i området. Krav til vibrasjoner skal overholdes.

Det er registrert rombeporfyr i området med sprekker i flere retninger. De fleste registrerte sprekke har orientering tilnærmet N-S, det vil si tilnærmet parallelt planlagt jernbanetrasé, og har hovedsakelig fall på mer enn 70° i både østlig og vestlig retning. Disse vil ha størst betydning for stabiliteten av bergblokker langs bergskjæringene på begge sider av traseen. Blokkene sikres med bergbolter.

Traseen går i dette området i sidebratt terreng. Berget er blokkrikt og løst, med gjennomgående åpne sprekker. Blokker på opptil 1 m³ ligger løst på horisontale sprekkeplan, og kan rase ut når som helst. Det må derfor vurderes sikring av området over toppen av bergskjæringene, utenfor prosjektert skjæringsflate, eventuelt at avløste blokker fjernes i sikker avstand fra prosjektert skjæringstopp.

10 SPESIELLE LOKALE HENSYN

10.1 Brønner

Brønnene vist på tegningene ICP-34-V-29001 – 29010 er brønner som er registrert i NGU's grunnvannsdatabase GRANADA [19]. I tillegg er det via spørreskjema innhentet informasjon fra beboerne i området angående brønner i en avstand på ca. 200 m fra tunnelene. Disse er også inntegnet på angitte tegninger. Det finnes ca. 15 vannbrønner innenfor en sone på 200 m fra Skottåstunnelen, 10 av disse er vist på tegningene som gjelder Skottåstunnelen, se ICP-34-V-29004 og -29005.

Langs Gråmunktunnelen finnes ingen brønner innenfor 200 m til hver side av tunnelen.

I forbindelse med bergsprenging og injeksjon kan det antas at brønner i et belte på anslagsvis 50 m til begge sider av tunnelen kan bli påvirket. Brønnene kan få redusert vannkvalitet (grumsete vann) og redusert kapasitet på grunn av sprenging og injeksjon. Brønner som blir påvirket av arbeidene må erstattes med nye brønner. Ingen av brønnene er i direkte fysisk konflikt med anlegget.

10.2 Kryssing av vannledninger

Skottåstunnelen krysser under vannledninger på tre steder. Ved ca. km. 96,28 og 96,82 krysses 315 VL, mens ved km. 97,1 krysser tunnelene under en 600 VL. Avstanden mellom vannledningene og hengen på Skottåstunnelen ligger på ca. 10-12 m for 600 VL og ca. 20 m for begge 315 VL.

Følgende krav til vibrasjoner på ledningsnett er mottatt fra Horten kommune:

«Rystelseskrav

- Ved sprenging aktivitet som kan føre til rystelser i restriksjonssonen skal det plasseres ut rystelsesmåler. Disse skal plasseres på fjell på nærmeste punkt ved senter rør. Grenseverdi settes til: svingehastighet 18 mm/sek (ved 10-60 Hz). Maksimal amplitude 75 μ m (my meter), etter SN 640312 og SINTEF rapport STS22F19753.
- Skal det gis dispensasjon for å redusere på rystelseskravene skal det utarbeides en Geo-rapport av en ansvarlig tredjepart.»

Restriksjonssonen er 10 m i alle retninger fra senter ledning. Det er stor sannsynlighet for at det vil oppstå vibrasjoner i restriksjonssonen rundt alle tre vannledningene fra sprenging i Skottåstunnelen, og det skal derfor settes ut rystelsesmålere på berg på nærmeste punkt ved senter rør.

10.3 Skottås høydebasseng

Mellom ca. km. 96,100 – 96,150 krysser Skottåstunnelen under et høydebasseng, se figur 10-1. Skottås Høydebasseng består av to separate konstruksjoner, selve bassenget og et ventilrom. Høydebassenget skal opprettholde sikker vannforsyning og brannvannsberedskap. Høydebassenget har en kapasitet på 8000 m³ (3 døgns reserveforsyning) og forsyner vestre del av Nykirke og øvre del av Skoppum med drikkevann fra Vestfold Vann (VV).

Ifølge anbudstegninger utarbeidet av Grøner i september 1987 ligger bunn høydebasseng på kote +125. Ulike vannledninger i bakken, som trykkmålerør, tømmeledning og overløpsrør, går under bunn basseng ned til ca. kote +122 ifølge anbudstegningene. Hengen

i Skottåstunnelen ligger i dette området på ca. kote +90, som gir bergoverdekning på ca. 30 m. Uansett skal det tas hensyn til høydebassenget ved driving forbi dette.

I henhold til anbudstegningene er selve bassenget bygget i armert betong i vegger, tak og bunnplate. Av registreringer på befaring kan det se ut til at ventilrommet er bygget opp med leca som er pusset.

Krav til vibrasjoner fra sprenging, pigging og anleggstrafikk på selve bygningskonstruksjonene, og for vannledningene under byggene, er gitt tabell i kapittel 16.3. Ifølge Horten kommune finnes det ikke spesielt vibrasjonsømfintlig utstyr inne i bassenget eller ventilrommet. Krav til vibrasjoner på vannledningene vil være tilsvarende som for øvrige vannledninger oppgitt i kapittel 10.2, og vil være retningsgivende for vibrasjonene som kan tillates. I tillegg til vibrasjonskrav skal injeksjonsopplegget tilpasses ved passering av høydebassenget.

Horten kommune mener at bassenget bør inspiseres innvendig før arbeidene starter, utført av spesialfirma som dykker med rent utstyr ned i bassenget uten at det må tømmes. Horten kommune mener videre at begge konstruksjonene må overvåkes for setninger i byggeperioden. Både bassenget og ventilrommet er fundamentert på berg, noe som tilsier at det er lite trolig at setninger vil oppstå.



Figur 10-1: Skottås høydebasseng beliggende mellom km. 96,100 – 96,150 over Skottåstunnelen. Ventilrommet i forgrunnen, bassenget bak.

10.4 Sprenging og pigging i nærheten av E18

Sprenging og pigging i forbindelse med uttak av berg for Kopstad betongtunnel vil pågå i nærheten av E18 nord og øst for Kopstadkrysset. Krav til vibrasjoner fra anleggsarbeidene vil gjelde betongkonstruksjoner og eventuelt områder med kvikkleire. Av betongkonstruksjoner i dette området finnes tre betongbruer over og under E18 (opplysninger om fundamentering er hentet fra ICP-34-A-11105 Fagrapport hydrogeologi):

- Ca. 150 m NØ for km. 92,400 går E18 i bru over eksisterende jernbane. Brua er fundamentert på betongpeler til berg.

- Ca. 100 m SV for km. 93,150 lokalveg på bru over E18. Brua er fundamentert på peler til berg, med unntak av landkar vest for E18 som er direktefundamentert på berg.
- Ca. 100 m SV for km. 93,350 krysser Kopstadveien (fv. 310) på bru over E18. Brua er fundamentert på betongpeler eller stålkjernepeler til berg, med unntak av aksene lengst i vest som er direktefundamentert på berg.

Statens vegvesen Region Sør henviser til håndbok V220 kapittel 17 [20] når det gjelder krav til vibrasjoner fra arbeider i nærheten av E18. Håndbok V220 refererer videre til NS8141 [21]. Krav til vibrasjoner på bruene ved E18 nær Kopstadkrysset er gitt i kapittel 16.3.

På grunn av trafikkavvikling må det påregnes restriksjoner i sprengningstidspunkter ved sprengning nær E18, spesielt i forbindelse med rush-tider og helgeutfarter. Tider for når E18 kan stenges for sprengning langs ny jernbanetrasé må avklares med Statens vegvesen Region Sør.

10.5 Påhuggsområdene

10.5.1 Skottåstunnelen

Nærhet til bolighus og industribygg ved påhuggsområdene i nord og sør vil medføre restriksjoner på vibrasjoner fra sprengning og behov for god dekning av salvene for å unngå sprut og luftstøt. Dette gjelder også påhugget til den sørlige rømningstunnelen nær Viulsrød.

Trafikk på lokalveiene og adkomstveiene til bebyggelsen må tas vare på under hele anleggstiden. Det vil bli behov for postering og stenging av disse ved sprengning i nærheten.

Påhugget til tverrslaget i nord ligger ikke i umiddelbar nærhet av bebyggelse, men salvene skal uansett dekkes på grunn av fare for sprut av stein som kan ha stor rekkevidde.

Alle salver i dagen skal dekkes godt, samt salver i tunnel inntil det ikke lenger er risiko for sprut ut av tunnelen ved sprengning.

I tillegg må påhuggsområdene og forskjæringene vurderes med hensyn på fare for nedfall av bergblokker og stein fra ovenliggende løst og forvitret berg, også utover rensket område på ca. 5 m fra skjæringstopp. Det er spesielt registrert avløste og relativt store bergblokker på inntil 5 m³ i områdene ved påhugget i nord for hovedtunnelen og ved påhugget til tverrslaget i nord.

10.5.2 Gråmunktunnelen

Ingen av påhuggene til Gråmunktunnelen, hverken til hovedtunnelen eller tverrslaget, ligger i umiddelbar nærhet til bebyggelse. Det må uansett utføres dekning av salvene i påhuggsområdene på grunn av stor fare for sprut av stein som kan ha stor rekkevidde.

Trafikk på lokalveiene og adkomstveiene til bebyggelsen må tas vare på under hele anleggstiden. Det vil bli behov for postering og stenging av disse ved avfyring av salver både ute i dagen og et stykke inn i tunnelen, spesielt ved påhugget i nord.

Det er ikke registrert løse store bergblokker nær påhuggene til denne tunnelen, slik som beskrevet over for Skottåstunnelen. Det bør uansett gjøres en vurdering av behov for sikring av områder over og til siden for påhuggsflater og forskjæringer ut over 5 m fra skjæringstopp.

11 RESULTATER OG TOLKNING AV GEOFYSISKE UNDERSØKELSER

11.1 Resistivitetsskanning med helikopter (AEM)

Resultatene fra undersøkelsen er innarbeidet i modeller og på kart og profiler til gjeldende trasé og er i ettertid korrelert med grunnboringer og andre geofysiske undersøkelser. I denne fasen av prosjektet har AEM-målingene for liten detaljeringsgrad. Det er i tillegg liten korrelasjon mellom tolkede dybder til berg fra AEM og grunnboringene utført langs traseen. Resultatene fra AEM blir derfor ikke videre beskrevet. Det vises til [10].

11.2 Elektrisk resistivitetstomografi (ERT) og refraksjonsseismikk

Resultater og tolkning av ERT-målinger og refraksjonsseismikk vil i de etterfølgende kapitlene bli presentert sammen områdevis slik de er delt opp i rapport fra geofysiske undersøkelser utført til detaljplan sommeren 2017 [12]. Der ERT-målingene fra hovedplan i 2015 [11] er relevante i de ulike områdene, vil disse også bli presentert og tolket samme med undersøkelsene til detaljplan.

De to ERT-linjene vist på tegning ICP-34-V-29011 er fra hovedplan [11], og er utført langs en trasé som ikke er videre utredet i denne planfasen. Disse ERT-linjene vil derfor ikke bli presentert nedenfor.

Det er flere steder registrert relativt lave seismiske hastigheter i berg (under 4000 m/s). Ifølge [12] kan dette skyldes overflatenær forvitring. Det er på de fleste blotningene registrert berg med gjennomgående åpne sprekker som avløser blokker i varierende størrelse. Urmasser blandet med skogbunn er vanlig i skrentene. Det kan være blokkrikt berg med åpne sprekker som gir de lave seismiske hastighetene i berg.

11.2.1 Påhugg nord – Skottåstunnelen

I dette området er det utført 2 stk. refraksjonsseismiske linjer, 10-SEIS og 11-SEIS, for primært å undersøke dybde til berg og bergoverdekning til side for senterlinje tunnel. Målet med linjene var å kunne plassere påhuggsflaten med tilstrekkelig bergoverdekning, også sideveis, spesielt mot vest. Bergoverdekning ved påhugg bør minimum være 5 m.

Det vises til tegning ICP-34-V-29016 og -29017 for plassering av de seismiske linjene.

10-SEIS er 155 m lang og går parallelt med senterlinje tunnel mellom km. 95,720 – 95,870. Det er tolket mellom 0,3-3,0 m til berg, noe som korresponderer relativt godt med grunnboringene. Langs linjen, i de nordligste 100 m, er det registrert 4 stk. lavhastighetssoner med seismisk hastighet mellom 1800-2600 m/s. Øvrig berg har seismiske hastigheter på 3800-4800 m/s, som også er relativt lavt i eruptive bergarter.

11-SEIS er skutt normalt på og krysser 10-SEIS ved ca. km. 95,730. 11-SEIS er 90 m lang og det er registrert lavere seismisk hastighet (2900 m/s) øst for kryssingen av 10-SEIS enn vest for kryssingen (4200 m/s). Dybde til berg langs 11-SEIS er tolket til å variere mellom 0,4-6,4 m, som er noe mindre enn det grunnboringene viser.

Langs gul linje benevnt 12-ERT (= Linje 03 fra hovedplan [11]) på tegning ICP-34-V-29016 kan det antydes noe lavere resistivitet i en smal sone ca. 60 m øst for banetraseens senterlinje.

Ved feltarbeid er det registrert overgang mellom rombeporfyrlavaer, med et relativt løst og åpent konglomerat, i området i de nordlige delene av 10-SEIS hvor lavhastighetssonene er registrert. Det antas derfor at det kan være en sone med svært varierende bergkvalitet på ca. 100 m i horisontal bredde og fall mot sør nær påhugg nord for Skottåstunnelen, se tegning ICP-34-V-29004. Det oppnås ca. 5 m bergoverdekning ved km. 95,720.

11.2.2 Området mellom km. 96,050 – 96,700 langs Skottåstunnelen

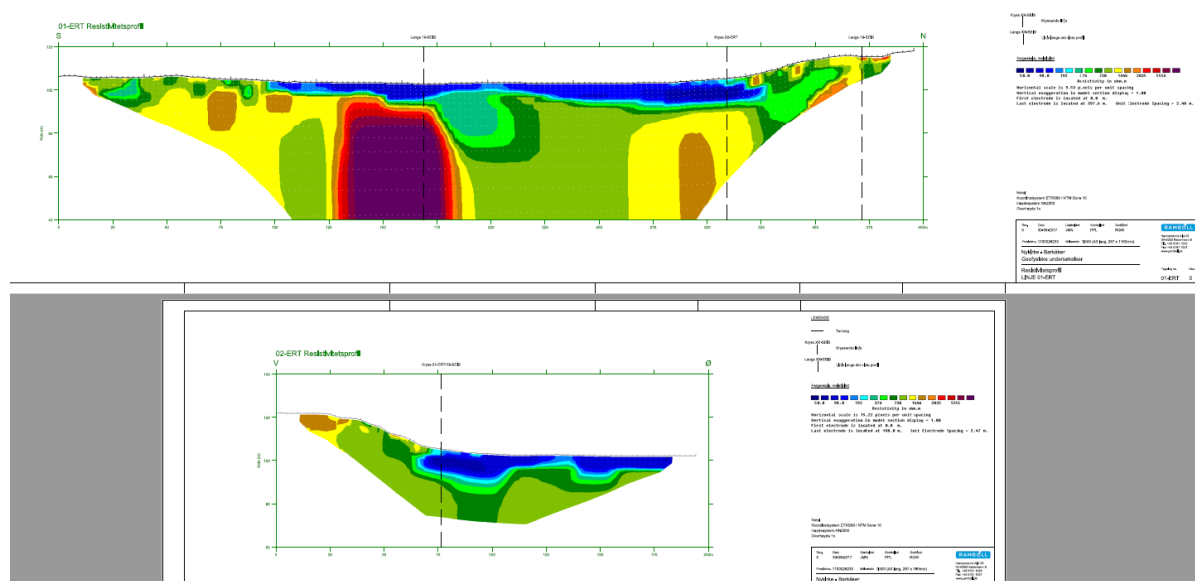
I dette området er det til detaljplan utført 2 stk. ERT-linjer og 2 stk. refraksjonsseismiske linjer. I tillegg finnes 13-ERT (= Linje 04 fra hovedplan [11]) øst for traseen ved ca. km. 96,100. Linjene er vist på tegning ICP-34-V-29017 og -29018.

Fra tidligere grunnboringer ble det antatt en løsmassedypprenne i området, og bergtunnelen har relativt liten bergoverdekning på ca. 8 m ved ca. km. 96,330. Geofysiske undersøkelser i dette området skulle både undersøke bergoverdekning og utbredelse av løsmassedypprennen, og samtidig undersøke om det fantes svakhetssoner i berget under løsmassene.

12-SEIS på tegning ICP-34-V-29018 ble skutt parallelt med opprinnelig plassering av tverrslag nord. Dette for å undersøke dybder til berg, spesielt i påhuggsområdet. Nå er geometrien og plasseringen av påhugget til tverrslag nord endret, og 12-SEIS gir ingen informasjon langs ny plassering av tverrslaget. Registrert berghastighet langs 12-SEIS er relativt lav (3800 m/s) og konstant langs hele linjen.

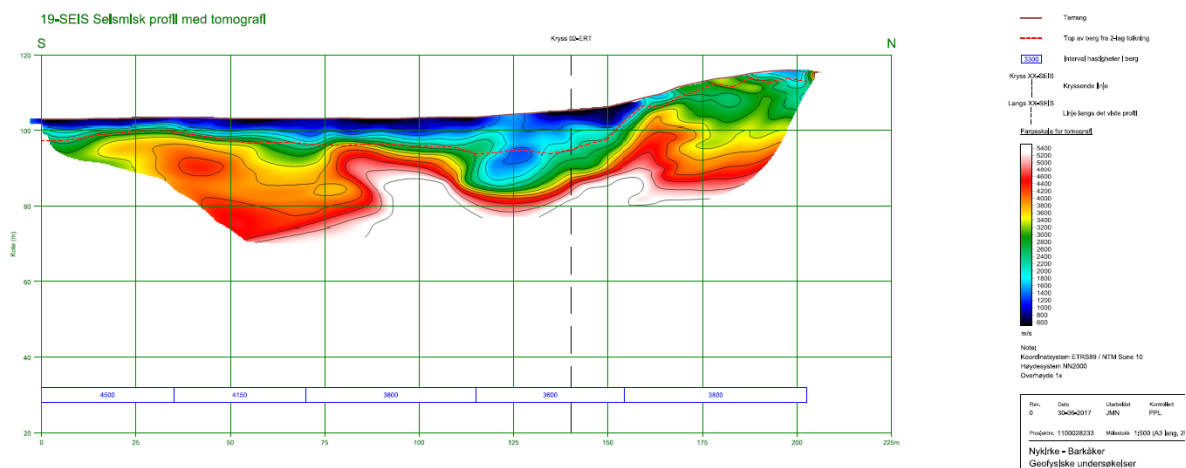
01-ERT er 400 m lang og ligger parallelt med traseen mellom km. 96,190 – 96,590, se tegningene ICP-34-V-29017 og -29018. Resistivitetsprofilet viser en ca. 60 m bred sone med svært høy resistivitet, se figur 11-1. Sonen er tolket som en intrusiv. Nord for denne er det et område med lav resistivitet nedover i grunnen. Dette er tolket som en svakhetszone med fall på ca. 60° mot N.

02-ERT er 200 m lang, krysser 01-ERT ved ca. km. 96,270 og ligger om lag Ø-V, se tegning ICP-34-V-29017. Øst for kryssingen med 01-ERT er det registrert en sone med lav resistivitet i 02-ERT, se figur 11-1. Denne sonen er tolket å være den samme sonen som i 01-ERT.



Figur 11-1: Resultater fra resistiviteitsmålinger langs 01-ERT (øverst) og 02-ERT (nederst). Se [12] for mer detaljer.

19-SEIS er 205 m lang og er skutt parallelt med 01-ERT mellom km. 96,210 – 96,415, se tegning ICP-34-V-29017. Langs 19-SEIS er det i tillegg til tradisjonell refraksjonsseismisk tolkning også utført tomografisk tolkning, se figur 11-2. Det er tolket mellom 1,1-11,2 m til berg langs linjen, med de største dybdene sør for km. 96,270, der linjen krysser 02-ERT. Grunnboringer i dette området viser mellom 6,35 og 8,75 m til berg. Rett sør for kryssing med 02-ERT er det ved tradisjonell tolkning registrert noe lavere seismiske hastigheter (3600 m/s) enn i omkringliggende berg (3800-4500 m/s). Det blir antatt at denne hastigheten stammer fra større dybder [12]. Tomografien viser et område med hastigheter < 2000 m/s ned mot 20 m under terreng rett sør for km. 96,270. Ifølge [12] kan dette skyldes overflatenær forvitring.



Figur 11-2: Resultater fra refraksjonsseismiske målinger langs 19-SEIS tolket tradisjonelt og med tomografi. Se [12] for mer detaljer.

Øst for lokalveien langs 13-ERT fra hovedplan er det registrert en reduksjon i resistivitet gjennom berget [11]. Dette kan være den samme svakhetssonen som er tolket i 01-ERT og 02-ERT.

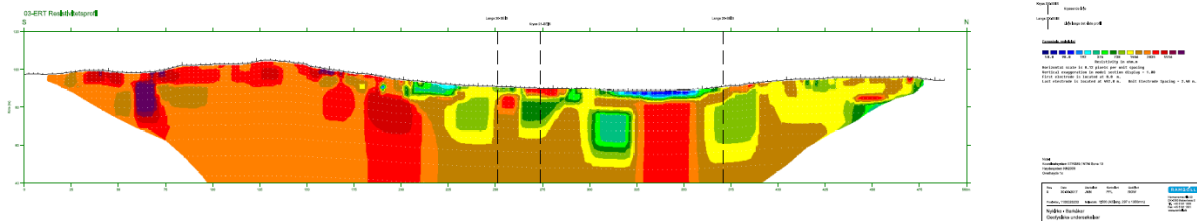
Retningene i plan og profil på området med svakhetszone og intrusiv mellom km. 96,300 – 96,460 er ut fra dette tolket som vist på tegning ICP-34-V-29004. For å undersøke bergforholdene ytterligere i dette området er det planlagt en kjerneboring med vanntapsmålinger. Kjerneboringen er ment å krysse tolket område med svakhetszone og gå inn i antatt intrusivgang.

11.2.3 Området mellom km. 96,900 – 97,400 langs Skottåstunnelen

I dette området er det til detaljplan utført 1 stk. ERT-linje og 2 stk. refraksjonsseismiske linjer. I tillegg finnes 14-ERT (= Linje 05 fra hovedplan [11]), beliggende hovedsakelig øst for traseen. 14-ERT krysser planlagt trasé ved ca. km. 97,200. Linjene er vist på tegning ICP-34-V-29018 og -29019.

I dette området er det også fra tidligere grunnboringer antatt en løsmassedypprenne, men med mindre løsmassetykkelse enn i området beskrevet i kapittelet over. Bergtunnelen har også her relativt liten bergoverdekning på ca. 8 m ved ca. km. 97,040. Geofysiske undersøkelser ble utført både for å undersøke bergoverdekning og utbredelse av løsmassedypprennen, og samtidig undersøke om det fantes svakhetssoner i berget under løsmassene.

03-ERT er 500 m lang og ligger parallelt med traseen mellom km. 96,900 – 97,400, se tegning ICP-34-V-29018 og -29019. Resistivetsprofilen viser to soner, hver med ca. 30 m bredde, med høy resistivitet, se figur 11-3. Sonene er tolket som intrusiver. Mellom sonene med høy resistivitet er det tre soner lave resistiviteter nedover i grunnen. Disse er tolket som svakhetssoner med steile fall mot N.



Figur 11-3: Resultater fra resistivitetsmålinger langs 03-ERT. Se [12] for mer detaljer.

20-SEIS er 100 m lang og er skutt parallelt med 03-ERT mellom km. 97,050 – 97,150, se tegning ICP-34-V-29018. 21-SEIS er 105 m lang og er skutt normalt på 03-ERT og 20-SEIS og krysser begge disse linjene ved ca. km. 97,120. Det er utført både tradisjonell refraksjonsseismisk tolkning og tomografisk tolkning av begge linjene. Dybde til berg langs linjene er tolket å være mellom 0,8-3,1 m. Dette stemmer relativt godt overens med grunnboringer i området. Borhull VNB-2331 ligger akkurat i skjæringspunktet mellom de seismiske linjene. I borhullet er det registrert 1,12 m til berg. Ved dette punktet er det tolket 1,2 m til berg langs 20-SEIS og 0,8 m til berg langs 21-SEIS.

Det er registrert en 15 m bred sone med lav seismisk hastighet (2400 m/s) langs 20-SEIS. Berget for øvrig har seismiske hastigheter på 4400-4500 m/s. Sonen med lav seismisk hastighet korresponderer med den midtre tolkede svakhetssonen mellom intrusivene i 03-ERT. Det er ikke registrert lavhastighetssoner langs 21-SEIS. Berget langs denne linjen har hastigheter på 4350 m/s og 4550 m/s.

Beliggenhet av en sone med lav resistivitet langs 14-ERT i området ved borhull VNB-1267 øst for km. 97,150 gjør at svakhetssonene tolkes til å ha en SØ-NV retning. Det er tolket fra 03-ERT at sonene faller steilt mot N. Tolkningene er vist på tegning ICP-34-V-29005, og sammenfaller med retningen på et lineament, forkastning/overgang mellom lavastrømmer, fra kartgrunnlaget til NGU. Det er planlagt et kjerneborhull med vanntapsmålinger i dette området for å undersøke bergforholdene i svakhetssonene. Borhullet vil også krysse gjennom den nordligste intrusivgangen.

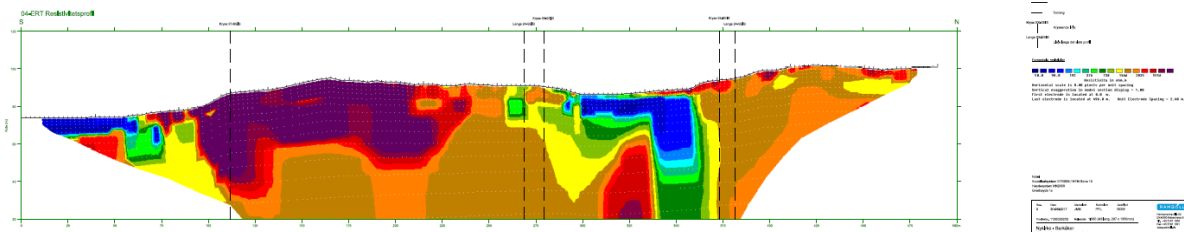
11.2.4 Påhugg sør – Skottåstunnelen

Mellom km. 97,600 – 98,100 er det utført en rekke grunnboringer og geofysiske undersøkelser, se tegningene ICP-34-V-29019 og -29020. Dette fordi det rundt km. 97,750 er et område hvor det ble klart i tidligere planfase at det ikke oppnås bergoverdekning over tunnelen. Både sør og nord for denne sonen er det registrert berg i dagen. Det planlegges en kort tunnel sør for sonen. De geofysiske undersøkelsene ble utført for å kunne plassere 3 stk. tunnelpåhugg med tilstrekkelig bergoverdekning, også sideveis, og for å undersøke bergforholdene.

I dette området er det til detaljplan utført 1 stk. ERT-linje og 5 stk. refraksjonsseismiske linjer. Alle seismiske linjer er tolket kun med tradisjonell refraksjonsseismisk tolkning. I tillegg ble det til hovedplan utført 2 stk. ERT-linjer, se tegning ICP-34-V-29019. (Linje 15-ERT tilsvarer Linje 07 i [11] og 16-ERT tilsvarer Linje 06.)

13-SEIS er 85 m lang og er skutt østover fra km. 97,600, langs opprinnelig plassering av rømningstunnel i dette området. Dybde til berg langs linjen er tolket å være mellom 0,3-2,0 m, med største dybde lengst i øst. I borhull VNB-611 i området er det registrert 0,32 m til berg. Ca. midt på 13-SEIS er det tolket en ca. 10 m bred sone med seismisk hastighet på 1500 m/s. Sonen er tolket å ha en orientering NNØ-SSV, og er antatt å krysse ny trasé for rømningstunnel som vist på tegning ICP-34-V-29005. Berget rundt svakhetssonen har også relativt lav seismisk hastigheter på 3450 m/s.

04-ERT er 500 m lang og ligger parallelt med traseen mellom ca. km. 97,600 – 98,100, se tegning ICP-34-V-29019 og -29020. Resistivetsprofilen viser en tydelig sone med lav resistivitet i området hvor tunnelen er uten bergoverdekning mellom 05-SEIS og 06-SEIS, se figur 11-4. Det kan også se ut til at det er en intrusiv i grunnen under løsmassene. Sonen er også markert langs 15-ERT fra hovedplan. Til begge sider for svakhetssonen følger berget tett på terreng, og har stedvis svært høy resistivitet. Lave resistivetsverdier lengst sør på 04-ERT (grønne og gul farge til venstre på figur 12-4), kan være en svakhetssone, men denne ligger utenfor det sørligste bergpåhugget for tunnelen og vil ikke påvirke tunnelen.



Figur 11-4: Resultater fra resistivetsmålinger langs 04-ERT. Se [12] for mer detaljer.

05-SEIS er 100 m lang og er skutt tilnærmet normalt på 04-ERT, og krysser traseen ved ca. km. 97,730. Dybde til berg er tolket å være mellom 0,1-2,3 m. I borhull VNB-2339 nær krysningpunkt mellom 05-SEIS og 04-ERT er det registrert 0,6 m til berg. Seismisk hastighet i berg varierer mellom 3300-4400 m/s, med lavest hastighet øst for 04-ERT.

06-SEIS er 100 m lang og skutt tilnærmet normalt på 04-ERT, og krysser traseen ved km. 97,820. Dybder til berg er tolket å være mellom 0,5-2,8 m. Nær krysningpunkt mellom 06-SEIS og 04-ERT er det registrert berg i dagen. Seismisk hastighet i berg er 3450 m/s vest for 04-ERT og 4400 m/s øst for 04-ERT.

07-SEIS er også 100 m lang, skutt tilnærmet normalt på 04-ERT, og krysser traseen ved ca. km. 97,990. Dybder til berg er tolket til å variere mellom 0,8-15,8 m. Dybde til berg øker på mot øst og korresponderer relativt godt med ett av borhullene i området. Tolket dybde på 15,8 m til berg er mellom borhull VNB-2363, hvor det er registrert berg etter 14,2 m, og borhull VNB-087, hvor det er registrert 22,4 m til berg. I en ca. 10 m bred sone nær krysningpunktet mellom 07-SEIS og 04-ERT er det registrert seismisk hastighet på 3300 m/s. Berget rundt denne sone har hastighet på 5200 m/s.

24-SEIS er 115 m lang og skutt parallelt 04-ERT mellom km. 97,715 - 97,830, rett over løsmassedyrennen. Seismiske hastigheter i berg langs linjen viser ingen spesielt lave verdier, og ligger mellom 3500 m/s og 4800 m/s. Langs midtre deler av linja er hastigheten 3800 m/s. Dybde til berg er tolket å være mellom 0,2-12,8 m, med de største dybdene midt på linja. Borhullene nær midten av 24-SEIS viser 11-12 m til berg.

Svakhetssone og plassering av tunnelpåhugg basert på beskrevne geofysiske linjer er vist på tegning ICP-34-V-29005.

11.2.5 Påhugg nord – Gråmunktunnelen

Det er ingen bergblotninger langs traseen for ny jernbane ved påhugget i nord for Gråmunktunnelen. Det er derfor skutt 2 stk. refraksjonsseismiske linjer i dette området for å undersøke dybde til berg, se tegning ICP-34-V-29023. Dette for å plassere tunnelpåhugget med minimum 5 m bergoverdekning. Begge linjene er tolket kun med tradisjonell refraksjonsseismisk tolkning.

14-SEIS er 160 m lang og er skutt parallelt med planlagt trasé mellom km. 100,380 – 100,540. Dybder til berg er tolket å være inntil 2,8 m. I borhull langs 14-SEIS er det registrert mellom

0,17-1,02 m til berg. Lave seismiske hastigheter på mellom 3250-3500 m/s kan tyde på overflateforvitret berg [12].

15-SEIS er 80 m lang og skutt normalt på 14-SEIS ved ca. km. 100,510. Langs denne linjen er berg tolket mellom 0,3-1,3 m under terreng. Det er ingen borhull langs denne linjen, men berg i dagen er registrert ved linjen lengst i vest. Seismisk hastighet i berget er 3600 m/s langs hele linjen.

Basert på dette er påhugget for Gråmunktunnelen i nord plassert ved km. 100,500 som vist på tegning ICP-34-V-29007.

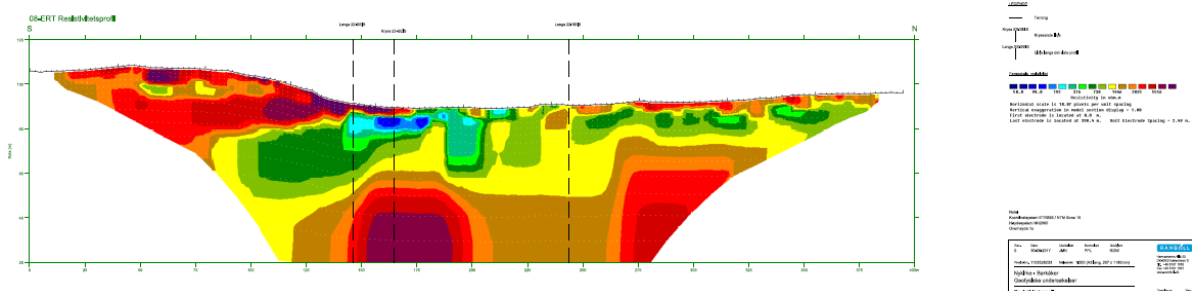
11.2.6 Området mellom km. 100,700 – 101,100 langs Gråmunktunnelen

I dette området er det til detaljplan utført 1 stk. ERT-linje og 3 stk. refraksjonsseismiske linjer. I tillegg finnes 17-ERT (= Linje 08 fra hovedplan [11]) parallellt traseen ca. 50 m øst for denne. Linjene er vist på tegning ICP-34-V-29023.

I dette området er det fra tidligere grunnundersøkelser antatt en løsmassedypprenne. Det er utført en rekke grunnboringer mellom km. 100,900 – 100,950. Bergtunnelen har på det minste ca. 7 m bergoverdekning ca. km. 100,940. Geofysiske undersøkelser ble utført både for å undersøke bergoverdekning og utbredelse av løsmassedypprennen, og samtidig undersøke om det fantes svakhetssoner i berget under løsmassene.

16-SEIS er 85 m langt og er skutt parallellt med rømningstunnelen vest for traseen ved km. 100,670. Dybde til berg er tolket å være mellom 0,1-1,8 m. Det er ingen borhull langs traseen, men det er registrert berg i dagen der rømningstunnelen går ut fra hovedtunnelen og også i påhuggsområdet. Seismisk hastighet langs hele profilet er 3730 m/s, som er relativt lavt. Påhugget har, der det er plassert, minimum 5 m bergoverdekning.

08-ERT er 400 m lang og ligger parallellt med traseen mellom km. 100,700 – 101,100, se tegning ICP-34-V-29023. Resistivitetsprofilet viser en tydelig sone om lag midt på linjen med lav resistivitet nedover i grunnen. Sonen faller slakt mot S, se figur 11-5. Sonene er også synlig på 17-ERT, men ikke så tydelig. Nord for sonen er det registrert berg med lavere resistivitet under berg med relativt høy resistivitet. Dette kan tyde på vekslende lavastrømmer med variabel bergkvalitet. Sør for sonen kan det være relativt godt berg tett på terreng.



Figur 11-5: Resultater fra resistivitetsmålinger langs 08-ERT. Se [12] for mer detaljer.

22-SEIS er 100 m lang og er skutt parallellt med 08-ERT mellom km. 100,850 – 100,950. Dybder til berg er tolket å være mellom 0,3-3,1 m. I borhullene langs linjen er det boret ned til mellom 2,38-7,57 m til berg. Seismisk hastighet i sørlige deler av linjen er < 3000 m/s. Dette korresponderer med tolket svakhetszone i 08-ERT. Mot nord øker den seismiske hastigheten til 4050 m/s.

23-SEIS er 105 m lang og skutt normalt på 08-ERT og 22-SEIS ved ca. km. 100,930. Dybder til berg er langs denne linjen tolket å være mellom 1,0-4,8 m, noe som er inntil 2 m høyere

en borhullet ved krysningpunktet mellom 23-SEIS og 08-ERT/22-SEIS. Vest for krysningpunktet er det registrert en ca. 15 m bred sone med seismisk hastighet på 2800 m/s. Seismisk hastighet i berget rundt denne sonen er 4100 m/s og 4400 m/s.

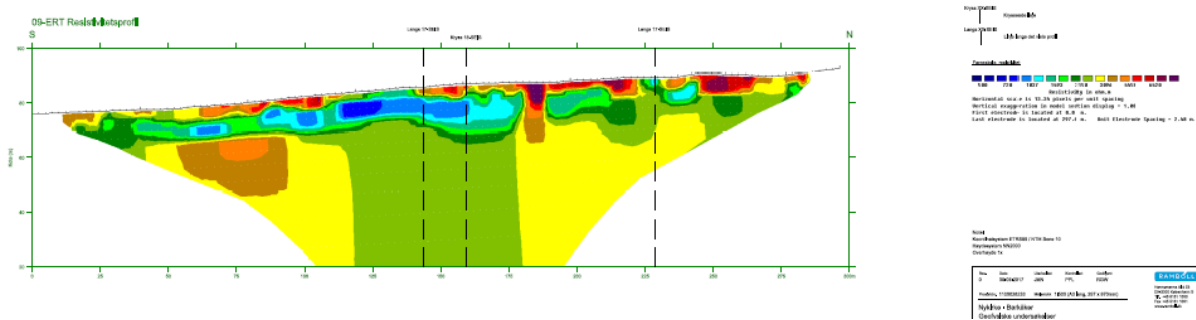
Tegning ICP-34-V-29007 viser tolkningen av antatt svakhetssone i områder ved km. 100,950. Det er planlagt et kjerneborhull med vanntapsmålinger på tvers av sonen for å kartlegge bergforholdene.

11.2.7 Påhugg sør – Gråmunktunnelen

I området mellom km. 101,420 – 101,720 er det til detaljplan utført 1 stk. ERT-linje og 2 stk. refraksjonsseismiske linjer. Linjene er vist på tegning ICP-34-V-29024.

Det er lite bergblotninger i området nær det sørlige påhugget til Gråmunktunnelen. Geofysiske undersøkelser ble derfor utført for å undersøke bergoverdekning og bergforholdene.

09-ERT er 300 m lang og ligger parallelt med traseen mellom km. 101,420 – 101,720, se tegning ICP-34-V-29024. Linjen er vanskelig å tolke. Det er stor variasjon i resistivitet, med høye verdier nær terreng og «et lag» med lavere verdier under, se figur 11-6. Dette kan være vekslning mellom flattliggende lavastrømmer med svakere lag i mellom. Det er tolket en smal svakhetssone med fall mot sør nær midten av linja. Det er også tolket å være en ca. 10 m bred intrusivgang litt til høyre for midten av linja.



Figur 11-6: Resultater fra resistivitetsmålinger langs 09-ERT. Se [12] for mer detaljer.

17-SEIS er 85 m lang og er skutt parallelt med 09-ERT mellom 101,495 – 101,580. Dybder til berg er tolket å være mellom 0,3-2,8 m, med de største dybdene langs de midterste 50 m. Det er ingen grunnboringer langs 17-SEIS, men borhull 40-100 m sør for linja viser mellom 0,65-0,85 m til berg. Seismisk hastighet i sørlige deler av linjen er 3500 m/s. Mot nord øker den seismiske hastigheten til 4100 m/s.

18-SEIS er også 85 m lang og er skutt tilnærmet normalt på 09-ERT/17-SEIS ved ca. km. 101,560. Dybden til berg langs denne linjen er tolket å være mellom 0,6-1,8 m. Det er ingen grunnboringer langs linja. Der er registrert berg i dagen både øst og vest for 18-SEIS. Vest for krysningpunktet med 09-ERT/17-SEIS er den seismiske hastigheten oppgitt å være 3300 m/s. Øst for krysningpunktet er den seismiske hastigheten 4200 m/s.

Tegning ICP-34-V-29008 viser tolket, og meget usikker, beliggenhet av svakhetssone og intrusiv. Svakhetssonen er tolket til å sammenfalle med en overgang mellom lavastrømmer fra kartgrunnlaget til NGU. Det kan være flere flattliggende lavastrømmer i området med svake lag imellom. Sprang i seismisk hastighet kan også tyde på dette. Bergpåhugg ved km. 101,560 har trolig drøye 5 m bergoverdekning.

12 BERGMASSEKLASSIFISERING – Q-VERDIER

Q-verdiene langs bergtunnelene er beregnet ut fra formelen [22]:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Q-verdien beskriver bergmassens kvalitet og stabilitet i en tunnel eller et bergrom. Høye Q-verdier indikerer god stabilitet, lave verdier indikerer ustabil berg og dårlig bergmasse.

De seks parameterne som til sammen utgjør Q-verdien er [22]:

RQD	=	Oppsprekkingsfaktor (Rock Quality Designation)
J_n	=	Tall for sprekkese
J_r	=	Sprekkeruhetstall
J_a	=	Tall for sprekkedybde
J_w	=	Sprekkevannstall
SRF	=	Spenningsfaktor (Stress Reduction Factor)

Q-verdier bestemmes ut fra kartlegging i bergrom under driving, fra kartlegging i dagen eller ved kjernelogging.

Logging av kjerneprøver og kartlegging i dagen vil sammen danne grunnlag for beregning av Q-verdier langs Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen.

Q-verdiene vil bli presentert når kjerneboringene er utført og kjernene er logget.

12.1 Q-verdier langs Skottåstunnelen

Q-verdiene langs Skottåstunnelen varierer mellom xx og yy.

Prosentvis fordeling av bergmasseklasser A-G langs Skottåstunnelen, tverrslag og rømningstunnel basert på tabell 6.1 i Statens vegvesens håndbok N500 [23]/sikringsskjema til Q-metoden (BN må avklare hva som skal brukes.) følger i tabell 12-1.

Tabell 12-1: Prosentvis fordeling av bergmasseklasser langs Skottåstunnelen, tverrslag og rømningstunnel

Bergmasse-klasse	A/B	C	D	E ₁	E ₂	F	G
Q-verdi	100 - 10	10 - 4	4 - 1	1 - 0,2	0,2 - 0,1	0,1 - 0,01	< 0,01
Prosentvis fordeling langs Skottåstunnelen							
Prosentvis fordeling langs tverrslag nord							
Prosentvis fordeling langs rømningstunnel sør							

12.2 Q-verdier langs Gråmunktunnelen

Q-verdiene langs Gråmunktunnelen varierer mellom xx og yy.

Prosentvis fordeling av bergmasseklasser A-G langs Gråmunktunnelen og rømningstunnelen basert på tabell 6.1 i Statens vegvesens håndbok N500 [23]/sikringsskjema til Q-metoden (BN må avklare hva som skal brukes.) følger i tabell 12-2.

Tabell 12-2: Prosentvis fordeling av bergmasseklasser langs Gråmunktunnelen og rømningstunnelen

Bergmasse-klasse	A/B	C	D	E ₁	E ₂	F	G
Q-verdi	100 - 10	10 - 4	4 - 1	1 - 0,2	0,2 - 0,1	0,1 - 0,01	< 0,01
Prosentvis fordeling langs Gråmunktunnelen							
Prosentvis fordeling langs rømningstunnel							

13 VANN- OG FROSTSIKRING

13.1 Generelle krav

I Teknisk regelverk [2] (sist endret 5. jul. 2017) stilles følgende generelle krav til vann- og frostsikringskonstruksjoner:

- Vann- og frostsikringsløsninger skal dimensjoneres for 80 års teknisk levetid.
- Lekkasjevannet skal føres frostfritt ned i tunnelens drencsystem.
- Tunneler skal vannsikres i hele tunnelens lengde for å unngå drypp og rennende vann på stål- og betongkonstruksjoner.
- Konstruksjonen skal være tett.
- I frostsonen skal det være gjennomgående vannavskjerming, og løsningen dimensjoneres i henhold til beregnet frost i området. Frostsonen skal beregnes i henhold til Statens vegvesens håndbok R510, vedlegg B.
- Produksjon og montasje skal organiseres slik at det først gjøres ferdig et definert parti av tunnelen for kontroll av at prosedyrer, metoder og øvrige forhold fungerer etter forutsetningene og at gitte krav er tilfredsstillt.
- Full produksjon og montasje kan først starte når eventuelle korrigerende tiltak er foretatt.

13.2 Frostmengder

Frostisolasjon skal dimensjoneres i henhold til frostmengden på stedet, og frostmengde F_{100} ($h^{\circ}C$) skal legges til grunn [2].

Tabellen under viser årsmiddeltemperatur og frostmengde, F_{10} og F_{100} , for områdene rundt bergtunnelene hentet fra Statens vegvesens håndbok N200 [13] (Det henvises til Håndbok R510 i [2] med hensyn på frostmengde. Denne håndboka har gått ut og innholdet er fordelt i Håndbok N500 [23] og Håndbok V520 [24]. Håndbøkene N500 og V520 henviser videre til Håndbok N200 med hensyn på frostmengder.).

Kommune	Årsmiddeltemperatur	Frostmengde, F_{100}	Frostmengde, F_{10}
Horten (Borre)	6,4°C	18 000 h°C	10 000 h°C
Tønsberg	6,4°C	20 000 h°C	11 000 h°C
Re	6,2°C	22 000 h°C	13 000 h°C

13.3 Beregning av frostinntrengning

I henhold til Bane NORs Tekniske Regelverk [2] skal det være gjennomgående vannavskjerming i frostsonen i en tunnel. Løsning for vannavskjerming skal dimensjoneres i henhold til beregnet frost i området. Frostsonen beregnes i henhold til Statens vegvesens håndbok R510, vedlegg B. Denne håndboken har gått ut og innholdet inngår i Statens vegvesens håndbøker N500 [23] og V520 [24].

I påvente av ny beregningsmodell for frostinntrengning i tunneler, som er under utarbeidelse i Bane NOR, er det gjort enkle beregninger av frostinntrengning basert på gjeldende krav i [2].

Ved dimensjonering av frostisolasjon skal frostmengden F_{100} ($h^{\circ}C$) legges til grunn for beregningene [2]. Denne verdien bør fortrinnsvis være basert på lokale målinger. Frostmengden innover i en tunnel settes lik frostmengden utenfor.

Statens vegvesen anser F_{10} ($h^{\circ}C$) som tilstrekkelig ved dimensjonering av vann- og frostsikringskonstruksjoner, og beregningene utført i Statens vegvesens Håndbok V520 [24] er basert på F_{10} .

Frostmengdene F_{10} og F_{100} kan hentes ut fra tabeller i Statens vegvesens Håndbok N200 [13]. Frostmengdene for områdene rundt Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen er vist i tabellen i kapittel 13.2. Det påpekes i [24] at frostmengden ved tunnelpåhugg kan være forskjellig fra frostmengden i et kommunesenter. Det kan derfor ha en avgjørende betydning at frostmengdene fastsettes lokalt ved tunnelpåhuggene.

Frostinntrengning i en tunnel er i tillegg blant annet avhengig av [24]:

- Temperaturforskjeller/pipe-effekt
- Fremherskende vindretning
- Mekanisk ventilasjon
- Stempeeffekt fra trafikk
- Antall tunnellop

Videre deles frostinntrengningen i vegtunneler inn i [24]:

- Horisontale tunneler
- Tunneler med stigning, 2-4 % og 4-6 %
- Undersjøiske tunneler
- Tunneler med enveistrafikk

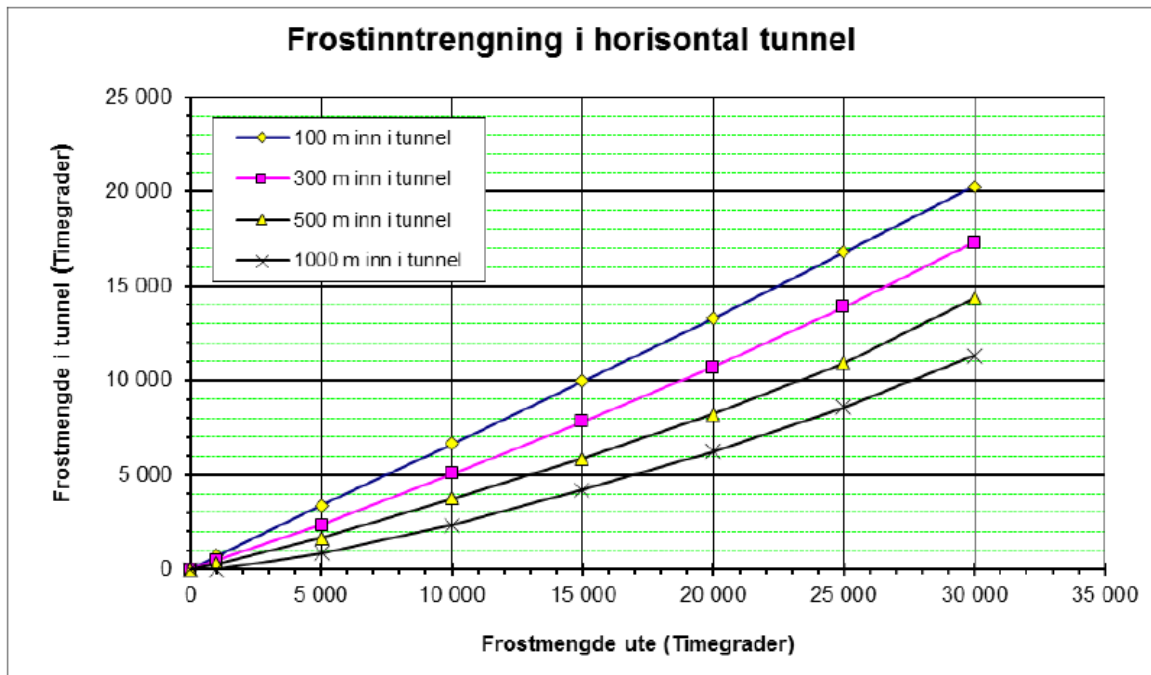
Hele Gråmunktunnelen stiger med 0,55 % fra nord mot sør. Skottåstunnelen stiger fra sør mot nord med mellom 0,4-1,25 % fram til km. 96,300. Frostinntrengningen kan for disse strekningene baseres på figur 13-1, som gjelder horisontale tunneler. Mellom km. 96,300 og påhugget i nord stiger Skottåstunnelen med 2 %. For denne ca. 650 m lange strekningen kan frostinntrengningen basere seg på figur 13-2, som gjelder tunneler med stigning 2-4 %.

Hele Gråmunktunnelen og Skottåstunnelen fra km. 95,950 til påhugget i sør ligger i Horten kommune som ifølge tabell i kapittel 13.2 har $F_{100} = 18\ 000\ h^{\circ}C$. I henhold til figur 13-1 kan disse tunnelen ha en frostmengde på ca. 5 500 $h^{\circ}C$ ca. 1000 m inn i tunnelen fra påhugget, og ca. 7 000 $h^{\circ}C$ ca. 500 m inn i tunnelen.

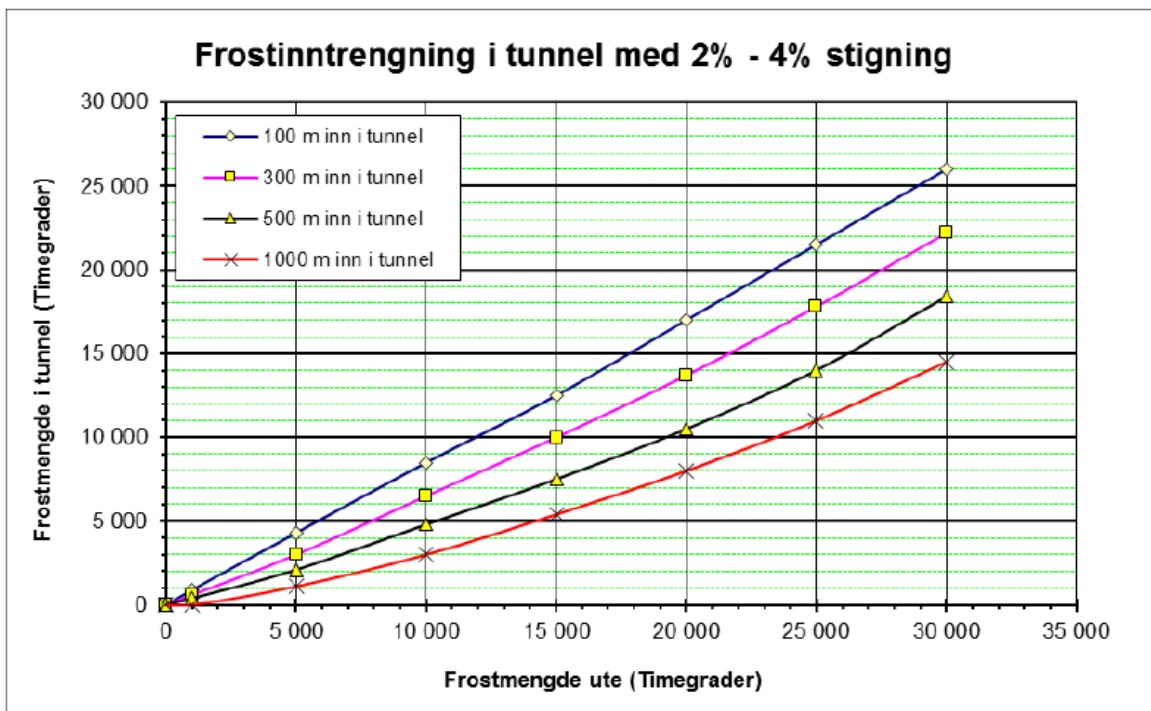
Ved bruk av figur 13-2 på den nordlige delen av Skottåstunnelen, som ligger i Re kommune med $F_{100} = 22\ 000\ h^{\circ}C$, kan frostmengden 1 000 m inn i tunnelen fra denne siden være 9 000 $h^{\circ}C$. 500 m inn i tunnelen kan frostmengden være ca. 12 000 $h^{\circ}C$.

Basert på dette kan det antas at Gråmunktunnelen vil ha frostmengder større enn 5 500 $h^{\circ}C$ gjennom hele tunnelen. Skottåstunnelen kan ha et område nord for km 97,600 og sør for ca. km. 96,600 som kan ha lavere frostmengde enn 5 500 – 7 000 $h^{\circ}C$.

Brukes F_{10} -verdiene i stedet for F_{100} i figur 13-1 og 13-2 kan det antas at Gråmunktunnelen kan ha en frostmengde på mer enn 2 000 $h^{\circ}C$ gjennom hele tunnelen, mens Skottåstunnelen kan ha et område på ca. 1 000 m midt i tunnelen med frostmengder mellom 2 000 – 4 000 $h^{\circ}C$.



Figur 13-1: Frostinntrengning i horisontal tunnel (figur 7.1 i [24])



Figur 13-2: Frostinntrengning i tunneler med stigning 2-4 % (figur 7.2 i [24])

Ifølge [25] er Statens vegvesens erfaringsgrunnlag konservativt og det påpekes at det bør utføres mer avanserte beregninger eller simuleringer av frostinntrengning, som bl.a. tar hensyn til tunnellengder, stempeleffekten og overflatetransport av kulde. Det påpekes også at for å vurdere «frostfaren» ved bruk av sprøytemembran bør det sees nærmere på varighet og temperatur på kortere kuldeperioder.

Bruk av Statens vegvesens metode for «beregning» av frostinntrenging har mange usikkerheter, og gir et anslag på frostmengder inntil 1 000 m inn fra tunnelpåhuggene.

13.4 Konstruksjonstyper

Det er to typer konstruksjoner som er godkjente vann- og frostsikringskonstruksjoner til bruk i nye tunneler [2] (sist endret 5. jul. 2017):

- Kontaktstøpt betonghvelv med membranduk
- Sprøytebetongkledning vanntettet med sprøytebar membran

Ved bruk av sprøytebar membran skal dekkjiktet dimensjoneres i henhold til temperaturbelastning, slik at minimumstemperaturen ved membranens posisjon ikke blir lavere enn membranens ytelsestemperatur [2] (sist endret 5. jul. 2017).

Før påføring av sprøytebar membran bør innlekkasje etter utført forinjeksjon være 5 l/min/100 m tunnel [27]. Dette innlekkasjekravet er strengere enn det som vurderes tilstrekkelig i bergtunnelene for å unngå skader på bygninger, natur og omgivelser gitt i kapittel 16.1. Strengere innlekkasjekrav medfører økte mengder, se kapittel 16.2.

Gråmunktunnelen blir ca. 1200 m lang. Teknisk designbasis for InterCity [3] anbefaler kontaktstøp med membran som primær konstruksjon i hele tunnelen ved lengder \leq 1200 m. Skottåstunnelen blir i underkant av 3000 m lang inklusiv betongkonstruksjoner. For tunneler med lengder mellom 1200-3000 m anbefales primært kontaktstøp med membran i frostsonen [3], men det åpnes også opp for sprøytebar membran påført et dekkjikt som dimensjoneres i henhold til temperaturbelastning og membranens ytelsestemperatur. Dekkjiktet kan være termisk isolerende sprøytebetong [2] (sist endret 5. jul. 2017). Kontaktstøp kan kombineres med sprøytebar membran når det er hensiktsmessig og etter en vurdering av tunnallengde, frostinntrengning, injeksjonskonsept og risiko for innlekkasje, anleggsgjennomføring og byggetid samt tilstrekkelig kost/nytte.

Det synes fornuftig å vann- og frostsikre hele Gråmunktunnelen med kontaktstøp med membran, siden tunnelen er relativt kort. Denne metoden bør også brukes gjennom hele Skottåstunnelen. Alternativet med sprøytebetongkledning vanntettet med sprøytebar membran, eventuelt med termisk isolerende sprøytebetong, har ikke tilstrekkelig dokumentasjon i forhold til tekniske levetid på 80 år, ei heller dokumentert erfaringsgrunnlag til at denne metoden kan anbefales i dette planstadiet. Ny beregningsmodell for frostinntrengning og løsningen med sprøytebetongkledning vanntettet med sprøytebar membran er under utvikling. Løsning for vann- og frostsikring i bergtunnelene vurderes videre i neste planfase.

13.4.1 Kontaktstøpt betonghvelv med membran

Kontaktstøpt betonghvelv med membran i Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen utføres etter samme prinsipper som for InterCity-prosjektet Kleverud-Sørli, som baserer seg på erfaringer fra Ulvintunnelen på Fellesprosjektet E6-Dovrebanen, se tegning ICP-34-F-29005. Oppsummert medfører dette:

- Permanent bergsikring og injeksjon skal være utført før betonghvelvet etableres
- Lokale lekkasjer skal ledes ned til drensledningen
- Ved behov vaskes overflaten for å oppnå nødvendig heft mellom sprøytebetong til bergsikring og avrettingslag.
- Bergoverflaten avrettes ved bruk av sprøytebetong uten fiber, for å oppnå

- membranleverandørens krav til overflatens jevnhet
- Armerte fundamenter for hvelvet skal støpes på rensket bergoverflate eller avrettingsstøp.
 - Drensledning skal legges i knuste steinmasser uten finstoff bak fundamentene på begge sider av tunnelen, og isolasjon skal legges over de knuste steinmassene. Drensledning og steinmasser skal legges i henhold til leggeanvisning fra leverandør av drensrør.
 - Et drenslag av filtduk skal festes til avrettingslaget av sprøytebetong ved bruk av leverandørbestemte festemidler (f.eks. klips, bolter)
 - Membranen skal sveises til festemidlet for drenslaget. Dette for å sikre at vannet ledes ned på utsiden av hvelvet og ned til drensledningen bak fundamentene.
 - Betonghvelvet skal støpes i direkte kontakt med membranen. Konstruksjonen skal dimensjoneres for en 50 MW brann.
 - Betonghvelvet skal injiseres med sementmørtel for å fylle potensielle resterende hulrom.

Følgende krav til delmaterialene finnes i Statens vegvesens håndbok R761, prosess 34.2 [26]:

- Betongen i hvelvet skal tilfredsstillende fasthetsklasse B35, bestandighetsklasse MF45 og kloridklasse Cl 0,1.
- Membranen skal være av type 2 i henhold til Håndbok N500 [23].

Øvrige krav til delmaterialene som er spesifisert for InterCity Kleverud-Sørli er som følger:

- Sprøytebetongen for avretting skal ikke tilsettes fiber. Det ytre avrettingslaget mot drenslaget og membranen (trafikksiden) skal ikke ha tilslag med diameter større enn 4 mm, og for øvrig være i henhold til membranleverandørens spesifikasjoner.
- Membranen skal være utstyrt med varslingsmekanisme som viser skader og rifter, for eksempel membran med et signalsjikt.
- Drenaselaget skal bestå av filtduk laget av 100% polypropylen eller HDPE, og skal ha egenskaper i henhold til NS-EN 13256. Drenaselaget skal fungere som et beskyttende lag mellom membran og avrettingslaget av sprøytebetong. Vekten av drenaselaget skal minimum være 1200 g/m², og ha en dreneringskapasitet på minimum 1*10⁻⁴ m/s. Hastighetsindeks VI50 for permeabilitet normalt på planet uten belastning skal minimum være 1*10⁻⁴ m/s. Minimum strekkstyrke skal minimum være 30 kN/m.

Bæreevne skal i hovedsak ivaretas med uarmert betonghvelv. Imidlertid kan det være tilfeller hvor armering er nødvendig, f.eks. for lastopptak fra berg og ved nisjer og rømningstunneler.

Vann- og frostsikringen skal benyttes til oppheng og innfesting av jernbaneteknisk utstyr uten å punktere membranen, og skal klargjøres for dette (armering, innstøpingsgods). Innfestningsmaterialet skal minimum kunne festes 250 mm inn i vann og frostsikringen.

13.4.2 Sprøytebetongkledning vanntettet med sprøytbar membran

Vann- og frostsikringsløsning med sprøytebetongkledning vanntettet med sprøytbar membran er hittil benyttet/testet ut i Gevingåstunnelen og i tverrslag sør i Ulvintunnelen. Løsningen er vist på tegning ICP-34-F-29010. Etterfølgende oppsummering av prinsipper og krav til sprøytebetongkledning vanntettet med sprøytbar membran er i sin helhet basert på «Permanent kledning med sprøytebetong og sprøytbar vanntettingsmembran i norske jernbanetunneler» [27]:

- For å redusere omfang av håndtering av lekkasje- og fukt punkter før påføring av membran bør krav til innlekkasje etter utført forinjeksjon vær 5 l/min/100 m tunnel.
- Det bør stilles krav til jevn kontur ved sprenging. Dette medfører en jevnere sprøytebetongoverflate som igjen muliggjør robotsprøyting av membranen og ikke ved hjelp av håndholdt utstyr.
- Berget sikres med fiberarmert sprøytebetong (E1000, M45), bolter og eventuelt sprøytebetongbuer slik at membranen ikke påføres last fra bergmassen.
- Utenpå bergsikringen påføres utjevningssprøytebetong uten strukturelle fiber, men med 2 kg/m³ PP-mikrofiber for rissfordeling. Maksimal kornstørrelse i tilslaget er satt til 4 mm.
- Sprøytebetongen skal dekke utstikkende bolte-ender.
- Det bør tilrettelegges for kostnadseffektive og funksjonelle løsninger for oppheng av KL, AT-ledninger, håndløpere etc.
- Før påføring av membranen utføres temporær drenering av eventuelle fukt/lekkasjepunkter.
- Membranen påføres utenpå utjevningssprøytebetongen med håndholdt utstyr der konturen er ujevn (sprengt tunnel) og med robot der konturen er jevn. Oppnådd tykkelse og at membranen er kontinuerlig skal kontrolleres. Før sprøyting av dekskjikt skal membranen være herdet og overflaten skal være tørr. Hvis fukt på membranoverflaten skal det utføres injeksjon/drenering av temporære drengpunkter/restlekkasjepunkter.
- Over membranen sprøytes dekskjiktsprøytebetong. Denne sprøytebetongen skal være som bergsikringsprøytebetongen (E1000, M45).
- I frostsonen påføres termisk isolerende sprøytebetong utenpå dekskjiktsprøytebetongen. Tykkelsen av termiske isolerende sprøytebetong dimensjoneres etter laveste 4-døgn middeltemperatur i tunnellufta (eks. -20 °C i tunnellufta gir ca. 30 cm tykt lag med sprøytbar isolasjonsbetong).

14 TRYKKREDUSERENDE TILTAK

Fra Teknisk designbasis for IC (7.3.6.12 Tiltak for trykkredusering, tabell 31) [3] har en følgende:

Trykkutjevningstiltak		
Tunnellengde (m)	Behov og tiltak	Konstruksjonstiltak
< 500	Nei - Ingen tiltak	-
500 – 3.000	Ja - Tiltak for trykkredusering.	Portalutvidelse eller <u>Utjevningssjakter</u>
> 3.000	Nei - Ingen tiltak	-

Bane NOR legger til grunn følgende tiltak for trykkreduserende tiltak i tunnelene:

Kopstadtunnelen

Tunnelen er en ca. 920 m lang betongtunnel. Det forutsettes at tog med to togsett er dimensjonerende for de trykkreduserende tiltakene og at det legges til grunn trykkutjevningssjakter. I henhold til ICP-00-A-00114 Forslag til tunneltverrsnitt, vedlegg 1 Aerodynamiske forhold (Norconsult 31.01.2017), bør trykkutjevningssjakter plasseres ca. en toglengde innenfor portalen. Med to togsett som dimensjonerende toglengde blir dette ca. 250 m fra portalen. Det er i detaljplanfasen lagt til grunn at betongtunnelen skal ha 2 stk. trykkutjevningssjakter, en ca. 350 m inn fra nord og en ca. 280 m inn fra sør.

Skottåstunnelen

Tunnelen er en ca. 2950 m lang kombinert berg- og betongtunnel. For denne tunnelen legges det til grunn økt tverrsnitt på portalen og de første 300 m av bergtunnelen ved det nordlige påhugget. Normalprofilet økes fra **92,5 m²** til **112 m²**. For innslaget i sør antas det at prosjektert utvidelse for tre spor er tilstrekkelig som trykkreduserende tiltak.

Gråmunktunnelen

Tunnelen er ca. 1200 m lang og er i hovedsak en bergtunnel. For denne tunnelen legges det til grunn økt tunneltverrsnitt på portalen og de første 300 m av bergtunnelen både i nord og sør. Som for Skottåstunnelen økes normalprofilet i disse områdene fra **92,5 m²** til **112 m²**.

15 INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER

Bergtunnelene forutsettes drevet konvensjonelt med boring og sprenging. Dette gir fleksibilitet i forhold til å kunne drive fra flere påhugg/tverrslag, noe som kan redusere drivetiden. Tunnelene er i tillegg relativt korte, og vil for en stor del bli drevet i områder med lite bebyggelse.

Det skal utføres forinjeksjon i tunnelene, se kapittel 16.1 og 16.2.

Sikringsomfanget vil i hovedsak være avhengig av overdekning og nærhet til svakhetssoner samt oppsprekkingsgrad og karakter av sprekker. Under bygging vil utførelsen av sprengningsarbeidene og omfang av injeksjon kunne påvirke sikringsomfanget.

Dette kapittelet vil bli fullført når kjerneboringene er utført og kjerneprøvene er kartlagt.

15.1 Ingeniørgeologisk beskrivelse av tunneltraseene

15.1.1 Skottåstunnelen

15.1.1.1 Hovedtunnel

Etter en ca. 130 m lang forskjæring kan bergpåhugget i nord for Skottåstunnelen etableres på km. 95,730. Fra ca. 5 m bergoverdekning ved påhugget stiger denne raskt til 10 m etter kun 10-15 m. Etter ca. 250 m er bergoverdekningen på ca. 40 m.

Tunnelen vil bli drevet i et område med svært varierende bergkvalitet i de første 450 metrene fra nord, se kapittel 11.2.1 og tegning ICP-34-A-29004. Det vil derfor trolig bli behov for tung sikring i form av forbolter og sprøytebetongbuer langs store deler av tunnelen fram til ca. km. 96,200.

Mellom km. 96,100 – 96,150 krysser Skottåstunnelen under Skottås høydebasseng. Det er ca. 30 m berg mellom hengen i tunnelen og sålen i bassenget. I dette området er det strenge krav til vibrasjoner fra sprenging og opplegget for injeksjon må vurderes, se kapittel 10.3.

Etter km. 96,000 avtar bergoverdekningen og ved ca. km. 96,330 er den på ca. 8 m, se tegning ICP-34-A-29004. I dette området er det utført en rekke grunnboringer og geofysiske undersøkelser. Området mellom km. 96,050 – 96,700 er beskrevet i kapittel 11.2.2 i forbindelse med tolkning av geofysiske undersøkelser, **og vil bli nærmere beskrevet her etter at planlagte kjerneboring er utført.**

Bergoverdekningen øker på videre sørover fra ca. km. 96,400 til ca. 25 m ved km. 96,700. Ved km. 96,600 skal det etableres et tverrslag, se kapittel 15.1.1.3.

Ved km. 97,040 er igjen bergoverdekningen nede i 8 m, se tegning ICP-34-A-29005. Dette området er også undersøkt med geofysiske undersøkelser i tillegg til grunnboringer. Området mellom km. 96,900 – 97,400 er beskrevet i kapittel 11.2.3, **og vil bli nærmere beskrevet her etter at planlagte kjerneboring er utført.**

Etter km. 97,040 øker bergoverdekningen igjen, og ved km. 97,300 er den ca. 20 m. Denne bergoverdekningen holde seg stabilt fram til området ved km. 97,700. Ved km. 97,600 skal det etableres en rømningstunnel, se kapittel 15.1.1.4.

Mellom km. 97,600 – 98,100 er det utført en rekke grunnundersøkelser, se kapittel 11.2.4. På grunn av manglende bergoverdekning vil det i et område på ca. 70 m bli støpt en betongtunnel mellom bergpåhuggene, som kan etableres på km. 97,740 og km. 97,810.

Mellom km. 97,810 – 97,990 blir det en kort bergtunnel. Det er registrert berg i dagen langs traseen i dette område. Bergforholdene er som lengre nord, grovblokkig rombeporfyr med 3 sprekkesett.

Fra km. 97,770 skal det etableres en betongtunnel sørover til ca. km. 98,600. Byggegrova vil delvis bli etablert i løsmasser og delvis i bergskjæring, se kapittel 9.4.

15.1.1.2 Påhuggsområdene

I den ca. 130 m lange forskjæringen ved påhugget i nord vil det bli støpt portal. Portaler beskrives i ICP-34-A-11097 Fagrapport Konstruksjoner og er vist på tilhørende tegninger.

Forskjæring nord for Skottåstunnelen vil lengst i nord bli etablert i løsmasser. Berg opptrer i sålen ved ca. km. 95,670 og stiger på mot sør. Ved km. 95,730 kan det etableres en påhuggsflate og tunnelen vil her ha ca. 5 m bergoverdekning. Forskjæringene vil være inntil 17 m høy ved påhuggsflaten, fordelt på ca. 2 m løsmasser og 15 m berg.

Påhugget etableres i et område med overgang mellom rombeporfyr lavaer, og hvor det er registrert et relativt løst og åpent konglomerat samt flere lavhastighetssoner fra geofysiske undersøkelser. Det må derfor påregnes omfattende sikring av påhuggsflaten, med forbolter i 2-3 raster samt bolter og fiberarmert sprøytebetong. Forskjæringene stabilitetssikres med bergbolter og eventuelt fiberarmert sprøytebetong.

Påhugget i nord etableres i en bratt skråning med urmasser, hvor det i de øvre delene er registrert inntil 5 m³ store, ustabile bergblokker. Sikring av området over påhuggsflaten må vurderes, eventuelt at løst berg renskes ned før oppstart.

Plassering av påhuggene ved km. 97,740 og 97,810, og også påhugget ved km. 97,990, er basert på omfattende grunnundersøkelser med grunnboringer, geofysiske undersøkelser og feltkartlegging. Ved alle tre påhuggene er det registrert grovblokkig rombeporfyr med oppsprekking i 3 retninger. For ytterligere beskrivelse av forholdene mellom km. 97,740 – 97,810 og sørover fra km. 97,990 vises det til ICP-34-A-11092 Fagrapport Geoteknikk.

Områdene over påhuggsflatene bør renskes for løst berg, evt. sikres før oppstart tunnelsprenging. Tunnelpåhuggene kan etableres med forbolter i anslagsvis 2 raster, samt sikring av påhuggsflaten for øvrig med bolter og sprøytebetong.

Ved uttak av berg i forskjæringene og langs byggegroper for betongtunnel må salvestørelsene/pallhøydene tilpasses bergkvaliteten og bebyggelse, gårdsbruk, industribygg og infrastruktur i nærheten.

15.1.1.3 Tverrslag i nord

Tverrslaget til Skottåstunnelen i nord har nylig endret geometri og påhugget er flyttet i forhold til opprinnelig plassering. Ny geometri og plassering av påhugg er vist på tegning ICP-34-V-29004.

Det er registrert berg i dagen ved påhugget og stedvis langs traseen til profil 200. For øvrig er traseen dekket av skogbunn med bergblokker. Berg ligger trolig tett på terreng mellom profil 200-280. Rett øst for profil 200 er det et markert søkk i terrenget. Det er registrert berg i dagen på begge sider av søkket. Det er trolig en svakhetssone i berg parallelt søkket som kan opptre i tverrslaget rundt profil 125, se tegning ICP-34-V-29004.

Berget består av grovblokkig rombeporfyr som sprekker opp langs 3 markerte sprekkesett. I tillegg finnes sporadiske sprekker. Sprekkene er åpne.

Påhugg kan etableres i en steil bergflate. Langs nedre deler av flaten er det urmasser med relativt store blokker på inntil 5 m³. Over påhuggsflaten og langs forskjæringene vil det bli behov for rensk og eventuelt sikring av større bergblokker. Området utenfor 5 m fra skjæringstopp må også vurderes i forhold til bergsikring/rensk.

Det må påregnes omfattende sikring av påhuggsflaten, med forbolter i 2-3 raster samt bolter og fiberarmert sprøytebetong. Forskjæringene stabilitetssikres med bergbolter og eventuelt fiberarmert sprøytebetong. Innover i tverrslaget kan det antas behov for noe økning av sikringsmengde ved kryssing av svakhetssonen. Trolig vil økt mengde bolter og tykkere sprøytebetong være tilstrekkelig stabilitetssikring.

15.1.1.4 Rømningstunnel i sør

Det er registrert berg i dagen i nærheten av planlagt påhugg for rømningstunnelen. For øvrig er traseen dekket av skogbunn fram til der rømningstunnelen går ut fra hovedtunnelen ved km. 97,600. Berget består av rombeoporfyrr med 3 sprekkesett, samt sporadiske sprekker. Berget er grovblokkig, stedvis ur. Sprekkene er åpne.

Fra geofysiske undersøkelser utført i området er det tolket en svakhetssone som vil krysse rømningstunnelen på skrå rett øst for snuhammeren, se tegning ICP-34-V-29005. Det kan bli behov for noe økning i sikringsmengde ved kryssing av svakhetssonen. Trolig vil økt mengde bolter og tykkere sprøytebetong være tilstrekkelig stabilitetssikring.

15.1.2 Gråmunktunnelen

15.1.2.1 Hovedtunnel

Ved påhugget i nord på km. 100,500 er bergoverdekningen over tunnelen ca. 5 m. Bergoverdekningen stiger jevnt på mot sør og er ca. 17 m ved km. 100,700. Ved km. 100,670 etableres det en rømningstunnel, se kapittel 15.1.2.3.

Gråmunktunnelen har sin minste bergoverdekning ved km. 100,940. I dette området er det registrert en løsmassedyprene, og tunnelen har en bergoverdekning på ca. 7 m. I tillegg er det i samme området en overgang mellom rombeoporfyrlavaer, som ut fra geofysiske undersøkelser er tolket som en svakhetssone med slakt fall mot sør, se kapittel 11.2.6. **Området vil bli nærmere beskrevet etter at planlagte kjerneboring er utført.**

Langs skogsbilveien som krysser traseen ved km. 100,930 og går i sørøstlig retning er det i brattskrenten mot SV registrert mange, store og ustabile bergblokker. I dette området kan blokkene rase ut ved sprenging i Gråmunktunnelen. Området må vurderes nøye med hensyn på tiltak, og det bør påses at ingen er i området ved avfyring av salver i tunnelen.

Etter km. 100,940 øker igjen bergoverdekningen raskt mot sør, og er på sitt største ved ca. km. 101,100. Deretter avtar bergoverdekningen slakt mot påhugget i sør på km. 101,560. Tunnelen har inntil 35 m bergoverdekning i området km. 101,100.

15.1.2.2 Påhuggsområdene

Etter en ca. 120 m lang forskjæring kan påhugg for Gråmunktunnelen i nord etableres på km. 100,500, se tegning ICP-34-V-29007. Forskjæringen vil hovedsakelig bestå av bergskjæring på begge sider av byggegropa, og skjæringene vil være inntil 15 m høye ved påhuggsflaten. Det er lite bergblotninger langs forskjæringen. Skogbunn med bergblokker er registrert i området. Plassering av påhuggsflaten er basert på refraksjonsseismiske undersøkelser, se kapittel 11.2.5.

Basert på geofysiske undersøkelser, se kapittel 11.2.7, er påhugget i sør plassert ved km. 101,560, se tegning ICP-34-V-29008. Tolkning av de geofysiske undersøkelsene i dette

området er svært usikre, men det kan tyde på at det er flattliggende lavastrømmer i området, med svake lag imellom. Det er registrert små blotninger med berg i dagen i påhuggsområdet. Dette sammen med grunnboringene danner grunnlaget for plassering av påhugget. Siden terrenget er relativt flatt i området vil forskjæringen bli ca. 200 m lang. Skjæringshøyden er ca. 15 m ved påhuggsflaten.

Områdene over påhuggsflatene bør renskes for løst berg, evt. sikres før oppstart tunnelsprenging. Tunnelpåhuggene kan etableres med forbolter i 2 raster, samt sikring av påhuggsflaten for øvrig med bolter og sprøytebetong. Forskjæringene sikres med bolter, eventuelt sprøytebetong ved dårlig berg i områder som ikke blir synlige i permanent fase. Steinsprangnett kan eventuelt benyttes langs deler av forskjæringene som ikke dekkes til med tilbakefylling rundt portaler.

Ved uttak av berg i forskjæringene må salvestørrelsene/pallhøydene tilpasses bergkvaliteten, samt bebyggelse og infrastruktur i nærheten.

15.1.2.3 Rømningstunnel

Det er registrert berg i dagen både ved påhugget til rømningstunnelen og i området der den går ut fra Gråmunktunnelen ved km. 100,670, se tegning ICP-34-V-29007. Berget består av grovblokkig rombeporfyr med åpne sprekker i hovedsakelig 3 retninger.

Påhugget vil bli etablert i en bratt skråning, med blokkrikt terreng/ur. Blokkene er registrert å være inntil 1 m³. Sikring av området over påhuggsflaten må vurderes, eventuelt at løst berg renskes ned før oppstart uttak av berg.

15.2 Prognoser for bergsikring

Dette kapittelet ferdigstilles når kjerneboringene er utført og kjerneprøvene er kartlagt. Q-verdiene fra kartlegging av kjerneprøver og fra feltarbeid vil danne grunnlag for prognoser for bergsikring.

Bane NOR må avklare om sikringsprognosene skal basere seg på tabell 6.1 i Håndbok N500 eller sikrings skjema i Q-metoden.

I gjeldende utgave av Teknisk designbasis for InterCity [3] står at bergsikring skal sikre bergstabilitet i hele tunnelens levetid (100 år) og vann- og frostsikringen skal ikke inngå som en del av den bærende konstruksjonen. I Teknisk regelverk [2], kap. 3.2 under Tunneler (sist oppdatert 5. jul. 2017) er følgende tekst satt inn: «Kontaktstøpt betonghvelv med membran bør inngå som en del av permanentsikringen.».

I forbindelse med feltarbeid til detaljplan og logging av kjerneprøver er berget klassifisert i henhold til Q-systemet [22] i bergmasseklasser mellom A-G (?), hvor bergmasseklasse A/B tilsvarer godt-eksepsjonelt godt berg med liten oppsprekking. Bergmasseklasse G tilsvarer eksepsjonelt dårlig berg, som nærmest er løsmasser, og som krever spesiell prosjektering av uttak og dimensjonering av permanent sikring.

Q-verdier langs Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen er beskrevet i kapittel 12, og prosentvis fordeling i de ulike bergmasseklassene er angitt i tabell 13-1 og 13-2.

Basert på bergmasseklassene i Q-systemet deles bergforholdene langs tunnelene inn i sikringsklasser for permanent sikring i henhold til tabell 6.1 i Håndbok N500 [23] ?. Prognoser for forventet type og omfang av bergsikring i tunnelene, kategorisert etter den enkelte sikringsklasse, vil bli utarbeidet.

Boltelengden i hovedtunnelene bør hovedsakelig være minimum 4 m og ha en kapasitet tilsvarende Ø25 mm kamstål. Ved liten overdekning, vil det bli behov for kortere bolter. Ved utfall og utvidet profil vil lengre boltelengder være aktuelt. Forboltene skal være Ø32 mm og bør være minimum 6 m lange. 8 m lange forbolter kan bli nødvendig. I tverrslaget kan hovedsakelig 3 m lange bolter benyttes, mens det i rømningstunnelene kan benyttes 2,4 – 3 m lange bolter. Bolter kortere enn 4 m kan ha kapasitet tilsvarende Ø20 mm kamstål.

For bergmasseklassene **A/B og C** kan sprøytebetongen ha energiabsorpsjonsklasse E700. Fra og med bergmasseklasse **D** skal sprøytebetongen tilsettes fiber slik at den oppnår energiabsorpsjonsklasse E1000 (**inndeling iht. tabell 6.1**). Til innsprøyting av buer skal det benyttes sprøytebetong uten fiber.

Brede soner med svelleleire skal sikres med full utstøping [3].

Det skal for øvrig utføres vegetasjonsrensing fra topp skjæring/forskjæring og utover i et belte på 5 m bredde. Området utenfor topp skjæring skal også spylerenskes, for å unngå nedfall av stein/jord etter at anlegget er satt i drift. Behov for sikring av ustabile blokker må vurderes.

Bergskjæringene/forskjæringene skal også spylerenskes og spettrenskes.

15.3 Anvendelse av tunnelstein

Det skal tas ut totalt ca. 920 000 pfm³ berg fra Kopstadtunnelen, samt hovedløp, tverrslag og rømningstunneler til Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen. Mengden inkluderer også uttak av berg for byggegroppen på Viulsrød for betongtunnelen. Inkludert dagsonene blir mengde uttak av berg på totalt 1 090 000 pfm³. Bergmassene vil hovedsakelig bestå av ulike typer rombeporfyr, som antas å ha relativt like bergmekaniske egenskaper.

Det er foreløpig ikke utført laboratorietester på bergarter langs traseen mellom Nykirke og Barkåker. Fra nærliggende anlegg er det gjort tester på bergmekaniske egenskaper på rombeporfyr i kjerneborhull fra den sørligste entreprisen på prosjektet Holm-Nykirke, entreprise UHN-07 Snekkestad (BH1). Fra Skoppum pukkverk er det mottatt resultater fra tester på mekaniske egenskaper på tilslaget de leverer. Resultatene blir presentert i tabellen under.

Parameter	BH1	Tilslag Skoppum pukkverk (testet januar 2017)	Tilslag Skoppum pukkverk (testet oktober 2017)
Bergart	Rombeporfyr	Rombeporfyr	Rombeporfyr
Trykkfasthet (MPa) (klassifisering)	285,5 (ekstremt høy)		
Sprøhetstall (S_{20} 11.2- 16,0 mm)	32,6		
Flisighet	1,30		6 ¹⁾
Pakningsgrad	0		
Densitet (g/cm ³)	2,61	2,70	2,69
Siever's J-verdi (SJ)	14,5		
Slitasjeverdi hardmetall (AV)	1,5		
Kulemølle (A_N)		12,1	8,4
Los Angeles (LA)		17	14
Micro Deval (MDE)		10	8

1) Flisighetsindeks (FI)

Rombeporfyr av tilsvarende type som i Skoppum pukkverk finnes trolig i de siste 20-30 m i nærheten av påhugget i sør for Gråmunktunnelen og i store deler av Skottåstunnelen, med unntak av de siste 200-250 m nær påhugget i nord. I tillegg kan det forventes at bergmassen stedvis er oppsprukket og forvitret som følge av svakhetssoner i berget og overganger mellom rombeporfyr lavaer, noe som gir dårligere bergmassekvalitet. For Skottåstunnelen og Gråmunktunnelen utgjør dette trolig rundt 15-20 % av totale mengder.

Det er utført analyse av metaller inkl. uran og thorium på rombeporfyr fra 3 fraksjoner fra Skoppum pukkverk, som en innledende vurdering av miljørisiko fra rombeporfyr [15]. Planen er å utføre flere tester av dette på kjerneprøver langs planlagt trasé.

Kjemisk analyse på rombeporfyrprøver fra Skoppum pukkverk viser lavt innhold av metaller, inkl. uran og thorium. Utlekkingstester på samme prøvemateriale viser lav utlekking av metaller, inkl. uran og thorium [15].

Andre rombeporfyr lag kan inneholde mer eller mindre uran. Dette vil bli testet på prøvemateriale fra planlagte kjerneboringer.

Ifølge informasjon mottatt fra Skoppum pukkverk er tilslag derfra innenfor kravet til radon-innhold.

Det vurderes at rombeporfyrerne kan brukes til oppfylling opp til traubunn. Når det gjelder anvendelse til filterlag, frostsikringslag og forsterkningslag setter Bane NORs tekniske regelverk [2] krav til største steinstørrelse i forhold til lagtykkelse, at massene skal være velgraderte, godt drenerende og ikke telefarlige, se kapittel 4.6.2. Til disse formålene må det påregnes bearbeiding av sprengsteinen i sorterings- og knuseverk.

Det stilles strenge krav til ballastpukk, både geometriske, fysiske og kjemiske krav, se kapittel 4.6.2. Rombeporfyr fra tilgrensende anlegg har ikke blitt godkjent til bruk som ballastpukk.

Til vegformål, i forsterkningslag og bærelag, er LA-verdien og M_{DE} -verdien målt på rombeporfyr fra Skoppum pukkverk innenfor kravene. A_N -verdien er innenfor kravet til bruk i bitumenbaserte bærelag.

Til bruk som betongtilslag er bl.a. lavt innhold av alkaliereaktivt materiale og kloridinnhold avgjørende, se kapittel 4.6.2. Dette er foreløpig ikke testet på bergartene langs planlagt jernbanetrasé.

Berg fra tunnelene og skjæringene skal i utgangspunktet brukes til fylling i linjen andre steder på prosjektet. Hvis massene omdisponeres til bruk under og rundt bygninger, skal disse bergartene testes ytterligere med hensyn på innhold av radon og uran. Til fylling i linjen er det ingen kjente krav til uran/radon-innhold, og bergmasser fra Skottås- og Gråmunktunnelen kan brukes i underbygning så sant øvrige krav er tilfredsstillt.

Det må utarbeides et eget testprogram for bergartene i tunnelene og bergskjæringene langs traseen mellom Nykirke og Barkåker med hensyn på brukbarhet til byggeråstoff til vegoppbygging, underbygning for jernbane og bruk som tilslag i betong. Basert på krav oppsummert i kapittel 4.6.2 bør testprogrammet minimum inneholde kjemiske tester av tungmetaller, arsen, uran, thorium, alkalireaktivitet og kloridinnhold. Fysiske tester bør minimum inneholde test på flisighetsindeks (FI), Los Angeles-verdier (LA), Micro-Deval (M_{DE}) og Mølleverdi (A_N)

16 OMGIVELSER

16.1 Innlekkasjekrav og injeksjonsbehov

Forutsetning for fastsettelse av innlekkasjekrav er å begrense senkning av grunnvannstanden for å unngå skader på bygninger, natur og omgivelser. På bakgrunn av dette settes det krav til maksimal innlekkasje i liter/minutt/100 m tunnel. Kravet til innlekkasje vil styre opplegget for injeksjon.

Tabell 16-1 angir typiske innlekkasjekrav hentet fra norske tunnelprosjekter.

Tabell 16-1: Typiske innlekkasjekrav [28]

	Strengt krav	Middels krav	Moderate krav
Tillatt innlekkasje	5 l/min/100 m	10 l/min/100 m	20 l/min/100 m
Funksjonskrav	Sensitive omgivelser	Moderat sensitiv	Anleggsavhengig

Det vises til vurderinger i ICP-34-A-11105 Fagrapport Hydrogeologi, hvor følgende lekkasjekrav er angitt for bergtunnelene:

- Skottåstunnelen – 10 l/min/100 m tunnel
- Gråmunktunnelen – 15 l/min/100 m tunnel

Kravene gjelder også tverrslag og rømningstunneler til de respektive tunnelene.

Hvis bergtunnelene skal vann- og frostsikres med sprøytbar membran er anbefalt innlekkasjekrav etter utført forinjeksjon 5 l/min/100 m tunnel.

Lekkasjekrav på 5-10 l/min/100 m tunnel medfører behov for systematisk forinjeksjon. Lekkasjekrav på 15 l/min/100 m tunnel kan oppnås ved behovsprøvd forinjeksjon basert på en grenseverdi for utlekkasje fra sonderborhull.

Langs Kopstadtunnelen er det beregnet en innlekkasje av grunnvann fra berg/bergskjæringene langs byggegropen for betongtunnelen på 60 l/min/100 m, hvis berget ikke injiseres. Ved injeksjon antas det at innlekkasjen reduseres til ca. 3 l/min/100 m. Det vises til vurderinger i ICP-34-A-11105 Fagrapport Hydrogeologi. En drenert løsning i området er vurdert å være gjennomførbar siden leiren i områdene langs betongtunnelen er overkonsolidert og har lite setningspotensiale i områder med bebyggelse. En drenert løsning medfører at VA-systemet gjennom tunnelen må være dimensjonert for å tåle store vannmengder.

Det vil bli en revisjon av vurderinger av innlekkasjemengder fra berg langs Kopstadtunnelen etter at planlagte kjerneboring og vanntapsmålinger er utført i området.

16.2 Injeksjon

Avhengig av bergoverdekning, vanntrykk, geologi og injeksjonsmateriale bør injeksjonstrykket ligge i størrelsesorden 35-80 bar, men justeres ned i områder der det er kritisk i forhold til grunnvannsbrønner, høydebasseng og erfaring underveis (utganger i dagen, poretrykksfall, setninger o.l.).

Det forutsettes bruk av sementbaserte injeksjonsmidler og bruk av stabiliserende og plastifiserende tilsetningsstoffer. Det kan bli behov for styrt herdig i områder med liten overdekning eller store innganger, og fare for utgang av injeksjonsmasse i dagen.

For Skottåstunnelens og Gråmunktunnelens hovedløp med teoretisk sprengningstverrsnitt på 126 m² antas følgende (mengdene er basert på erfaringstall fra Snekkestad-entreprisen på parsellen Holm-Nykirke):

- Skjermgeometri med 46 hull i skjerm
- Ekstra hull ved liten overdekning
- Hull-lengde 24 meter
- 15 meter mellom skjermene ved systematisk injeksjon, ved lekkasjer i området der skjermene overlapper bør avstanden reduseres til 10 m
- Antatt masseforbruk på 54 000 – 60 000 kg pr. skjerm
- Antatt tidsforbruk pr. injeksjonsskjerm er anslått til 24 - 26 timer ekskl. boring
- Antatt antall injeksjonsskjermer er 171 stk. i hovedløp Skottåstunnelen og 25 stk. i hovedløp Gråmunktunnelen.

For tverrslag i nord langs Skottåstunnelen med tverrsnitt ca. 60 m² antas følgende:

- Skjermgeometri med 30 hull i skjermen
- Hull-lengde 24 m
- Antatt masseforbruk på 36 000 kg pr. skjerm
- Antatt tidsforbruk pr. skjerm er anslått til 16 timer ekskl. boring
- Antatt antall injeksjonsskjermer i tverrslaget er 17 stk.

For rømningstunnelen i sør langs Skottåstunnelen med tverrsnitt ca. 25 m² antas følgende:

- Skjermgeometri med 22 hull i skjermen
- Hull-lengde 24 m
- Antatt masseforbruk på 26 000 kg pr. skjerm
- Antatt tidsforbruk pr. injeksjonsskjerm er anslått til 12 timer ekskl. boring
- Antatt antall injeksjonsskjermer i rømningstunnelen i Skottåstunnelen er 15 stk.

Det antas at det ikke vil være behov for forinjeksjon i rømningstunnelen i Gråmunktunnelen.

Antatte totale mengder boring, injeksjonsmateriale, pakkere og tid i forbindelse med injeksjonsarbeider i hovedtunneler, tverrslag og rømningstunneler er vist i tabell 16-2. Mengdene er basert på lekkasjekrav etter forinjeksjon på mellom 10-15 l/min/100 m tunnel.

Ved behov for innlekkasjekrav på 5 l/min/100 m tunnel på grunn av løsning med sprøytbar membran til vann- og frostsikring, vil dette trolig medføre behov for redusert avstand mellom skjermene/flere skjermer, kanskje flere hull pr. skjerm og dermed en generell økning av alle mengdene oppgitt i tabellen under for den/de av hovedløpene hvor denne vann- og frostsikringsmetoden benyttes.

Tabell 16-2: Oversikt antatte mengder knyttet til injeksjon i hovedløp, tverrslag og rømningstunneler ved lekkasjekrav på 10-15 l/min/100 m tunnel.

	Borlengde (m)	Injeksjons- masse (kg)	Injeksjons- tid (t)	Pakker- plassering (stk.)
Skottåstunnelen- hovedløp	189 000	9 234 000	4 100	7 900
Gråmunktunnelen- hovedløp	27 600	1 500 000	650	1250
Tverrslag nord- Skottåstunnelen	12 000	612 000	300	550
Rømningstunnel sør- Skottåstunnelen	8 000	390 000	200	350
Rømningstunnel- Gråmunktunnelen	-	-	-	-
Totale mengder	236 600	11 736 000	5 250	10 050

Injeksjonsopplegget bør være fleksibelt slik at justeringer kan utføres underveis etter hvert som det tilkommer erfaringer. Det skal etableres et system for kontroll av om utført injeksjon er tilstrekkelig. Dette kan f.eks. gjøres ved å måle vannmengden over terskler støpt til berg i sålen. I tillegg skal det utføres setningsnivellement på bygninger fundamentert helt eller delvis på løsmasser og poretrykket i utvalgte områder skal overvåkes.

I injeksjonsestimatene er det ikke tatt hensyn til ekstra mengder i forbindelse med siktutvidelse, store nisjer og uttak for tekniske hus og snuhammerer nederst i tverrslagene nær hovedtunnelene. Det er heller ikke tatt hensyn til utvidelse i forbindelse med trykkreduserende tiltak, der normalprofilen økes fra 92,5 m² til 112 m², se kapittel 14. Dette medfører en økning av teoretisk sprengningsprofil fra 126 m² til 149 m².

16.3 Vibrasjoner og luftstøt ved uttak av berg

Før oppstart sprenging, pigging og anleggstrafikk skal det kartlegges om det finnes utstyr i bygninger og langs veier i nærheten som kan være spesielt ømfintlige for vibrasjoner. Dette gjøres i forbindelse med bygningsbesiktigelsen. Eier av utstyr må skaffe informasjon om tillatte vibrasjoner. Ut fra dette skal det vurderes behov for vibrasjonsdempende tiltak.

Tabell 16-3 viser oversikt over beregnede vibrasjonskrav for å unngå skader, og gjelder selve bygningskonstruksjonene. Kravene er basert på NS8141:2001 [21], og er ikke korrigert med hensyn på avstand mellom vibrasjonskilde og bygninger ved fundamentering på løsmasser. Kravene kan ansees som veiledende inntil bygningsbesiktigelse er utført.

Tabell 16-3: Oversikt veiledende vibrasjonskrav for bygninger langs planlagt ny jernbanetrasé mellom Nykirke og Barkåker basert på NS8141:2001 [21].

Konstruksjon	Vibrasjonskrav sprengning [mm/s]	Vibrasjonskrav pigging [mm/s]	Vibrasjonskrav anleggstrafikk [mm/s]
Bolighus/hytter på berg	40	32	40
Bolighus/hytter på løsmasser	16	12	16
Driftsbygninger, uthus, garasjer og industribygg på berg	50	40	50
Driftsbygninger, uthus, garasjer og industribygg på løsmasser	20	16	20
Skottås høydebasseng	40	32	40
Ventilrom	60	48	60
Vannledninger ved km. 96,28, 96,92 og 97,1 + vannledninger under Skottås høydebasseng	18 ¹⁾		
Bruer over og under E18 ved Kopstad-krysset	70	56	70

1) Se kapittel 10.2 og 10.3

På steder der det fra grunnundersøkelsene er registrert kvikkleire, og det i tillegg skal utføres sprengning, gjelder grenseverdi for vibrasjoner og måleopplegg som angitt i NS8141-3:2014 Del 3: Virkning av vibrasjoner fra sprengning på utløsning av skred i kvikkleire [29]. Standarden angir toppverdi for frekvensveid svingehastighet på 45 mm/s i den retningen som har størst verdi. Standarden beskrives også detaljert hvordan vibrasjonene skal måles. Det er viktig i denne forbindelse å vurdere sprengingsopplegget slik at masser/røysa ikke kastes opp på kvikkleira.

I henhold til ICP-34-A-11092 Fagrapport Geoteknikk er det registrert forekomst av kvikkleire på følgende steder:

- Mellom km. 92,0 – 92,5 (sprengning av høy skjæring ca. 100 m lengre nord)
- I borhull VNB-2118 ved ca. km. 94,65 (nærmeste sprengning er i skjæring ca. 500 m lengre sør)
- I borhull VNB-2631 ved km. 103,4 (nærmeste sprengning er i skjæring ca. 300 m lengre nord)

Det er ingen fredede bygninger langs ny jernbanetrasé, men flere gårdstun og enkeltbygninger er registrert i SEFRAK (Sekretariat for registrering av kulturminner i Norge)-

registeret som bygninger fra før 1900 [30]. Vibrasjonskravene oppgitt i tabell 16-3 er konservative og antas også å kunne gjelde SEFRAK-registrerte bygninger. Endelig vibrasjonskrav kan settes etter at det er utført bygningsbesiktigelse. Det skal utføres rystelsesmålinger på utvalgte bygninger gjennom hele anleggsperioden.

Ved etablering av påhugg og driving av tunnel de første ca. 100 m kan det oppstå skader på nærliggende bebyggelse i form av luftstøt. Dette kan spesielt gjelde begge påhuggene for Skottåstunnelen. For å redusere dette trykket skal det monteres skytematter ved påhuggene og/eller bruke skyteskjold eller annet dekningsmaterieell foran påhugget. Påhuggene vil bli etablert i byggegrop, slik at lufttrykket her vil ledes langs byggegropen.

16.4 Bygningsbesiktigelse og setningsnivellement

Bygninger i området rundt planlagt trasé for ny jernbane, skal besiktiges før anleggsstart.

For byggverk fundamentert på berg skal det utføres besiktigelse i en avstand på 50 m til hver side av tunneltraseen [21]. Ved byggverk fundamentert på løsmasser skal denne avstanden økes til 100 m.

Siden løsmassemekktighetene kan variere relativt mye på korte avstander langs traseen, anbefales det at det tas sikte på bygningsbesiktigelse i en avstand på rundt 100 m til hver side av tunnelene.

Selv om det er vurdert til at løsmassene nær bebyggelsen langs Skottåstunnelen har lite setningspotensiale, skal det vurderes å montere nivelleringsbolter i grunnmuren på bygninger som kan bli påført setninger som følge av poretrykksfall i løsmassene på grunn av lekkasjer inn i byggegrop og tunneler.

17 RAMS

Det er to forhold med hensyn på RAMS når det gjelder Ingeniørgeologi i dette prosjektet.

Det ene forholdet gjelder sikkerhet for togframføring og samtidig uttak av berg i høy skjæring mellom Tangentunnelen og Kopstadtunnelen, og gjelder kun under anleggsarbeidene. Disse arbeidene må planlegges nøye. I driftsfasen, etter at berget er tatt ut og skjæringen er sikret forsvarlig med bergsikring og fanggrøft, gjelder ikke dette forholdet.

Det andre forholdet gjelder i driftsfasen. Hvis vann- og frostsikring med sprøytbar membran blir valgt som løsning i deler av bergtunnelene, kan dette medføre mer ettersyn med hensyn på fuktgjennomgang og frost i tunnelene enn om løsningen med kontaktstøpt betonghvelv med membran velges.

18 KRAV TIL PROSJEKTERING OG BYGGING AV JERNBANETUNNELER

I henhold til Bane NOR sitt Tekniske regelverk [2] og Teknisk Designbasis for InterCity strekningene [3] skal tunneler prosjekteres i henhold til Norsk Standard NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering [31]. Geoteknisk kategori velges på bakgrunn av risiko, enten risiko i grunnen/vanskelighetsgrad eller prosjektets vanskelighetsgrad og skal gjelde alle faser i prosjektet.

Alle jernbanetunneler skal i utgangspunktet ligge i geoteknisk kategori 3. Der forundersøkelsene viser godt og forutsigbart berg kan geotekniske kategori 2 benyttes. Ingen tunneler skal ligge i kategori 1.

Kontrollform og kontrollklasser ved prosjektering og utførelse finnes i NS-EN1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner [32]. Det skal generelt benyttes pålitelighetsklasse 2 eller 3. Pålitelighetsklasse/konsekvensklasse for jernbane i drift settes til klasse 3.

Kompliserte undergrunnsanlegg skal ligge i pålitelighetsklasse 3 og prosjekteringskontrollklasse PPK3 med utvidet kontroll DSL 3. Dette medfører kontroll ved uavhengig tredjemann. Kontroll utført av en annen organisasjon enn den som har foretatt prosjekteringen.

Uavhengig tredjemannskontroll skal utføres i byggherrens regi.

Krav til prosjektering og bygging gjelder lukkede konstruksjoner rundt sporet/jernbanetunnel, i dette tilfelle portaler og bergtunneler. Det er egne regler for løsmassetunneler/kulverter og snø- og rasoverbygg.

19 REFERANSELISTE

- [1] ICP-34-A-11063_01B Prosjektforutsetninger for bergtunneler, 30.01.2017.
- [2] Teknisk regelverk, 01.02.2017
- [3] Teknisk designbasis for InterCity, rev. 03A, 14.11.2016
- [4] ICP-34-A-10731_01A Vurderinger av vann- og frostsikringsløsninger for eksisterende Tangentunnelen, 25.11.2016.
- [5] NGU (1999) Geologisk forhold langs jernbanetrasé Holm-Holmestrand-Nykirke. Rapport nr. 99.037, datert 16.04.1999.
- [6] NGI (2000) Vestfoldbanen Parsell 5 Holm-Holmestrand-Nykirke. Ingeniørgeologiske vurderinger. Hovedrapport – Revidert utgave. Rapport nr. 991030-1, datert 15.03.2000.
- [7] Multiconsult (2008) Vestfoldbanen Holm-Holmestrand-Nykirke. Fagrapport Ingeniørgeologi og hydrogeologi. Dokument nr. V21401, rev. 1, datert 28.02.2008.
- [8] NGU (2009) 2D resistivitetsmålinger langs den planlagte Holm-Holmestrand-Nykirke jernbanetunnel. Rapport nr. 2009.068, datert 18.12.2009.
- [9] NGI (2010) Parsell 5.3 Holmestrand-Nykirke UHN-07 Snekkestad. Ingeniørgeologisk – Hydrogeologisk fagrapport til byggeplan. Dokument nr. UVB-53-A-17101, rev. 00B, datert 19.11.2010.
- [10] NGI (2015) Vestfoldbanen Nykirke-Barkåker. Helikopterbasert AEM – InterCity-prosjektet. Datarapport. Dokument nr. ICP-34-V-70000, rev. 01A, datert 09.10.2015.
- [11] Rambøll (2015) Geofysiske undersøgelser for InterCity prosjektet Nykirke Barkåker. Resistivitets- og IP-målinger. Dokument nr. 1100018254-31-001-5, rev. 5, datert desember 2015.
- [12] Rambøll (2017) Intercity-prosjektet Nykirke-Barkåker i Vestfold. Geofysiske undersøgelser. Dokument nr. 1100028233-1, datert juli 2017.
- [13] Statens vegvesen Håndbok N200 Vegbygging, juni 2014.
- [14] Statens vegvesen Håndbok R762 Prosesskode 2 Standard beskrivelse for bruer og kaier, hovedprosess 8, november 2015.
- [15] NGI (2017) Teknisk notat. Innledende vurderinger av miljørisiko fra rombeporfyrr. Dokument nr. 20140654-04-TN, rev. 0, datert 30.01.2017.
- [16] NGB (1985) Håndbok Ingeniørgeologi – Berg. Norsk Bergmekanikk Gruppe, 1985.
- [17] NGB (2000) Handbook No. 2: Engineering Geology and Rock Engineering. Norsk Bergmekanikk Gruppe, 2000.
- [18] ISRM (1978) Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. International Standards for Rock Mechanics, 1978.
- [19] <http://geo.ngu.no/kart/granada/>
- [20] Statens vegvesen Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, juni 2014 (Faglig innhold 2010).
- [21] Norsk Standard NS8141:2001 Vibrasjoner og støt. Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skader på byggverk.
- [22] NGI (2015) Bruk av Q-systemet. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning, november 2015.
- [23] Statens vegvesen Håndbok N500 Vegtunneler, november 2016.
- [24] Statens vegvesen Håndbok V520 Tunnelveiledning. FORELØPIG, november 2016.
- [25] ICP-00-A-00116_00A Forslag til tunneltverrsnitt. Vedlegg 4 Frostinntrengning, datert 31.01.2017.
- [26] Statens vegvesen Håndbok R761 Prosesskode 1 Standard beskrivelsestekster for vegkontrakter, november 2015.

- [27] Holter, Karl Gunnar og Sagen, Trine By (2017) Permanent kledning med sprøytebetong og sprøytbar vanntetningsmembran i norske jernbanetunneler. Presentasjon på møte i Trondheim, 29. september 2017.
- [28] NFF (2010) Praktisk berginjeksjon for underjordsanlegg. NFF Håndbok nr. 06, datert juli 2010.
- [29] Norsk Standard NS8141-3:2014 Vibrasjoner og støt. Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk. Del 3: Virkning av vibrasjoner fra sprengning på utløsning av skred i kvikkleire.
- [30] <http://www.riksantikvaren.no/Veiledning/SEFRAK>
- [31] NS-EN 1997-1:2004 + A1:2013 + NA:2016 Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 1: Allmenne regler, 01.07.2016.
- [32] NS-EN 1990:2002 + A1:2005 + NA:2016 Eurocode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, 01.05.2016.

20 VEDLEGG

Logger fra kartlegging av kjerneprøver
Foto av kjernebatter