


Fagrappport Anleggsgjennomføring

E16 og Vossebanen, Arna - Stanghelle



<input checked="" type="checkbox"/>	Akseptert
<input type="checkbox"/>	Akseptert m/kommentarer
<input type="checkbox"/>	Ikke akseptert / kommentert Revider og send inn på nytt
<input type="checkbox"/>	Kun for informasjon
Sign: Gunnar Søderholm, 23.02.2021 08:29:54	

04B	Etter kommentarer fra BN/SVV	26.10.2020	trojo/STSK	norohd	nojaov
03B	Etter kommentarer fra BN/SVV	22.10.2020	Trojo/STSK	norohd	nojaov
02B	Etter kommentarer fra BN/SVV	02.10.2020	trojo/noeivb	norohd	nojaov
01B	Etter kommentarer fra BN/SVV	28.08.2020	trojo/noeivb	norohd	nojaov
00B	Første utgave	14.02.2020	trojo/noeivb	norohd	nojaov
Revisjon:	Revisjonen gjelder:	Dato:	Utarb. av:	Kontr. Av:	Godkj. av
Tittel: E16 og Vossebanen, Arna - Stanghelle		Sider:	118		
Fagrapport Anleggsgjennomføring		Produsert av:			
		Prod. Dok. Nr.:			
		Erstatter:			
		Erstattet av:			
Prosjekt:	B10462/77003301	Dokumentnr:	UAS-01-A-00032	Revisjon:	04B
Parsell:	01	Drift dokumentnr:		Drift rev.	

SAMMENDRAG

Med tre 8-10 km lange tunnelstrekninger for vei og bane, avløst av korte dagsoner på Vaksdal og Trengereid, har prosjektet til dels store utfordringer som må løses i forbindelse med anleggsgjennomføringen, blant annet:

- Lange tunnelstrekninger med få angrepsmuligheter
- Stort masseoverskudd, totalt vel 10 millioner anbrakte kubikkmeter, tilsvarende ca. 700 000 lastebillass
- Tung anleggsdrift i tettbygde strøk
- Arealknapphet og begrensninger for riggområder, lagringsplass, produksjonsanlegg og massedeponi
- Transportarbeider og masselogistikk, med transport delvis på offentlig vei
- Trafikkavvikling og trafiksikkerhet i anleggsperioden

Ved planlegging av anleggsgjennomføringen er det lagt stor vekt på å utføre arbeidene på en mest mulig skånsom måte for miljø, beboere og andre berørte parter. Det er også viet stor oppmerksomhet til trafiksikkerhet i anleggsperioden.

For å begrense anleggstrafikk langs E16 er transport over sjø til et mottak, eventuelt deponering i sjøen, vurdert som en god løsning. For hver av de tre tunnelstrekningene er det derfor lagt til rette for anleggstverrslag ut til midlertidige flytende kaianlegg. Mulige tverrslag og angrepspunkt er foreslått for å oppnå mest mulig rasjonelt opplegg med hensyn til fremdrift og økonomi.

Det vil være en utfordring å finne tilstrekkelig areal til riggområder, lagringsplass og produksjonsanlegg for anleggsgjennomføringen. I tillegg til absolutt nødvendig tilrigging ved tunnelpåhuggene vil det være behov for riggområder relativt nært tunnelene, samt områder for hovedrigg for de forskjellige entreprisene. Alternativt kan de enkelte entreprenørene også inngå private avtaler med grunneiere. Aktuelle områder for rigg- og produksjonsanlegg er beskrevet for de respektive dagsoner og tverrslag.

Store deler av massene er av relativt god kvalitet og bør kunne anvendes i kvalitetsfyllinger og til veiformål. Laboratorietester av bergmassen tyder også på at berg fra enkelte av formasjonene langs tunnelene kan brukes til ballastpukk.

Anvendt i prosjektet vil dette bety besparelser for både kostnader og miljø. Denne muligheten bør undersøkes nærmere.

Det er foreløpig ikke avklart når anleggsgjennomføringen kan starte opp. Mulig oppstart vil avhenge av planvedtak, finansiering, eventuell oppdeling i byggetrinn, kontraktstrategi, tid til prosjektering m.m. Med full samtidig utbygging av veg og jernbane antas det at samlet byggetid for prosjektet vil være 8-10 år. Tunneldriving vil da pågå i 5-6 år, avhengig av prioritering og rekkefølge.

Det er i rapporten beskrevet en mulig løsning for hvordan anleggsarbeidene kan gjennomføres, men det foreligger også andre mulige løsninger. Det er lagt vekt på å legge forholdene til rette slik at entreprenør har fleksibilitet i hvordan anlegget kan gjennomføres.

Innhold

Sammendrag	3
Innhold.....	5
1 Innledning	9
1.1 Bakgrunn.....	9
1.2 Hensikt og målsetning	11
2 Dokumentinformasjon	12
2.1 Dokumenthistorikk	12
2.2 Definisjoner og forkortelser.....	12
3 Spesielle utfordringer, rammebetingelser og overordnet strategi.....	13
3.1 Spesielle utfordringer.....	13
3.2 Rammebetingelser	13
3.3 Overordnet strategi.....	14
3.3.1 Tunneler	14
3.3.2 Masser	16
3.3.3 Areal	16
3.3.4 Ytre miljø	16
4 Nøkkeltall fremdrift og geologiske forhold	17
4.1 Nøkkeltall.....	17
4.1.1 Typiske tunnelverrsnitt	17
4.1.2 Tunnellengder og massevolum	21
4.1.3 Kapasiteter og fremdrift	22
4.2 Geologiske forhold	25
5 Overordnede føringer, sikkerhet og miljø.....	28
5.1 Overordnede føringer.....	28
5.1.1 Prinsipper og føringer for tunnelanleggene	28

5.1.2	Prinsipper og føringer for daganleggene	29
5.1.3	Massehåndtering og massetransport	30
5.1.4	Bruk av masser fra tunneldriving	32
5.1.5	Masser fra bunnrensk	35
5.1.6	Innredning i tunneler	35
5.1.7	Arealbehov, rigg og produksjonsanlegg	37
5.2	Sikkerhet og miljø	38
5.2.1	Arbeidsrelaterte forhold (SHA)	38
5.2.2	Anleggsarbeider og ytre miljø	39
6	Anleggsgjennomføring	41
6.1	Dagsone Helle	41
6.1.1	Innledning	41
6.1.2	Arbeidsbeskrivelse og fremdrift	41
6.1.3	Tilrigging	42
6.1.4	Sikkerhet og miljø	43
6.2	Dagsone Stanghelle	43
6.2.1	Innledning	43
6.2.2	Område nord	43
6.2.3	Bru over Dalevågen	47
6.2.4	Stasjonsområde og kulvert	50
6.2.5	Sikkerhet og miljø	53
6.3	Strekningen Stanghelle/Helle – Vaksdal (strekning øst)	53
6.3.1	Innledning	53
6.3.2	Angrepspunkt Helle	54
6.3.3	Tverrslag Fossmark – Svabakken	57
6.3.4	Innredning for strekning øst	68

6.3.5	Kostnader.....	69
6.4	Dagsone Vaksdal B1.....	70
6.4.1	Innledning.....	70
6.4.2	Arbeidsbeskrivelse og fremdrift.....	71
6.4.3	Tilrigging.....	72
6.4.4	Sikkerhet og miljø.....	72
6.5	Dagsone Vaksdal B2.....	73
6.5.1	Innledning.....	73
6.5.2	Arbeidsbeskrivelse og fremdrift jernbane B2.....	74
6.5.3	Tilrigging jernbane B2.....	74
6.5.4	Sikkerhet og ytre miljø jernbane B2.....	75
6.5.5	Arbeidsbeskrivelse og fremdrift E16 B2.....	75
6.5.6	Tilrigging E16, B2.....	78
6.5.7	Sikkerhet og ytre miljø E16, B2.....	78
6.5.8	Trafikk til/fra Vaksdal ved utførelse av rundkjøringer i Jamnatunnelen og Bogetunnelen.....	79
6.6	Strekningen Vaksdal – Trengereid (strekning midt).....	80
6.6.1	Innledning.....	80
6.6.2	Tverrslag Langhelle.....	81
6.6.3	Boge kai.....	85
6.6.4	Tunneldriving fra Trengereid.....	87
6.6.5	Innredning for Trengereid - Vaksdal (strekning midt).....	90
6.6.6	Kostnader for strekning midt.....	90
6.7	Dagsone Trengereid.....	91
6.7.1	Innledning.....	91
6.7.2	Arbeidsbeskrivelse og fremdrift.....	92
6.7.3	Tilrigging.....	93

6.7.4	Deponering Trengereiddalen	94
6.7.5	Deponering Vestredalen	95
6.7.6	Sikkerhet og miljø	95
6.8	Strekningen Trengereid – Arna (strekning vest)	96
6.8.1	Innledning	96
6.8.2	Tverrslag Romslo	98
6.8.3	Tunneldriving fra Arna/Asko (E16)	103
6.8.4	Innredning og fremdrift strekning vest (E16)	106
6.8.5	Tverrslag Takvam (jernbanetunnel)	106
6.8.6	Arna stasjon	108
6.8.7	Kostnader jernbanetunnel	112
6.9	Dagsoner Arna	112
6.9.1	Innledning	112
6.9.2	Arbeidsbeskrivelse og fremdrift	113
6.9.3	Tilrigging	114
6.9.4	Sikkerhet og miljø	114
7	Oppsummering	115
8	Referanseliste	117

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Rambøll Sweco ANS er engasjert av Statens vegvesen og Bane NOR for å prosjektere ny vei og jernbane mellom Arna og Stanghelle/Helle i prosjektet «E16 og Vossebanen, Arna-Stanghelle». Det skal utarbeides en felles statlig reguleringsplan for vei og bane med tilhørende konsekvensutredning for den cirka 30 km lange strekningen. Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD) er planmyndighet.

Bakgrunnen for prosjektet er at det er en meget viktig forbindelse lokalt og nasjonalt med stor trafikk, samtidig som at strekningen er svært utsatt for skred og har mange ulykker. Dagens veitunneler tilfredsstillers ikke EU sine tunneldirektiv. For jernbanen vil utbyggingen gi økt kapasitet og redusert reisetid.

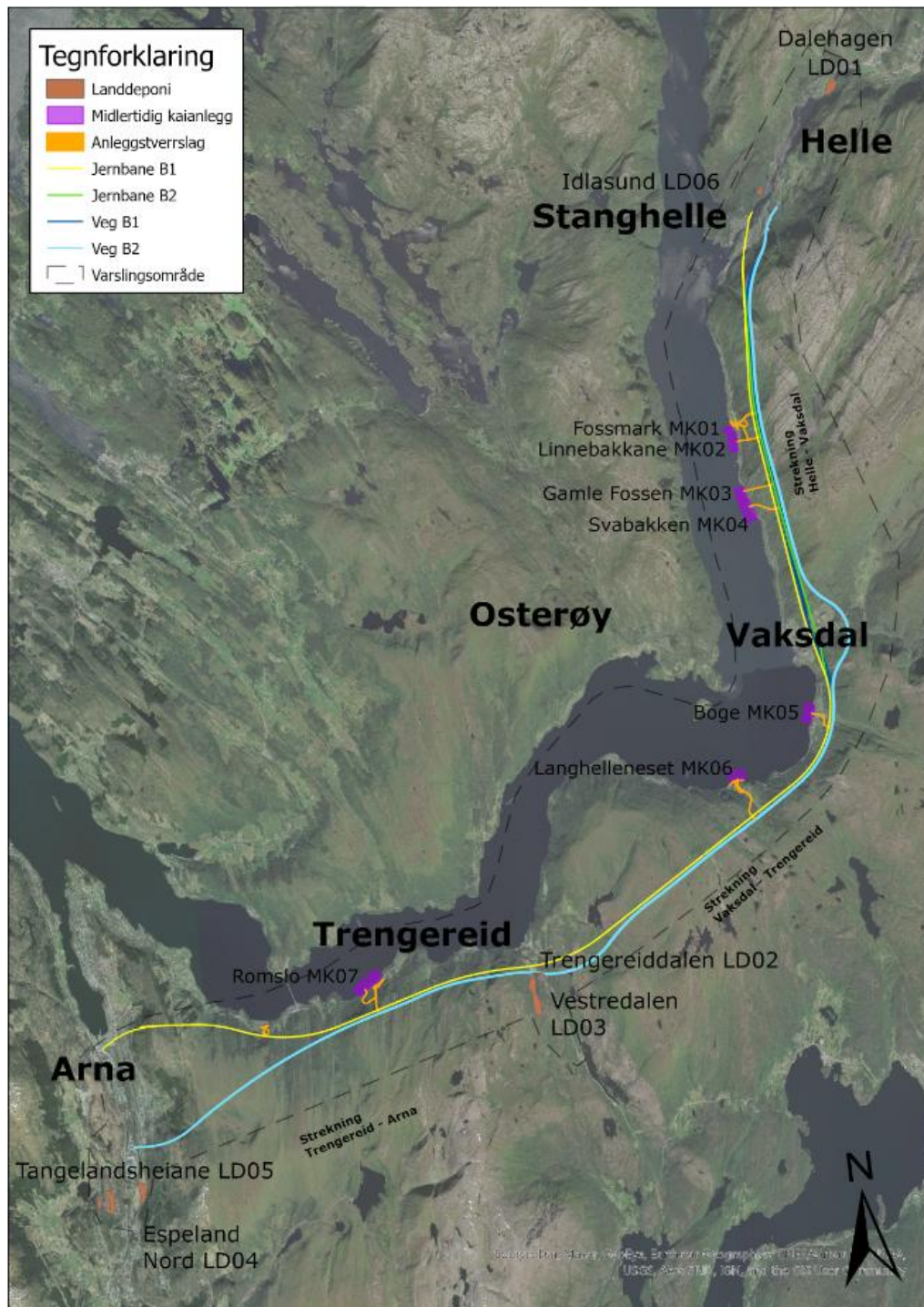
Ny dobbeltsporet jernbane består av 3 tunneler på 8-9 km samt to nye stasjoner, Vaksdal og Stanghelle. Nytt dobbeltspor skal føres inn på Arna stasjon og nord for Stanghelle skal ny bane kobles på dagens jernbanetrase. På hele strekningen skal det etableres sikringsanlegg av typen ERTMS.

Ny E16 består av 3 tunneler på 9-10 km med korte dagsoner på Trengereid og Vaksdal. Tunnelen mellom Arna og Trengereid skal bygges med to tunnelløp. Tunnelene mellom Trengereid og Vaksdal samt Vaksdal og Helle skal bygges med ett tunnelløp med toveistrafikk. Kryssløsninger i fjell benyttes for avgreining til Vaksdal og Trengereid.

Det skal etableres felles rømning mellom vei og bane fra Trengereid og østover. Mellom Arna og Trengereid skal bane i størst mulig grad rømme til veitrasé.

Denne rapporten danner sammen med andre fagrapporter et grunnlag for utarbeidelse av forprosjektrapport [5], detaljplan for bane samt planbeskrivelse.

Figur 1 viser et kartutsnitt av planområdet med vei og jernbane.



Figur 1: Kartutsnitt over planområdet med veg og jernbane, landdeponi (LD) og midlertidige kaianlegg (MK). MK01 = Fossmark, MK02 = Linnebakkane, MK03 = Gamle Fossen, MK04 = Svabakken, MK05 = Bøge, MK06 = Langhelleneset, MK07 = Romslo, LD01 = Dalehagen, LD02 = Trengereiddalen, LD03 = Vestredalen, LD04 = Espeland nord, LD05 = Tangelandsheiane, LD06 = Idlasund. På Vaksdal reguleres to alternativ, B1 og B2. Disse gir noen ulikheter for tunnelstrekningene på begge sider av Vaksdal.

1.2 Hensikt og målsetning

Hensikten med rapporten er å beskrive prinsipp og hovedtrekk for en mulig anleggsgjennomføring ut ifra de rammebetingelser som er gitt og de utfordringer som skal løses. I tillegg til å beskrive mulige løsningsforslag, vil forslagene også avdekke arealbehovet, slik at det avsettes tilstrekkelig areal for anleggsgjennomføringen.

Ved utarbeidelse av rapporten har det vært fokus på å tilrettelegge for en mest mulig effektiv og rasjonell anleggsgjennomføring og samtidig ivareta hensyn til sikkerhet og miljø i anleggsfasen.

I et område preget av arealknapphet og begrensede adkomstmuligheter og angrepspunkt for tunneldriving, er det lagt stor vekt på at det avsettes tilstrekkelig areal til entreprenøren (anleggsbelte, riggområde, produksjonsanlegg, lager med mer), til å løse oppgavene på en kostnadseffektiv og sikker måte.

I tillegg er det lagt vekt på å tilrettelegge for en mest mulig sikker og effektiv trafikkavvikling i anleggsperioden, både for vei og jernbane.

For tunnelarbeidene er det utført kapasitetsvurderinger og overslag på inndrifter, og det er vurdert ulike scenarier for massehåndtering for å kunne gi innspill til forventet byggetid på de ulike delstrekningene og prosjektet totalt sett.

Vurderinger av massedisponering er utført i tett samarbeid med fagdisiplin Massedeponi. For forhold knyttet til massedisponering og deponering av stein vises det til Fagrapport massedeponi [1].

Innholdet i rapporten vil også være et bidrag for vurdering av entreprisinndeling og kontraktstrategi for prosjektet.

2 DOKUMENTINFORMASJON

2.1 Dokumenthistorikk

Rev.	Dokumenthistorikk
00B	Første utgave
01B	Andre utgave
02B	Tredje utgave

2.2 Definisjoner og forkortelser

Bunnrensk Fjerning av løsmasser og midlertidig anleggsvei etter tunneldriving

Inndrift: Produksjon i tunnelmeter per uke

Strossing: Utvidelse av tverrsnitt i eksisterende tunnel

Stuff: Arbeidsfront i tunnel der det foregår boring, sprengning og utlasting

Tverrslag: Ekstra tilkomsttunnel for driving av hovedtunnel. Kan bestå av en *adkomsttunnel* og en *transporttunnel* der *adkomsttunnel* er tilkomst for driving av hovedtunnel for veg og jernbane, og *transporttunnel* er tunnel for massetransport

Vekseldrift: Driving av tunnel i to retninger av samme drivelag for optimal utnyttelse av tunnelrigger, utstyr og mannskap

Volum:

- **am³:** Volum anbragte masser (komprimert i fylling)
- **fm³:** Volum faste masser
- **lm³:** Volum løse masser

BWI: Borslitasjeindeks

DRI: Borbarhetsindeks

HMS: Helse, Miljø og Sikkerhet

KMD: Kommunaldepartementet

LA: Los Angeles (verdi)

MDE: Micro-Deval-koeffisient

MOP: Miljøoppfølgingsplan

ROS: Risiko og sårbarhet

SHA: Sikkerhet, Helse og Arbeidsmiljø

SJA: Sikker jobbanalyse

SVV: Statens vegvesen
TBM: Tunnelboremaskin
XRD: Røntgendiffraksjonsanalyse
YM: Ytre Miljø

3 SPESIELLE UTFORDRINGER, RAMMEBETINGELSER OG OVERORDNET STRATEGI

3.1 Spesielle utfordringer

Av spesielle utfordringer for anleggsgjennomføringen kan det kort nevnes:

- Lange tunneler
- Stort masseoverskudd
- Arealknapphet
- Tilkomst til arbeidsområder og tverrslag
- Tung anleggsvirksomhet i tett bebyggelse
- Trafikkavvikling i anleggsperioden
- Anlegg mot jernbane i drift (driving av tunnel mot Arna, arbeider påkobling Stanghelle og tverrslag)

I planlegging av anleggsgjennomføringen har det vært stort fokus på blant annet følgende forhold:

- Tilrettelegging for sikker, effektiv og rasjonell anleggsgjennomføring
- Minst mulig sjenanse for omgivelser, hensyn til beboere og ytre miljø
- Massehåndtering, massetransport og logistikk
- Trafikkavvikling og trafiksikkerhet

3.2 Rammebetingelser

Ved vurdering av anleggsgjennomføringen er følgende rammebetingelser lagt til grunn:

- Mulig oppstart av prosjektet i 2024
- På strekningen Arna-Trengereid vil det neppe være mulig å drive 6 stuffer samtidig fra tverrslaget på Romslo (3 stuffer vestover + 3 stuffer østover i 3 tunnellop, totalt 6 stuffer). Her må E16 drives ferdig først, for så å innredes

fra hver ende når man starter med driving av jernbanetunnelen, alternativt kan det gjøres i motsatt rekkefølge.

- Samtidig gjennomføring av anleggsarbeider/tunneldriving på strekningen Trengereid – Stanghelle/Helle der vei og jernbane utføres som fellesprosjekt.
- Ved etablering av angrepspunkter for tunneldriving må eksisterende jernbanespor ivaretas og arbeidet i og ved spor må planlegges nøye med tanke på spor i drift og bruddtider
- Det er ikke lagt opp til tunneldriving fra Stanghelle.
- Ved alternativ B1: Fra Vaksdal drives ca. 300 m grentunnel for trafikkomlegging fra eksisterende E16-tunnel (Bogatunnelen).
- Fra Trengereid drives mellom 2 til 4 km vei- og jernbanetunnel mot Vaksdal
- Konvensjonell driving av tunneler med boring og sprengning
- Driving på veksel der det er mulig/hensiktsmessig
- Optimal utnyttelse av kjørbare rømningstunneler/tverrforbindelser til anleggsformål
- Alternativ tunneldriving med TBM har vært vurdert av Bane NOR på et tidligere tidspunkt, men det planlegges primært for konvensjonell driving [9]
- Tilkomst og mulighet for driving av tunnel videre mot Voss fra Stanghelle

I tillegg vil topografiske forhold, geologi og grunnforhold ha stor betydning for de totale kostnader, inndrifter og ferdigstilling av prosjektet. Dessuten vil arealknapphet og bebyggelse sette krav til hvordan anleggsarbeidene i dagsonene kan gjennomføres.

For øvrig vil offentlige lover og forskrifter legge føringer for sikkerhet og miljø ved anleggsgjennomføringen.

3.3 Overordnet strategi

3.3.1 Tunneler

Med lange tunneler og begrenset tilkomst som en av de store utfordringene, er det lagt opp til tunneldriving via tverrslag og fra enkelte av endepunktene på tunnelene. Følgende mulige angrepspunkt for tunneldriving er vurdert som de mest hensiktsmessige angrepspunktene og omtalt i rapporten:

- Påhugg E16 ved Helle
- Tverrslag Fossmark (i alt 7 mulige løsninger)
- Boge kai
- Langhelle
- Trengereid
- Romslo
- Takvam
- Arna stasjon
- Arna Asko (to løp for E16)

Det er i tillegg gjort vurderinger av tunneldriving fra Stanghelle og Vaksdal. På Stanghelle er det på grunn av omfattende anleggsvirksomhet knyttet til kulvert og stasjonsområde samt å begrense masseuttak og massetransporter, lagt opp til at tunneldriving av strekningen Stanghelle – Vaksdal utføres fra Helle og valgt tverrslag ved Fossmark.

På Vaksdal er det på grunn av plassforhold og mangel på deponeringsmuligheter lagt opp til kun å drive en ny avgreiningstunnel fra eksisterende E16-tunnel (Bogatunnelen). Omlegging av Bogatunnelen er kun aktuelt i alternativ B1. Det anbefales for øvrig å drive 30 til 50 meter tunnel inn fra alle påhugg slik at portalene kan støpes før gjennomslag fra motsatt side. Det vil gi tids- og kostnadsbesparelse for innredningsarbeidene.

Ved vurdering av tverrslag og aktuelle drivelengder for hovedtunnelene, er 3–4 km ansett som hensiktsmessig for rasjonell tunneldriving i én retning. Det er i størst mulig grad lagt opp til vekseldrift (*forklaring kap 2.2), og utnyttelse av tverrforbindelser og rømningstunneler.

Alternativ tunneldriving fra Arna stasjon kan bety kostnadsbesparelser, men er utfordrende med tanke på beboere, bebyggelse og ytre miljø, og ikke minst for passasjerer og trafikkavvikling for jernbane i drift. Fra Trengereid er det ikke lagt opp til tunneldriving vestover. Dette fordi tverrslag ved Romslo vil ligge bare 3 km unna og trolig ha bedre deponeringsmulighet. Østover mot Vaksdal vil det være noe tunneldrift fra Trengereid grunnet beliggenheten av de alternative tverrslagene på strekningen.

Der det er veitilkomst til tverrslag er det også mulig å benytte disse som adkomst for innredningsarbeider i tunnelene.

3.3.2 **Masser**

Det er et betydelig volum med masser som skal transporteres ut av tunnelene og håndteres videre. Massetransport langs E16 er søkt begrenset til et minimum og det er lagt opp til at mesteparten av tunnelmassene transporteres sjøveien for videre anvendelse eller deponering i sjø.

Det er også lagt opp til deponering i landdeponi. Følgende deponiområder er aktuelle:

- Dalehagen ved Helle
- Idlasund -Stanghelle
- Trengereiddalen
- Vestredalen
- Tangelandsheiene
- Mottak hos private aktører

En direkte anvendelse av masser i prosjektet eller til andre formål vil være gunstig både for økonomi og miljø og er et tema som vil bli videreført.

3.3.3 **Areal**

Anleggsgjennomføringen er arealkrevende, og arealknappheten er en stor utfordring.

Det må avsettes tilstrekkelig areal til riggområder, oppstilling/parkering av kjøretøy, lagerplass til material og utstyr, prosessanlegg og mellomlagring av masser, samt anleggsbelte langs vei- og jernbanekorridor. Se også avsnitt 5.1.7.

Det må også avsettes tilstrekkelig areal til anleggsgjennomføringen, slik at arbeidene kan utføres på en kostnadseffektiv og sikker måte [3].

3.3.4 **Ytre miljø**

Tung anleggsdrift i tettbebyggelse er en stor utfordring for ytre miljø.

Det er foretatt risikovurderinger, vurderinger av støy og gjennomført ROS-analyse [4] for anleggsgjennomføringen. Resultat av ROS-analysen vil bli innarbeidet i en

miljøoppfølgingsplan (MOP), som vil legge føringer og krav til entreprenør i anleggsfasen.

Det vises til egne rapporter med hensyn til føringer og tiltak relatert til ytre miljø. Bane NOR har en egen miljøoppfølgingsplan (MOP), og Statens vegvesens Ytre miljø-plan (YM-plan) beskriver prosjektets ivaretagelse av ytre miljø.

4 NØKKELTALL FREMDRIFT OG GEOLOGISKE FORHOLD

4.1 Nøkkeltall

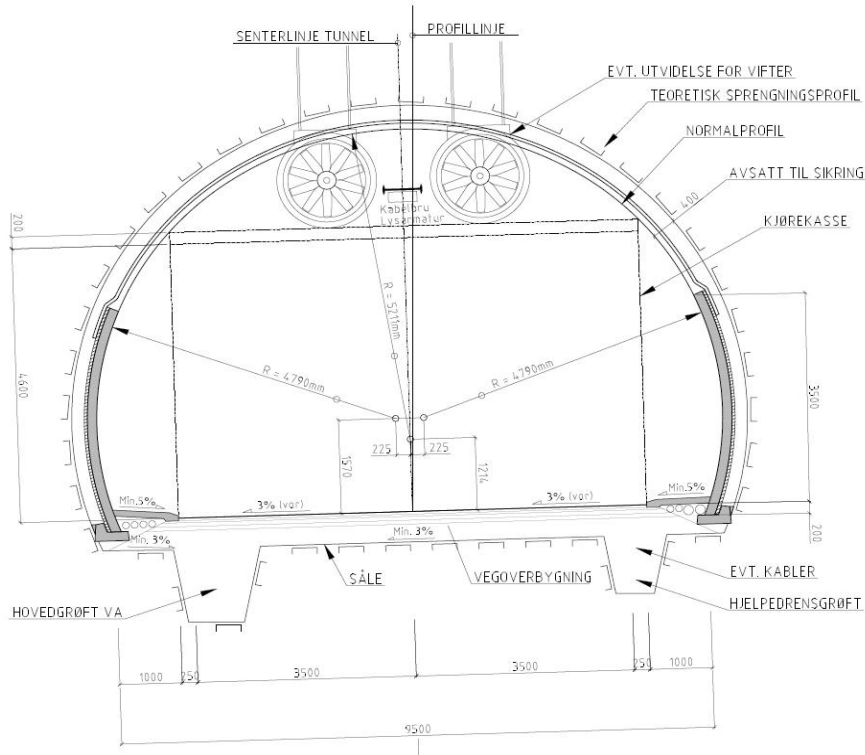
4.1.1 Typiske tunnelverrsnitt

I dette prosjektet vil det i hovedsak være snakk om fire typer tunneler:

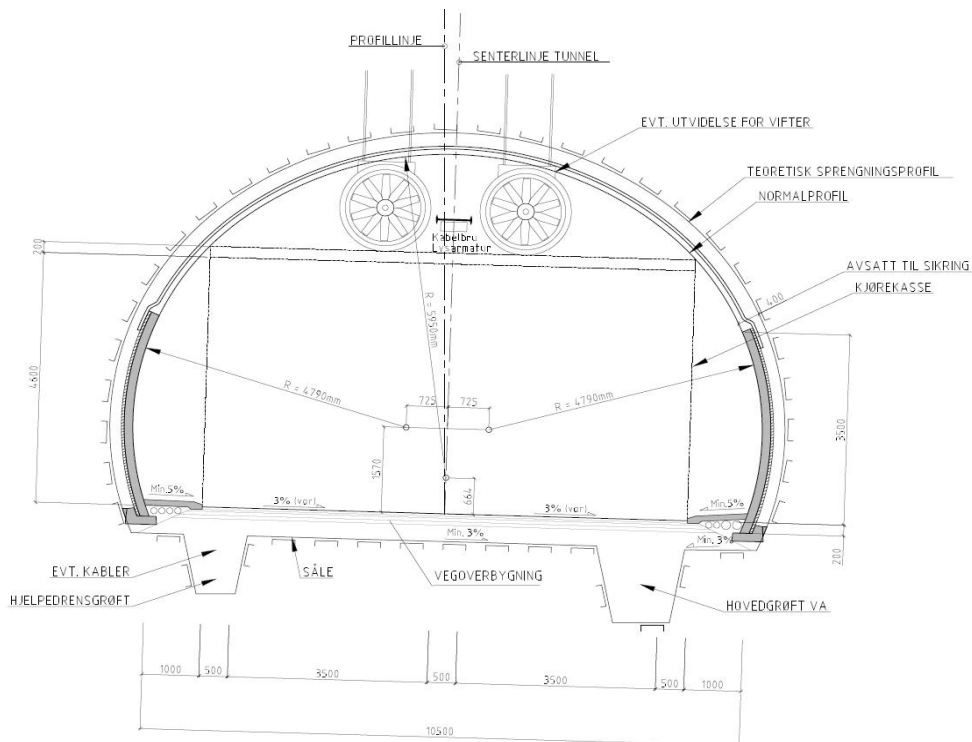
- Vegtunneler
- Jernbanetunneler
- Rømningstunneler
- Adkomsttunneler, tverrslag og transporttunneler som skal benyttes i anleggsperioden

For veg- og jernbanetunneler samt rømningstunneler, vil tverrsnittene utformes iht. regler og anbefalinger gitt i håndbøker og regelverk, hovedsakelig Håndbok N500 for vegtunneler og Teknisk regelverk for jernbanetunneler.

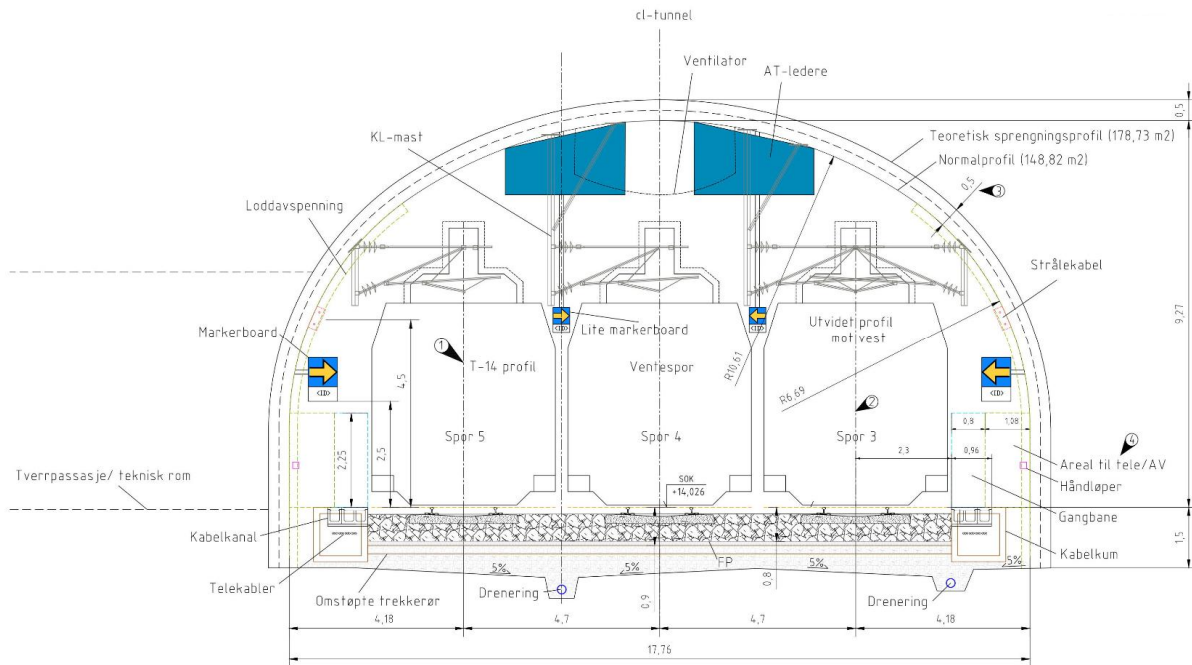
For vegtunneler vil det primært være snakk om T9,5, T10,5 og T13,5 for hovedtunnelene, mens det for jernbane er tunnelverrsnitt for enkelt- og dobbeltspor. Det er også jernbanetunnel med 2 spor og 1 ventespør ved Stanghelle. For rømningstunneler vil det være tverrsnitt tilsvarende T4 for gangbare rømningstunneler og T5,5 for kjørbare. Typiske tunnelverrsnitt for tunneler er vist i Figur 2, Figur 3, Figur 4, Figur 5, Figur 6 og Figur 7.



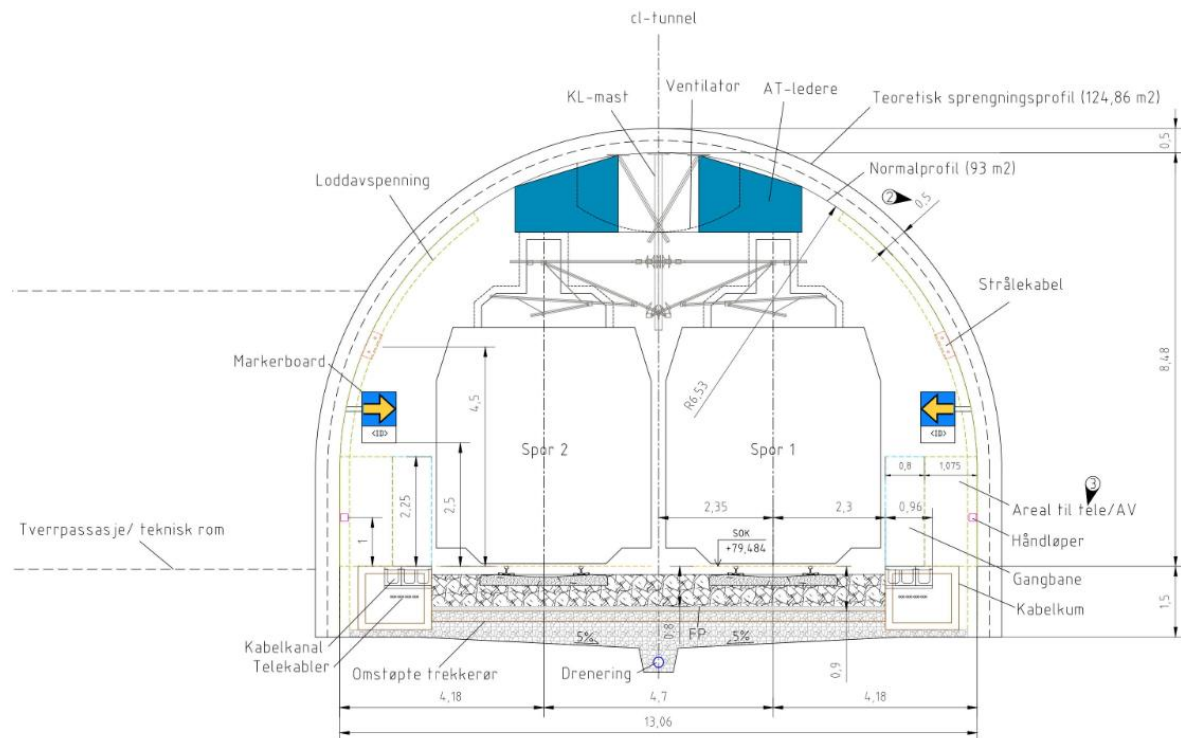
Figur 2 Normalprofil vegtunnel T9,5, fra Tunesfjelltunnelen



Figur 3 Normalprofil vegtunnel T10,5, fra Berrfjelltunnelen og Raudnipatunnelen

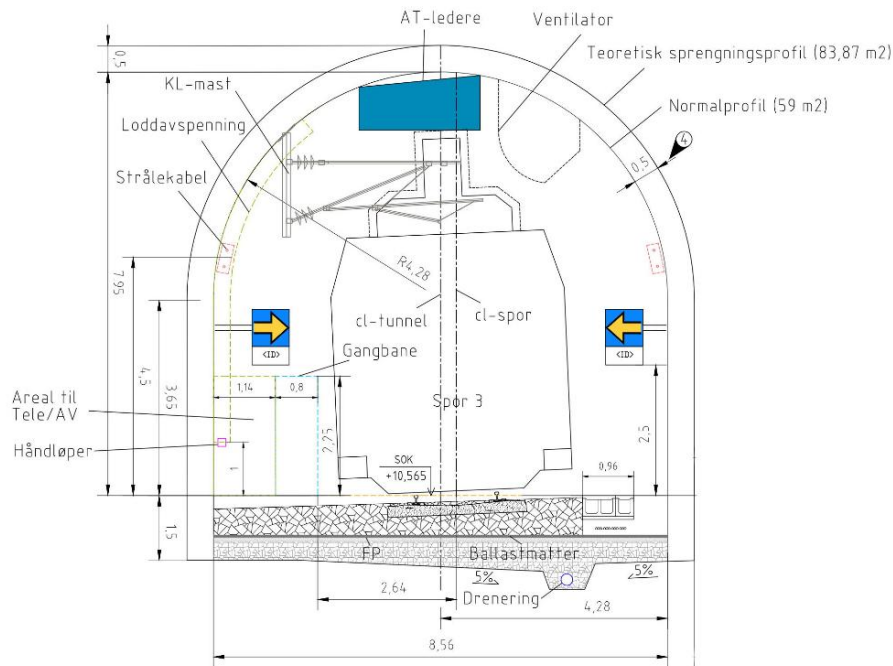


Figur 4 Normalprofil jernbanetunnel med 3 spor



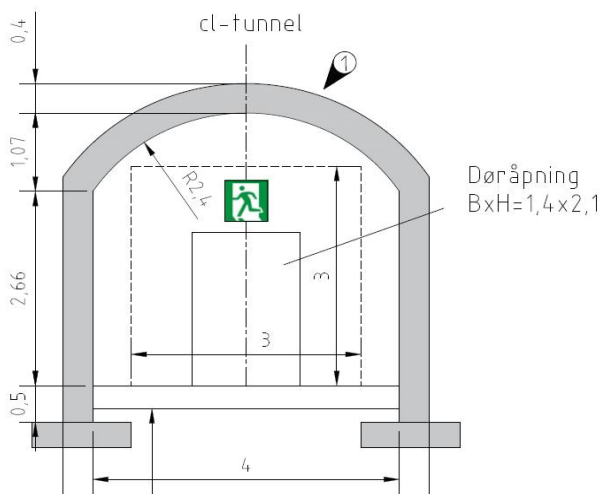
Figur 5 Normalprofil jernbanetunnel med 2 spor

Ny tunnel T9



Figur 6 Normalprofil jernbanetunnel med 1 spor

Rømningstunnel
T5,5



Figur 7 Normalprofil rømningstunnel T5,5

Tunneler som kun skal benyttes for anleggsgjennomføringen vil ha varierende tverrsnitt avhengig av formål (tilkomst og/eller massetransport). De må dessuten ha plass til fremføring av ventilasjonsduk. For dette prosjektet vil det være aktuelt med tverrsnitt i størrelsesorden 35 – 100 m². I de tilfeller tunnelene kun skal benyttes til ventilasjon (kryssing under jernbane evt. andre tunneler med liten overdekning), vil det være tilstrekkelig md 15 – 20 m². Entreprenøren vil normalt velge eget tunneltverrsnitt for anleggstunnelene.

4.1.2 Tunnellengder og massevolum

I den videre omtalen av tunneler er prosjektet delt inn i følgende strekninger:

- Strekning øst: Stanghelle/Helle – Vaksdal
- Strekning midt: Vaksdal – Trengereid
- Strekning vest: Trengereid – Arna stasjon/Arna Asko

Prosjektets nøkkeltall (størrelsesorden) fremgår av Tabell 1 hvor totalt volum består av utkjørte masser under driving og bunnrensk (*forklaring kap 2.2).

Beregningene er basert på tunneldriving fra de tverrslagene som har veiforbindelse, det vil si Fossmark/Linnebakkane, Langhelle og Romslo.

På Vaksdal reguleres to alternativ, B1 og B2. Som tabellen viser, vil det for begge alternativ være behov for ca. 800.000 am³ til oppbygging av veibane/underbygning i tunnelene.

Tabell 1: Tabellen viser en oversikt over prosjektets nøkkeltall, hhv. For alternativ B1 og B2.

MASSEOVERSIKT						
STREKNING	LENGDE I M E16 VEITUNNEL HOVEDTUNNEL	LENGDE I M JERNBANE HOVEDTUNNEL	VOLUM MASSER FM3 /1000 ALLE TUNNELER	VOLUM MASSER AM3 (1,5)/1000 ALLE TUNNELER	VOLUM BUNNRENSK AM3/1000 PERM. TUNNELER	BEHOV UNDERBYGGING AM3/1000 PERM. TUNNELER
ØST B1	8 693	7 801	1 993	2 990	220	220
ØST B2	8 805	7 619	2 027	3 041	225	225
MIDT B1	9 773	9 551	2 454	3 681	275	275
MIDT B2	10 040	9 679	2 488	3 732	280	280
VEST B1/B2	17 418	8 798	2 657	3 986	319	319
SUM B1	35 884	26 150	7 104	10 656	814	814
SUM B2	36 263	26 096	7 173	10 759	824	824

For enkelhets skyld og erfaringsmessig er det benyttet en tykkelse på 1m i volumberegninger for bunnrensk og oppbygging av vei/underbygning i tunnelene.

Lengde for E16-tunnelene i vest er 2 x 8.709 m med tverrsnitt T9,5

Av de vel 10 mill. am³ som produseres, er det regnet med at vel 8 mill. am³ fraktes sjøveien til mottak eller sjødeponi. De resterende massene kan enten anvendes i prosjektet (for eksempel til fylling, kvalitetsfylling, overbygging, ballast, asfalt og betongproduksjon), eller transporteres til landdeponi. Maksimal kapasitet på de aktuelle landdeponiene er

- Dalehagen ved Helle kapasitet ca. 700 000 am³
- Idlasund - Stanghelle nord kapasitet ca. 130 000 am³
- Trengereiddalen kapasitet ca. 300 000 am³
- Vestredalen kapasitet ca. 1 000 000 am³
- Tangelandsheiene kapasitet ca. 1 000 000 am³

Ellers vises det til fagrapport massedeponi [1].

4.1.3 Kapasiteter og fremdrift

Da prosjektstrekningen i all hovedsak består av tunneler, vil tunnelproduksjon og inndrifter være avgjørende for tidspunkt for ferdigstillelse.

Kapasiteter som er lagt til grunn for beregning av drivetider, vann- og frostsikring og innredning i tunnelene er vist i Tabell 2. Kapasiteter for tunnelene omfatter også sprengning av nisjer og tverrforbindelser der tunnelene ligger parallelt med kort avstand. Ramper og rømningstunneler må drives separat med eget utstyr og mannskap for ikke å være styrende for fremdriften.

Tabell 2: Produksjonskapasiteter (meter tunnel) som er lagt til grunn i vurderingene.

PRODUKSJONSKAPASITET TUNNELDRIVING (meter)				
	AKTIVITETER	5-METERS SALVE/UKÉ	UKEINNDRIFT NORMAL SIKRING	MÅNEDSINNDRIFT NORMAL SIKRING
	Adkomsttunnel 75 m2, Enkelstuffsdrift	11,0	55,0	220
	Transporttunnel 100 m2, Enkelstuffsdrift	9,0	45,0	180
	T 10,5, Enkelstuffsdrift	11,0	55,0	220
	2 x T 9,5. vekseldrift (per tunnel)	7,5	37,5	150
	Jernbane dobbeltspor, Enkelstuffsdrift	7,5	37,5	150
	Jernbane dobbeltspor, Vekseldrift (per tunnel)	5,0	25,0	100
	T 10,5 + Jernbane dobbeltspor, Vekseldrift	6,0	30,0	120
PRODUKSJONSKAPASITET INNREDNING (meter)				
	AKTIVITETER		PRODUKSJON PER UKE	PRODUKSJON PER MND.
	Bunnrensk og provisorisk vei i E16		175	700
	Bunnrensk og provisorisk vei i bane dobbeltspor		140	560
	Kummer, Rør og oppfylling Formasjonsplan		200	800
	Vann og Frostsikring E 16 komplett		125	500
	Vann og frostsikring jernbane komplett		100	400

Kapasitetstall er basert på normale driveforhold og hva som kan forventes ved tunneldriving i norsk grunnfjell.

For tunneldriften vil inndriftstallene gi et godt inntrykk av fremdriften for tunnelsprengningen. For innredningen vil imidlertid de mange aktivitetene overlape hverandre og utføres parallelt. Den samlede fremdriften av innredning kan antas å være omkring 100 m/uke; her vil adkomstforholdene være helt avgjørende.

I tillegg kommer tidsforbruk for sporlegging, veibygging, elektro, signal, diverse vei- og jernbaneteknisk utstyr, samt testing og utprøving av installasjoner og utstyr i tunnelene.

Entreprenørens opplegg og utnyttelse av muligheter for parallellitet og samtidighet i aktiviteter vil i stor grad påvirke den totale fremdrift og ferdigstillelse av prosjektet. Det vil imidlertid være begrensede muligheter til å starte innredning før tunneldrivingen er ferdig på de enkelte tunnelstrekningene. Utnyttelse av

tverrforbindelser, tverrslag og rømningsveier til adkomst, kan åpne for mulighet til samtidighet mellom aktiviteter.

Kontraktsform (utførelses- eller totalentreprise) og størrelse på kontrakter vil også ha stor betydning for prosjektets fremdrift og ferdigstillelse. Ved en totalentreprise og tidlig involvering av entreprenør, kan man dra stor nytte av entreprenørens erfaring og kreativitet til å finne kostnadseffektive løsninger. Dessuten kan en som regel oppnå tidligere oppstart, til dels parallell detaljprosjektering og bygging, og en tidligere åpning av prosjektet.

Muligheter for å legge til rette for forberedende entrepriser som rydding av skog og vegetasjon, omlegging av infrastruktur i dagsoner bygging av anleggsveier, forskjæringer, deponi og riggområder bør vurderes. Dersom forberedende arbeider igangsettes så snart planene er godkjent, kan dette innebære tidsbesparelse. Arbeidene kan dessuten utføres av lokale entreprenører.

Spor, elektro, signal etc. kan påbegynnes så snart innredning er ferdig i de enkelte delstrekninger. For bane vil det være mest hensiktsmessig å bygge spor og KL-anlegg med sporbyggingstog på hele strekningen. Siden det ikke er lagt opp til adkomst for sporlegging fra Arna stasjon, vil det bety at sporlegging i all hovedsak vil foregå fra Stanghelle i øst.

Fremdriften av de forskjellige strekningene avhenger av politiske føringer. Det er fra prosjektet estimert tidligst oppstart i 2024, men dette vil avhenge av prioriteringer i Nasjonal transportplan.

Vei- og jernbanetunneler mellom Trengereid og Stanghelle/Helle vil drives parallelt og må ferdigstilles samtidig. Dette fordi tunnelstrekningene bl.a. benytter felles rømningsystemer, har felles strømforsyning og dreneringssystem. Med oppstart i 2024 kan det være realistisk å ferdigstille disse to strekningene i 2031/2032.

For strekningen mellom Arna og Trengereid er vei- og jernbanetunnelene bare parallelle i ca. 3 km, mellom Romslo og Trengereid. Dette gir mulighet for uavhengig utførelse mellom vei og jernbane. Her må det imidlertid tas med i betraktningen at ca. 2/3 av strekningen for begge tunnelene bør/må drives fra Romslo hvor massedeponering er mulig. Men å drive alle tunnelene samtidig herfra

er ikke mulig uten ekstra tverrslag. Så langt har man tenkt seg å drive de to veitunnelene først, for så å starte jernbanetunnelen mens veitunnelene innredes.

Med en slik rekkefølge vil veitunnelene mellom Arna og Trengereid kunne åpnes før jernbanen, og det vil trolig være fremdriften på jernbanestrekningen mellom Arna og Trengereid som vil bestemme åpningen av jernbanen og veien mellom Trengereid og Helle.

Dersom åpning av E16 mot øst og den totale jernbanestrekningen har prioritet, er det mulig å drive jernbanen mellom Arna og Trengereid før E16. Dette kan medføre kortere tid til åpning av E16 øst for Trengereid og den totale jernbanestrekningen, på bekostning av ny E16 mellom Arna og Trengereid. Dersom innredningsarbeidet i jernbanetunnelen fullføres før driften av vegtunnelen er fullført vil vegtunnelene måtte drives fra Arna og Trengereid, noe som vil medføre økte kostnader og forlenget byggetid.

Tabell 3 gir en mulig oversikt over disse to variantene.

Tabell 3: Varianter av fremdrift avhengig av hvilken tunnel i vest som drives først.

AKTIVITETER	2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Prioritet E16 Vest																								
E 16 Arna - Trengereid	[Red bars indicating activity from 2024 Q1 to 2029 Q4]																							
Jernbane Arna - Trengereid	[Blue bars indicating activity from 2027 Q1 to 2033 Q4]																							
E16 Trengereid - Helle	[Red bars indicating activity from 2024 Q1 to 2032 Q4]																							
Jernbane Trengereid - Stanghelle	[Blue bars indicating activity from 2024 Q1 to 2033 Q4]																							
Prioritet Jernbane og E16 Øst																								
E 16 Arna - Trengereid	[Red bars indicating activity from 2027 Q1 to 2032 Q4]																							
Jernbane Arna - Trengereid	[Blue bars indicating activity from 2024 Q1 to 2030 Q4]																							
E16 Trengereid - Helle	[Red bars indicating activity from 2024 Q1 to 2032 Q4]																							
Jernbane Trengereid - Stanghelle	[Blue bars indicating activity from 2024 Q1 to 2033 Q4]																							

4.2 Geologiske forhold

Bergmassene i prosjektområdet består i hovedsak av krystalline bergarter, jevnt over av god kvalitet. Fra Helle/Stanghelle til Vaksdal består berggrunnen hovedsakelig av ulike gneiser med innslag av metadacitt, glimmerskifer og kvartsitt. Mellom Vaksdal og Trengereid består den østlige delen av strekningen fra Vaksdal av en veksling av

ulike typer gneiser, glimmerskifer og amfibolitt samt en lengre strekning med anortositt vest for Bogø. Fra Langhelle og østover under Hananipa er det en lengre strekning med albitt-glimmerskifer og den vestlige delen av strekningen inn mot Trengereid består av gneis, kvartsdioritt og konglomerat. Fra Trengereid til Arna består berggrunnen i hovedsak av vekslinger mellom ulike gneiser samt strekninger med anortositt, gabbro, amfibolitt og dioritt.

Erfaringer fra flere tunneler drevet i området tilsier at dette er relativt godt berg å drive tunneler i. De geologiske forholdene langs traseen består av mange overganger mellom ulike bergarter. Bergartsgrenser, strukturer og svakhetssoner har generelt en orientering slik at de krysser vei-/banelinjer med relativt gunstig vinkel. Foreløpige estimat av bergmasseklasser indikerer at om lag 90 % av bergmassen vil ligge i bergmasseklasse B-D, med en hovedvekt i bergklasse C. Det vil si et sikringsomfang med sprøytebetong og bergbolter. De resterende ca. 10 % antas å kunne kreve tung bergsikring, med forbolter, sprøytebetongbuer og mulig reduksjon i salvelengde. For strekningen Helle/Stanghelle – Vaksdal er det knyttet en del usikkerhet til estimatene hovedsakelig på grunn av strukturer i grunnen orientert nord-sør som delvis følger parallelt med tunnelrettingen [6].

Sammenheng mellom bergmasseklasse og sikringsklasser for permanentsikring er vist i Figur 8.

Bergmasse klasse	Bergforhold Q-verdi (sprengt berg)	Sikringsklasse Permanent sikring
A/B	Lite oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand > 1m. Q = 100 – 10	Sikringsklasse I - Spredt bolting - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm
C	Moderat oppsprukket bergmasse. Midlere sprekkeavstand 0,3 – 1 m Q = 10 – 4	Sikringsklasse II - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm - Systematisk bolting c/c 2 m
D	Tett oppsprukket bergmasse eller lagdelt skifrig bergmasse. Midlere sprekkeavstand < 0,3 m. Q = 4 - 1	Sikringsklasse III - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 100 mm - Systematisk bolting c/c 1,75 m
E	Svært dårlig bergmasse. Q = 1 - 0,2 ----- Q = 0,2 - 0,1	Sikringsklasse IV - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm - Systematisk bolting, c/c 1,5 m ----- - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm - Systematisk bolting, c/c 1,5 m - Armerte sprøytebetongbuer. Buedimensjon E30/6 ø20 mm, c/c buer 2–3 m, Buene boltes systematisk, c/c bolt = 1,5 m, boltelengde 3–4 m - Sålestøp vurderes
	Ekstremt dårlig bergmasse. Q = 0,1 - 0,01	Sikringsklasse V - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150–250 mm - Systematisk bolting, c/c 1,0 – 1,5 m - Armerte sprøytebetongbuer Buedimensjon D60/6+4, ø20 mm, c/c buer 1,5–2 m Buene boltes systematisk, c/c 1,0 m, boltelengde 3–6 m Doble buer kan erstattes med gitterbuer. - Armert sålestøp, pilhøyde min. 10 % av tunnelbredden
G	Eksepsjonelt dårlig bergmasse, stort sett løsmasse, Q < 0,01	Sikringsklasse VI - Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt

Figur 8 Sammenheng mellom bergmasseklasser (Q-systemet) og sikringsklasser – permanent sikring, fra håndbok N500

Det må forventes at det kan bli behov for injeksjon i vannførende soner for å begrense innlekkasje. Estimatenes av bergklasser er basert på kartlegginger av eksisterende vei- og jernbanetunneler, bergskjæringer, påhuggsområder og bergblotninger. Tunnelene har stedvis relativ stor overdekning opp mot om lag 600 meter på det største. Det kan ikke utelukkes at det kan forekomme sprak/bergslag som vil kunne gi økt sikringsomfang enn estimatene for bergklassene skulle tilsi.

Det vises til de ingeniørgeologiske rapportene [6] for de tre tunnelstrekningene og bergskjæringene samt en egen rapport for tverrslagene hvor de geologiske forholdene og løsninger er omtalt og beskrevet. Geologiske forhold som bergartsgrenser, svakhetssoner og så videre er lagt inn i BIM-modellen til prosjektet.

5 OVERORDNEDE FØRINGER, SIKKERHET OG MILJØ

5.1 Overordnede føringer

5.1.1 Prinsipper og føringer for tunnelanleggene

For tunneldrivingen er det forsøkt å oppnå en mest mulig optimal fremdrift ved å tilpasse drivelengdene slik at tidsforbruket for de forskjellige driveretningene inklusive tverrslagene er relativt like.

Fremdriftsplanen som er omtalt i avsnitt 4.1.3, er basert på stor grad av vekseldrift. Det vil være behov for anslagsvis 6 tunnelrigger for hovedløp og 3 rigger for rømningstunneler og ramper for hver av delstrekningene øst, midt og vest.

Prosjektet har nærføring til flere eksisterende tunneler og bergrom. En oversikt over disse er vist i Tabell 4. Restriksjoner på tunneldrivingen ved disse kryssingene vil være nødvendig. Temaet er også omtalt i dokumentene «Risikovurdering RAM- og sikkerhet, UAS-03-Q-00009» [7] og «Risikovurdering av togfremføringsikkerhet i anleggsperioden, UAS-03-Q-00019» [17].

Tabell 4 Nærføring og kryssing av eksisterende tunneler

Tunnel	Kryssing og nærføringer
Vaksdalstunnelen	Fossmark kraftanlegg
	Jamnatunnelen (E16)
Berrfjelltunnelen	Lågaskartunnelen
	Fossmark kraftanlegg
	Jamnatunnelen (alternativ B1)
Skulstadtunnelen	Bogatunnelen
	«Kvitskartunnelen» (på lokalveg utenfor Bogatunnelen)
	Trengereidtunnelen
Raudnipatunnelen	Bogatunnelen (E16)
	Trengereidtunnelen
Arnatunnelen	Risnes kalkgruver
	Arnanipatunnelen (E16)
	Arnanipa (jernbane)
Tunesfjelltunnelen	Risnes kalkgruver

For innredningsarbeidene vil tverrslagene med adkomst fra dagens E16 gi en ekstra adkomstmulighet til hovedtunnelene. Dette vil bidra til en smidigere gjennomføring og kortere produksjonstid.

Samtidig ferdigstillelse av innredningsarbeider på delstrekningene vil kunne være en større utfordring med hensyn til ressurser. Med stor grad av parallellitet i innredningsarbeidene, vil en ferdigstillelse i løpet av 2032 være mulig.

5.1.2 Prinsipper og føringer for daganleggene

Prosjektet har følgende dagsoner (dagsonene vises i Figur 1 og delkapitler i kapittel 6 Anleggsgjennomføring):

- Helle
- Stanghelle
- Vaksdal
- Trengereid
- Arna stasjon
- Arna Asko

For å begrense anleggsvirksomheten i Stanghelle og Vaksdal, og mangel på deponimuligheter i Vaksdal, er det ikke tenkt å drive tunneler fra Stanghelle. Tunneldriving fra Vaksdal (avsnitt 3.1) begrenses til et minimum i begge alternativer B1 og B2. Tunnelarbeider derfra vil kun omfatte klargjøring av forskjæringer og tunnelpåhugg, samt avgreining fra eksisterende E16-tunnel (Bogatunnelen) i alternativ B1 på Vaksdal. Det anbefales å drive 30 til 50 meter tunnel inn fra påhugg slik at portalene kan støpes uavhengig av øvrig tunneldriving. Dette innebærer at veiadkomst til tunnelpåhuggene må etableres samt at tunnelentreprenøren må gis adkomst.

Daganleggene inneholder mange typer anleggsarbeid som skal utføres innenfor et svært begrenset og bebodd område. Anleggsarbeidene omfatter blant annet til dels kompliserte grunnarbeider med graving, sprengning og masseforflytning, stedvis omfattende spuntarbeider, kulvert- og bruarbeider. Det vil også være omlegging av eksisterende infrastruktur, deriblant omlegging av eksisterende rørgate til kraftstasjon i Vaksdal.

Det er av vesentlig betydning å regulere tilstrekkelig areal til anleggsformål, slik at arbeidene kan gjennomføres på en mest mulig rasjonell og sikker måte.

5.1.3 Massehåndtering og massetransport

Overordnet strategi for masser er skissert i avsnitt 3.3.2.

Med et totalt volum i størrelsesorden 10 mill. anbragte m³, er transport, håndtering, disponering og deponering av tunnelstein en av de største utfordringene ved prosjektet.

Transport av masser langs dagens E16 vil medføre en meget stor belastning for veier, trafikk og lokalmiljø, og er ikke et rasjonelt og effektivt alternativ. Prosjektet har derfor foreslått å etablere midlertidige kaianlegg ved de mulige tverrslagene, bestående av store lektere (30 x 100 m) forankret til land. Fra slike lektere vil det være mulig å laste sprengstein om bord på bulkbåter/flatlektere for videretransport til eventuelle eksterne mottakere. Eller det vil være mulig å tippe rett i sjøen der hvor forholdene tillater det. Det henvises i den sammenhengen til Fagrapport Massedeponi [1].

Massevolum ved alternative valg av tverrslag/angrepspunkt for tunneldriving er vist i Tabell 5 der to alternativ, A og B er vurdert. Ved alternativ A er det veiadkomst til alle angrepspunkt, mens det i alternativ B er veiløst ved Svabakken og Boge kai.

I tillegg er det flere kombinasjonsmuligheter samt mulig tverrslag ved Takvam uten at de gir store utslag i massevolum. Alternativ A og B anses å representere ytterpunktene og usikkerheten i massevolumet.

For landdeponiene nevnes det at deponeringsmengde i Trengereid er avhengig av valgt angrepspunkt (Langhelle eller Boge kai). Deponeringsmengder i Arna avhenger av om driving vil skje fra Arna stasjon eller ikke.

Tabell 5: Tabellen viser deponeringsmengder for to alternative angrepspunkt for tunneldrivingen

DEPONERING STED/VOLUM I MILL. AM3 (anbrakte m3 under tunneldriften)									
DEPONI	SUM	HELLE	LINNE BAKKANE	SVA- BAKKEN	BOGE KAI	LANG- HELLE	TRENGER- EID	ROMSLO	ARNA
ALT. A	10,1	0,5	2,3			2,7	0,9	3,2	0,5
ALT. B	10,0	0,5		2,2	2,3		1,3	2,8	0,9
ALT A	HELLE/LINNEBAKKANE + LANGHELLE/TRENGEREID + ROMSLO + STROSS ARNA STASJON + ARNA-ASKO								
ALT B	HELLE/SVABAKKEN + BOGE/TRENGEREID + ROMSLO/ARNA STASJON + ARNA-ASKO								

Etter at tunnelmassen er kommet til sjøen er to alternativ studert:

1. Omlasting og sjøtransport til ekstern mottaker
2. Direkte tipping i sjø utenfor tverrslagene

Alternativ 1 er gunstig med hensyn til miljøet i Sørfjorden, men mindre gunstig enn alternativ 2 når det gjelder klimagassutslipp. Kostnadmessig har alternativet stor usikkerhet og risiko. Ressurser per tverrslag er meget kostnadskrevenende, det forutsettes god flyt for å oppnå optimal drift. Heft i tunneldrivingen må unngås.

Produksjon av tunnelstein vil variere svært mye, avhengig av blant annet geologiske forhold og mengde sikringsarbeider. Det antas at maksimal produksjon per tverrslag kan ligge mellom 3 000 og 3 500 fm³ per døgn, som er mellom 8 000 og 10 000 tonn tunnelstein.

Aktuelt utstyr for sjøtransport er enten med bulkbåter som tar opp mot 2 500 tonn og bruker i underkant av 1 døgn på aktuelle transportstrekninger (eksempelvis til Dokken i Bergen), eller med flatlektere og slepebåt som tar ca. 10 000 tonn og bruker opp mot 2 døgn på samme strekning. For alternativet med bulkbåter medfører dette at det må settes inn minimum 4 båter per tverrslag ved full produksjon, mens det i andre perioder er tilstrekkelig med under halve kapasiteten. For alternativ med flatlekter må det som et minimum settes inn 3 lektere per tverrslag. I tillegg vil det være behov for slepebåter for å manøvrere lekterne for eksempel inn til Bergen.

Ved **Alternativ 2** er det behov for 1 til 2 lektere for hvert tverrslag for å nå ut til deponeringsstedet, avhengig av bunntopografien. Det er ikke nødvendig med omlasting og ikke behov for mellomlager. Løsningen gir mulighet til å håndtere varierende inndrift og produksjon i tunnelene.

Kostnadmessig anslås alternativ 1 å være ca. 800 mill. NOK dyrere enn alternativ 2, og da med bruk av flatlektere. Sjøtransport med bulkbåt av tunnelmassen, og hvor man til enhver tid er tilpasset store variasjoner i tunnelproduksjonen, vil være svært krevende, meget kostbart og lite realistisk.

En løsning på deponeringsutfordringen kan være å kombinere alternativ 1 og 2. Det vil si sjøtransport ut av Sørfjorden og deponering rett utenfor tverrslagene. Da kan en avtager utenfor Sørfjorden etablere en fast flåte som når som helst henter masse fra et mellomlager på en ekstra lekter, og tunnelentreprenøren kan deponere i sjøen når lageret er oppfylt og båtene er i seiling.

Det anbefales derfor å arbeide videre med å få godkjenning til å deponere tunnelmassene i den bratte skråningen rett utenfor tverrslagene, og i tillegg legge til rette for videretransport. Ved en kombinasjonsløsning vil man ha bedre styring og kontroll over transportkostnadene.

5.1.4 **Bruk av masser fra tunneldriving**

Å anvende stein direkte i prosjektet og til andre samfunnsnyttige formål er en meget interessant mulighet som kan være gunstig for både økonomi og miljø. Den henvises også til ingeniørgeologiske rapporter for de ulike tunnelene [6].

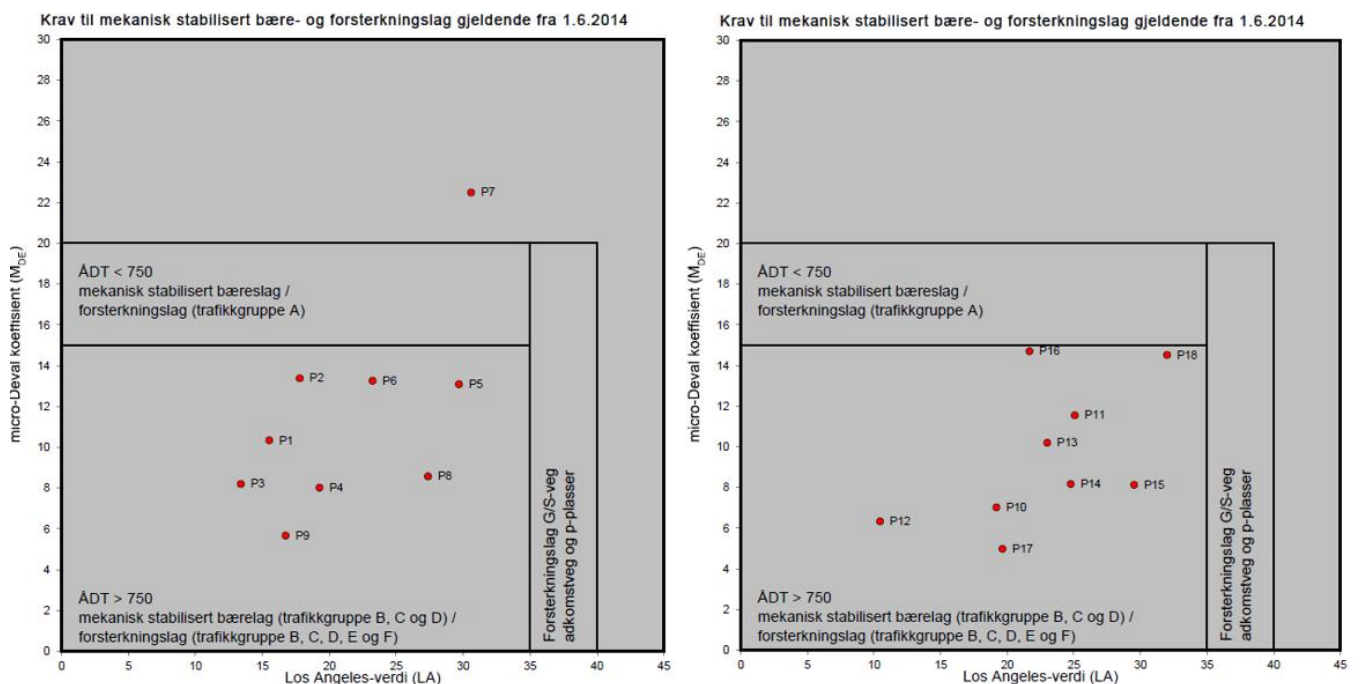
Prosjektet vil ha stort behov for stein til fyllinger, kvalitetsfyllinger, tilslag til asfalt, betong og ballastpukk. Bruk av tunnelstein i prosjektet har imidlertid en stor utfordring, da masser må bearbeides og lagres til de kan anvendes i prosjektet. Det må reguleres relativt store areal til mellomlagring, produksjonsanlegg, sortering, knusing og asfalt- og betongproduksjon. Produksjon og bearbeiding av stein fra tunneldriving er foreløpig ansett som mulig i deponiområde Dalehagen ved Helle, Trengereiddalen ved Trengereid, Espeland nord og Tangelandsheiane ved Arna (avsnitt 0).

I tidligere prosjektfase er det tatt 20 bergartsprøver (SVV, Samlerapport stein [2]) fra prosjektområdet hvor det er utført laboratorietester med henblikk på utnyttelse av bergmasser til bygningstekniske formål og mekaniske egenskaper.

Bergmasseprøvene er analysert hos Statens vegvesen og SINTEF for LA- og MD-verdi, flisighetstest, DRI, BWI og XRD. Det er ikke utført analyser for mølleverdi. Resultatene av bergartsprøvene gir gode indikasjoner, men ytterligere prøver og

vurderinger må gjøres for å kunne vurdere hvor store volum forekomstene har, hvor de ligger og til hvilke formål de kan brukes. Det er stedvis stor avstand mellom prøvepunktene og relativt stor avstand mellom prøvepunktene og tunnelene på grunn av tilgjengelige lokasjoner for prøvetaking. Feltkartlegging viser ulike bergartssoner og variasjon i mineralinnhold.

Figur 9 viser en grafisk sammenstilling av micro-Deval og Los Angeles-verdi 18 av de 20 prøvepunktene. To av prøvepunktene ble vurdert til å ha for høyt glimmerinnhold og er ikke analysert. Mulig anvendelse av tunnelstein i prosjektet bør prioriteres og undersøkes videre. I det videre arbeidet bør utarbeides en massehåndteringsplan som gir oversikt over logistikk, hvilke masser som kan benyttes til hvilke formål, aktuelle transportveier og områder for mellomlager og produksjonsanlegg.



Figur 9: Figuren viser en grafisk sammenstilling av resultatene av micro-Deval og Los Angeles-verdi for de 18 bergartsprøvene som er analysert. (SVV, Samlerapport stein [2])

Det må videre tas høyde for at det stedvis kan være berg som kan ha miljømessige konsekvenser avhengig av hva massene skal nyttes til. I to av prøvene, anortositten i

Arna, ble det registrert mindre mengder svovelkis. Analysene viser forholdsvis lave verdier, < 1 %. Det må forventes at anortositten vest for Bogø også kan ha innhold av sulfider. Sulfidholdig bergmasse kan ha begrensinger med tanke på deponering og bruk av massene. Sulfidminerale kan føre til syredannelse og sur avrenning ved deponering og svelling ved bruk som tilslag i betong. Det ble ikke registrert svovelkis eller andre sulfidminerale i de resterende prøvene fra traseen.

Under følger en strekningsvis oppsummering av resultatene av bergmasseprøvene.

Helle/Stanghelle-Vaksdal:

Det er tatt 6 steinprøver langs traseen mellom Helle og Vaksdal av mest mulig representative bergarter. Bergartsbestemmelse (visuelt og XRD-analyse) indikerer gneis med noe ulik mineralsk sammensetning. Bergartsprøvene tilfredsstillter kravene til mekaniske egenskaper til bruk i forsterkningslag og bærelag.

Glimmerinnholdet i bergartsprøvene varierer mellom 3-12 %, men det kan ikke utelukkes at det påtreffes bergmasse med et høyere glimmerinnhold.

1 av de 6 prøvene tilfredsstillter krav til de mekaniske egenskapene til ballast. (LA og MD-verdi).

Vaksdal-Trengereid:

På strekningen er det tatt 5 bergartsprøver. Bergartsbestemmelse (visuelt og XRD-analyse) indikerer at 4 av prøvene er gneis og 1 er amfibolitt. Det ble utført analyser av 3 av de 5 bergartsprøvene, alle tilfredsstillter kravene til forsterkningslag og bitumenstabilisert bærelag. De to andre prøvene har et for høyt glimmerinnhold til å kunne brukes til slike formål og er ikke analysert.

2 av de 3 analyserte prøvene tilfredsstillter kravene til mekaniske egenskaper for ballast til baneformål. (LA og MD-verdi).

Trengereid-Arna:

Det er tatt 9 bergartsprøver på denne strekningen. Bergartsbestemmelse (visuelt og XRD-analyse) indikerer at 5 av prøvene er gneis, hvorav 1 av disse er en glimmerrik gneis (prøvepunkt P7 i Figur 9). 2 prøver er amfibolitt og 2 prøver er granulitt. 7 av de 9 bergartsprøvene tilfredsstillter kravene til forsterkningslag og bitumenstabilisert bærelag. For de to andre prøvene er glimmerinnholdet for høyt til å kunne brukes til slike formål.

5 av de 9 analyserte prøvene tilfredsstillter kravene til mekaniske egenskaper for ballast til baneformål (LA og MD-verdi).

5.1.5 Masser fra bunnrensk

Ved tunneldriving blir ca. 90 % av massene lastet ut, mens resten blir liggende igjen som midlertidig kjørebane. Kjørebane vil inneholde rester av olje og annen forurensning etter tunneldrivingen og må behandles deretter. Når tunnelen er ferdig drevet blir disse massene gravd opp og kjørt ut (bunnrensk). Deretter etableres ny kjørevei med rene masser i tunnelene av tiltransportert pukk.

Masser fra bunnrensk, som i dette prosjektet utgjør anslagsvis ca. 800 000 am³, må i utgangspunktet leveres til spesialmottak. Dette vil utgjøre en relativt stor tilleggskostnad.

Dersom masser fra bunnrensk bearbeides (vasking, rensing, sikting ev. knusing) antas det at ca. 10-15 % av massene vil måtte kjøres til spesialdeponi, mens de resterende 85-90 % av massene vil kunne brukes til oppbygging av veifundament eller underbygning for jernbane i tunnelene.

Muligheten bør undersøkes nærmere, slik at mulige besparelser for kostnad og miljø kan vurderes. Det bør også vurderes å søke fravik slik at volumet av bunnrensk kan begrenses.

5.1.6 Innredning i tunneler

Innredningsarbeidene kan påbegynnes så snart deler av hovedløpene er ferdig drevet og bunnrensk utført.

Ved innredning i tunneler vil logistikk og sikkerhet være en stor utfordring. Det er plassbegrensning, stor aktivitet med transport av utstyr og materiell, og flere aktører og personell inne i tunnelene på samme tid. Sikker og effektiv gjennomføring av arbeidene krever god planlegging.

Effektiviteten av innredningsarbeidene er helt avhengig av gode adkomstforhold, fordi de nevnte aktivitetene kan hindre hverandres adkomst. Det er derfor viktig at det legges til rette for adkomst i hver ende av tunnelstrekningene samt fra tverrslagene.

For kapasiteter og fremdrift vises til avsnitt 4.1.3 og overordnet fremdriftsplan i Tabell 3.

Hovedaktiviteter i innredningsarbeider for veg- og jernbanetunneler er i hovedsak følgende:

Veitunneler

- Oppbygging av enkel kjørebane for inntransport
- Klargjøring av grøfter og montasje av rør og kummer
- Oppfylling av forsterkningslag for kjørebane
- Første lag asfalt
- Veggelementer, vann- og frostsikring
- Siste lag asfalt
- Elektroarbeider

Innredningsarbeider i vegtunneler kan utføres fra dagsonene og til dels også fra tverrslag.

Jernbanetunneler

- Oppbygging av enkel kjørebane for inntransport
- Klargjøring av grøfter og montasje av rør og kummer
- Oppfylling til formasjonsplan
- Fundamenter for master og signal
- Vann- og frostsikring
- Ballastpukk og sporlegging
- Elektro- KL og signalarbeider

Arbeider med ballastpukk og sporlegging kan påbegynnes så snart formasjonsplan er etablert i tunnelene. Ved deler av disse arbeidene (nedre ballastlag og sviller) kan adkomst fra dagsoner og eventuelt også tverrslag benyttes, mens resten av sporleggingen i all hovedsak vil foregå fra Stanghelle.

For elektro og signal, vil arbeidene kunne utføres med tilkomst via dagsoner og tverrslag. I tillegg kan utstyr lagres i depot inne i tunnelsystemet.

5.1.7 Arealbehov, rigg og produksjonsanlegg

Gjennomføring av arbeider i dagsoner, tunneldriving, transportarbeider, massehåndtering og lagring av materiell til innredning i tunneler krever til dels store arealer. Samtidig er arealknappheten i området stor.

For hver hovedentreprise vil det være behov for hovedrigg med plass til følgende funksjoner:

- Forlegningsbrakker med parkeringsplasser
- Prosjektkontorer/hovedkontorer med parkeringsplasser
- Hovedverksteder med parkering av reservemaskiner
- Hovedlager til mellomlager av diverse materiell, utstyr og innredninger

Aktuelle områder kan være:

- Helle/Dalehagen
- Sædalen (Grunnforhold/våtmarksområde er utfordrende)
- Trengereid-området
- Arna-området

Leie hos private aktører (for eksempel Gullbotn) kan være en mulighet.

I tillegg til hovedrigg for de enkelte entrepriser vil det være behov for tilrigging ved de enkelte arbeidssteder/angrepspunkt.

For tunneldriving vil det være behov for riggområde i umiddelbar nærhet av påhuggsområdet til:

- Ventilasjonscontainere og vifter
- Containere til lagring, vannforsyning og rensing av tunnelvann
- Telt for parkering og vedlikehold av tunnelrigg

Det må også være plass til parkering/oppstilling av laster og annet kjøretøy/dumpere, samt anleggskontor, spise- og skiftbrakke for mannskap (lump) ikke for langt unna.

Etter hvert som adkomst- og transporttunneler er ferdig drevet kan det etableres/sprenge nisjer for verksted og eventuelt parkering av maskiner og utstyr inne i tunnelen.

I tillegg kommer behov for arealer til massehåndtering og mellomlagring, produksjonsanlegg som knuse- og sorteringsverk, betong- og asfaltproduksjon.

Ved bunnrensk i tunnelene vil det også være behov for mottak og behandling av forurenset masse.

Det vurderes at knusing og sortering samt eventuelt behandling av forurenset masse vil kunne foregå på følgende områder og for følgende tunnelstrekninger:

- Dalehagen for strekningen Helle/Stanghelle - Vaksdal
- Trengereiddalen for strekningene Trengereid - Vaksdal og Trengereid - Romslo
- Espeland nord og/eller Tangelandsheia for strekningen Arna - Romslo

Muligheter for omlasting og eventuelt knusing av stein i tunneler bør også vurderes av miljøhensyn.

I innredningsfasen vil det være stort arealbehov til lagring av materiell, kummer, rør, veggelementer, vann- og frostsikring, sviller, pukk, skinner, KL-hengemaster etc.

Areal for hovedrigg for de store entreprisene bør helst være i størrelsesorden 10 – 15 daa, og lokalrigg 3 – 5 daa. Dette vil i stor grad avhenge av lokale forhold, aktuelle produksjonsanlegg innenfor entreprisen, samt hvilke øvrige areal som reguleres til anleggsformål.

5.2 Sikkerhet og miljø

5.2.1 Arbeidsrelaterte forhold (SHA)

I dette avsnittet er det gitt en oversikt over SHA-relaterte forhold i prosjektet. For ytterligere detaljer og analyse vises til fagrapport SHA [3].

Gjennomføring av anleggsarbeidene innehar en rekke risikofylte arbeidsoperasjoner, og kritiske grensesnitt mellom forskjellige arbeidsoperasjoner, aktører og entreprenører innenfor samme område. God planlegging og tilrettelegging, intern koordinering, informasjon og kommunikasjon er nødvendig for å hindre uønskede hendelser ved anleggsgjennomføringen.

Blant risikofylte arbeidsoperasjoner kan nevnes:

- Arbeider i høyden, i bratt terreng, og skredutsatte områder
- Sprengningsarbeider over og under jord
- Arbeider langs/inntil jernbanespor i drift
- Massehåndtering og transportarbeider internt på anlegget/i tunneler
- Sjøarbeider, tipping i sjø, omlasting til sjøtransport og andre marine operasjoner
- Innredningsarbeider med flere aktiviteter/arbeidslag i tunnel
- Flere entreprenører på samme lokasjon må koordineres

I utgangspunktet er sikkerhet knyttet til arbeidsforhold, HMS/SHA, ivaretatt gjennom lover, forskrifter og entreprenørens interne sikkerhetsrutiner. I tillegg må risikovurderinger foretas for å avdekke kritiske arbeidsoperasjoner og avhengigheter. Nødvendige sikkerhetstiltak må implementeres, slik at arbeider kan utføres på en sikker måte med minimal risiko for skader og uhell. Det er viktig at det avsettes tilstrekkelig tid til gjennomføring av arbeider, uten unødig tidspress som kan medføre risiko. Arbeidene må planlegges grundig, risikofylte arbeidsoperasjoner og grensesnitt må identifiseres, og sikker jobbanalyse (SJA) gjennomføres for kritiske arbeidsoperasjoner.

5.2.2 Anleggsarbeider og ytre miljø

Tung anleggsdrift i tett bebyggelse har mange utfordringer relatert til ytre miljø og 3. person. Arbeidene vil gå over lang tid og vil i perioder representere en stor belastning på omgivelser. Blant spesielt sjenerende arbeider og aktiviteter kan nevnes:

- Boring, sprengning, massehåndtering og knusing
- Ramming av peler og spunt, samt pigging i berg
- Støy fra ventilasjonsvifter i tunnel
- Anleggstrafikk og massetransport
- Tipping i sjø og forurensing av vann

Enkelte boliger ligger spesielt utsatt til. Noen av disse må innløses og enkelte må sannsynligvis fraflyttes i hele eller deler av anleggsperioden.

Lover og forskrifter vil legge begrensninger og føringer som må følges og en rekke tiltak må gjennomføres slik at ulempene holdes innenfor akseptable nivå. I tillegg vil det bli utarbeidet en miljøoppfølgingsplan (MOP) som vil legge føringer for anleggsgjennomføringen.

For øvrig vises det til egne rapporter vedrørende ytre miljø og ROS-analyser [4].

6 ANLEGGSGJENNOMFØRING

Det er i de følgende avsnitt gitt en beskrivelse av hvordan anleggsarbeidene kan gjennomføres. Omtalen er inndelt i følgende områder:

1. Dagsone Helle
2. Dagsone Stanghelle
3. Strekningen Helle/Stanghelle – Vaksdal
4. Dagsone Vaksdal B1
5. Dagsone Vaksdal B2
6. Strekningen Vaksdal – Trengereid
7. Dagsone Trengereid
8. Strekningen Trengereid – Arna
9. Dagsoner Arna

6.1 Dagsone Helle

6.1.1 Innledning

Dagsone Helle er vist på oversiktskart i Figur 10. Det henvises også til faseplaner på tegningene UAS-01-Y-01101 til -01103 og UAS-01-Y-02101 til -02103 [10].

Helle er startpunktet for ny E16 mot vest i prosjektet og tunnelinnslaget ligger like ved eksisterende E16-tunnel (Lågaskar-tunnelen) mot Stanghelle. Det legges opp til tunneldrift for ny E16 og en strekning av jernbanetunnel fra Helle, samt relativt enkle dagarbeider i forbindelse med tilslutning av eksisterende E16 til ny E16.

6.1.2 Arbeidsbeskrivelse og fremdrift

Bygge- og anleggsarbeidene i Helle vil omfatte følgende arbeider:

- Midlertidig omlegging av eksisterende E16
- Ca. 330 m ny E16
- Ca. 400 m ny lokalvei
- Bygging av kulvert K109
- Graving, sprengning og masseforflytning

Arbeider i dagsone Helle må koordineres og tilpasses planlagt tunneldriving fra Helle (avsnitt 6.3.2). Utarbeidede faseplaner viser ellers hvordan trafikk og arbeider tenkes koordinert [10].

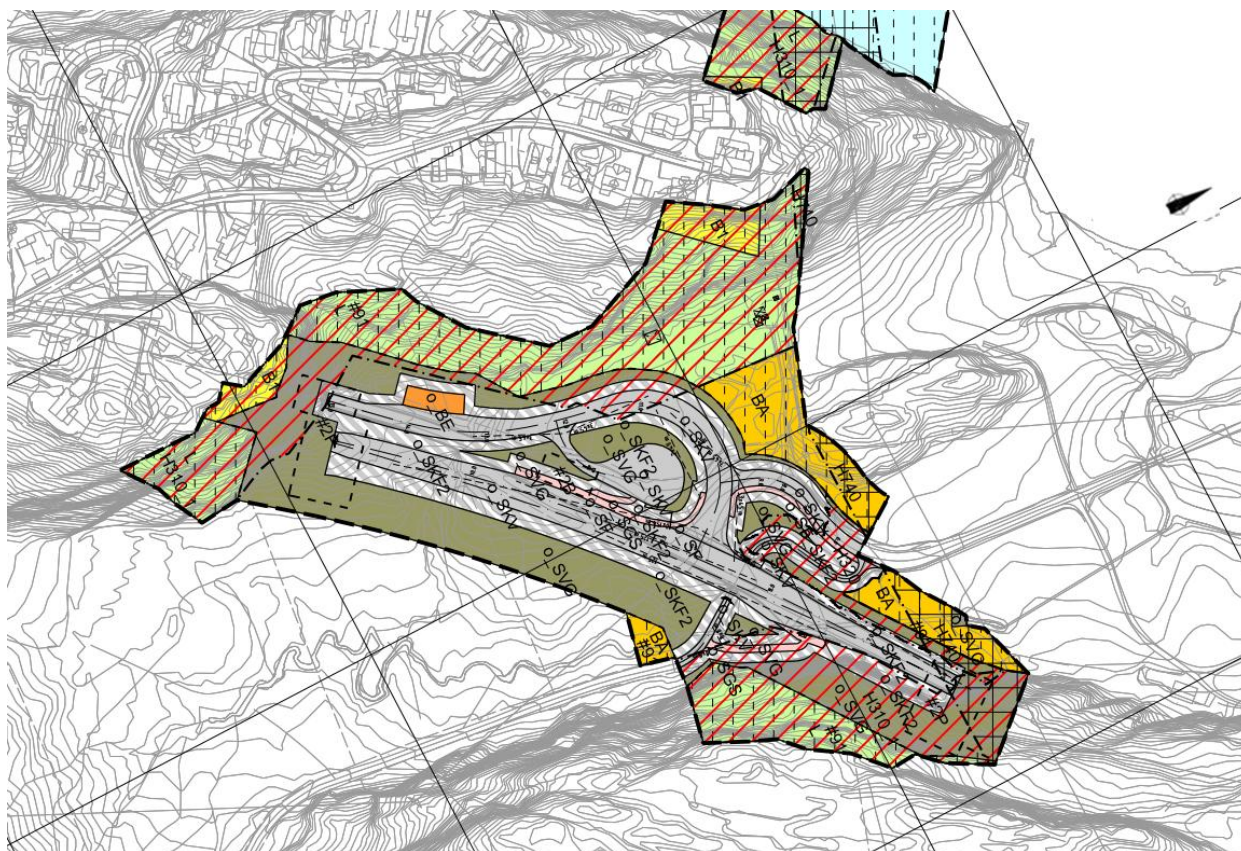
6.1.3 Tilrigging

Dagsonearbeider ved Helle vil kreve en relativt enkel lokalrigg som kan kombineres med rigg for tunneldriving dersom tunneldriving og dagsonearbeider skal utføres av samme entreprenør, noe som vil være en naturlig løsning.

For strekningen mellom Helle og Vaksdal er det imidlertid lite areal tilgjengelig for hovedrigg med kontor og overnattingsbrakker.

Ved innredning i tunnelen kan det være aktuelt å benytte deler av planlagt massedeponi ved Dalehagen til lagring av materialer og utstyr.

Sædalen var opprinnelig tenkt som deponiområde for tunnelstein i øst, men kan trolig ikke benyttes grunnet dårlige grunnforhold. I letingen etter arealer i Helleområdet bør det også vurderes grundigere om deler av Sædalen nærmest E16, likevel kan benyttes til hovedriggområde.



Figur 10: Dagsone Helle, reguleringskart.

6.1.4 Sikkerhet og miljø

Anleggsområdet ved Helle ligger relativt usjenert til og det er ingen spesielle forhold vedr. sikkerhet og ytre miljø ut over sikkerhet relatert til anleggstrafikk på offentlig vei, og at anleggsvirksomheten vil være merkbar i nærområdet. SHA-relaterte forhold ivaretas av forskrifter og entreprenørens interne SHA-rutiner. Anleggsarbeider i nærheten av eksisterende kraftlinjer må hensyntas.

6.2 Dagsone Stanghelle

6.2.1 Innledning

Dagsone Stanghelle er delt i tre geografiske områder:

- Område nord for Dalevågen, med tilkobling til eksisterende jernbane
- Bru over Dalevågen
- Område sør for Dalevågen med stasjonsområde og lang kulvert

Fremdriftsmessig er det intern avhengighet mellom disse områdene, som for eksempel bruarbeider og spesielt landkar mot sporlegging og tilkoblingsarbeider for jernbanen (avsnitt 6.2.2.1).

6.2.2 Område nord

Området går frem av Figur 11 og mer detaljert av Figur 12. Det henvises også til 4 faseplaner på tegning UAS-01-Y-01116 til - 01119 og UAS-01-Y-02116 til -02119 [21].

I dette området skal ny jernbane tilkobles den eksisterende, samt at det skal gjøres forberedelser til neste byggetrinn mot Voss hvor jernbanen er planlagt å fortsette i tunnel på nordsiden av Dalevågen.

Utførelsen vil omfatte utspregning av ca. 95.000 fm³ fjell og flere sporomlegginger. Anleggsveien til deponi ved Idlasundet vil kunne krysse eksisterende høyspent, eventuelle sikringstiltak må vurderes nøye. Det vises også til jernbanetekniske faseplaner [8].

I starten av reguleringsarbeidene ble det antatt at arbeidsområdet kunne angripes via anleggsvei fra enden av lokalveien Vågslia og med uttransport av sprengningsmassen gjennom boligfeltet og Stanghelle sentrum. Nærmere

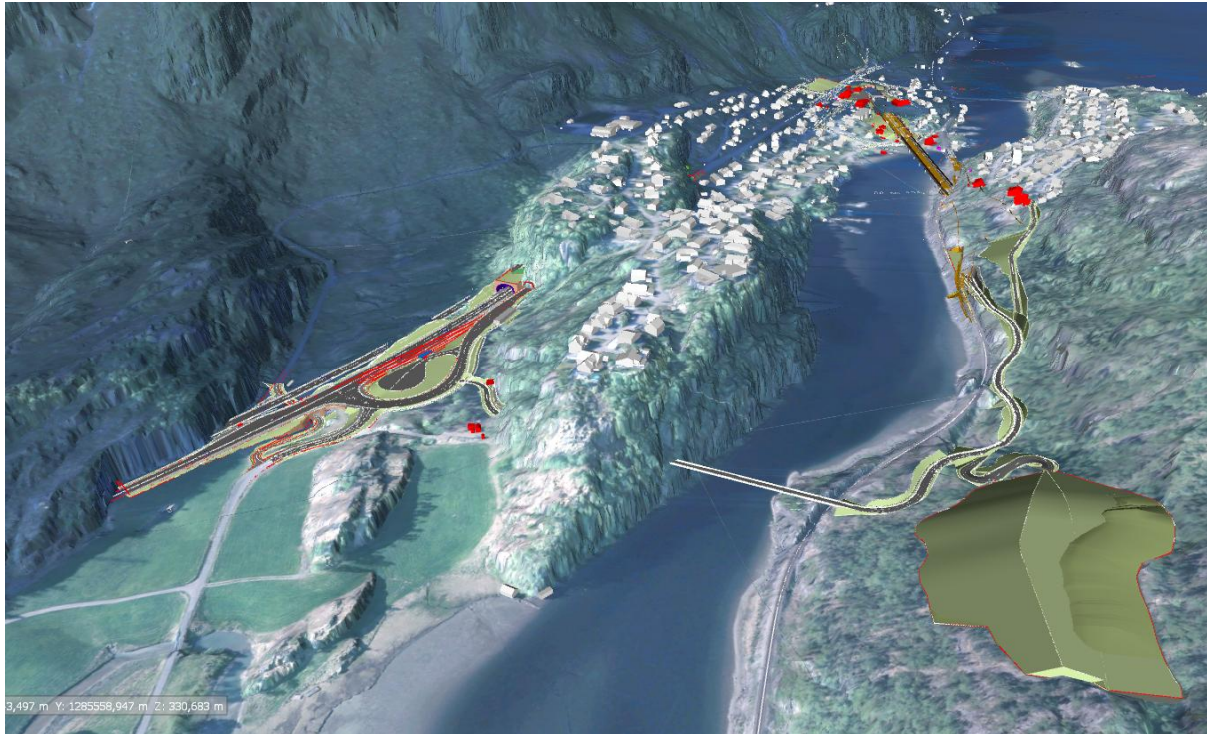
vurderinger viste at en slik løsning ikke er god relatert til eksisterende bebyggelse og effektivitet av arbeidene. Det ble satt ned en gruppe med fagpersoner fra både oppdragsgiver og rådgiver for å finne mer rasjonelle og skånsomme løsninger. Etter en del utsiling sitter man i dag igjen med 3 løsninger:

1. Enkel adkomstveg fra Vågslia (ikke for massetransport), og anleggsvei fra utsprenningsområdet mot nord med deponering ovenfor Idlasundet.
2. Adkomst fra Helle på midlertidig bru over Idlasundet med deponering enten ovenfor Idlasundet eller i Dalehagen.
3. Et tredje alternativ er å bygge den nye jernbanebrua først, for så å ha adkomst til påkoblingsområde via denne.

Figur 11 viser hele området hvor utførelsen av alle alternativene er inntegnet:

1. For alternativ 1 vil den enkle anleggsveien fra Vågslia medføre betydelig mindre inngrep enn vist på skissen, og forbindelsen over Idlasundet vil utgå
2. For alternativ 2 vil anleggsveien fra Vågslia utgå og forbindelsen over Idlasundet tjene som adkomst, eventuelt også til utkjøring av masser.
3. For alternativ 3 vil ny jernbanebru fungere som adkomst og både en omfattende anleggsvei fra Vågslia og via Idlasundet vil være unødvendig. Da tilkomsten løses enten via ny jernbanebru ev. via bane.

I forbindelse med vurderingen beskrevet ovenfor ble det også vurdert å korte inn på lengden av jernbanebrua med nordre landkar ca. 30 m ute i Dalevågen. Et slikt alternativ ville lette adkomsten for alternativ 3 over eksisterende jernbane. Denne løsningen ville i tillegg medføre betydelig reduksjon av kompliserte sprengningsarbeider fordi midlertidig sporomlegging av eksisterende jernbane kan unngås. Løsningen kan kombineres med alternativ 1 og 2, men krever mer nøyaktig grunnboring der hvor et evt. landkar kan plasseres og må vurderes nærmere.



Figur 11: Figuren viser deponiområdet i Idlasund, sett fra nord mot sør. Illustrasjonen viser at det eventuelt kan etableres en midlertidig bru over Idlasundet i anleggsfasen. Denne vil føres til kryssområdet ved Helle gjennom en kort tunnel.

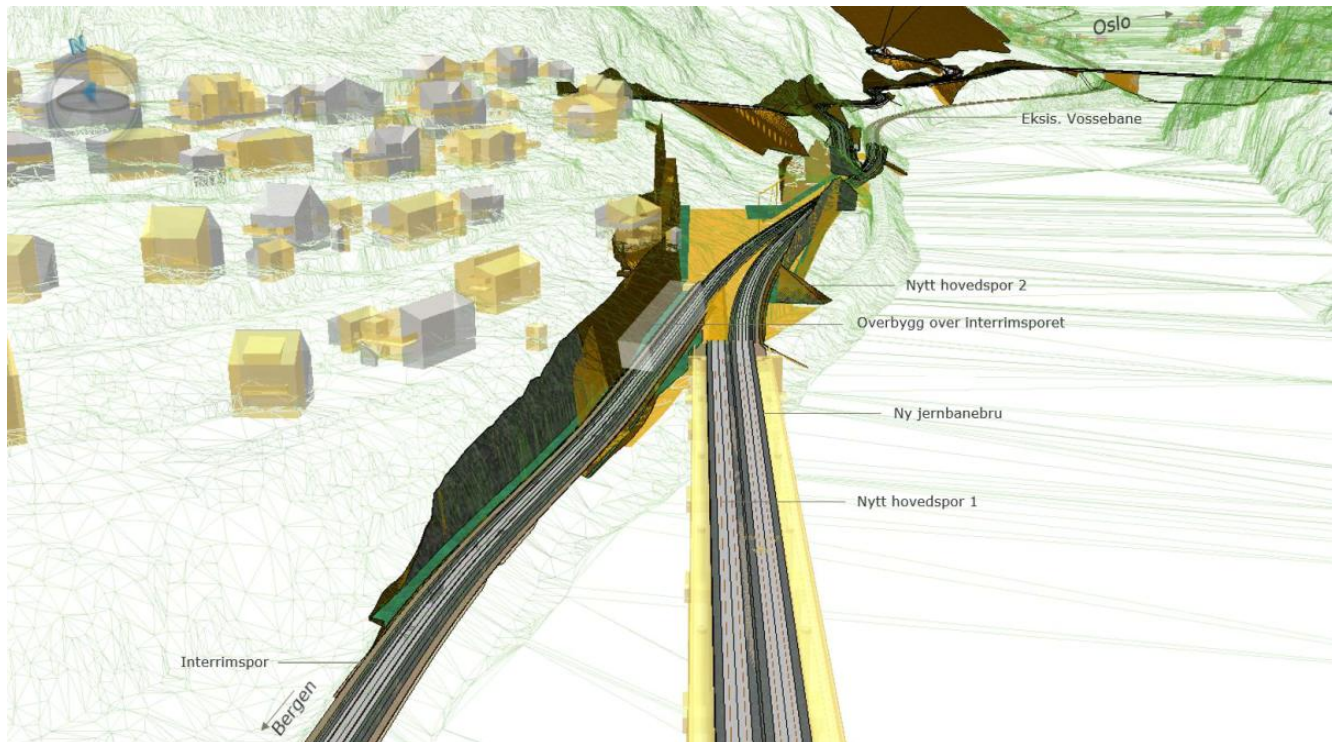
I den videre beskrivelsen av arbeidene vil det fokuseres på utførelsen på stedet, den er stort sett lik for alle alternativene.

6.2.2.1 **Arbeidsbeskrivelse og fremdrift**

Oversiktskart over selve arbeidsområdet er vist i Figur 12.

Anleggsarbeider i område vil i hovedtrekk omfatte følgende:

1. Riving innløste boliger
2. Etablering av anleggsvei (ref. alt. Nevnt over) og riggområde, sikkerhets- og sikringstiltak
3. Sprengning av skjæringer for midlertidig omlegging av dagens spor, for nytt spor mot tilkobling, og forskjæring for kommende tunnel i neste byggetrinn.
4. Bygging av midlertidig spor, trafikk-omlegging og sikringstiltak
5. Bygging av landkar Dalevågen nord
6. Bygging nytt spor fra bru til påkobling eksisterende spor i nord



Figur 12: Oversikt over tilkobling eksisterende jernbane ved Stanghelle. Utklipp fra modell

Faseplaner for jernbane er omtalt i eget notat, se «Jernbanetekniske faseplaner, UAS-01-A-00035» [8].

Utførelsen medfører at det totalt skal sprenges og transporteres ut ca. 95 000 fm³, ca. 70.000 fm³ må tas ut i denne prosjektfasen og ca. 25.000 fm³ kan utføres i neste byggetrinn av ny jernbanetrase mot Voss. Det kan antas at byggetiden for arbeidene ekskludert brukarbeidet vil ta ca. 18 måneder, avhengig av årstiden, hvorav 10 - 12 mnd. brukes til sprengningsarbeidene. Anleggs- og sprengningsarbeidene må planlegges og tilpasses slik at det er til minst mulig hinder for trafikkavviklingen for jernbanen.

6.2.2.2 Tilrigging

Terrenget er meget bratt, adkomstforholdene er en utfordring og det må reguleres for tilstrekkelig areal til mulige adkomstveier og gjennomføring av arbeidene. Innløsning og rivning av noen boliger må påregnes uansett alternativ.

Forutsatt at de bygningsmessige arbeider i dagsone Stanghelle utføres i én entreprise, vil det for arbeider på nordsiden av Dalevågen kun være behov for enkel

rigg med kontorbrakke, spise- og skiftbrakke i tillegg til oppstillingsplass for maskiner og utstyr.

6.2.2.3 *Sikkerhet og miljø*

Arbeidene vil i stor grad foregå i nærheten av trafikkert jernbane og sikkerhetstiltak er nødvendig. Arbeidene er underlagt strenge sikkerhetskrav, som må innarbeides i entreprenørens SHA-rutiner. Arbeidene vil foregå nær eksisterende bebyggelse der sikkerhets- og miljøtiltak vil være nødvendig. Det vil være tidsbegrensninger for når arbeider kan utføres.

Det aller meste av sprengningsarbeidene antas å kunne foregå i «hvite tider», dvs. mellom togpasseringer i på forhånd avtalte tidspunkt. Der hvor sprengningen må foregå ut mot spor i trafikk, som eksempelvis i hver ende av området, bør noe av det utføres i bruddtider. Sprengningsarbeidet lengst i sør for midlertidig linje vil være svært krevende på grunn av høy skjæring tett inntil eksisterende linje i drift. Dette arbeidet må planlegges meget nøye og deler av det vil måtte foregå i forbindelse med tog-brudd. Ved eventuell flytting av landkaret vil dette vanskelige arbeidet ikke være nødvendig, og en detaljert studie av denne muligheten bør utføres i neste planfase. Det vises ellers til «Risiko- og sårbarhetsanalyse anleggsfase [4]». Det er også utført en risikovurdering for RAM- og sikkerhetsforhold som kan påvirke togframføringen [7], samt en Risikovurdering togframføringssikkerhet i anleggsperioden [17].

6.2.3 Bru over Dalevågen

6.2.3.1 *Arbeidsbeskrivelse og fremdrift*

Bru og bru-område fremgår av Figur 13. Det er ikke utført noen egen faseplan for bruarbeidene, men der arbeidene påvirker enten påkoblingsområdet eller stasjonsområdet er bru-arbeidene medtatt der.

Bru Dalevågen er prosjektert som en bjelkebru på ca. 230 m. Landkar og alle fundamenter i Dalevågen må fundamenteres med peler. For pelearbeidene må det benyttes en stor pelerigg på flåte. Flåten kan, om den ikke er for bred, enten manøvreres inn under eksisterende bruer, eller settes sammen av elementer transportert inn til Dalevågen på vei.

Arbeidene med søyler og brufundamenter i sjøen vil trolig bli utført ved hjelp av flåte med mobilkran. Utførelsen av landkar nord må utstå til etter omlegging av banetrafikken til midlertidig spor. Brua vil kunne bygges fra sør til nord, noe som betyr at mye av bruarbeidene kan utføres samtidig med tilkoblingsarbeidene.

Etter fundamentering og utstøping av pelehoder og søyler, vil overbygget trolig utføres ved hjelp av underliggende frem-skyvbart fagverk som spenner mellom søylene.

Bruarbeidene vil totalt ta ca. 1,5 år, avhengig av når på året de forskjellige operasjonene vil foregå, samt hensyn til vannføring, gytetforhold og eventuelt andre forhold knyttet til ytre miljø.

6.2.3.2 Tilrigging

I sørenden av brua må det avsettes plass til riggområde for kran, lagring og prefabrikasjon av forskaling og armering, samt lagring av diverse anleggsutstyr. Området øst for den nye brua mellom Ardalsvegen og sjøen frem mot bebyggelsen må avsettes til riggområde. Klargjøring av peler må foregå slik at disse lett kan sjøsettes. Dette kan enten skje i regulert område vist på Figur 13 (BA#91_1) eller det kan avsettes plass på Stanghelle kai.

I nord vil det være trangt, men når landkaret skal bygges er all utsprenning ferdig og interimsporet i drift. Det vil da være plass til en mindre byggekran og noen containere i det gamle sporet, samt landfeste for flåte for tiltransport av utstyr og materiell.

Figur 13 viser forslag til regulert anleggsområde for brukryssing på Dalevågen.



Figur 13: Forslag til regulert anleggsområde for brukryssing på Dalevågen.

6.2.3.3 Sikkerhet og miljø

Bruarbeider over vann medfører alltid sikkerhetsmessige utfordringer. Det anses som en forutsetning at bruarbeider vil bli utført av en godt kvalifisert entreprenør, der krav til sikkerhet og SHA er ivaretatt. Som en del av undersøkelsene er all anleggsaktivitet innenfor 30 m til eksisterende spor listet opp og anmerket i forhold til naturlig utførelse, eventuelt hvite tider eller brudd.

Bruarbeidene vil medføre en del støy, spesielt i tilknytning til pelearbeidene. Dette vil gi restriksjoner for arbeidstiden. I tillegg må det etableres system som ivaretar lokale forhold, som småbåttrafikk og kajakkpadling.

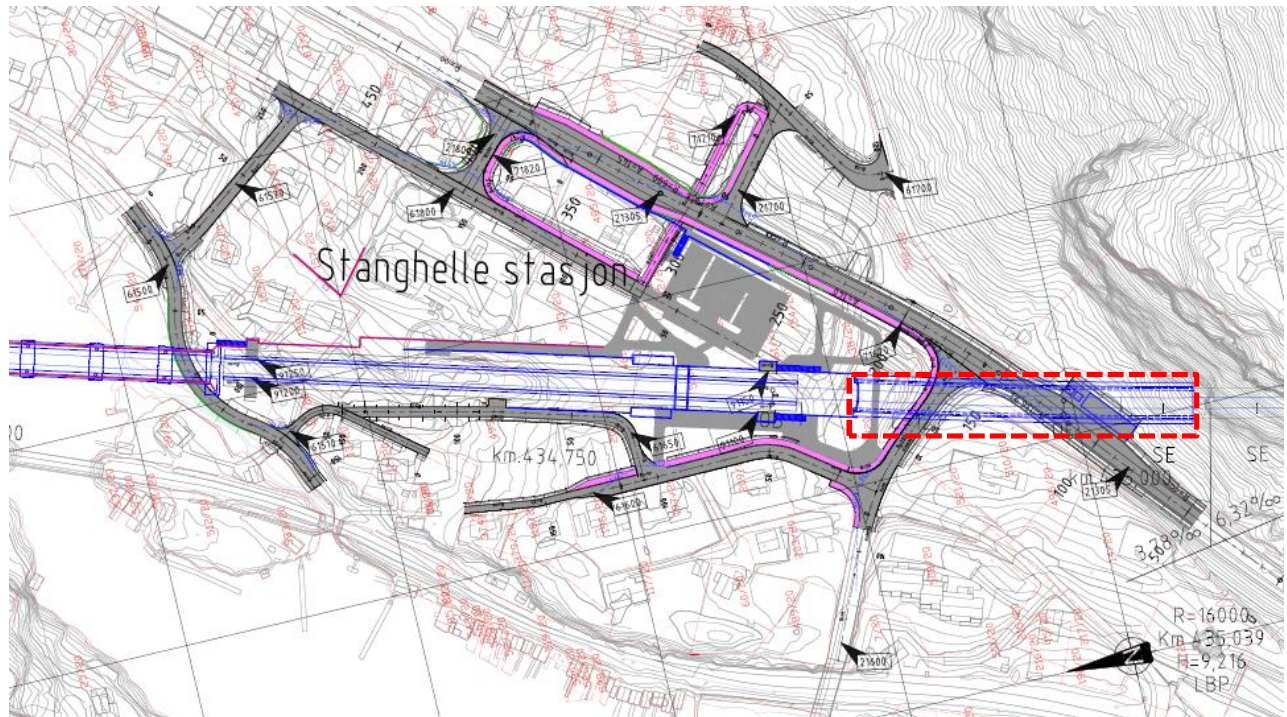
6.2.4 Stasjonsområde og kulvert

6.2.4.1 *Arbeidsbeskrivelse og fremdrift*

Figur 14 viser dagsonen på Stanghelle med stasjon og kulvert før bergtunnel. Det henvises også til 5 faseplaner på tegningene UAS-01-Y-01111 til -01115 og UAS-01-Y-02111 til -02115 [11].

Aktivitetene i dagsonen ved Stanghelle består i hovedtrekk av følgende aktiviteter:

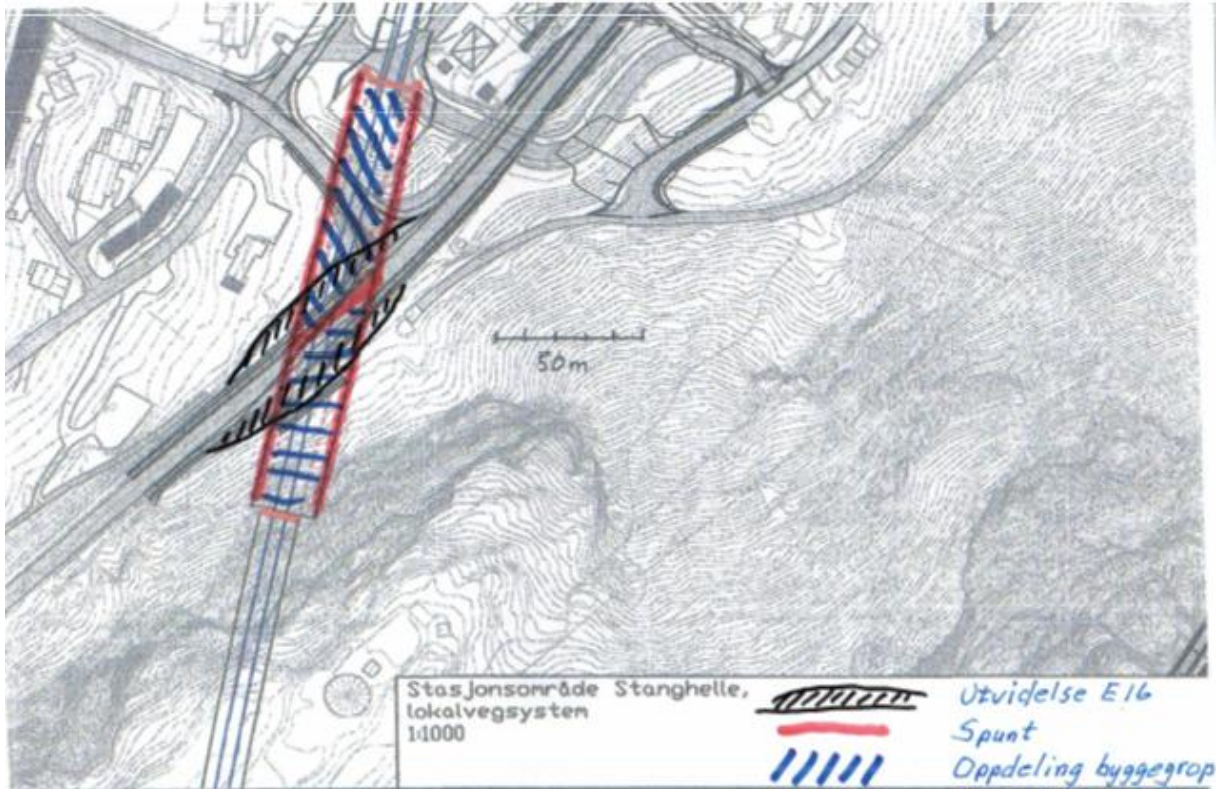
- Forberedende arbeider og tilrigging
- Rassikring over skredutsatte områder (forskjæring og tunnelpåhugg)
- Omlegging av E16 og lokalveier, inkl. bredde-utvidelse av E16 der denne krysser over tunnelportalen
- Utgraving og oppfylling av nordre del av byggegropp stasjonen
- Spunting av portalområdet inkl. utgraving i flere faser med trafikkomlegging over ytre del av portalområdet på lang Bailey-bru. Bailey-bru er alternativ 1, men det er også mulig med oppdelt produksjon av portal.
- Bygging av portal
- Bygging av stasjon inklusive blant annet adkomstveier, forstøtningsmurer, plattformer, overbygg og støyskjermer



Figur 14: Dagsonen på Stanghelle stasjon og kulvert (rødt stiptet omriss) inn mot bergtunnel.

Etablering av byggegrop for bygging av kulvert/portal er relativt utfordrende, med omfattende spunting og utgraving av et relativt stort massvolum. I tillegg har traseen en spiss vinkel i forhold til E16 som gir noen ekstra utfordring i forhold til trafikkomleggingen.

Trafikkomleggingen kan utføres på flere måter, men nærmere studier viser at det er mulig å løse dette med utvidelse av E16 og oppdelt spunting/utgraving som vist på skisse i Figur 15, slik at Bailey-bru kan benyttes. Alternativt kan kulverten bygges i to eller tre etapper og derved unngå Bailey-bru. Med bygging av kulvert i tre etapper kan også lokalveien ned fra E16 mot brua åpnes tidligere. I faseplanene er alle alternativene beskrevet [11].



Figur 15: Mulig trafikkløsning E16 Stanghelle.

Før veiomlegging og portalarbeid må det utføres skredsikring av fjellskrenten over tunnelpåhugget med utgraving av stor ur og sikring av ustabile bergpartier med eventuelt etablering av fanggjerder og steinsprangnett.

Siden det med stor sannsynlighet kan vær vann i byggegropa for den lange portalen, må grunnarbeidene i stasjonsområdet utføres før portalarbeidene.

Stasjonsplattformen vil trolig utføres delvis etter portalen grunnet adkomstforhold til portalen.

Det antas at arbeidene vil ta ca. 4,5 år, med tilkobling i nord og bru over Dalevågen inkludert i denne tiden.

6.2.4.2 Tilrigging

Riggområde for anleggsgjennomføringen må ha tilstrekkelig plass til maskiner, kraner, diverse utstyr, spise-/lompebrakker og parkering.

Riggområdet bør kunne etableres innenfor det området som omfattes av midlertidige og permanente omlegginger av lokal og hovedvei, og et anleggsbelte med bredde på ca. 25 m på hver side av byggegrøp for kulvert og stasjonsplattform.

Rigg for overnatting må etableres utenfor dette beltet. Enten må det stilles slikt areal til rådighet av byggherren eller det må bli opp til entreprenøren å leie privat.

6.2.5 Sikkerhet og miljø

For de arbeider som skal foregå i stasjonsområdet er det flere utfordringer relatert til sikkerhet og miljø. Her kan blant annet nevnes:

- Sikringsarbeider høyt oppe over tunnelpåhugg mot vest
- Omfattende spuntarbeider tett på E16-trafikk
- Utfordrende trafikkforhold

Under den videre planleggingen må det legges vekt på å redusere risiko og ulemper fra disse arbeidene til et lavest mulig og akseptabelt nivå.

For ytre miljø vil spesielt forstyrrelser og støy relatert til pele- og spuntarbeid bli merkbart. Det må settes klare restriksjoner for når dette arbeidet kan foregå.

Det vises ellers til «Risiko- og sårbarhetsanalyse anleggsfase [4]». Det er også utført en risikovurdering for RAM- og sikkerhetsforhold som kan påvirke togframføringen [7], samt en Risikovurdering togfremføringssikkerhet i anleggsperioden [17].

6.3 Strekningen Stanghelle/Helle – Vaksdal (strekning øst)

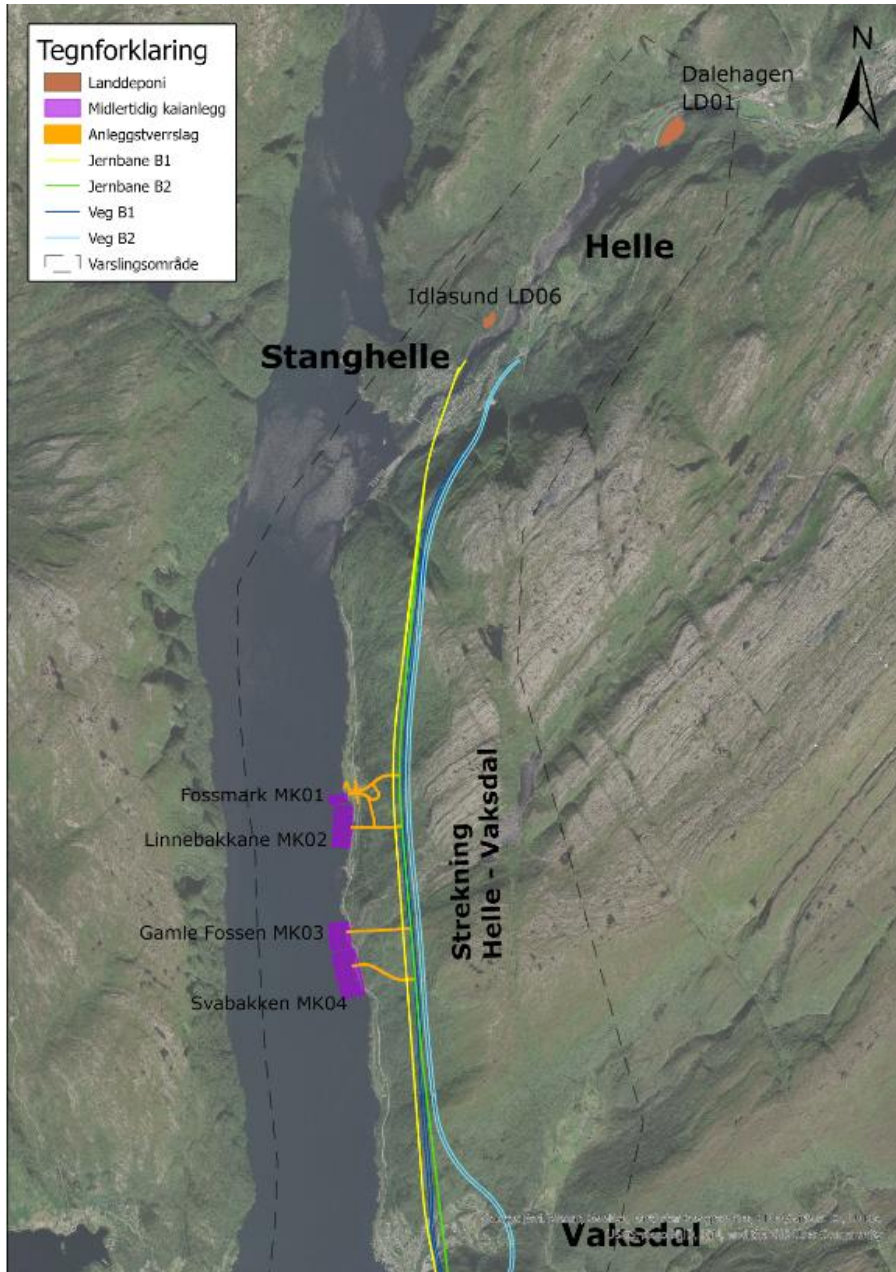
6.3.1 Innledning

I dagsone Vaksdal er det skissert to alternative løsninger, alternativ B1 og alternativ B2. Ved alternativ B1 vil veitunnelen bli ca. 8,7 km og jernbanetunnelen ca. 7,8 km lang. Ved alternativ B2 vil veitunnelen bli 8,8 km og jernbanetunnelen bli ca. 7,6 km.

Aktuelle angrepspunkt for tunneldrivingen vil være ved Helle med massetransport til Dalehagen og ett av tverrslagene ved Fossmark med massetransport sjøveien.

Omfang av tunneldriving fra Helle vil i stor grad avhenge av massedisponering for denne strekningen og hvilket tverrslag som velges i Fossmark-området.

Hele delstrekningen er vist på Figur 16.



Figur 16: Delstrekning Stanghelle/Helle – Vaksdal

6.3.2 Angrepspunkt Helle

6.3.2.1 Generell orientering

Veitunnelen starter ved Helle, hvor tunneldriften kan komme i gang uten tverrslag. I tillegg til driving av veitunnel kan man via den første tverrforbindelse mellom vei-

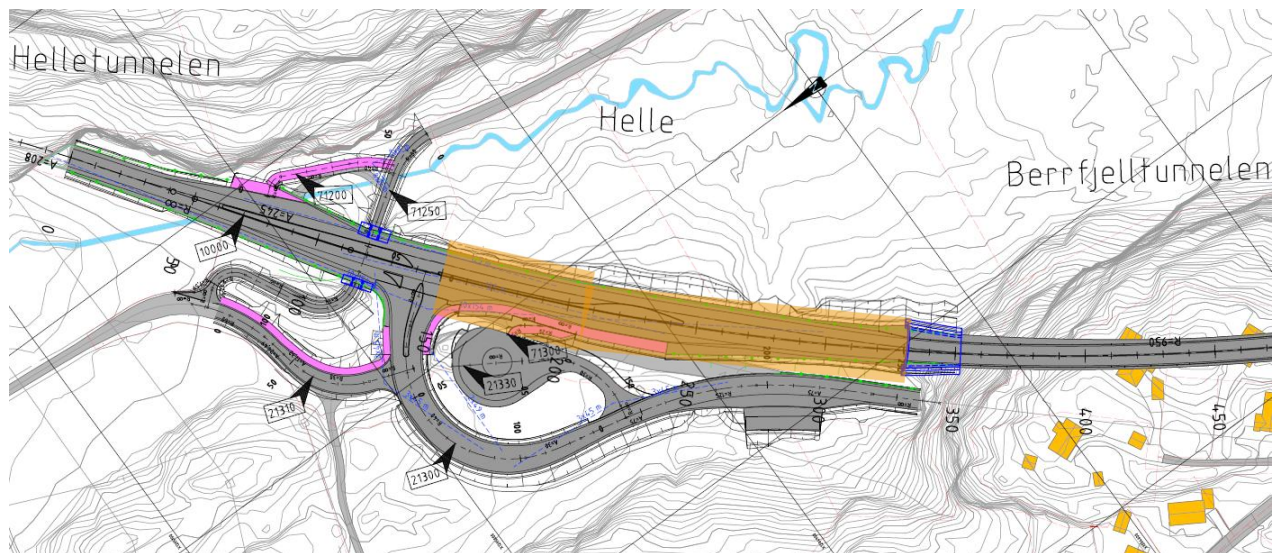
og jernbanetunnel ved Stanghelle, drive jernbanetunnelen på veksel mot Stanghelle og Fossmark. Hvor mye tunnel som skal drives fra Helle avhenger av hvilket av tverrslagene i Fossmark-området som velges (Fossmark, Linnebakkane, Gamle Fossen, Svabakken nord).

6.3.2.2 *Tilrigging*

Aktuelt riggområde for tunneldriving fra Helle vil være langs traseen for fremtidig E16 frem til kryss for påkjøring til ny lokalvei som vist på Figur 17. Området vil også være aktuelt for lagring av materiell ved innredning av ny tunnel.

Kontorbrakker for tunneldrivingen kan også plasseres på vestsiden av fremtidig lokalvei eller på deponiområde Dalehagen. Området utenfor tunnelpåhugg Helle og deponiområde Dalehagen er ikke egnet til forlegningsbrakker på grunn av anleggstøy.

For massetransport inn på offentlig vei (E16) foreslås etablering av midlertidig rundkjøring. Se også Y-tegninger for detaljerte faseplaner.



Figur 17: Riggområde for tunneldrift vises i oransje skravur.

6.3.2.3 *Tunneldriving og fremdrift*

I vurdering av drivelengde fra Helle må også behovet for innfyllingsmasse og eventuelt bruk av masser fra tunneldrivingen tas med. Som eksempel vil masser fra driving av ca. 1600 m veitunnel og ca. 700 m jernbanetunnel være tilstrekkelig til innfylling og oppbygging av formasjonsplan i hele strekningen til Vaksdal.

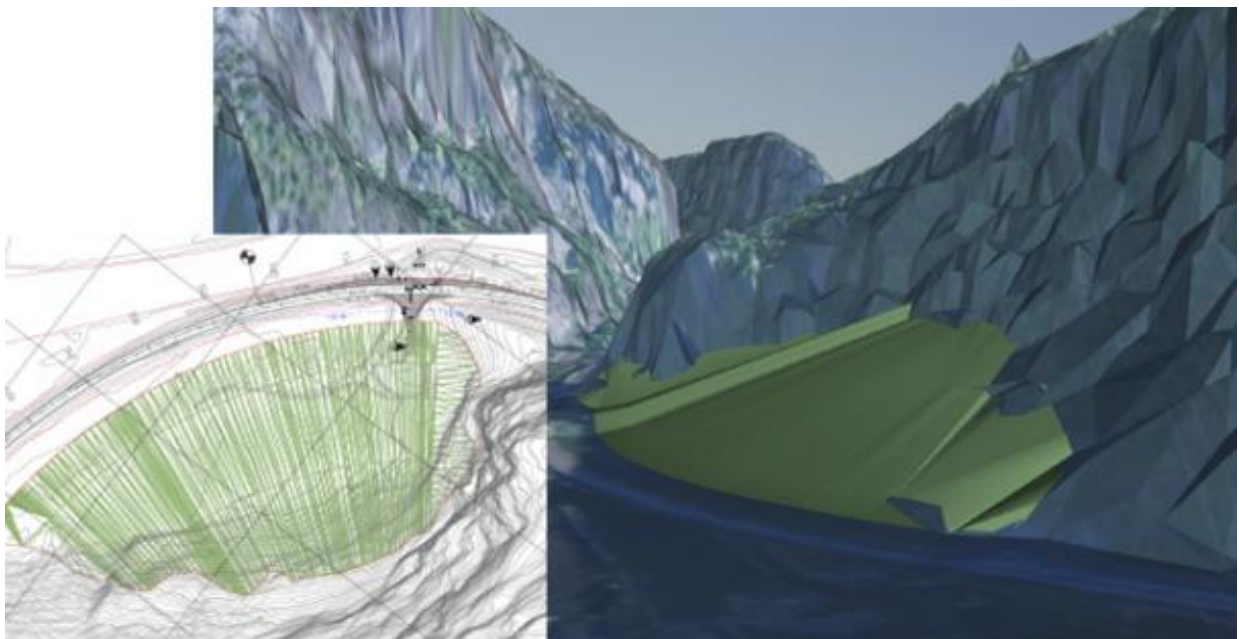
Driving av veitunnelen fra Helle utføres som enstuffsdrift. Ved å drive inn til den første tverrforbindelsen mot jernbanetunnelen, kan tunneldriften videre mot Vaksdal utføres parallelt som vekseldrift mellom vei- og jernbanetunnel.

Med dette som utgangspunkt vil drivetid for tunnelene fra Helle være i størrelsesorden 14 mnd. inklusive tilrigging.

6.3.2.4 *Deponering*

Dalehagen ligger ca. 2,5 km nord for Helle i umiddelbar nærhet av eksisterende E16 som vist på Figur 18.

Maksimal kapasitet er beregnet til ca. 700 000 am³. Avhengig av utnyttelsesgraden kan området også benyttes til lagring av materiell og utstyr. Dalehagen er det eneste område øst for Trengereid man har funnet som kan benyttes til knusing og sortering av masser for veioppbygging. Drivelengde fra Helle og derved behov for deponering, må hensynta at det også blir mulig å utføre og lagre knuste masser. Når tunneldriften er ferdig vil det foretas bunnrensk og utkjøring av delvis forurensede masser. For hele strekningen til Vaksdal vil dette være ca. 200 000 am³, og dette må trolig mellomlagres i Dalehagen. Lagring av dette, samt eventuell bearbeiding av massene, må tas med ved vurdering av områdets kapasitet som deponi.



Figur 18: Skisse av forslag deponi Dalehagen, totalt ca. 700 000 m³.

6.3.2.5 *Sikkerhet og miljø*

Arbeider med tunneldriving fra Helle vil ikke innebære spesielle utfordringer ut over trafikksikkerhet relatert til anleggstrafikk, anleggsstøy og rystelser fra tunneldriving nær bebyggelse. Bebyggelsen ligger stort sett med relativt god avstand fra anleggsområdene, men anleggsvirkosomheten vil være hørbar. Noe skjermingstiltak eller tidsbegrensning for visse arbeider vil være aktuelt. Rystelser fra sprengning i forskjæring og tunnel vil være merkbar for beboere innen en viss avstand. Restriksjoner vil være aktuelt.

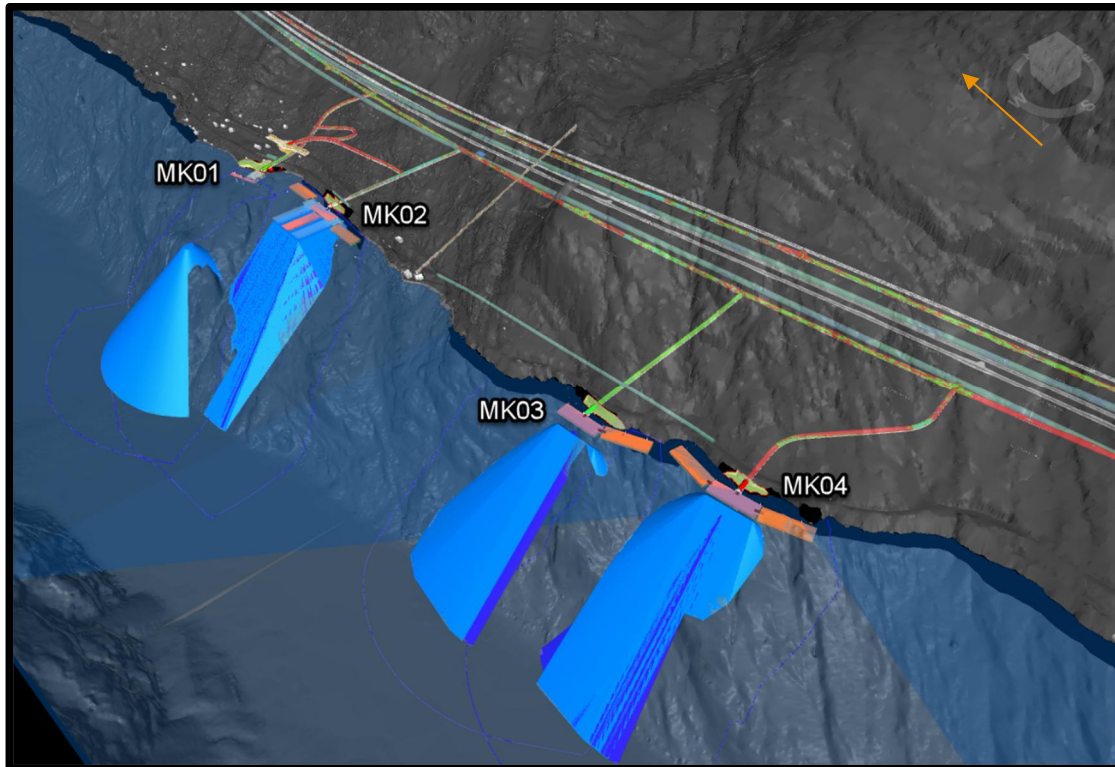
For massetransport inn på offentlig vei (E16) foreslås etablering av midlertidig rundkjøring.

Mulig skredfare inn mot dalsiden ved Dalehagen må vurderes med tanke på utlegging av masser i deponiområdet.

6.3.3 **Tverrslag Fossmark – Svabakken**

6.3.3.1 *Generell orientering*

Som tverrslag for utkjøring av tunnelmasser midt på strekningen er det vurdert 5 alternative angrepspunkter for 4 forskjellige tverrslag som med varianter gir 7 mulige løsninger. Alternativene er vist på oversiktskart Figur 19.



Figur 19: Alternativer for tverrsalg ved Fossmark – Svabakken.

Alternativene er:

1. **Alternativ Fossmark-vei, (MK01a)** med adkomstvei til påhugg for tverrslaget og driving av tverrslaget derfra. Masser transporteres ut på Fossmark.
2. **Alternativ Fossmark-veitunnel, (MK01b)** med adkomsttunnel fra Fossmark ned til transporttunnel/tverrslag, driving av denne på veksel til utslag mot sjø. Masser transporteres ut på Fossmark når omlastingsarrangement er etablert.
3. **Alternativ Fossmark/Linnebakkane, (MK02)** med adkomsttunnel til transporttunnel/tverrslag fra Fossmark. Tilsvarende opplegg som alternativ 2, men med uttransport ved Linnebakkane.
4. **Alternativ Gamle Fossen-veitunnel, (MK03)** variant med adkomsttunnel fra Fossmark inn til hovedløpene for ny E16 og jernbanetunnel. Driving av hovedløp til kryss med tverrslaget. Driving av tverrslag til utslag mot sjø. Masser transporteres ut ved Gamle Fossen når utslag/arrangement for sjøtransport er etablert.

5. **Alternativ Svabakken-veitunnel, (MK04)** tilsvarende alternativ 4, men med uttransport og omlasting ved Svabakken.
6. **Alternativ Gamle Fossen-veiløs, (MK03)** variant av alternativ 4, med sjøadkomst til Gamle Fossen, og ellers veiløst. Tverrslag drives på en stoff fra påhugg ved sjø frem til kryss hovedtunneler.
7. **Alternativ Svabakken-veiløs, (MK04)** tilsvarende alternativ 6 med sjøadkomst til Svabakken, og ellers veiløst.

Tunnelløsninger og tilrigging for de ulike alternativene til tverrslag er forklart i neste kapittel.

Ved vurdering og rangering av de forskjellige alternativene er det gjort en grov-optimalisering av tunnellengder basert på maksimal uttransport til sjø og kortest mulig byggetid. For nærmere omtale vises til avsnitt 6.3.3.3 Tunneldriving og fremdrift. For konsekvenser for ikke-prissatte tema vises det til konsekvensutredning (KU) omtalt i planbeskrivelsen [18].

Tverrslagene ved Fossmark krysser under eksisterende jernbanetunnel i drift, med relativt liten overdekning/avstand mellom tunnelene. Dette fører til at enten må tverrslaget drives med lavbrekk under jernbanetunnelen, eventuelt drives med redusert tverrsnitt og separate ventilasjonstunneler ved passeringspunktet. Ved alternativet med lavbrekk må det installeres pumper, noe som vil medføre økte driftskostnader i driveperioden.

6.3.3.2 *Tilrigging*

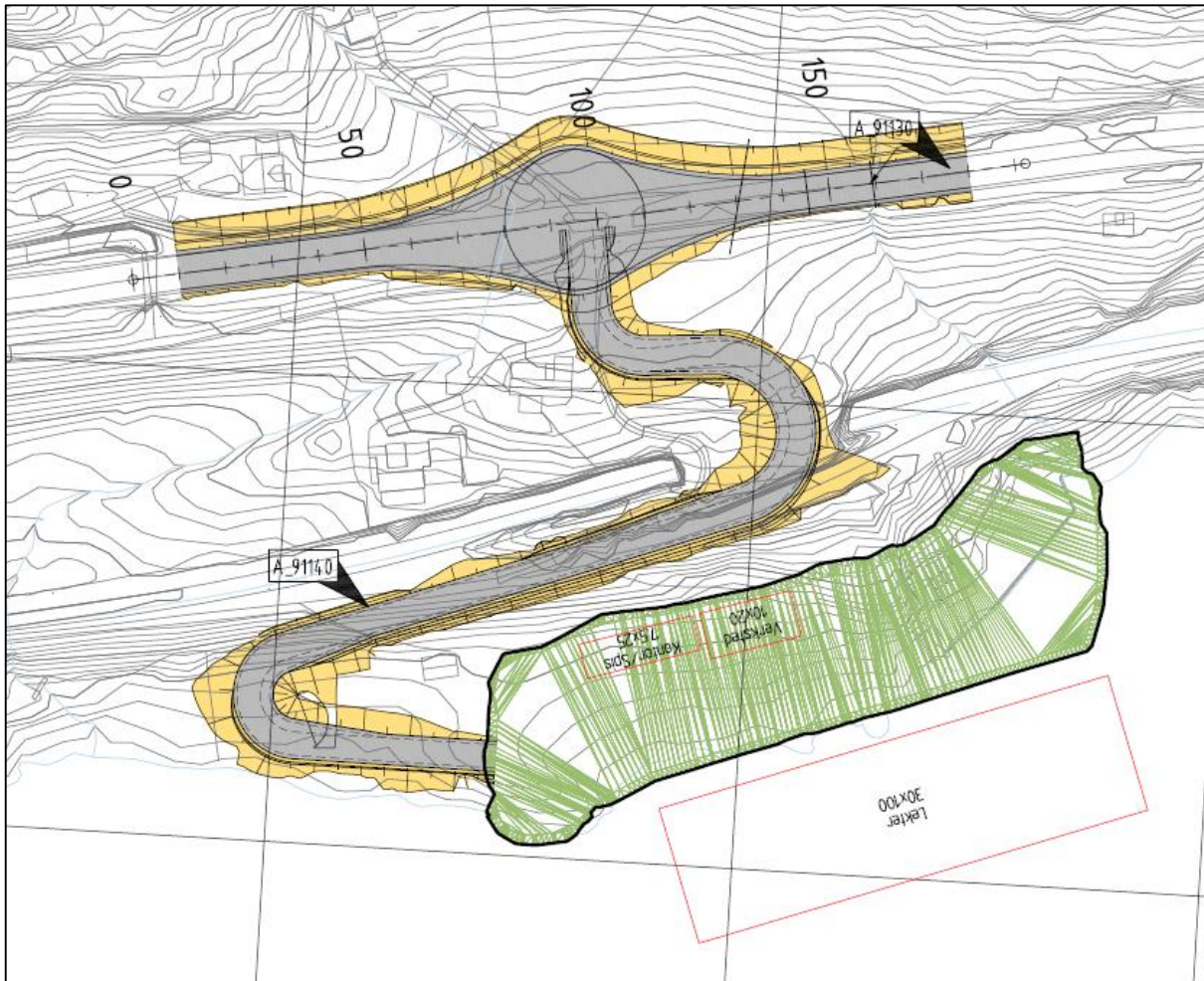
I de følgende avsnitt er det gitt en kortfattet omtale av riggforhold ved de alternative tverrslagene i Fossmark-området.

Alternativ 1, driving fra Fossmark med adkomstvei i dagen

En oversikt over riggområdet med et mulig arrangement, er vist på Figur 20.

Alternativet har areal tilgjengelig for en normal tilrigging for tunneldriving, men plassering av forlegningsbrakke kan være problematisk innenfor det angitte arealet.

Ved utførelse som skissert ovenfor må trolig hele bygda Fossmark fraflyttes i anleggsperioden.

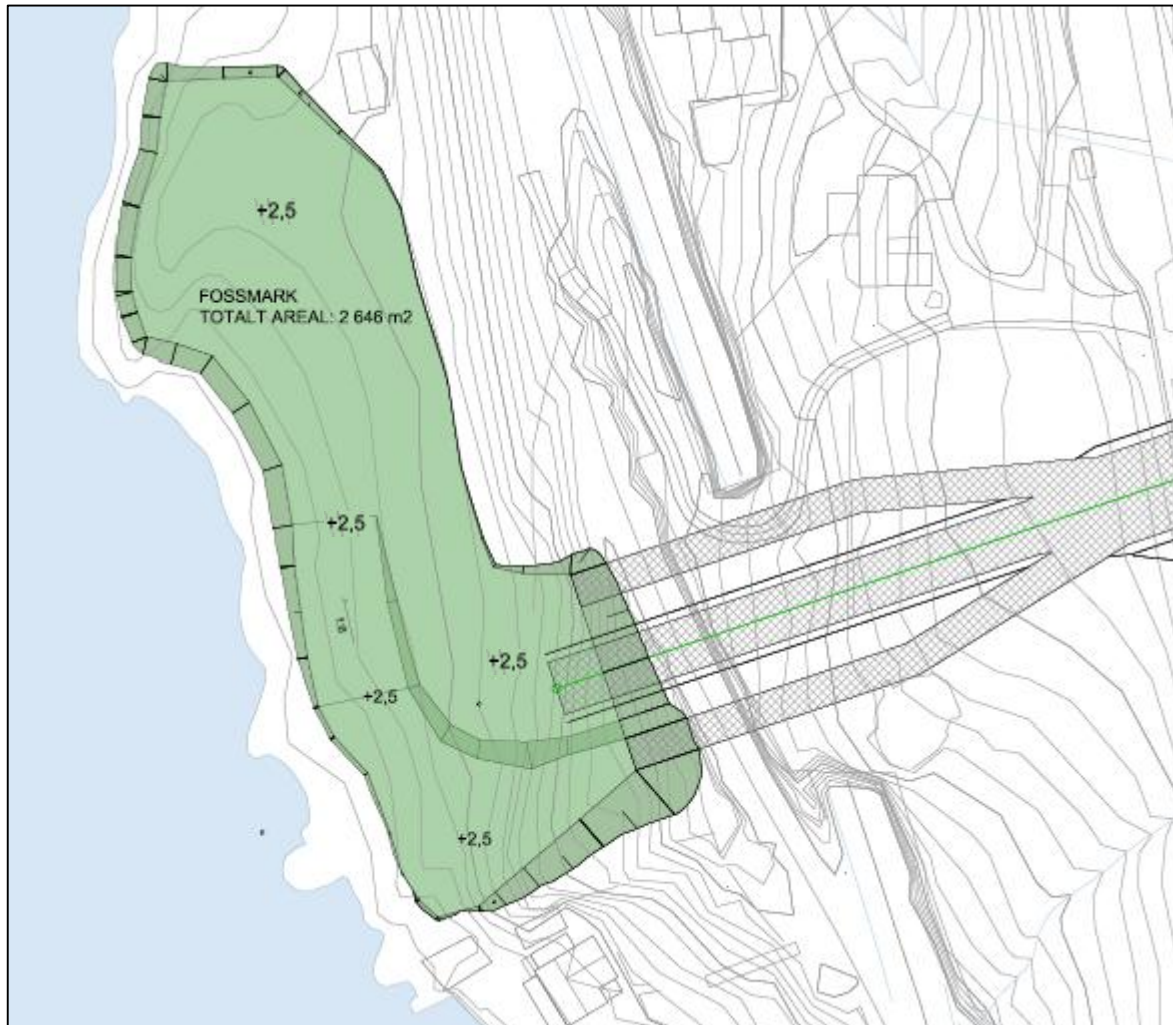


Figur 20: Forslag tilrigging alternativ 1 Fossmark.

Alternativ 2 med adkomsttunnel fra Fossmark til transporttunnel

Riggområde med mulig arrangement er vist på Figur 21.

Riggområdet har det samme arealet ved sjøen som ved alternativ 1, men adkomsten dit skjer via adkomsttunnel fra oversiden av E16 ned til transporttunnelen (tverrslaget). Denne tilriggingen kan flyttes ned til sjøen når tunneldrivingen herfra starter, men det vil fortsatt være en del anleggstransport inn og ut av adkomsttunnelen. Alternativet vil frigjøre noe mer areal for rigg langs sjøen siden veien er fjernet.



Figur 21: Forslag tilrigging alternativ 2 Fossmark.

Alternativ 2 reduserer belastningen på lokalmiljøet noe i forhold til alternativ 1 og vil kunne redusere behov for midlertidig fraflytting.

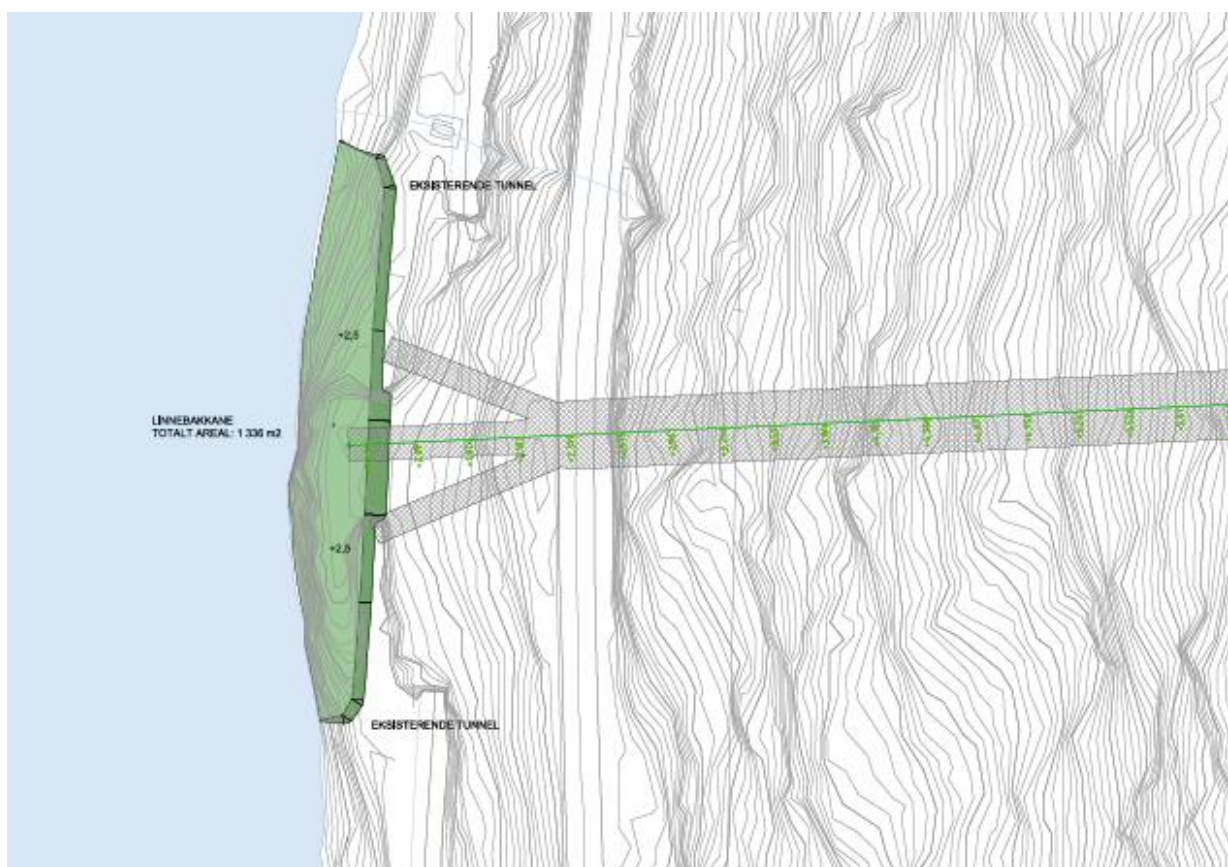
Alternativ 3 Fossmark/Linnebakkane med adkomsttunnel fra Fossmark

Et mulig arrangement ved alternativ 3, Fossmark/Linnebakkane, er vist på Figur 22.

Adkomst vil være som ved alternativ 2 med riggområde og påhugg ved E16. Som ved alternativ 2 kan deler av riggen ved E16 flyttes ned til sjøen når det er opparbeidet tilstrekkelig areal.

Ved dette alternativet er det mulig å opparbeide et landareal på ca. 1 500 m² langs sjøen, tilstrekkelig til plassering av riggcontainere til ventilasjon og rensing av tunnelvann.

Alternativet innebærer at den gamle jernbanetraseen på utsiden av eksisterende tunnel blir sprengt vekk. Restriksjoner på sprengningsarbeidene må også påregnes ved kryssing under eksisterende jernbanetunnel.



Figur 22: Forslag tilrigging alternativ 3 Fossmark-Linnebakkane.

Alternativ 4 Gamle Fossen, variant med adkomsttunnel fra Fossmark

Et mulig arrangement for alternativ 4, Gamle Fossen, er vist på Figur 23. Også her vil adkomsten skje fra oversiden av E16 som for alternativ 2 og 3, og med flytting av noe rigg til utløpet av transporttunnelen når driving herfra kan starte.

Arealet ved Gamle Fossen er svært begrenset, men anses tilstrekkelig for lokalrigg til tunneldriving.



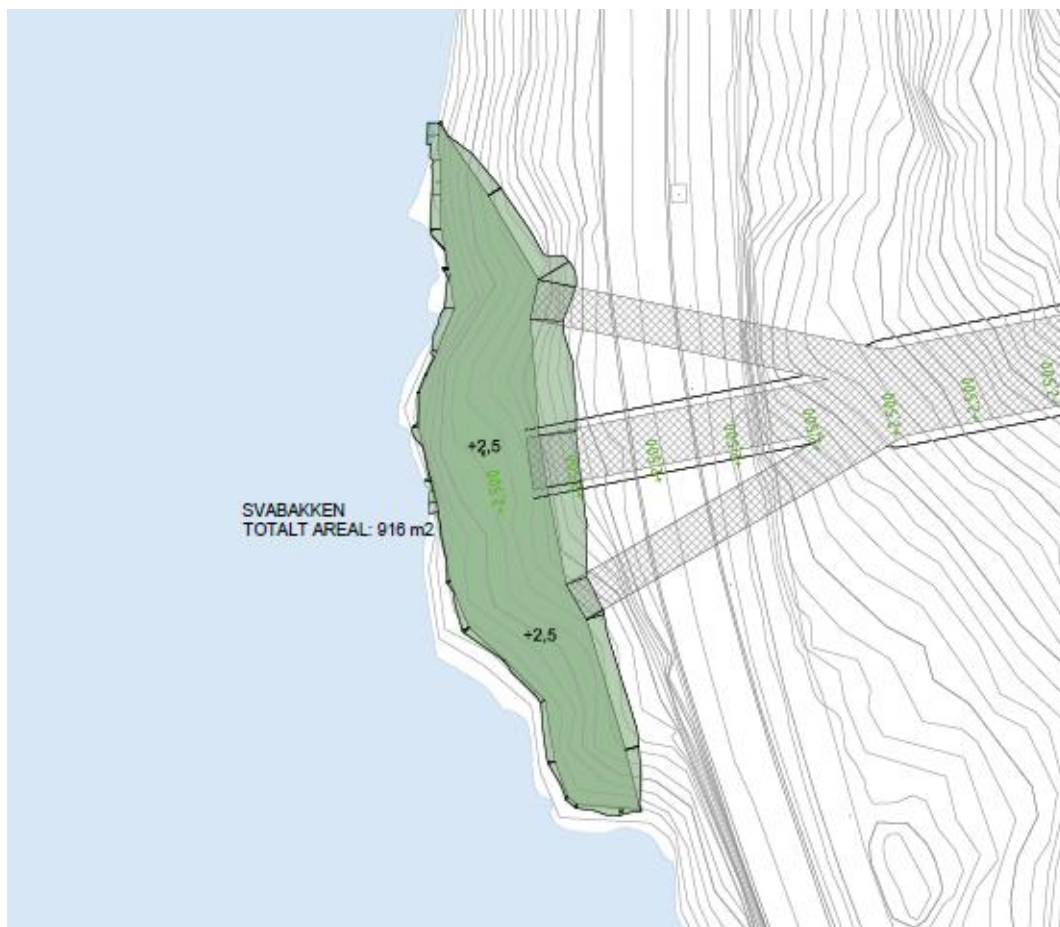
Figur 23: Forslag til rigging alternativ 4 Gamle Fossen.

Alternativ 5, Svabakken, variant med adkomsttunnel fra Fossmark

Et mulig arrangement ved alternativ 5, Svabakken, er vist på Figur 24. Også her vil det være adkomst fra Fossmark som for alternativ 2, 3 og 4, med flytting av deler av riggen når arealet ved sjøen er klart og transporttunnelen utført. Her er det også arealknapphet, men de mest nødvendige riggfasiliteter for tunneldriving vil få plass på utsprengt areal.

Arrangementet på figuren gjelder alternativet for videretransport av massen med båt, men i dette tilfellet vil det bli nødvendig med flere lektere for mellomlagring av massen. Ved deponering rett utenfor tverrslaget kan det tippes fra lekter utenfor arealet på tegningen.

Det finnes en variant til Svabakken vel 100 m lenger sør som medfører at transporttunnelen blir noen titalls meter kortere. Her er imidlertid arealet langs sjøen så lite at det allikevel ansees som ugunstig. Å ta arealet med i en regulering bør likevel gjøres slik at entreprenøren kan velge løsning.



Figur 24: Forslag tilrigging alternativ 5 Svabakken.

Alternativ 6, Gamle fossen, veiløs

Alternativet er en variant av alternativ 4, men adkomsten fra Fossmark sløyfes. All transport av materialer og utstyr vil da foregå sjøveien.

Driving av tverrslaget vil foregå fra påhugg og inn til kryss med hovedtunneler og all massen kjøres ut til sjøen.

Alternativet medfører oppankring av flere lektere for diverse riggetableringer, inkludert overnatningsrigg.

Alternativ 7, Svabakken veiløs

Alternativet er en variant av alternativ 5, også her uten adkomst fra Fossmark. All transport av materialer og utstyr vil foregå sjøveien.

Driving av tverrslaget vil foregå fra påhugg og inn til kryss med hovedtunneler og all massen kjøres ut til sjøen.

Alternativet medfører oppankring av mange lektene for diverse riggetableringer, inkludert overnattningsrigg.

6.3.3.3 Tunneldriving og fremdrift

Tabell 6 viser aktuelle lengder, samt anslag av tidsforbruk for tunneldrivingen i hvert alternativ, med forutsetning at det kun er 2 tunnellag i drift. Drift fra Helle utnytter den tiden det bare er 1 lag i arbeid ved tverrslagene, det vil si i oppstarten med adkomst- og transporttunnel når det er enstuffsdrift der.

Tabell 6: Tabellen viser lengder og estimat på tidsbruk for de ulike alternativene.

ALTERNATIV		LENGDE I METER		LENGDE I KM FRA KRYSS HOVEDTUNNELER				KM	TID I MND	
		ADKOMST TUNNEL	TRANSP. TUNNEL	TIL VAKSDAL	TIL HELLE	TIL ST.HELLE	TIL MØTE	FRA HELLE	KRITISK VEI	IKKE KR.VEI
ALT. 1	FOSSMARK VEI I DAGEN	250	550	4,5	4,2	3,3	2,6	1,6	44,2	35,5
ALT. 2	FOSSMARK A-TUNNEL	360	550	4,5	4,2	3,3	2,6	1,6	44,4	35,5
ALT. 3	LINNEBAKK. FOSSMARK	500	450	4,0	4,7	3,8	3,1	1,6	41,0	39,5
ALT. 4	G. FOSSEN FOSSMARK	550	550	3,0	5,7	4,8	3,5	2,2	43,6	43,6
ALT. 5	SVABAKKEN FOSSMARK	550	550	2,5	6,2	5,3	3,3	2,9	44,9	44,9
ALT. 6	G. FOSSEN VEILØS		550	3,0	5,7	4,8	4,0	1,7	39,9	39,9
ALT. 7	SVABAKKEN VEILØS		550	2,5	6,2	5,3	4,0	2,2	39,0	39,9

Tabellen viser følgende:

1. Alternativ 6 og 7 (veiløs) kommer tidsmessig gunstigst ut drivemessig med ca. 40 mnd. drivetid. Her er drivekapasiteten fullt utnyttet ved alle stuffer, med driving av ca. 2 000 m veitunnel fra Helle og ca. 1100 m jernbanetunnel fra Stanghelle. Alternativene kommer imidlertid svært dårlig ut økonomisk,

anslagsvis ca. 250 mill. dyrere enn alternativ 1, 2 og 3 som er de mest økonomiske.

2. Ved alternativ 3, Linnebakkane/Fossmark, er det anslått et tidsforbruk på ca. 41 mnd. I dette alternativet vil det være naturlig at det drives ca. 1 600 m veitunnel fra Helle og ca. 700 m jernbanetunnel fra Stanghelle.
3. Ved alternativ 2, Fossmark med adkomsttunnel, vil drivetiden være ca. 44 mnd., med 1 600 m veitunnel fra Helle og 700 m jernbanetunnel drevet fra Stanghelle.
4. Alternativ 4, Gamle Fossen og alternativ 5 Svabakken med adkomst fra Fossmark har et tidsforbruk som alternativ 2 Fossmark, ca. 44 mnd. Alternativet medfører økt drivelengde fra Helle på grunn av beliggenheten av tverrslagene. Dette medfører at det må deponeres mer enn 500 000 am³ ved Dalehagen. For alternativ 4 ca. 550 000 am³ og for alternativ 5 ca. 780 000 am³. Dersom ett av disse alternativene velges vil det bli så mye masse deponert ved Dalehagen at det ikke vil bli plass for bearbeiding av tunnelmasse/bunnrenskemasse. Denne bearbeidingen krever plass slik at Dalehagen ikke kan ta imot mer enn ca. 500 000 m³ i perioden dette arbeidet pågår. Alternativene er anslagsvis over 100 mill. dyrere enn alternativ 1, 2 og 3.

6.3.3.4 *Deponering*

Mengden som skal kjøres ut til sjø gjennom ett av tverrslagene vil blant annet avhenge av disponering av Dalehagen. Tabell 7 gir en oversikt over massevolum som tilsvarer de drivlengder som er lagt til grunn for beregning av drivetider (avsnitt 6.3.3.3.).

Tabell 7: Tabellen estimat på mengder for de ulike alternativene.

ALTERNATIV		TRANSPORT TUNNELMASSE UNDER DRIVING I AM3 * 1000				TID I MND.		MILL./1000
		E16 FRA/TIL HELLE	UT TIL SJØ	UT VED HELLE	SUM	TRANSPORT LANGS E16	TRANSPORT TIL SJØ	
ALT.1	FOSSMARK VEI I DAGEN	31	2 343	366	2 740	3,0	44	2 540
ALT.2	FOSSMARK A-TUNNEL	159	2 254	354	2 768	6,8	44	2 570
ALT.3	LINNEBAKK. FOSSMARK	162	2 254	354	2 770	7,5	41	2 550
ALT.4	G. FOSSEN FOSSMARK	291	1 667	987	2 945	13,3	44	2 640
ALT.5	SVABAKKEN FOSSMARK	337	1 554	1 061	2 952	15,8	45	2 680
ALT.6	G. FOSSEN VEILØS	0	2 336	383	2 719	0,0	40	2 750
ALT.7	SVABAKKEN VEILØS	0	2 186	528	2 714	0,0	40	2 710

Tabellen viser hvor mye masser som må transporteres langs E16 til Helle og Dalehagen, hvor mye som transporteres sjøveien, hvor mye som tas ut med driving fra Helle og totalt massevolum for de forskjellige alternativ. Videre er det angitt hvor lenge massetransport vil pågå fra tverrslagene til Helle/Dalehagen, drivetid for tunneler og grovt kostnadsestimat for tunneldrivingen.

Når tunneldrivingen er avsluttet, foretas bunnrensk, det vil si fjerning av anleggsveien fra tunneldrivingen, anslått volum ca. 220 000 m³. Massene er delvis forurenset. En regner med at det meste av bunnrenskan transporteres til Dalehagen der det kan avsettes plass til rensing av massene. Alternativet er å transportere massene til spesialmottak. Avhengig av arealdisponering ved Dalehagen, kan det legges til rette for produksjon av rene tunnelmasser til underbygging for ny vei og ballastpukk for jernbane. Dersom det foretas rensing av bunnrenskemassen, kan deler av denne benyttes til underbygging.

Tverrslagene ut til sjøen vil i meget stor grad bidra til å begrense massetransport langs E16. For Alternativ 1, 6 og 7 vil all massen kunne fraktes ut til sjøen. For alternativene 2, 3, 4 og 5 angripes hovedtunnelene via adkomsttunnel fra oversiden av E16 ved Fossmark. Masser som drives for å etablere transporttunnelene til sjøen fraktes landeveien til landdeponi, mest sannsynlig til Dalehagen.

For alternativ 1 medfører dette transport langs E16 til angrepspunktet for veibygging, som vil foregå i ca. 12 uker. For alternativ 2 vil det være uttransport av tunnelmasse i ca. 27 uker, for alternativ 3 ca. 30 uker, for alternativ 4 ca. 53 uker

og alternativ 5 ca. 63 uker. For alternativ 6 og 7 vil det ikke være transport langs E16.

6.3.3.5 *Sikkerhet og miljø*

Fare for ulykker og miljøulemper ved driving via ett av tverrslagene ved Fossmark vil primært være relatert til arbeider i strandsonen, transport og tipping i sjø, massetransport på, av og langs E16 samt støyulemper ved omlasting, håndtering og bearbeiding av masser.

Ved etablering av kaiområdene og tverrslagene vil det foregå omfattende sprengningsarbeider i umiddelbar nærhet av eksisterende jernbane i drift. Metoder og risiko i denne forbindelse er beskrevet i risikoenalysen [4], risikovurdering for RAM- og sikkerhetsforhold som kan påvirke togframføringen [7], samt Risikovurdering togframføringssikkerhet i anleggsperioden [17].

For på- og avkjøring til E16 etableres rundkjøring. Risiko for uhell langs E16 på grunn av massetransporten elimineres når tverrslag og omlastingsarrangement i strandsonen er etablert.

Lokalt er det nødvendig med ytterligere sikkerhetstiltak og støydemping. Ulemper i anleggsperioden vil føre til midlertidig fraflytting for enkelte boliger. Omfang av tiltak og midlertidig fraflytting vil variere mellom alternative løsninger.

Tiltaket medfører også terrenginngrep. Bearbeiding av landskapet vil være nødvendig etter at arbeidene er avsluttet.

Sikkerhet relatert til anleggsarbeidene vil bli ivaretatt av lover, forskrifter og interne sikkerhetsrutiner på anlegget.

6.3.4 **Innredning for strekning øst**

Innredningsarbeidene i tunneldelene som er drevet fra et tverrslag kan vanskelig påbegynnes før tunneldriften er ferdig. Det er derfor hensiktsmessig at drivingen fra valgte angrepspunkt avsluttes mest mulig samtidig slik at innredningen kan foregå både fra endepunktene til hovedtunnelene og valgte tverrslag.

For alternativene med veiadkomst (1, 2, 3, 4 og 5) vil produksjonen kunne gjøres på vel 80 arbeidsuker. Alternativet med tverrslag uten veiadkomst vil ha produksjonstid

på mer enn 100 uker, det vil være mye dyrere på grunn av sjøtransport og ekstra omlasting og det vil oppnå mindre effekt ved bruk av tverrslaget til innredningen.

For strekning øst vil adkomst ved Helle ligge godt til rette, med mulighet for lagring utenfor tunnelen og ved Dalehagen. Adkomst fra Stanghelle er mindre egnet siden portalen mot vest er lang og utføres relativt sent i fremdriftsplanen. Her vil imidlertid rømningstunnelen mellom vei- og jernbanetunnelen kunne benyttes slik at noe av innredningen også i jernbanetunnelen kan utføres med adkomst fra Helle.

Ved tverrslag med veiadkomst kan opparbeidet areal utenfor påhugg benyttes til lagring av utstyr og materiell. For de veiløse alternativene er det imidlertid begrensede muligheter. Noe utstyr og materiell kan lagres inne i tverrslagene.

For å få en effektiv utførelse av innredningsarbeidene må dette arbeidet kunne ha adkomst også fra Vaksdal. Området utenfor tunnelåpningene må derfor kunne benyttes til lagring av materiell og utstyr, og det er derfor viktig at tunnelentreprenøren gis adgang til denne siden av dagentreprenøren i Vaksdal.

6.3.5 Kostnader

For å vurdere/rangere de alternative løsningene ved Fossmark, er det foretatt et grovt overslag over kostnadsdifferanser for de alternative løsningene. Resultatet viser følgende:

- Alternativ 1, 2 og 3: Ca. Samme pris og billigst
- Alternativ 4 og 5 Ca. 150 mill dyrere enn 1, 2 og 3
- Alternativ 6 og 7 Ca. 250 mill dyrere enn 1, 2 og 3

I overslaget er kostnader som ellers er like for alle alternativene utelatt, slik at dette kun er marginalkostnader.

Samlet ut fra hensyn til anleggsgjennomføring og økonomi vurderer vi alternativ 3 med adkomst fra oversiden av E16 og utkjøring til Linnebakkane å være gunstigst, med rundt 250 mill. lavere kostnad enn alternativ 6 og 7. Det vises til konsekvensutredning (KU) for vurdering av ikke-prissatte tema ved de ulike lokalitetene. For å sikre fleksibilitet foreslås samtlige alternativ ved Fossmark i reguleringsplanen. Dette vil gi mulighet for påvirkning i planprosessen og fra fremtidig entreprenør.

6.4 Dagsone Vaksdal B1

6.4.1 Innledning

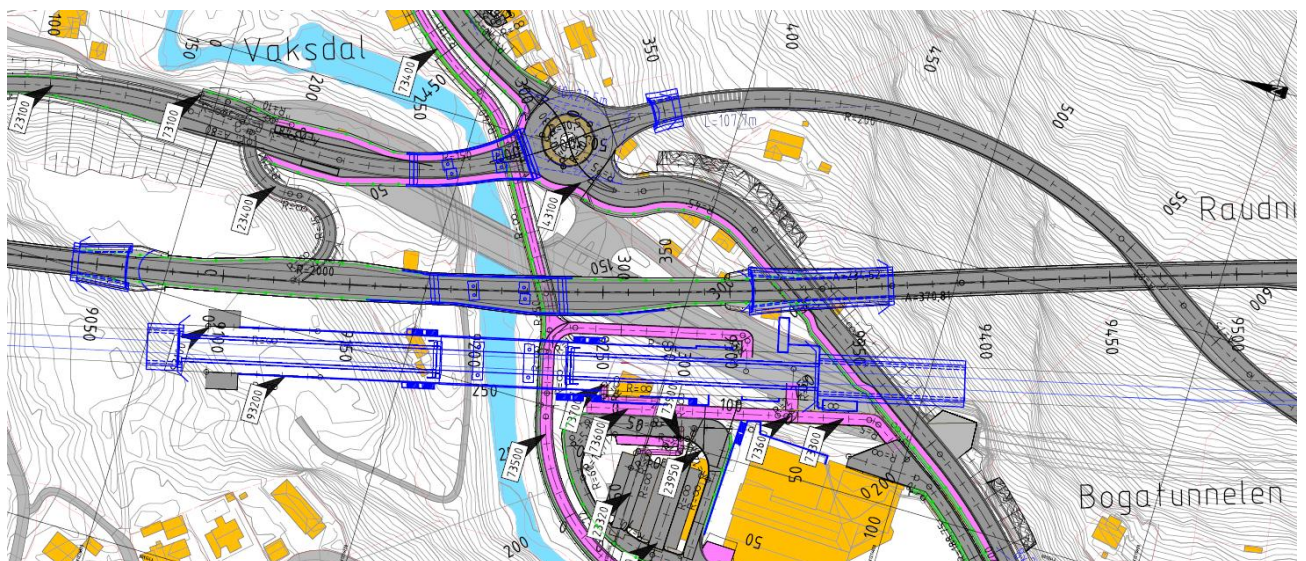
I Vaksdal er det utarbeidet to alternative løsninger, B1 og B2. I dette avsnittet beskrives situasjonen for B1 hvor vei og jernbane krysser gjennom bygda parallelt som vist på Figur 25. Alternativ B2, hvor jernbane og ny E16 ikke krysser Vaksdal parallelt, er beskrevet i kapittel 6.5.

Faseplanene for alternativ B1 er vist på UAS-01-Y-01201 til -01205 [12].

En av utfordringene i alternativ B1 er trafikkavvikling i anleggsperioden, både for gjennomgangstrafikk på E16 og lokaltrafikk, og hvor begge deler krysser tvers gjennom anleggsområdet. I tillegg berøres flere beboere og noen hus må fraflyttes permanent eller midlertidig.

Trafikksituasjonen for E16 er foreslått løst med en om lag 350 m avgrensningstunnel fra eksisterende Bogatunnel, som må drives før det meste av dagarbeidene kan starte. Når den er ferdig, vil trafikken på E16 kunne gå stort sett uforstyrret via denne.

Siden anleggsvirksomheten deler Vaksdal-bygda i to, må anleggsarbeidene stykkes opp for å kunne opprettholde forbindelsene på tvers av anleggsområdet.



Figur 25: Dagsone Vaksdal alternativ B1.

6.4.2 Arbeidsbeskrivelse og fremdrift

Elementene i Dagsone Vaksdal B1 består overordnet av følgende:

- Rivning innløste bygninger og omlegging av kraftverksrør og lokalveier
- Bygging av bru for ny omkjøringsveg
- Bygging av ny forbindelsesveg under ny bru mellom øst og vest i Vaksdal
- Driving grentunnel (By-pass) til eksisterende E16-tunnel (Bogatunnelen).
- Bygging av rundkjøring ved tunnelutløpet samt forbindelse til E16 i nord, gjennomgangstrafikk E16 via ny grentunnel.
- Etablering permanent lokalvei mellom øst og vest i Vaksdal over portalbygg, trafikkomlegging
- Etablering av forskjæringer inkl. sikring over, 30 – 50 m tunnel samt portaler mot Trengereid.
- Etablering av forskjæringer inkl. sikring over, 30 – 50 m tunnel, samt portaler mot Stanghelle
- Bygging vei- og jernbanebru samt stasjon
- Etablering av permanent lokalveisystem

Det vises ellers til faseplanene som visualiserer og beskriver sammenhengen mellom de forskjellige aktivitetene og lokaltrafikken [12].

Totalt er varighet på anleggsarbeidene i dagsone Vaksdal estimert til minimum 4 år.

Det vil være en fordel at portalbyggene samt 30 – 50 m tunnel utføres før tunneldriften kommer fra motsatt side (fra Stanghelle/Fossmark og fra Trengereid/Langhelle). På den måten kan innredningsarbeidene startes umiddelbart etter gjennomslag uten heft av portalbyggingen.

Grensesnitt og entreprisedeling må vurderes nøye slik at arbeidene kan gjennomføres på en optimal måte. Her må det hensyntas at effektiviteten av innredningsarbeidene i tunnelene er svært avhengig av adkomstforholdene. Med adkomst bare fra tverrslagene vil disse arbeidene ta svært lang tid. Det er derfor viktig at dagarbeidene i Stanghelle, Vaksdal og Trengereid utføres på en slik måte at det gis adgang til tunnelene straks sprengningsarbeidene er avsluttet. Dette er en utfordring mot vest både i Stanghelle og Vaksdal. Her er det omfattende arbeider

som kan løses ved at det er samme entreprenør for de enkelte dagarbeidene som for tilhørende tunnel mot vest.

6.4.3 Tilrigging

Aktuelt område for tunneldriving vil være ved fremtidig rundkjøring. På grunn av mange pågående aktiviteter og lokaltrafikk innenfor et svært begrenset område, vil det være nødvendig med ekstra trafikksikringstiltak.

For dagsone Vaksdal må området nord for eksisterende butikksenter avsettes til anleggsrigg, samt områdene mellom traseene og etter hvert der hvor E16 passerer i dag. Tilriggingen vil omfatte anleggskontor, spise- og lumpebrakker, lagertelt og containere for diverse materialer, utstyr samt parkering for maskiner og kjøretøy. For bru- og portalkonstruksjoner må det være plass til byggekran, lagerområde for armering og forskalingsutstyr og plass for prefabrikasjon av forskaling.

Omfang av tilrigging i Vaksdal sentrum vil også avhenge av entreprisindelning og hvorvidt dagsonearbeidene inkluderes i en av tunnelentreprisene.

6.4.4 Sikkerhet og miljø

For arbeidene i Vaksdal kan følgende forhold nevnes relatert til sikkerhet og miljø:

- Sikring av skredutsatte områder
- Sprengning av høye bergskjæring med påfølgende arbeider inntil utsprengt bergskjæring.
- Utfordrende trafikkforhold for lokaltrafikk og annen ferdsel
- Omfattende spuntarbeider
- Arbeid i høyden

I den videre planlegging må det legges til rette for en trygg og sikker gjennomføring både med hensyn til areal og tid. Med lang byggetid for tunnelstrekningene bør det være mulig å avsette tilstrekkelig med tid for arbeidene i dagsonen, slik at forhold knyttet til HMS/SHA blir ivaretatt.

Vedrørende ytre miljø, støy, støv og rystelser, vil pele- og spuntarbeid bli merkbart. Disse forhold blir for det meste ivaretatt gjennom lover og forskrifter. Dette og lokale, spesifikke forhold må ivaretas i kontrakter som inngås.

6.5 Dagsone Vaksdal B2

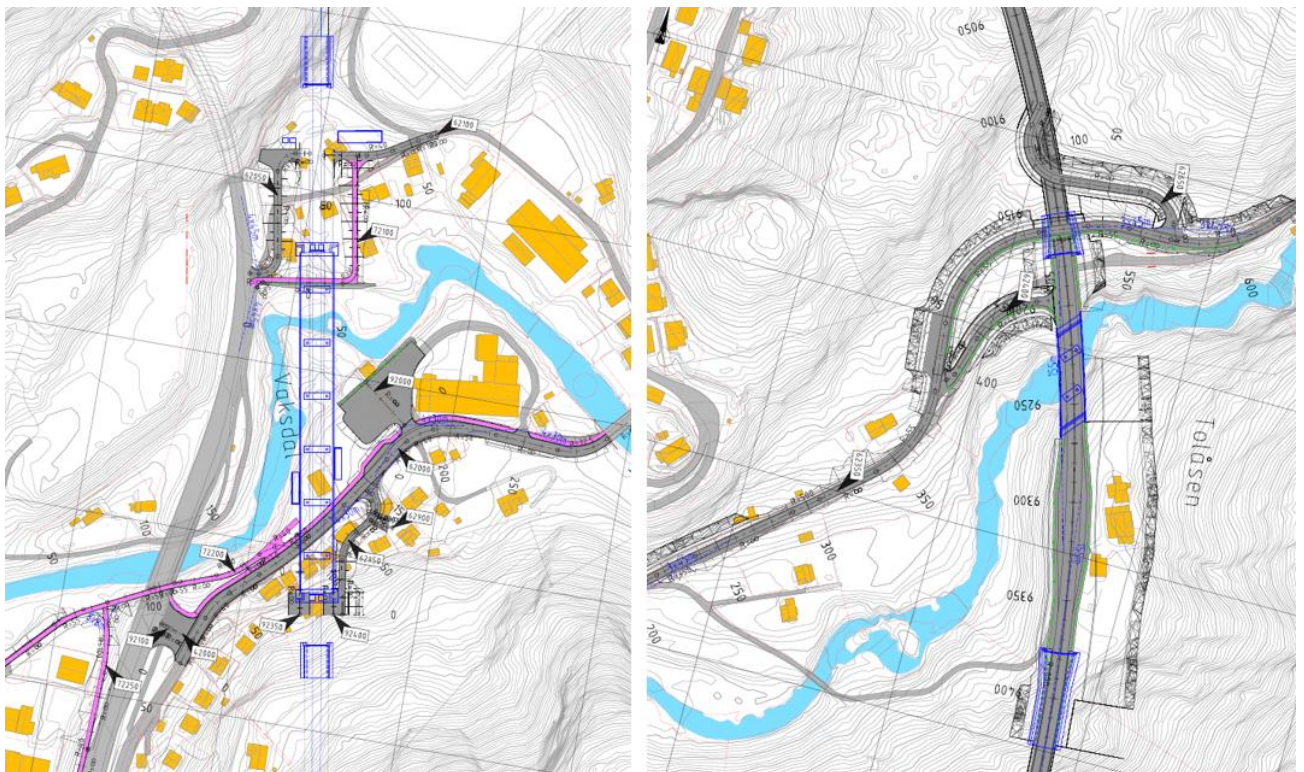
6.5.1 Innledning

Alternativ B2 gjennom Vaksdal er vist i Figur 26. Faseplanene er vist i tegningene UAS-01-Y-02201 til -02207 [13].

Jernbanen krysser Vaksdal ca. 100 m lenger øst enn for B1, og ny E16 krysser ved Tolåsen ca. 700 m øst for jernbanen.

Ved alternativ B2 er det ikke behov for avgreningstunnel fra eksisterende E16-tunnel. Anleggsperioden i Vaksdal kan således reduseres noe i forhold til B1. Totalt sett er de anleggstekniske utfordringene enklere ved B2 enn ved B1.

Anleggsvirksomheten i Vaksdal sentrum vil være redusert i forhold til alternativ B1 og trafikkavvikling i anleggsperioden vil være enklere. Eksisterende E16-trafikk vil passere Vaksdal relativt uforstyrret gjennom hele prosjektperioden.



Figur 26: Dagsone Vaksdal alternativ B2, jernbanekryssing i Vaksdal til venstre og E16 gjennom Tolåsen til høyre.

6.5.2 Arbeidsbeskrivelse og fremdrift jernbane B2

Dagsone for jernbanen i Vaksdal er ca. 300 m lang. Stasjonen vil ligge på bru over elva og mot østre tunnel.

Hovedtrekk av arbeider knyttet til jernbanen er:

- Rivning av innløste bygninger og omlegging av kraftverksrør.
- Omlegging av Brualeitet for trafikkavvikling i anleggsperioden
- Etablering av forskjæring mot Trengereid for jernbanetunnel inkl. ev. driving av 30 – 50 m tunnel
- Bygging av portal mot Trengereid
- Etablering av fylling ved tunnelinnang mot øst, inkludert fremtidig midlertidig adkomst inn på ny E16.
- Forskjæring, 30 – 50 m tunnel og portal mot Stanghelle
- Bygging av bru forbi søyle 2 fra vest
- Omlegging av Brualeite tilbake under nybygd bru
- Bygging av bru videre mot øst + stasjon

Rent anleggsteknisk medfører B2 en enklere utførelse enn B1. Arbeidene vil berøre mindre bebyggelse, medføre mindre trafikkutfordringer og det vil være bedre plass for både utførelse og tilrigging enn B1. Forslag til utførelsesrekkefølge vil fremgå av faseplaner, se UAS-01-Y-02201 til -02207 [13].

Det antas at alle arbeidene kan utføres i løpet av ca. 2,5 år i B2, mot minimum 4 år i B1.

Som for alternativ B1, må entreprisedeling og grensesnitt vurderes nøye, slik at arbeider i dagsone og tunnel kan gjennomføres på en mest mulig rasjonell måte. Det vil være hensiktsmessig at tunnelarbeider mot vest og dagarbeidene er i samme entreprise.

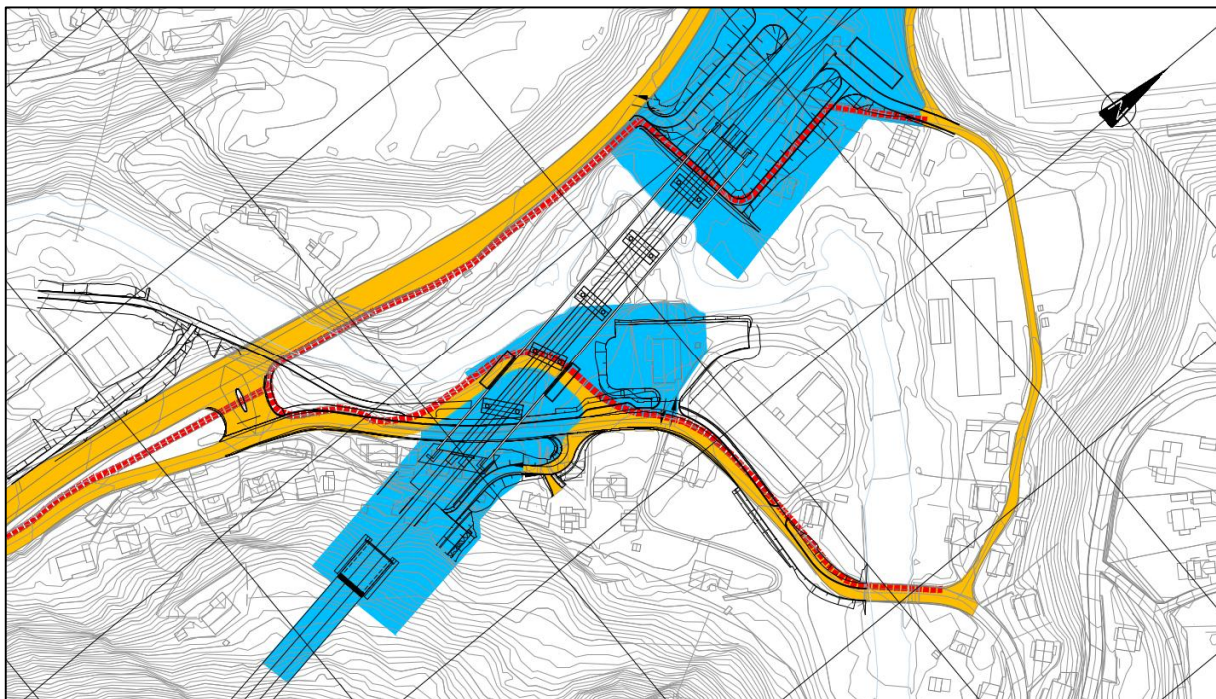
6.5.3 Tilrigging jernbane B2

For tilrigging er løsningen i B2 enklere enn i alternativ B1, først og fremst fordi det finnes store arealer på østsiden av stasjonen. For etablering av forskjæring og tunnelpåhugg mot Trengereid må det etableres midlertidig lokalvei fra Brualeite. Denne vil gå opp til påhugget fra østsiden og dessuten være en permanent adkomst til tunneler/stasjon.

6.5.4 Sikkerhet og ytre miljø jernbane B2

Miljø- og sikkerhetsmessig vil forholdene være gunstigere ved alternativ B2 enn ved B1. Byggearbeidene vil ha mer plass og trafikkforholdene vil være enklere. Dessuten vil anleggsvirksomheten være mindre sjenerende for bebyggelsen.

Ved bygging av jernbanebrua vil sikkerhet for lokaltrafikken langs Brualeite utgjøre en spesiell utfordring der anleggsområdet krysses. Figur 27 er et utsnitt av faseplanene som viser hvordan trafikken på Brualeite krysser mot søyle 2 fra vest mens man bygger første del av brua over søyle 1. Det vil da være mulig å opprettholde normal trafikk på Brualeite også mens utstøping av brua utføres.



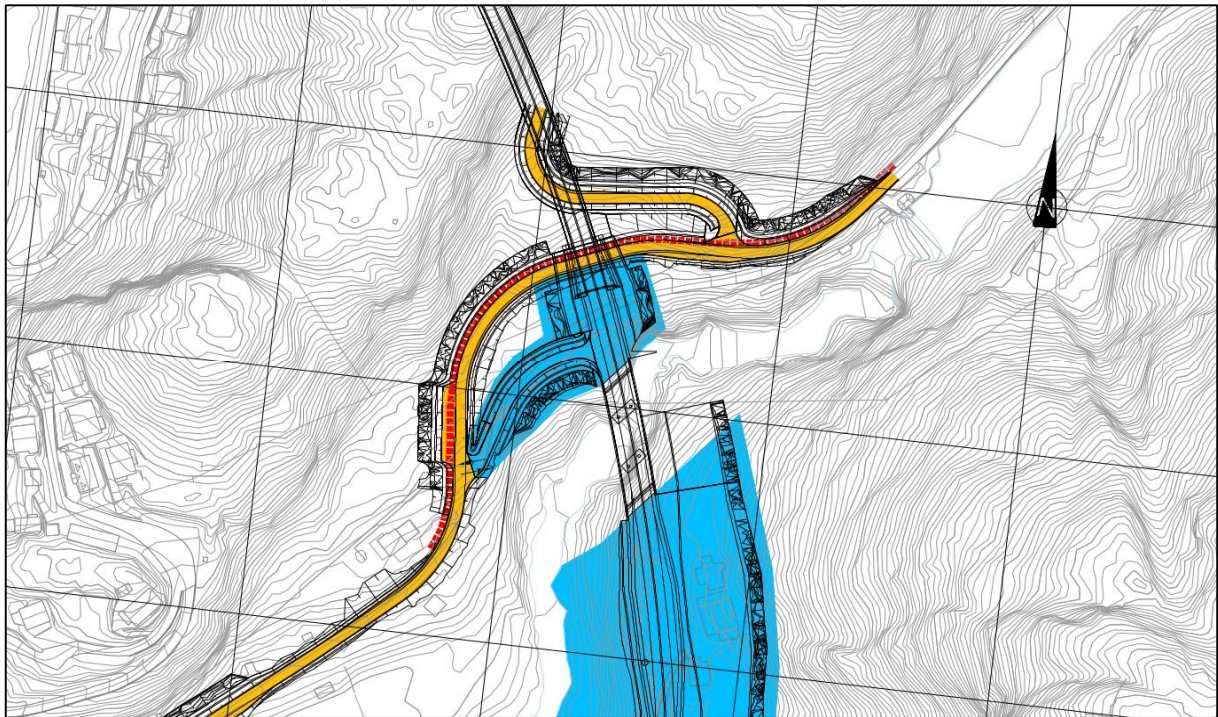
Figur 27: Utsnitt faseplan ved Brualeite. Utklipp fra faseplan, se UAS-01-Y-02202 [13].

6.5.5 Arbeidsbeskrivelse og fremdrift E16 B2

Ny E16 vil krysse over dalen i skjæring fra sør gjennom gårdsbruket Tolåsen, deretter krysse elva på bru og inn i skjæring på elvas nordside. Skjæringa krysser en lokalvei som ligger 8–10 m høyere, samt en rørledning (tilløpsrør) fra det lokale kraftverket på ca. samme nivå som lokalveien.

Figur 28 viser fase 2 fra faseplanene [13]. Her er først (i fase 1) lokalveien lagt litt høyere i terrenget, samt at kraftverksrøret er demontert. I denne fasen etableres vei

inn til nivået for ny E16, og deretter sprenges skjæringa for ny vei og portal inn mot den omlagte lokalveien (Sædalsveien). Der hvor den opprinnelige traseen for Sædalsveien krysser over skjæringa bygges det så ei midlertidig Bailey-bru, hvoretter lokaltrafikken ledes tilbake over denne brua.

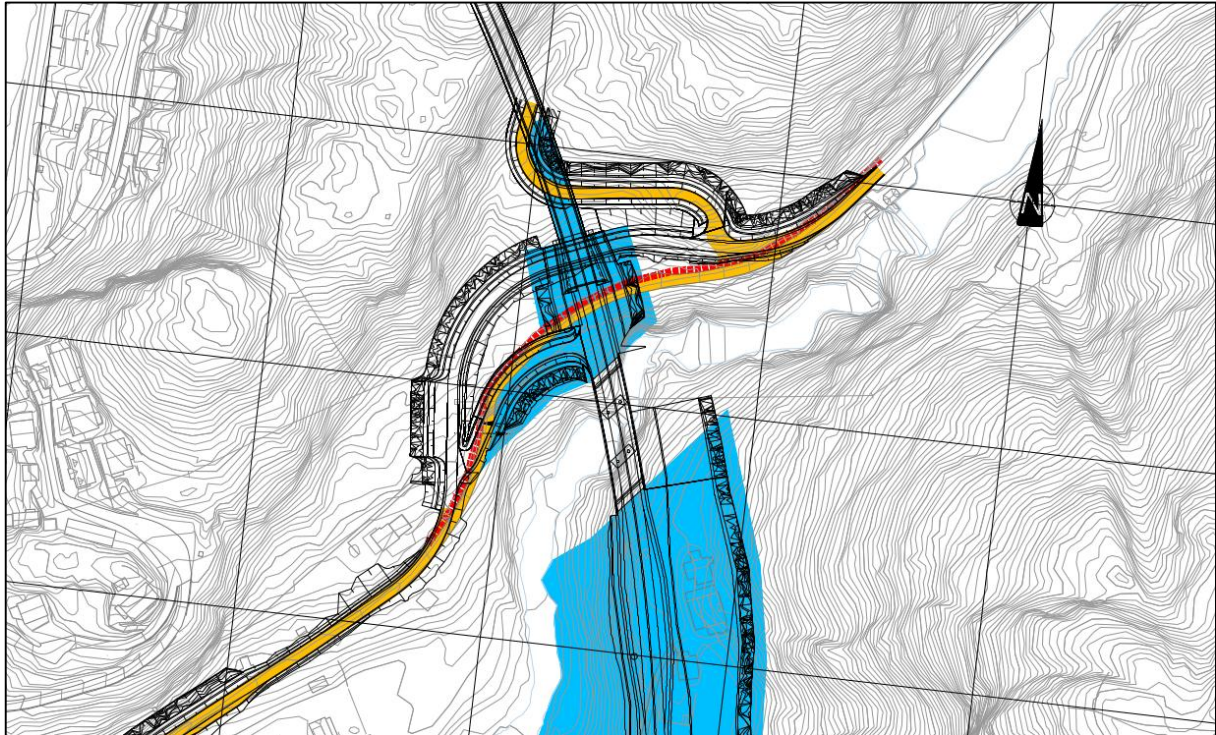


Figur 28: Planskisse av dagsonen ved Tolåsen. Utklipp fra faseplan, se UAS-01-Y-02205 [13].

Med trafikk over Bailey-bru på ytre del av skjæringa kan så indre del sprenges ut i fase 3. Deretter kan det drives 30 – 50 meter tunnel, hvoretter portalen kan bygges fra tunnelen og ut under Bailey-brua. Med 30 – 50 m tunnel drevet fra denne siden kan gjennomslag fra øst utføres når som helst uten å skade portalen. Denne fasen er vist på Figur 29.

Etter dette kan den ferdige portalen omfylles, Bailey-brua rives, og trafikken legges tilbake til opprinnelig trase. Nå kan også kraftverksrøret monteres på opprinnelig sted; i hele denne tiden, anslagsvis 8 - 10 mnd. har kraftverket vært ute av drift.

Når ytre del av skjæringa, inn mot omlagt Sædalsveien er utført, kan det tenkes at fjellforholdene er slik at det kan drives tunnel under Sædalsveien.



Figur 29 Planskisse av dagsonen ved Tolåsen. Utklipp fra faseplan, se UAS-01-Y-02206 [13].

Dette vil i tilfelle medføre litt lengre tunnel, tilsvarende kortere portal, ikke nødvendig med Bailey-bru, ingen vanskelig sprengning av indre skjæring mot Bailey-bru, og kortere byggetid. En slik løsning vil være å foretrekke, men kan ikke garanteres uten godt resultat av ytterligere grunnboringer.

Vestover i Tolåsen skjærer ny E16 inn i en bratt fjellknaus. For ikke å skape for vanskelige anleggsforhold ved fremtidig veg-utbygging for løp nummer to vil trolig hele korridoren for en kommende østgående trafikk klargjøres i dette byggetrinnet. Det er dermed snakk om uttak av et relativt stort massevolum i et rasutsatt område.

I hovedtrekk skal følgende arbeider utføres ved ny E16 i Vaksdal for alternativ B2:

Nordsiden av elva (mot Stanghelle):

- Ev. rassikring i utsatte områder
- Omlegging av lokalvei og stengning av tilløpsrør til lokalt kraftverk
- Sprengning av forskjæring + første 30 – 50 m tunnel
- Betongportal
- Tilbakefylling over portal og reetablering av lokalvei og kraftverksrør

Det antas at arbeidene på nordsiden av elva kan ta ca. 1 år å utføre.

Sørsiden av elva (mot Trengereid) og over elva:

- Rassikring i utsatte områder
- Utbedring av adkomstveier og forsterkning av bru
- Vei-, forskjæring + driving av 30 – 50 m tunnel
- Støping av portal og bru over elva

Dersom veiskjæringa skal omfatte neste byggetrinn vil det sprenges ut ca. 25 000 fm³. Noe av dette kan trolig benyttes til veiutbedring, men det må antas at en del må kjøres bort fra området.

E16-brua over elva er prosjektert som ei platebru i 3 spenn på 50 m.

Det antas at arbeidene på sørsiden av elva inklusive bru vil ta ca. 1,5 år å utføre.

Forslag til utførelsesrekkefølge vil fremgå av faseplaner.

6.5.6 Tilrigging E16, B2

Det antas at det er tilstrekkelig med areal til rigg for dagarbeidene som skal utføres. Riggområdet må ha tilstrekkelig plass til kontorer, spise- og lumpebrakker, lagerplass for forskaling og armering, lagertelt og plass til containere, samt parkering for maskiner og kjøretøy. Innenfor anleggsbeltet kan det være problematisk å avsette tilstrekkelig areal og det kan bli nødvendig å søke tilleggsareal for rigg. Det kan finnes slike arealer der bygdeveien mot Tolåsen tar av fra lokalveien, eller forbi anleggsområdet langs Sædalsvegen vel 500 m. I tillegg må det være nok plass på begge sider av brua for kranplassering og daglagring av utstyr.

6.5.7 Sikkerhet og ytre miljø E16, B2

Blant forhold som kan nevnes er det på begge sider av elva potensiell rasfare, arbeider i ulendt terreng og kryssende lokaltrafikk på nordsiden av elva. Utover dette er det sikkerhetsforhold relatert til sprengningsarbeider, masseforflytning og bru- og betongarbeider.

Det ytre miljøet vil bli påvirket av mye sprengning og veiomlegging innenfor et lite område. Antall personer/hus som blir berørt i Tolåsen-området er imidlertid beskjedent.

6.5.8 Trafikk til/fra Vaksdal ved utførelse av rundkjøringer i Jamnatunnelen og Bogetunnelen

Den fremtidige og permanente løsningen for trafikk til/fra Vaksdal er planlagt med tunnelramper fra de nye E16 tunnelene via rundkjøringer i eksisterende Jamnatunnel i nord og eksisterende Bogetunnel i sør. Tunnelrampene sprenges ut, nesten frem til de fremtidige rundkjøringene, før arbeidene med selve rundkjøringene settes i gang. Ut fra sikkerhetsmessige- og driftsmessige hensyn anbefales det å stenge Boge- og Jamnatunnelen for trafikk ved utsprenkning for de nye rundkjøringene. Dette arbeidet utsettes til etter at de nye E16 tunnelene er åpnet, slik at E16-trafikken ikke blir rammet. Rundkjøringene må utføres én og én, og man tenker seg følgende trafikksituasjon mens dette pågår:

1. Etablering av ny rundkjøring i Bogetunnelen
 - a. Bogetunnelen stenges for trafikk, mens Jamnatunnelen er åpen for lokaltrafikk.
 - b. Trafikk til/fra Vaksdal både i retning til/fra Oslo og i retning til/fra Bergen må ledes mot nord på tidligere E16 via Jamnatunnelen til Helle. Fra krysset på Helle fordeles trafikken i ulike retninger på E16.
2. Etablering av ny rundkjøring i Jamnatunnelen
 - a. Jamnatunnelen stenges for trafikk, mens Bogetunnelen med ny rundkjøring og rampesystem til E16 tunnel er åpen for lokaltrafikk.
 - b. Trafikk til Vaksdal fra Oslo må først ledes til Trengereid og sendes tilbake østover i tunnel mot Vaksdal. Deretter ledes trafikantene inn på avrampe til ny rundkjøring i Bogetunnelen og videre til Vaksdal.
 - c. Trafikk fra Vaksdal til Oslo ledes gjennom Bogetunnelen til pårampe E16 mot Bergen, deretter må trafikken snu i rundkjøring på Trengereid og ledes tilbake i retning Oslo.
 - d. Trafikk til Vaksdal fra Bergen vil gå som i permanent situasjon, i ny avrampe til rundkjøring i Bogetunnelen og videre til Vaksdal.
 - e. Trafikk fra Vaksdal til Bergen vil gå som i permanent situasjon, via rundkjøring i Bogetunnelen og pårampe mot Bergen.

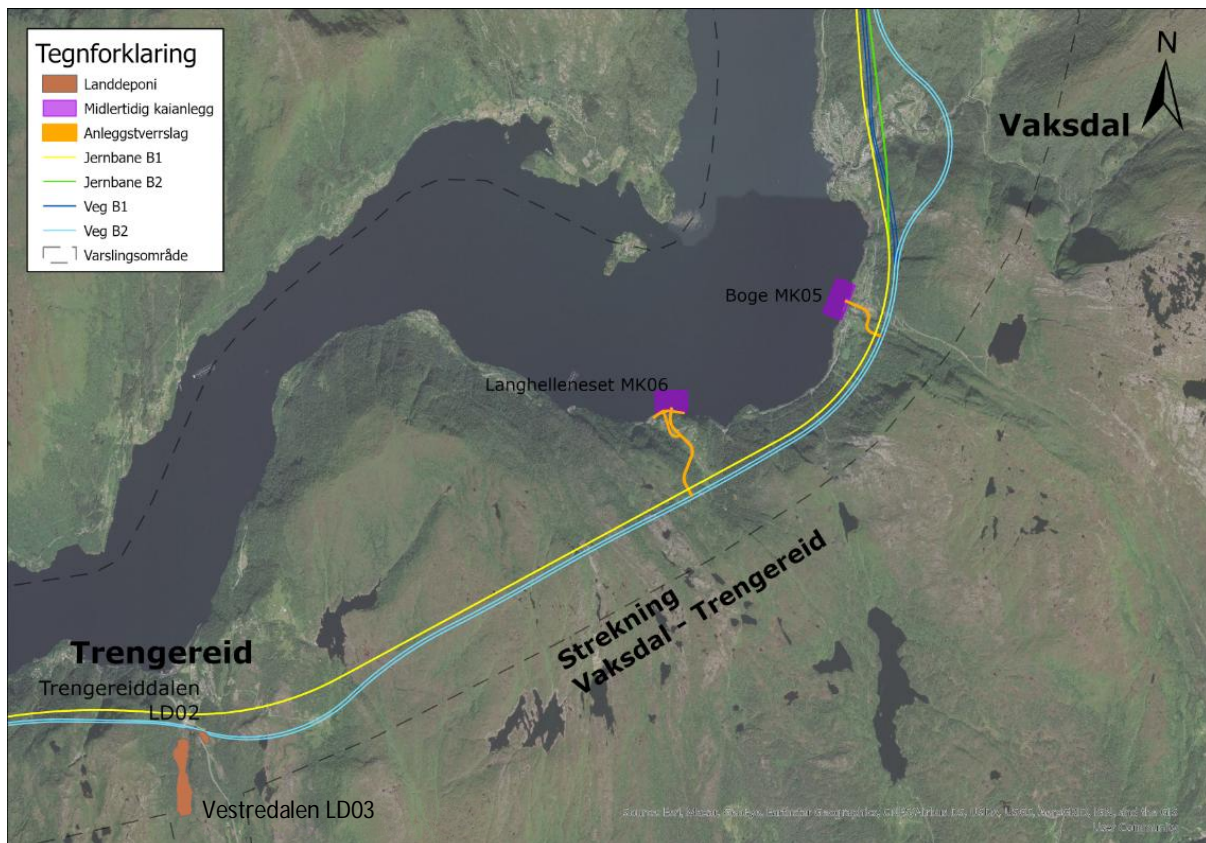
Dette medfører betydelig omkjøring, både for trafikk til/fra Bergen ved utførelse i Bogetunnelen og for trafikk til/fra Oslo-ved utførelse i Jamnatunnelen. For å

redusere denne ulempen kan det være mulig å åpne gamle parallellveger både mot øst og mot vest for små kjøretøyer. Det vil trolig kreve kolonnekjøring.

6.6 Strekningen Vaksdal – Trengereid (strekning midt)

6.6.1 Innledning

Lengde på tunneler mellom Vaksdal og Trengereid vil avhenge av hvilket alternativ som blir valgt (B1 eller B2). Figur 30 viser et oversiktskart over strekningen.



Figur 30: Oversiktskart over strekning mellom Vaksdal og Trengereid.

Veitunnelen er ca. 9,8 km for alternativ B1 og ca. 10 km for alternativ B2, mens jernbanetunnelen er ca. 9,6 km for alternativ B1 og 9,7 km for alternativ B2.

Aktuelle angrepspunkt for tunneldrivingen er via tverrslag Langhelle og driving fra Trengereid i retning Vaksdal. Tverrslaget ved Langhelle er nesten 1km.

I tillegg er mulig tverrslag ved Boge kai vurdert. Da det ikke er veiadkomst dit må tverrslaget etableres via sjøveien. Lengden på tverrslag fra Boge kai er vel 500 m.

6.6.2 Tverrslag Langhelle

6.6.2.1 *Generell orientering*

Med Langhelle som angrepspunkt vil det meste av vei- og jernbanetunnelen bli drevet herfra. Fra kryss tverrslag/hovedtunneler er det ca. 4,4 km tunnel til Vaksdal og ca. 5,4 km til Trengereid. Tunnelstrekningen fra Langhelle til Trengereid blir trolig den lengste stoffen i hele prosjektet. Denne strekningen vil således være bestemmende for ferdigstillingen av prosjektet øst for Trengereid. Det vil derfor være gunstig å drive noe av denne strekningen fra Trengereid

Tverrslaget for massetransport til sjø er tenkt drevet via adkomsttunnel fra E16, vises på Figur 31. Påhugg for adkomsttunnelen er tenkt plassert på innsiden av eksisterende E16.

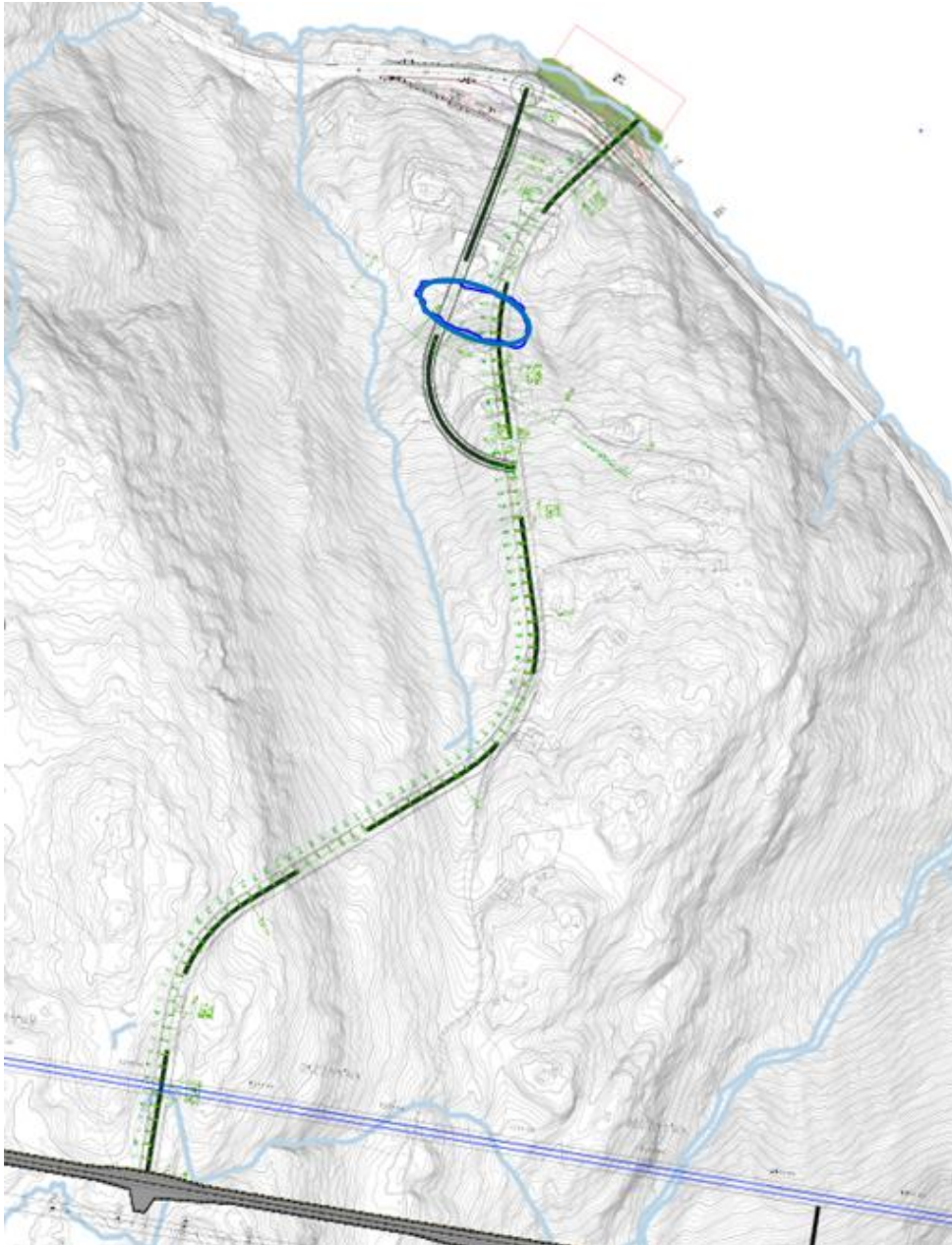
Tverrslaget krysser eksisterende jernbanetunnel ca. 200 m inn i fjellet. Det ser ut til å være mulig å krysse jernbanen både over og under, noe som vil overlates til utførende entreprenør å avgjøre.

6.6.2.2 *Tilrigging*

Aktuelt riggområde ved Langhelle kan være på innsiden langs eksisterende E16 der det i dag er en utvidelse. Området er også foreslått som påhuggsområde for adkomsttunnel til tverrslaget og må i så fall utvides.

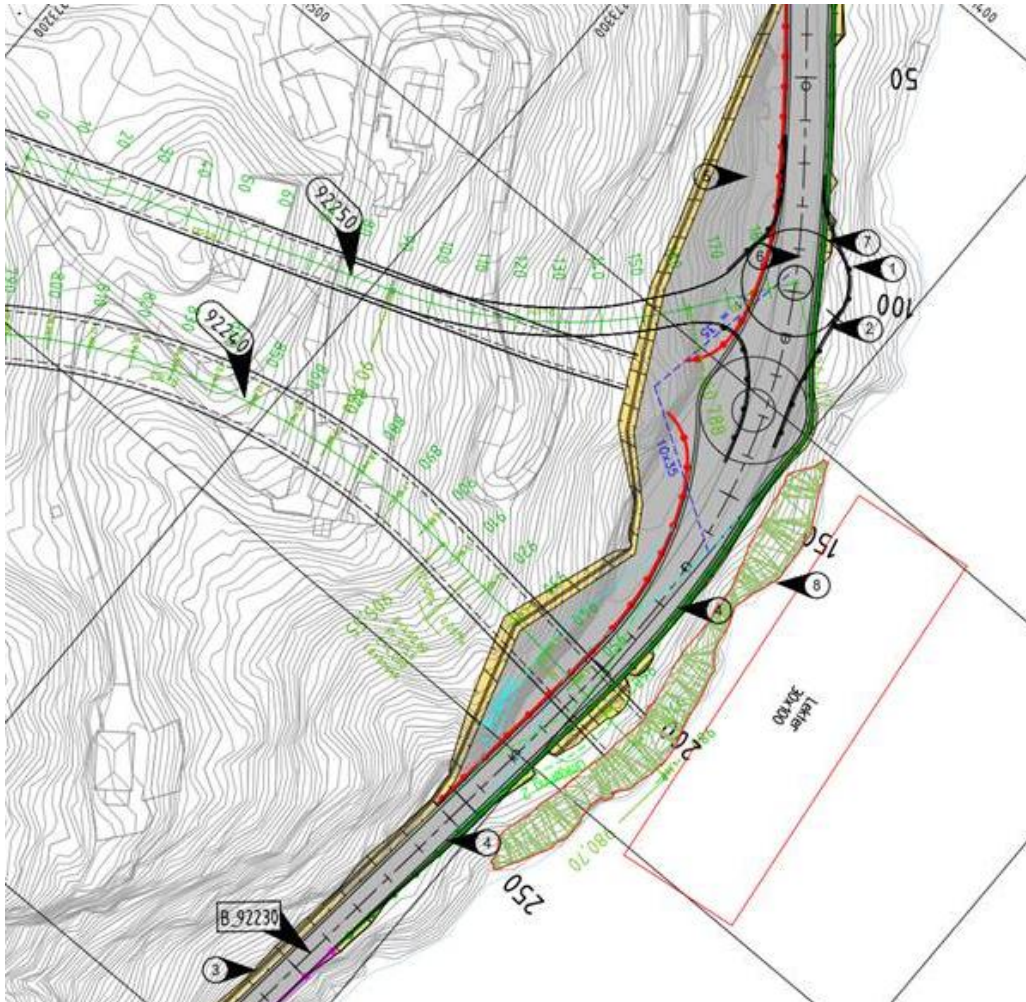
Siden det ikke er tilstrekkelig avstand til å drive tverrslag under E16 er det foreslått at det sprenges åpen skjæring og at E16 legges på Bailey-bru over skjæringen. Midlertidig omlegging på innsiden er nødvendig for å etablere åpen skjæring og bru over.

Deler av riggen kan senere flyttes ned i strandsonen, når det er etablert et areal utenfor tverrslagsåpningen samt på lektere utenfor transporttunnelen. Noe av riggfasilitetene kan også plasseres inne i tunnelsystemet, for eksempel i tverrstoller eller nisjer. Det kan også vurderes å avsette noe plass til ekstra lekter for deler av riggen.



Figur 31: Mulig arrangement ved Langhelle. Blått omriss viser kryssing av eksisterende jernbanetunnel.

Området innenfor E16 må utvides for å få plass til rundkjøring og nødvendig tilrigging for oppstart av arbeidene. For å redusere omfanget av utsprenningen og høyden på bergskjæringen på innsiden av E16 kan rundkjøringen plasseres delvis på naturlig liten odde mot vest, og å bygge forstøtningsmur mot sjøen slik at veien kan legges lenger ut. Forslaget er vist på Figur 32.



Figur 32: Mulig etablering riggområde og trafikkavvikling med rundkjøring.

6.6.2.3 Tunneldriving og fremdrift

Adkomsttunnelen til transporttunnelen vil være opp mot ca. 300 m avhengig av mulig stigning og ha et areal på ca. 75 m². Transporttunnelen vil ha et tverrsnittsareal på ca. 100 m² for å få plass til ventilasjonsduker. Det er lagt opp til at ventilasjonsdukene legges i transporttunnelen opp til hovedtunnelene.

Dersom det legges opp til at ca. 2 km tunnel drives fra Trengereid, vil strekningen Langhelle – Vaksdal være fremdriftsbestemmende for tunnelstrekning midt.

Tunneldrivingen av strekningen Vaksdal – Trengereid, inklusive sprengningsarbeider langs E16 ved Langhelle, er anslått å ta ca. 3,5 år.

6.6.2.4 *Deponering*

Utvidelse av dagens bergskjæring og området innenfor E16 medfører utsprengning av ca. 20 000 fm³. I tillegg kommer masseuttak fra driving av adkomsttunnel og andel fra tverrslag som må transporteres ut adkomsttunnelen inntil utslag mot sjø er etablert. Dette tilsvarer i tillegg et volum på ca. 30 000 fm³. Det medfører at totalt ca. 50 000 fm³ må transporteres langs E16, trolig til Trengereid, før transport og deponering kan begynne sjøveien.

Massene ved Langhelle er planlagt kjørt ut på fortøyde lektere rett utenfor transporttunnelen. Herfra vil massen kunne skipes til eventuell mottager eller deponeres i sjøen.

Ved ca. 2 km meter driving fra Trengereid og resten fra Langhelle, vil det bli tatt ut ca. 2,7 mill. am³ ved Langhelle, og ca. 0,8 mill. am³ ved Trengereid.

Det er utført undersøkelser med tanke på deponering i sjøen. For Langhelle sitt vedkommende ligger det anleggsteknisk godt til rette for deponering rett i sjøen utenfor transporttunnelen der berget faller bratt ned til nesten 300 m. Massene vil kunne tippes direkte fra en fortøyd leker. For konsekvenser av deponering for ytre miljø, se konsekvensutredning for massedeponi [19].

6.6.2.5 *Sikkerhet og miljø*

Sikkerhet knyttet til anleggsarbeidene vil primært være knyttet til sprengningsarbeider i bratt terreng og stabilitet av en relativt høy bergvegg, tunneldriving, massetransport, tipping i sjø/lekter og sjøtransport. Sikkerhet under utførelse av arbeidene ivaretas i offentlige forskrifter og krav samt entreprenørens interne rutiner.

Trafikksikkerheten må ivaretas med trafikkregulering mens sprengning og masseuttak i skjæring pågår. Ekstra sikkerhetstiltak/trafikksikring knyttet til på-/avkjøring og kjøring langs E16 vil være nødvendig.

Det antas å bli trafikkregulering i en periode på ca. 25 uker mens sprengning pågår.

Disponering av riggområde langs E16 må planlegges slik at siktforhold og aktivitet på riggområdet ikke forårsaker trafikkuhell. Rundkjøring som vist på Figur 32 vil bidra til å bedre trafikksikkerheten.

Bebyggelsen på Langhelleneset ligger over E16 og vil være mindre utsatt for støy og trafikk fra anleggsvirksomheten. Noe anleggstøy vil være merkbar, spesielt ved bore- og sprengningsarbeider langs E16. Tidsbegrensninger for gjennomføring av støyende arbeider må innføres.

6.6.3 Boge kai

6.6.3.1 *Generell orientering*

Et mulig tverrslag ved Boge er vist på Figur 33. Boge har en etablert kai og et lite areal som kan benyttes til riggområde. Alternativet har flere utfordringer:

- Ugunstige drivelengder, kort tunnelstrekning til Vaksdal og lang tunnelstrekning til Trengereid
- Veiløs adkomst, kun tilgang ved gangbru over jernbanen fra landsiden
- Nærføring til eksisterende jernbane ved krysningspunktet
- Ugunstige påhuggsforhold for ev. ventilasjonstunneler under jernbanen.

Fra hovedtunnelene er det prosjektert drenering ut til sjøen. Dersom det blir tverrslag fra Boge kai vil denne tunnelen kunne benyttes. Alternativt vil det være nødvendig med borehull fra hovedtunnelene.



Figur 33: Mulig plassering av tverrslag ved Boge kai.

6.6.3.2 *Tilrigging*

Det må forventes at en etablering ved Boge kai vil måtte ha all tilrigging på stedet. Det vil da trolig være nødvendig med flere lektere blant annet for verksted lagerplass og eventuelle overnattingsbrakker.

6.6.3.3 *Tunneldriving og fremdrift*

Tunneldriving fra Boge vil gi større drivelengde derfra mot Trengereid (8 km fra kryss i hovedtunnel til Trengereid). Dersom man vil oppnå samtidighet i tunneldriving mellom Boge og Trengereid må drivelengden fra Trengereid økes. I motsatt fall vil strekningen bli fremdriftsbestemmende for prosjektet. Økt drivelengde fra Trengereid medfører økt masseuttak ved Trengereid.

Med økt tunneldriving fra Trengereid vil drivetiden bli ca. det samme fra Boge som tverrslag Langhelle, på grunn av redusert lengde på tverrslaget.

Boge kai er veiløs og alternativet gir merkostnader sammenlignet med alternativ driving fra Langhelle.

6.6.3.4 *Deponering*

Ved videretransport av tunnelmasser med båt/lekter vil forholdene være relativt like ved Boge som angrepspunktet ved Langhelle. For direkte deponering i sjøen utenfor tverrslaget er forholdene imidlertid mindre gunstig.

Dersom Boge velges som tverrslag og strekningen som drives mellom Boge og Trengereid deles likt, vil det ved Boge transporteres ut ca. 2,7 mill. am³ og ved Trengereid ca. 1,2 mill. am³.

6.6.3.5 *Sikkerhet og miljø*

Et veiløst tverrslag vil ha større konsekvens dersom det skulle inntreffe uhell på grunn av tilkomst til arbeidsstedet. Økt grad av selvberging og ekstra beredskapstiltak vil være nødvendig.

Økt massetransport i Trengereid vil føre til økt trafikkfare og miljøulemper.

Anleggsvirksomheten vil være sjenerende for bebyggelsen i Boge, og som for tverrslagsalternativene i Fossmark-området er det her også utfordringer med kryssing under eksisterende jernbane i drift.

6.6.4 Tunneldriving fra Trengereid

6.6.4.1 *Generell orientering*

For å unngå at strekningen Vaksdal – Trengereid skal bli fremdriftsbestemmende for prosjektet, anbefales det å drive tunnel også fra Trengereid. Aktuell drivelengde avhenger av hvilket tverrslag som velges, Langhelle eller Boge kai.

I henhold til kapittel 3.2 er det antatt at tunneldrift for E16 mellom Arna og Trengereid kan starte før tunneldriften for jernbanen på strekningen, og tunnelene videre østover fra Trengereid. Dette medfører at det vil bli gjennomgangstrafikk på ny E16 fra Arna og inn i eksisterende E16-tunnel videre østover (Trengereidtunnelen), mens det ennå foregår arbeid med innredning i både jernbanetunnelen vestover og i begge tunnelene østover.

Dersom hele prosjektet starter på samme tid, vil det neppe være aktuelt å åpne den vestre del av E16 før resten av prosjektet. Trafikksituasjonen gjennom Trengereid vil da være annerledes i siste fase av prosjektet enn om E16 fra Arna ble åpnet først. Det er ikke utført faseplaner for denne fremdriften.

6.6.4.2 *Tilrigging*

I tillegg til rigg for tunneldriving skal det også rigges for bygge- og anleggsvirksomhet i Dagsone Trengereid (avsnitt 6.7). Anleggsarbeidene bør startes umiddelbart etter prosjektstart, men vil også pågå periodevis gjennom hele prosjektet. I tillegg vil trolig mye av innredningsarbeidene, både mot vest og mot øst, pågå herfra.

Tunneldriving fra Trengereid bør starte relativt tidlig, slik at innredningen i denne del av tunnelen, fra øst, kan ferdigstilles mens det ennå drives tunnel fra Langhelle. Dette vil medføre at strekningen Trengereid – Vaksdal, som er den lengste i hele prosjektet, kan ferdigstilles på samme tid som de andre strekningene.

Tilrigging jernbanetunnel

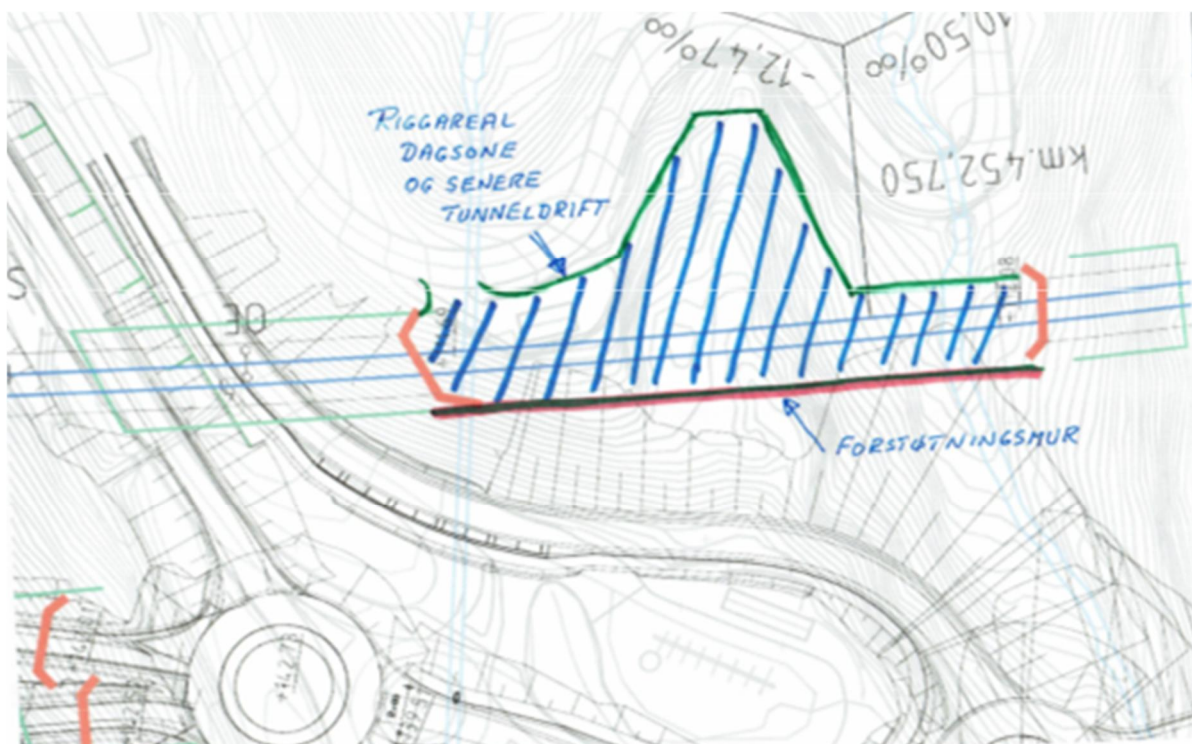
Aktuelt riggområde for driving av jernbanetunnelen mot Vaksdal er på den vel 100 m lange strekningen mellom tunnelene i Figur 34. Tilgjengelig areal ut mot Trengereidsvingane (lokalvei) vil også være aktuelt som riggområde. Grunnet fylling fra rundkjøringene for E16 ovenfor, må det etableres en forstøtningsmur langs

banens sørside. Som nevnt senere under kapittel 6.7 Dagsone Trengereid, vil utplaneringen av riggområdet og etablering av forstøtningsmur utføres før tunneldriften for jernbanen skal starte. Området vil således være naturlig å benytte først til rigg for dagsonearbeidene.

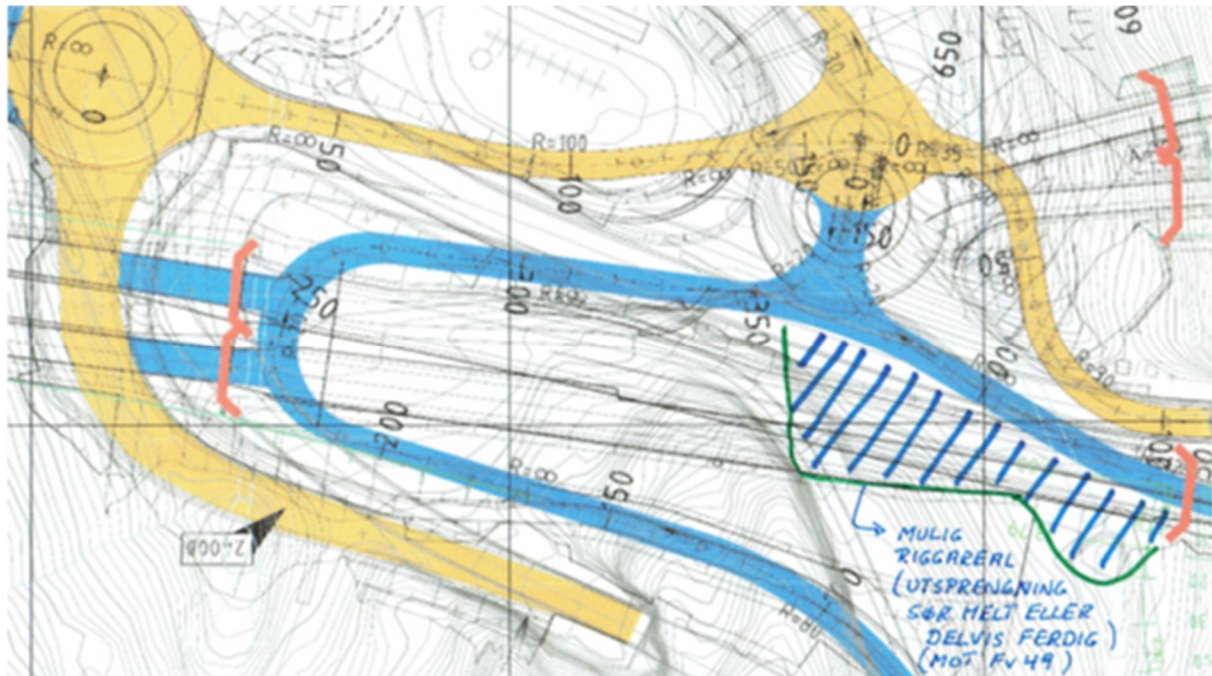
Tilrigging veitunnel

Tilrigging for driving av veitunnelen vil være på oversiden av påhugget til eksisterende E16-tunnel mot Vaksdal. Figur 35 er et utsnitt av faseplanene for Trengereid som viser situasjonen i forhold til dagarbeidene ca. 1,5 år etter prosjektstart dvs. på den tiden det kan være aktuelt å starte tunneldrivingen.

Siden det er naturlig å samkjøre vei- og jernbanetunnel vil trolig en del fellesrigg (kontor etc.) være enten ved jernbanetunnelen eller ved E16-tunnelen, der det på dette tidspunktet er mest hensiktsmessig.



Figur 34: Mulig tilrigging for jernbanetunnel på Trengereid.



Figur 35: Mulig tilrigging for veitunnel på Trengereid.

6.6.4.3 Tunneldriving og fremdrift

Med tverrslag i Langhelle vil det trolig drives ca. 2 km tunnel fra Trengereid mot Vaksdal. Dersom Boge kai velges vil det trolig drives i underkant av 4 km fra Trengereid. Med tverrslag ved Romslo er tunneldriving fra Trengereid mot Arna neppe aktuelt.

6.6.4.4 Deponering

Aktuelle deponi er i Trengereiddalen og Vestredalen. Områdene er beskrevet i avsnitt 6.7. Transport og videretransport/deponering ved Romslo kan også være et alternativ.

Ut fra hensyn til trafikksikkerhet er det bestemt at Fv49 opp Trengereiddalen ikke kan benyttes for massetransport til deponiene. Transporten skal skje på ny anleggsvei som etableres på den eksisterende gang- og sykkelveien og videre på planfri kryssing over Fv49 mot Vestredalen.

Da deponiet i Trengereiddalen er det eneste landdeponiet mellom Arna og Dalehagen, og da etablering av både Romslo og Langhelle krever deponering straks etter prosjektstart, er det viktig at Trengereiddalen kan tas i bruk umiddelbart.

Adkomstvei opp fra Trengereidkrysset medfører imidlertid betydelige sprengningsarbeider. Dette bør vurderes utført som en forberedende entreprise før prosjektstart.

6.6.4.5 *Sikkerhet og miljø*

Anleggsområdet, hvor nye kryss og rundkjøringer skal utføres delvis oppå eksisterende vegsystem, er meget trangt. Trafikkavvikling og trafiksikkerhet vil være en utfordring i anleggsperioden med etablering av 11 tunnelpåhugg, 2 nye rundkjøringer, nye gjennomfartsveier i til dels i rasutsatt terreng. Det henvises til egne faseplaner for detaljer.

Anleggsområdet ligger relativt høyt over og et stykke unna tettbebyggelsen, og det er ikke lagt opp til anleggstrafikk gjennom bygda. Ulemper som støy, støv og rystelser fra anleggsvirksomheten vil derfor være mindre sjenerende for bebyggelsen.

6.6.5 **Innredning for Trengereid - Vaksdal (strekning midt)**

På strekningen Trengereid – Vaksdal er det lagt opp til at innredningen kan starte i Trengereid før gjennomslag for drivingen fra tverrslag (Langhelle eller Boge kai). Ved driving fra Langhelle kan da ca. 2 km tunnel være ferdig innredet når det tas gjennomslag. Innredning for de resterende ca. 8 km kan foretas fra begge ender av hovedløpene samt fra tverrslaget. Varighet på den resterende delen er anslått til ca. 2 år.

Anleggsarbeider i dagsone Vaksdal og Trengereid bør utføres tidlig i prosjektet slik at disse er mer eller mindre ferdige når tunneldrift mot Vaksdal starter, samt at det finnes arealer til mellomlagring av innredningsmateriell. Ved Langhelle kan noe areal langs E16 benyttes til lagringsplass. I tillegg kan lekter benyttes ved Langhelle, eventuelt ved Boge dersom tverrslag ved Boge velges.

Dette opplegget gjør at strekningen Vaksdal – Trengereid kan ferdigstilles samtidig med strekningen Stanghelle – Vaksdal.

6.6.6 **Kostnader for strekning midt**

Et grovt kostnadsoverslag viser at kostnader med tverrslag ved Boge kai vil bli høyere enn ved Langhelle. Kalkulasjon gjort mellom alternativene i Fossmark-område viste en kostnadsøkning på ca. 100 mill. ved veiløse arbeidsplasser, det vil

trolig være omtrent det samme for Boge. Det foreslås imidlertid at området ved Boge kai også reguleres, slik at entreprenøren har fleksibilitet og mulighet til å velge alternativ.

6.7 Dagsone Trengereid

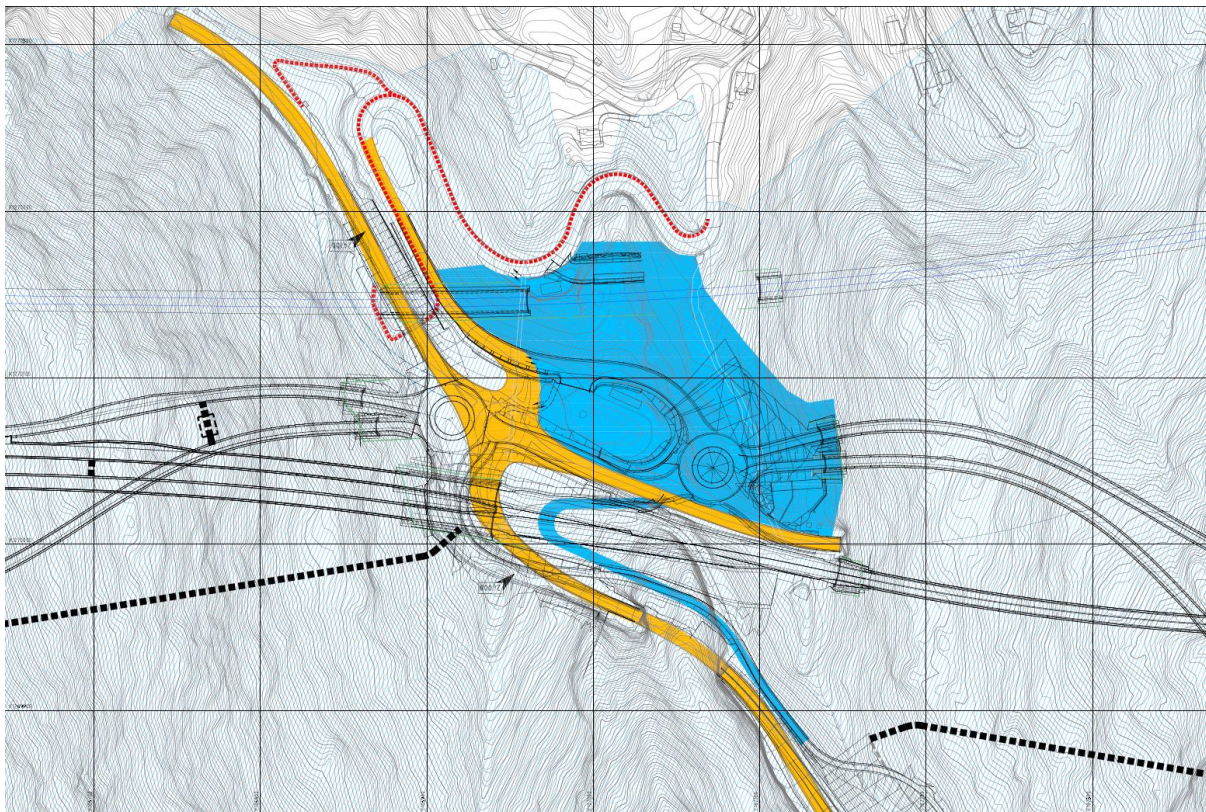
6.7.1 Innledning

Planer for kryssing ved Trengereid av både ny E16 og jernbane er vist på Figur 36 (Fase 1 av mange faser for Trengereid. Fasene fremgår av tegningene UAS-01-Y-01301 til -01307 og UAS-01-Y-02301 til -02307 [14].

Jernbanetraseen ligger litt nedenfor eksisterende Trengereidkryss, men trafikk for alle tunnelaktiviteter mot øst (driving og innredning), vil gå gjennom Trengereidkrysset. Når etablering av påhugg for jernbanen og portal mot vest skal utføres, må eksisterende E16 til/fra vest stenges, og veitrafikk til/fra Arna må gå langs ny E16.

For ny E16 er forholdene mer utfordrende, med blant annet etablering av 9 tunnelpåhugg (2 for rømningstunneler ikke vist på skissen), betydelige sprengningsarbeider og veiomlegging av både eksisterende E16, Fv47 og øvre del av Trengereid-forbindelsen. Dersom E16 Arna-Trengereid bygger før resten, kan det settes trafikk på ny E16 mellom Arna og Trengereid før vegstrekningene videre mot øst blir åpnet. I første omgang vil derfor firefelts veg fra Arna snevres inn til to-felts i Trengereid for videreføring av trafikken.

Ved Trengereid bør det være mulig å deponere masser fra driving av adkomst- og transporttunnel ved Romslo ved prosjektets oppstart. Deretter vil det være aktivitet ved Trengereid gjennom stort sett hele prosjektperioden. I deponiet i Trengereiddalen vil det være mulig å ta imot masser fra bunnrensk og produsere innfyllingsmasser til tunnelene.



Figur 36: Dagsone Trengereid. Utklipp faseplaner, se UAS-01-Y-01301 [14].

6.7.2 Arbeidsbeskrivelse og fremdrift

Arbeider i dagsone Trengereid vil blant annet omfatte:

- Etablering av anleggsvei fra Trengereidkrysset opp til deponi i Trengereiddalen
- Klargjøring av landdeponi i Trengereiddalen og Vestredalen
- Klargjøring av riggområder
- Etablering av midlertidige rundkjøringer og trafikkomlegging
- Grunnarbeider, masseforflytning og etablering av forskjæringer
- Tunneldriving mot Vaksdal
- Innredning i tunneler
- Portalbygg, etablering av permanente rundkjøringer, lokalveier og ferdigstilling av dagsonearbeider

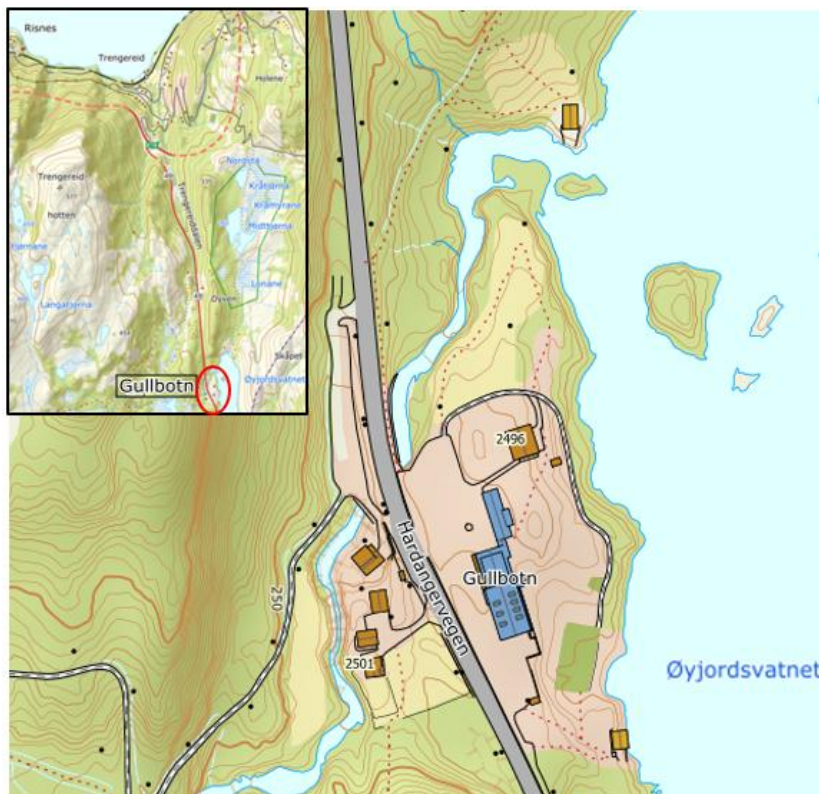
Opplegg for gjennomføringen vil fremgå av forslag til faseplaner [14].

Med Langhelle som tverrslag vil det tas ut ca. 0,8 mill. am³ masse fra tunneler ved Trengereid. Dersom Boge velges vil volum uttak av masser være ca. 1,2 mill. am³.

6.7.3 Tilrigging

Aktuelle riggområder vil være som for tunneldrivingen, i dagsonen langs jernbanen og i området langs E16 (avsnitt 6.6.4.2). Anleggsarbeider i Trengereid er meget omfattende og vil strekke seg over lang tid. Det er relativt stor sannsynlighet for at arbeidene vil involvere flere aktører på samme tid.

På grunn av plassmangel bør alternative løsninger for riggområder undersøkes for eksempel ved Gullbotn, ca. 2,5 km ovenfor Trengereidkrysset. Dette området kan benyttes både som dagrigg og hovedrigg for anleggsarbeidene i dagsone Trengereid. Eventuelle riggområder ved Gullbotn og Øyjordsvatnet tas ikke inn i reguleringsplanen, men det vil bli jobbet videre med dette separat frem mot anleggsstart. Figur 37 viser et kartutsnitt med Gullbotn. Det finnes også et område (tidligere kontrollplass) i søndre ende av Øyjordsvatnet som kan være aktuelt.



Figur 37: Figuren viser et kartutsnitt over Gullbotn.

6.7.4 Deponering Trengereiddalen

Landdeponi i Trengereiddalen ligger rett ved anleggsområdet og har kapasitet på inntil 300 000 am³. Figur 38 viser hvordan deponiet kan bli seende ut dersom det fylles helt opp. Deponiet er aktuelt for mottak av masser fra Romslo inntil det er klart for sjøtransport og masser fra forskjæringer og tunneler drevet fra Trengereid. Området er også aktuelt til produksjon av pukk og tilslag til betong.

Dersom deponiet i Trengereiddalen brukes til både deponering og produksjon av masser vil disse arbeidene pågå gjennom store deler av prosjektiden og tidvis parallelt. Dette gjør at Trengereiddalen blir mindre egnet som riggområde. Ved god planlegging av produksjonen på området kan det være mulig å benytte deler av området til blant annet dagmellomlagring av betongelementer til veitunnelene.

Foreløpige beregninger av massebehov for innfylling og oppbygging i tunnelene viser at tunnelene mellom Trengereid og Vaksdal, samt halvparten av lengden mellom Trengereid og Arna kan dekkes fra produksjon/knusing i Trengereiddalen. Massebehovet tilsvarer bearbeidelse av i underkant 350 000 am³.



Figur 38: Skisse av deponiområde i Trengereiddalen.

6.7.5 Deponering Vestredalen

Vestredalen er aktuelt som tilleggsdeponi til Trengereiddalen. Deponiet vil ha, avhengig av utforming og disponering, en kapasitet på inntil ca. 1 mill. am³ masse i stor utfylling, Adkomstforholdene til Vestredalen er noe krevende, og det må sikres mot potensiell rasfare i dalføret. Figur 39 viser mulig deponering i Vestredalen.



Figur 39: Skisse av deponiområde i Vestredalen til høyre med ca. 1 mill. am³

6.7.6 Sikkerhet og miljø

I kapittel 6.6.4.5 ovenfor er det skrevet om sikkerhet og miljø for tunnelarbeidene fra Trengereid. Når disse starter bør det meste av kompliserte dagarbeider være ferdig, og de største sikkerhet- og miljø-utfordringene er trolig i denne fasen. Dette gjelder først og fremst omfattende sprengningsarbeider tett innpå eksisterende og stor trafikk, men også hvordan anleggstrafikken skal planlegges og utføres. Det henvises i denne sammenhengen til Faseplanene for Trengereid hvor det bl.a. foreslås:

- Deponitrafikk opp Trengereiddalen skal gå på egen anleggsvei
- Anleggsveien (og kanskje også den totale utsprengningen mot Fv49) bør utføres som forberedende entrepris for å kunne fungere ved prosjektstart bl.a. for etablering ved Romslo.
- Det må først opparbeides et stort flatt areal på eksisterende rasteplass (større enn nødvendig for ferdigsituasjonen), som gjør det mulig hurtig å etablere og endre 2 midlertidige rundkjøringer.

- Dagarbeidene, som stort sett er forberedelser for gjennomslag og etablering av forskjæringer for hele 9 tunneler omkring og på flere sider av gjennomgangstrafikken, - må så utføres etappevis.

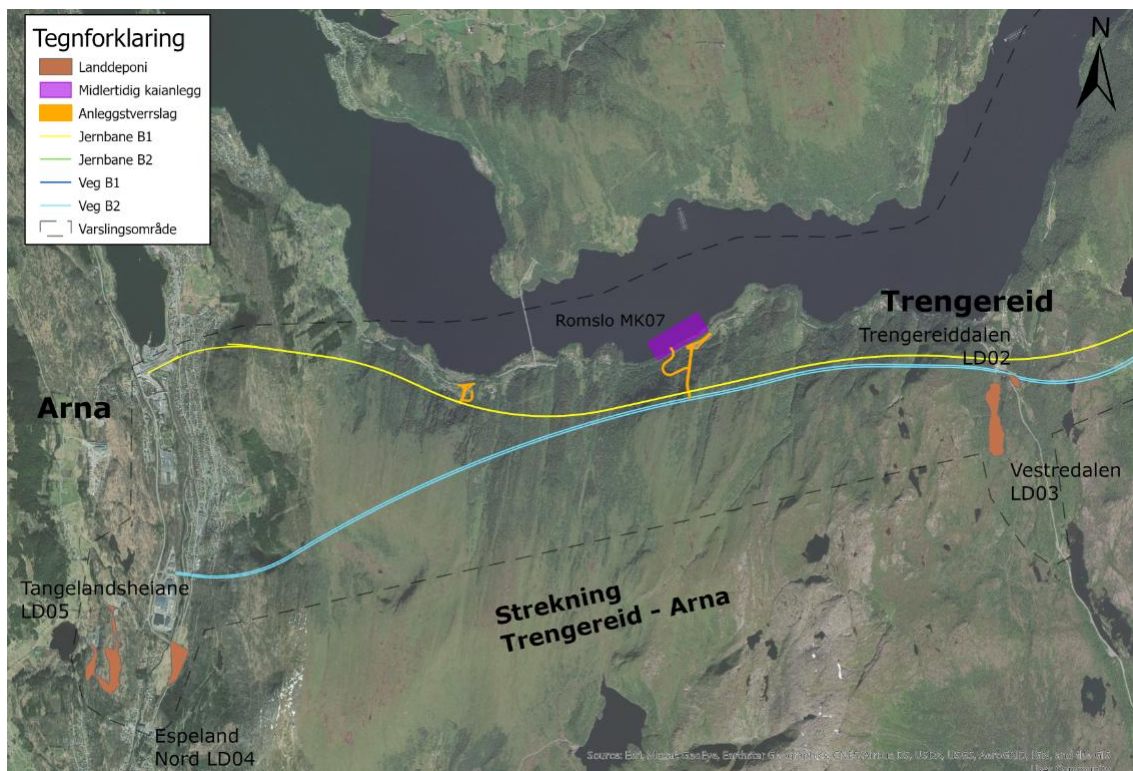
Arbeidene i Trengereid-krysset kan fort bli fremdriftsbestemmende for hele prosjektet, noe som kan medføre ønske/krav om enda mer samtidighet i arbeidene enn det som er beskrevet i faseplanene. Det anses som svært uheldig for trafikk-avviklingen og derved også sikkerheten.

6.8 Strekningen Trengereid – Arna (strekning vest)

6.8.1 Innledning

For tunneldriving på denne strekningen er følgende angrepspunkt vurdert, Figur 40:

- Tverrslag Romslo
- Arna Asko
- Tverrslag Takvam (også fremtidig rømningstunnel)
- Arna stasjon



Figur 40: Oversiktskart over strekning mellom Trengereid og Arna/Arna stasjon.

Tunnellengdene på de respektive delstrekningene er vist i Tabell 8.

Tabell 8: Tabellen viser lengder mellom de ulike tverrslagene.

E16			JERNBANE		
STED E16	PELNUMMER VEI	DEL-LENGDE	STED BANE	KJEDENUMMER	DEL-LENGDE
TRENGEREID VEST	19 426		TRENGEREID VEST	452 948	
		3 204			3 213
ROMSLO	22 630		ROMSLO	456 161	
		3 204			2 437
TAKVAMOMRÅDET	25 834		TAKVAM	458 598	
		2 290			3 061
ARNA/ASKO	28 124		ARNA STASJON	461 659	
TOTAL LENGDE	8 698	8 698	TOTAL LENGDE	8 711	8 711

Forholdene ved denne strekningen skiller seg fra de andre idet:

- Endepunkter for vei- og jernbanetunnelene i Arna ligger ca. 2,5 km fra hverandre
- Veitunnel drives med to parallelle løp
- Jernbanetunnelen er totalt 9 km lang. De siste 800 m mot Arna stasjon bygges det en ny enkeltsporet tunnel, mens deler av eksisterende Arnanipatunnel benyttes på den samme strekningen, slik at dobbeltsporet føres inn på stasjonen.

Disse forholdene gir en del anleggstekniske føringer/forutsetninger som vil få betydning for strategi og fremdrift.

Ved vurdering av anleggsgjennomføringen er det ikke regnet med tunneldriving vestover fra Trengereid. For veitunnelene vil angrepspunktene være fra tverrslag ved Romslo og påhugg ved Arna Asko, og for jernbanetunnel fra Romslo samt fra Arna stasjon eventuelt fra Takvam. Dersom Takvam velges, vil det uansett måtte utføres strossing av eksisterende jernbanetunnel fra Arna stasjon.

Med driving av veitunnel fra Romslo (vektstasjonsområde) og Arna/Asko vil man kunne få en fornuftig fremdrift med 2 x ca. 3,2 km tosidig vekseldrift fra Romslo og ca. 2,3 km fra Arna/Asko, der de to parallelle tunnellopene drives som vekseldrift. For jernbanetunnelen er det naturlig at det fra Romslo drives ca. 3,2 km mot

Trengereid og ca. 2,4 km mot Takvam, samt ca. 3,1 km fra Arna, eventuelt fra Takvam.

I den videre vurdering er følgende lagt til grunn for gjennomføringen:

- Prosjektstart tidligst 2024
- Oppstart fra Romslo med enten veitunneler eller jernbanetunneler
 - Dersom veitunnel først, overlates Romslo til driving av jernbanetunnel så snart driving av veitunnel er ferdig, og innredning av veitunnel utføres fra begge ender (Trengereid og Arna/Asko)
 - Dersom jernbanetunnel først, overlates Romslo til driving av veitunnel så snart driving av jernbanetunnel er ferdig, og innredning av jernbanetunnel utføres fra begge ender (Trengereid, Arna stasjon, evt. Takvam)
- Oppstart driving fra Arna/Asko, Arna Stasjon eller Takvam starter samtidig som driving fra Romslo.

I den videre teksten antas det at driving av veitunnelen utføres først.

6.8.2 Tverrslag Romslo

6.8.2.1 *Generell orientering*

Figur 41 viser skisse av adkomsttunnelene i Romslo-området.

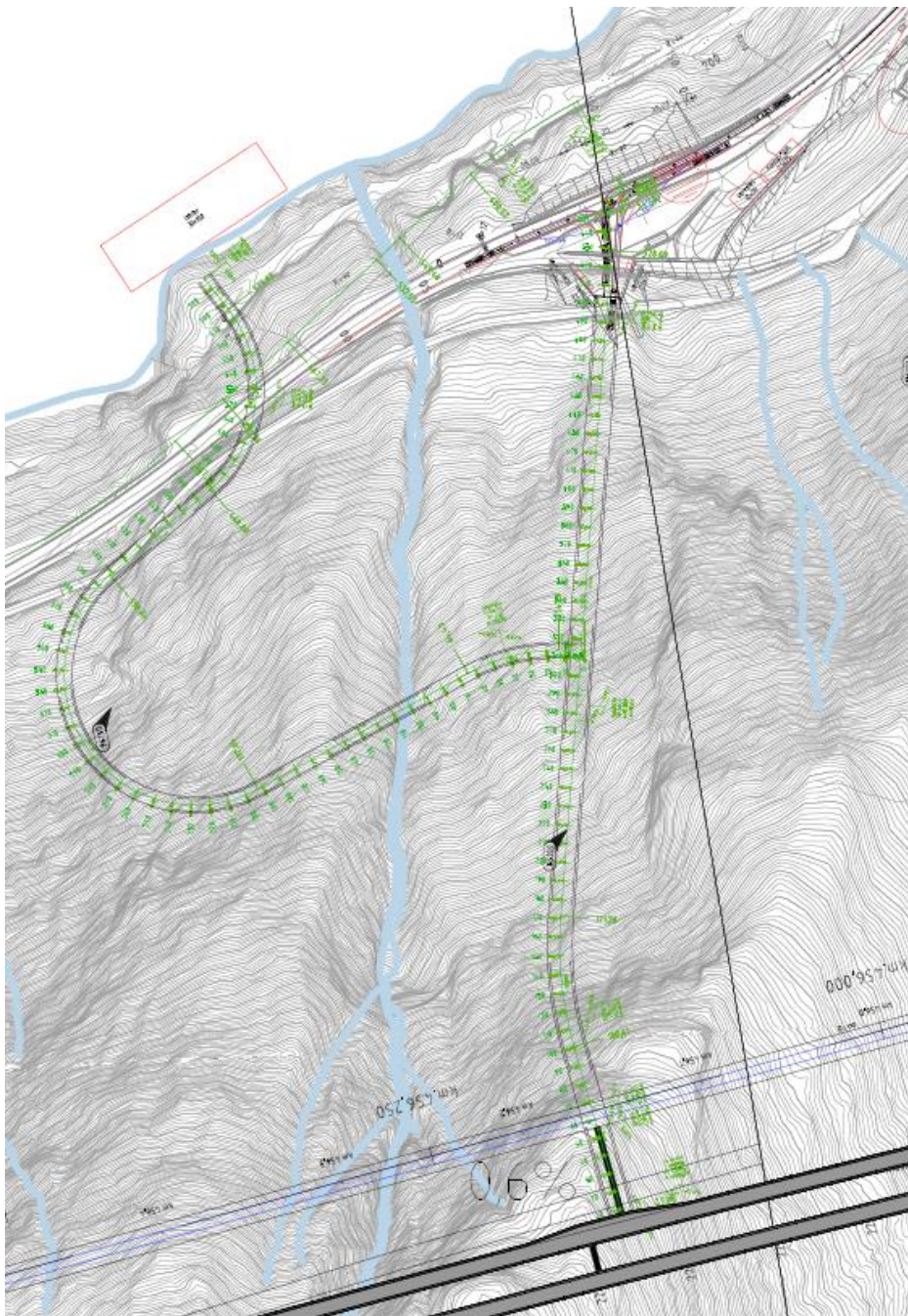
Etableringen på Romslo er relativt gunstig med hensyn til areal og at Statens vegvesen eier store deler av området ved vektstasjonen der påhugg foreslås plassert.

Adkomsttunnelen vil få en lengde på ca. 200 m til kryss med transporttunnelen. Fra krysset drives transporttunnelen ca. 300 m innover til de to veitunnelene og ca. 550 m ned under eksisterende jernbane til utslag mot sjøen hvor det etableres midlertidige kaianlegg.

Det har vært vurdert to alternativer for det midlertidige kaianlegget, og etter nærmere vurdering har man bestemt seg for det vestligste hvor forholdene på land er best.

På grunn av ventilasjonsbehovet vil nødvendig tverrsnitt inn til hoved-tunnelene være ca. 100 m². Ventilasjonen plasseres enklest inn gjennom adkomsttunnelen og

videre rett frem til hovedtunnelene. Hele denne strekningen må derfor ha tverrsnitt ca. 100 m². Fra kryss og ned mot sjø anses 75 m² å være tilstrekkelig, nok til at to dumpere kan møtes. På denne strekningen vil ventilasjonsbehovet være lite, og man kan muligens klare seg uten ventilasjon på denne strekningen.



Figur 41: Skisse av tunnelsystemet ved tverrslaget på Romslo.

Utforming av tunnelene bør justeres slik at kryssløsning mellom adkomsttunnelen og transporttunnel ut til sjø er mest mulig hensiktsmessig med hensyn til anleggstrafikk og massetransport.

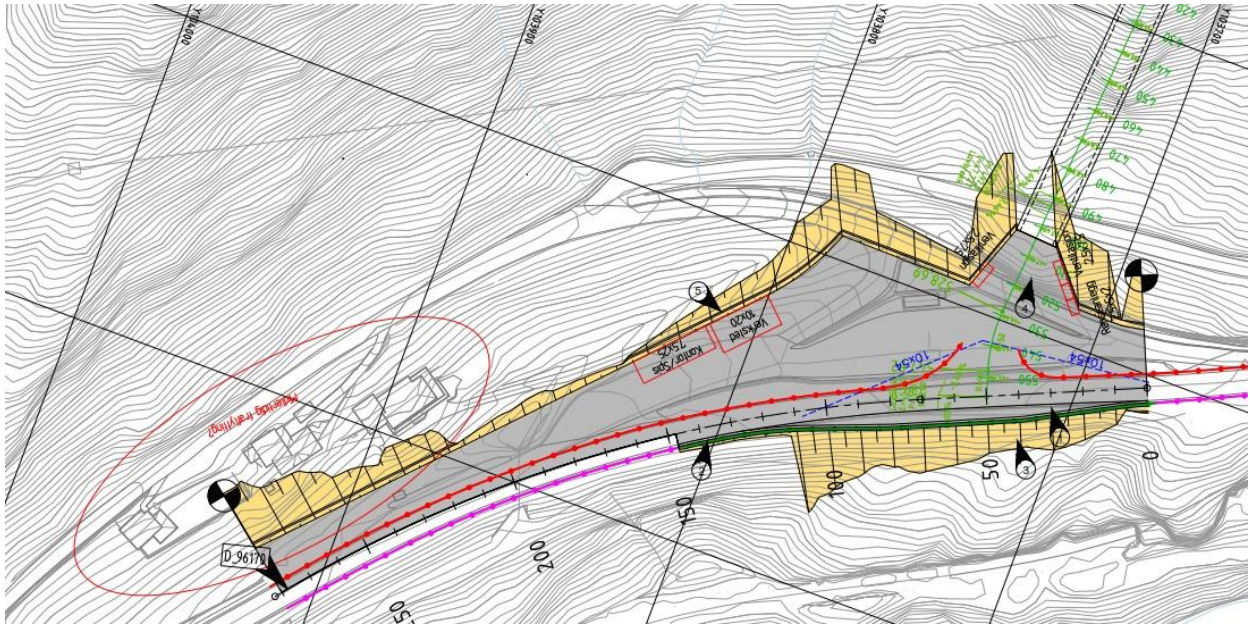
6.8.2.2 *Tilrigging*

Arbeidsstedet Romslo vil bli det største på hele prosjektet med vekseldrift på i alt 6 tunnelstrekninger på omkring 3 km i hver retning. Aktuelle riggområder ved Romslo er godt egnet sammenlignet med områdene ved de andre tverrslagene. Figur 42 viser aktuelt rigg- og påhuggsområde ved E16 for adkomsttunnelen ned til kryss tverrslag.

Ved riggområde Romslo er følgende forhold vurdert:

- Romslovegen kan ikke stenges, men benyttes som adkomst til E16 av berørte beboere
- Boliger i umiddelbar nærhet av adkomsttunnelen bør vurderes fraflyttet i anleggsperioden
- Området for vektstasjonen senkes ned til samme nivå som E16 slik at det er mulig å passere med adkomsttunnelen under Romsloveien, etablere påkjøring fra tunnelen østover og ha tilrigginger i samme nivå som adkomsttunnelen
- Avhengig av bergforholdene kan det være nødvendig å forlenge forskjæring under Romslovegen og legge denne i bru over.
- Av-/påkjøring til anleggsområdet anordnes med sideutvidelser av E16

De viste riggområdene vil være tilstrekkelig for selve anleggsdriften, men det er neppe plass til hovedkontor og overnattingsrigg.



Figur 42: Skisse av arrangement Romslo.

Tilriggingen ved sjøen for midlertidig kaianlegg kan nås med anleggsvei og muliggjør etablering av kaiområdet samtidig med driving av adkomsttunnel og transporttunnel. Dette vil kunne redusere total byggetid med et par måneder. Etablering ved sjøen kan også utføres via sjøveien uten adkomst ovenfra og inngrep i terrenget

6.8.2.3 Tunneldriving og fremdrift

Veitunnelene

Fra Romslo er det naturlig at det blir drevet ca. 6,4 km av strekningen mellom Trengereid og Arna Askø. Dette vil ta ca. 2,5 - 3 år avhengig av bergforholdene. De siste ca. 2,3 km mot Arna vil være naturlig å drive fra Arna (Arnatveitvegen). Det antas at dette vil ta litt under 2 år. Det betyr at store deler av innredningsarbeidene kan utføres på denne strekningen før tunnelene fra Romslo er ferdig drevet. Innredning av den resterende delen av strekningen kan påbegynnes når tunneldriving fra Romslo er avsluttet.

Jernbanetunnelene

Jernbanetunnelene kan starte fra Romslo når driving av veitunnelene er ferdig. Jernbanetunnelen kan da drives på veksel i begge retninger.

Med dette opplegget vil det bli drevet vel 5,6 km fra Romslo, noe som vil ta anslagsvis 2,5 - 3 år. De resterende ca. 3,1 km til Arna stasjon kan utføres fra Arna stasjon eller fra tverrslag ved Takvam. En mulighet kan også være å drive denne delen som forlengelse av stoffen fra Romslo.

Kostnadsoverslag basert på tunnallengder, forskjæringer og transportforhold av alternativene Arna/Takvam viser at tunneldrift fra Arna stasjon er noe rimeligere enn fra Takvam. Plassforholdene ved Arna stasjon er imidlertid utfordrende og belastende på nærmiljøet.

Tunneldrift fra Takvam er mulig, men utfordrende blant annet på grunn av arealbegrensning og grunnforhold.

Dersom det skal drives jernbanetunnel videre fra Romslo mot Arna stasjon, blir det som enstuffsdrift etter at vekseldriften er ferdig. Denne løsningen kan bli noe billigere enn å etablere tunneldrift og tverrslag fra Takvam. Det antas at drivingen med enstuffsdrift fra Romslo til Arna stasjon på de resterende ca. 3,1 km av tunnelstrekningen vil ta mellom 1,5 -2 år. I praksis betyr dette at ferdigstillingen kan bli vel 1 år senere med enstuffsdrift fra Romslo sammenlignet med driving fra Takvam eller Arna.

Utstrossing av eksisterende tunnel vil bli utført fra Arna stasjon etter at det er satt trafikk på den nye traseen.

6.8.2.4 Deponering

Masser fra adkomst- og transporttunnel må transporteres på E16 til deponering. Det mest naturlige vil være å ta i bruk dagdeponiet i Trengereiddalen, men da bør veiadkomst dit gjøres ferdig før prosjektstart slik at oppstart ved Romslo ikke blir forsinket. Når transporttunnelen er ferdig, kan massene transporteres ut tverrslaget for omlasting og videre sjøveien eller deponeres i sjøen.

Eventuell videretransport med bulkskip eller lekter vil legge beslag på et relativt stort areal for mellomlagring. Dette kan gjøres med en kombinasjon av utsprenkning og forankring av flere lektere. Ved Romslo ligger det til rette for å etablere et relativt stort landareal, noe som vil kunne redusere antall ressurser ved sjøtransport.

6.8.2.5 *Sikkerhet og miljø*

Forhold relatert til sikkerhet og miljø ved Romslo er primært trafikkforhold og anleggstrafikk på, av og langs E16 og støy fra omlasting, massehåndtering og ventilasjonsvifter. Også her vil kryssing med tverrslag under eksisterende jernbane i drift være en utfordring. Dette arbeidet, som vil pågå et par uker, må planlegges svært nøye i forhold til togtrafikk og sikkerhet for ikke å skade jernbanen.

Det kan være aktuelt med midlertidig fraflytting for de mest utsatte boligene.

6.8.3 **Tunneldriving fra Arna/Asko (E16)**

6.8.3.1 *Generell orientering*

Før driving av E16-tunnelene fra Arna – Asko kan påbegynnes må blant annet følgende utføres:

- Tilrigging
- Diverse tiltak relatert til sikkerhet og ytre miljø
- Etablering av forskjæring og tunnelpåhugg
- Etablering av transportveier for tunnelmasse fra påhugg til deponiområder

6.8.3.2 *Tilrigging*

Påhugget for veitunnelene blir liggende ovenfor Arnatveitvegen. Med forskjæringsmassen vil det være mulig å få til et plan utenfor påhugget til tunnelene med en lengde på bortimot 50 m frem mot prosjektert kulvert over Arnatveitvegen. Dette er tilstrekkelig til å kunne starte tunneldrift, men det vil bare bli plass for det helt nødvendige.

Området ved Espelandsmarka har vært nøye vurdert både til deponering av tunnelstein og som rigg. Grunnet flomfare er dette imidlertid forlatt. Som tilleggssrigg for tunnelen og eventuelt hovedrigg for området er det regulert et erstatningsområde på østsiden av Arnatveitveien, ca. 400 m sør for tunnelpåhugget, samt også et område på østsiden av Hardangervegen. Området er vist i Figur 43, her er det unntatt et mindre gammelt gårdsbruk.

De to områdene har fått betegnelsen Espeland Nord og er på til sammen vel 30.000 m². De kan med litt forarbeidelse brukes både til tunnelrigg og hovedrigg. Det sørlige området kan eventuelt benyttes til noe deponering dersom det ikke vil

benyttes til overnattingsrigg. Espeland Nord er også vurdert i forhold til knusing av berg, dette ansees som en mulig løsning, men det vil kreve relativt høye støyvoller for å ivareta støykravene.



Figur 43: Riggområde ved Espeland nord. Til venstre: Det aktuelle riggområdet er det lysegule arealet. Til høyre: Mer detaljert kart over riggområdet (grått areal)

6.8.3.3 *Tunneldriving og fremdrift*

Det ligger an til driving av 2-2,5 km toløps tunnel fra Arna Askø, noe som vil ta ca. 1,5 år. Innredning kan da starte fra Arna selv om ikke tunnelene fra Romslo er ferdig drevet.

6.8.3.4 *Deponering*

Tangelandsheiane vil være hoved-deponi for veitunnelene fra Arna. Med driving av vel 2 km toløps tunnel er det behov for plassering av ca. 340 000 fm³, tilsvarende ca. 520 000 am³ tunnelstein. Det vil være mulighet å produsere innfyllingsmasse i Tangelandsheiane, samt også å behandle de delvis forurensede massene fra bunnrensk etter tunneldriving. Masser fra bunnrensk utgjør ca. 170 000 am³ dersom hele strekningen tas ut på denne siden.

Masetransport fra tunnelåpning til deponi kan foregå langs eksisterende veinett, eventuelt helt eller delvis på egen anleggsvei. Siden det legges opp til vekseldrift må en regne med relativt kontinuerlig massetransport fra tunnelene. Massene vil i hovedsak kjøres til Tangelandsheia, noe som er en utfordring i alle fall mellom krysset mellom Arnatveitvegen og Hardangervegen. Fra Tunnelen til krysset er det mulig å bygge separat anleggsvei, og med en midlertidig rundkjøring i Arnatveitvegen kan man komme ned langs elva, under Hardangervegen og opp langs Hardangervegen til avkjøring mot Tangelandsheia. På den måten kan det etableres anleggsvei utenfor eksisterende trafikk for anleggskjøretøyer.

Arnatveitvegen kan kanskje også stenges i tunnelperioden, spesielt dersom denne faller samtidig med tiden for bygging av bru- og kulvert, hvor det trolig må stenges i perioder.

6.8.3.5 *Sikkerhet og miljø*

I området vil det pågå tung anleggsvirksomhet i ca. 4 – 5 år. Arbeidene vil være belastende for nærmiljøet og en rekke tiltak vil være nødvendig for å begrense ulempene. Nærhet til Gamle Vossebanen er også et risikoelement. Av aktuelle tiltak kan nevnes støydempende tiltak, begrensninger med hensyn til når visse arbeider kan utføres og trafiksikkerhetstiltak, samt rensing og kontroll av utslippsvann fra tunneldrivingen.

En spesiell anleggsvei vil krysse eksisterende museumsjernbane. Dette må tas i betraktning da det i perioder er trafikk på denne.

Midlertidig fraflytting i de mest utsatte boligene kan bli aktuelt.

6.8.4 Innredning og fremdrift strekning vest (E16)

Med de forutsetninger som er lagt til grunn (prioritering E16 Arna – Trengereid og at tverrslag Romslo overlates til tunneldriving for jernbanen når driving av E16-tunnelen derfra er ferdig) må innredning i veitunnelen utføres fra Arna Asko og Trengereid. Innredning fra Arna Asko kan påbegynnes straks tunneldriving herfra er ferdig og muligens være ferdig før driving fra Romslo er avsluttet.

Med to parallelle tunnellop og tverrforbindelser mellom disse ligger det godt til rette for at ett løp kan anvendes til lagring, mens innredning foregår i det andre løpet. De omtalte riggområdene vil være godt egnet til lagring av tunnelelementer og annet utstyr og materiell. Innredningen i de resterende 6,5 km etter gjennomslag fra Romslo vil ta i underkant av 2 år.

6.8.5 Tverrslag Takvam (jernbanetunnel)

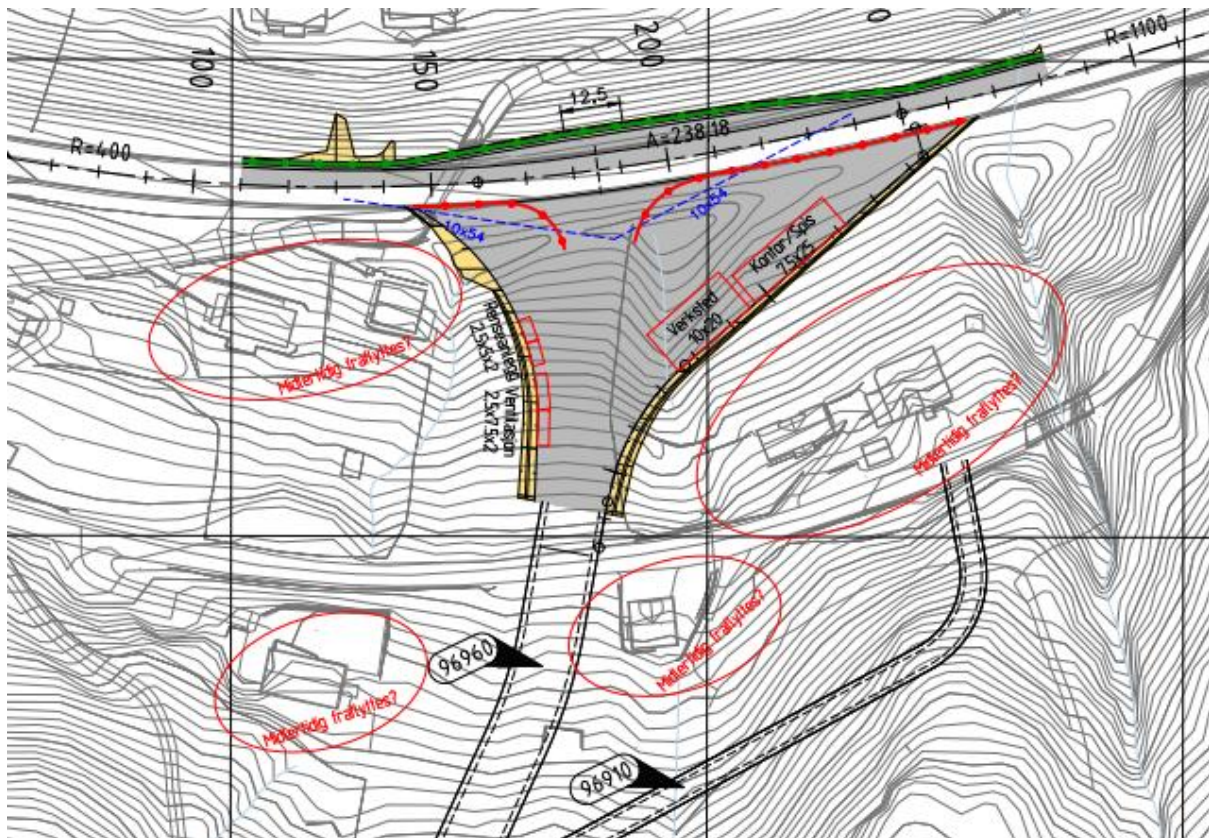
6.8.5.1 Generell orientering

For driving av siste vel 3 km av jernbanetunnelen mot vest (Arna), er Takvam et alternativ. De andre alternativene er driving østover fra Arna stasjon, eller å fortsette drivingen fra Romslo. Se ellers kap. 6.8.2.3.

Påhuggsområde for tverrslag ved Takvam er vist i Figur 44. Dersom det blir driving fra Takvam vil tverrslaget også fungere som fremtidig rømningstunnel for jernbanen. Dersom ikke, vil det drives en rømningstunnel innenfra som kommer ut på et annet sted. Fra tverrslaget er det planlagt å drive ca. 3,1 km tunnel frem til Arna stasjon. Tverrslaget vil være ca. 100 m og ha en forskjæring på ca. 75 m. Bruk av Takvam vil avlaste bebyggelse ved Arna stasjon for miljøulempere fra tunneldrivingen.

6.8.5.2 Tilrigging

Lokalrigg for tunneldrivingen kan plasseres i forskjæring og arealutvidelse langs E16 (Figur 44). Øvrige riggfasiliteter som kontor, lagerplass og innkvartering må legges et annet sted som vist på Figur 44.



Figur 44: Skisse av arrangement Takvam.

6.8.5.3 Tunneldriving og fremdrift

Formålet med adkomst fra Takvam er å korte ned strekningen mellom Romslo og Arna stasjon (5,5 km), kombinere tverrslag og rømningsvei samt å unngå tunneldriving fra Arna stasjon.

Det er registrert ca. 6 – 8 m løsmasser ved påhugget. Dette innebærer at det må benyttes for eksempel rørspunt mot Herlandsveien for å etablere forskjæring.

Eventuell tunneldriving fra Takvam vil gå som enkeltstuffsdrift og vil kunne utføres på ca. 1,5 år. Med samtidig oppstart som tverrslag Romslo vil tunneldriften fra Takvam kunne være ferdig vel 1 år før tunneldriften fra Romslo. Ved å gjøre dette vil innredningsarbeidene i jernbanetunnelen kunne fremskyndes.

6.8.5.4 Deponering

Det er ikke deponeringsmuligheter ved Takvam. Massene kan transporteres langs E16 til Romslo, alternativt kan massene transporteres til Tangelandsheia,

Trengereid, eller privat mottak på Osterøy. Avhengig av oppstart ved Takvam kan det være nødvendig å transportere noe av massene til Trengereiddalen, dersom Romslo ikke er klar for mottak.

Masseuttak ved Takvam vil være ca. 30 000 m³ fra forskjæring og tverrslag og ca. 400 000 m³ fra hovedløpet.

6.8.5.5 *Sikkerhet og miljø*

Tverrslaget ligger i et noe tett bebyggt område. Anleggsvirksomheten vil være merkbar og det vil være noen trafikale utfordringer i forbindelse med anleggstrafikk langs E16. Midlertidig fraflytting av enkelte boliger kan bli nødvendig.

6.8.6 Arna stasjon

6.8.6.1 *Generell orientering*

Arrangementet for Arna stasjon fremgår av Figur 45 og Figur 46, Faseplanene er vist i tegningene UAS-01-Y-01511 til -01518 og UAS-01-Y-02511 til -02518 [15].

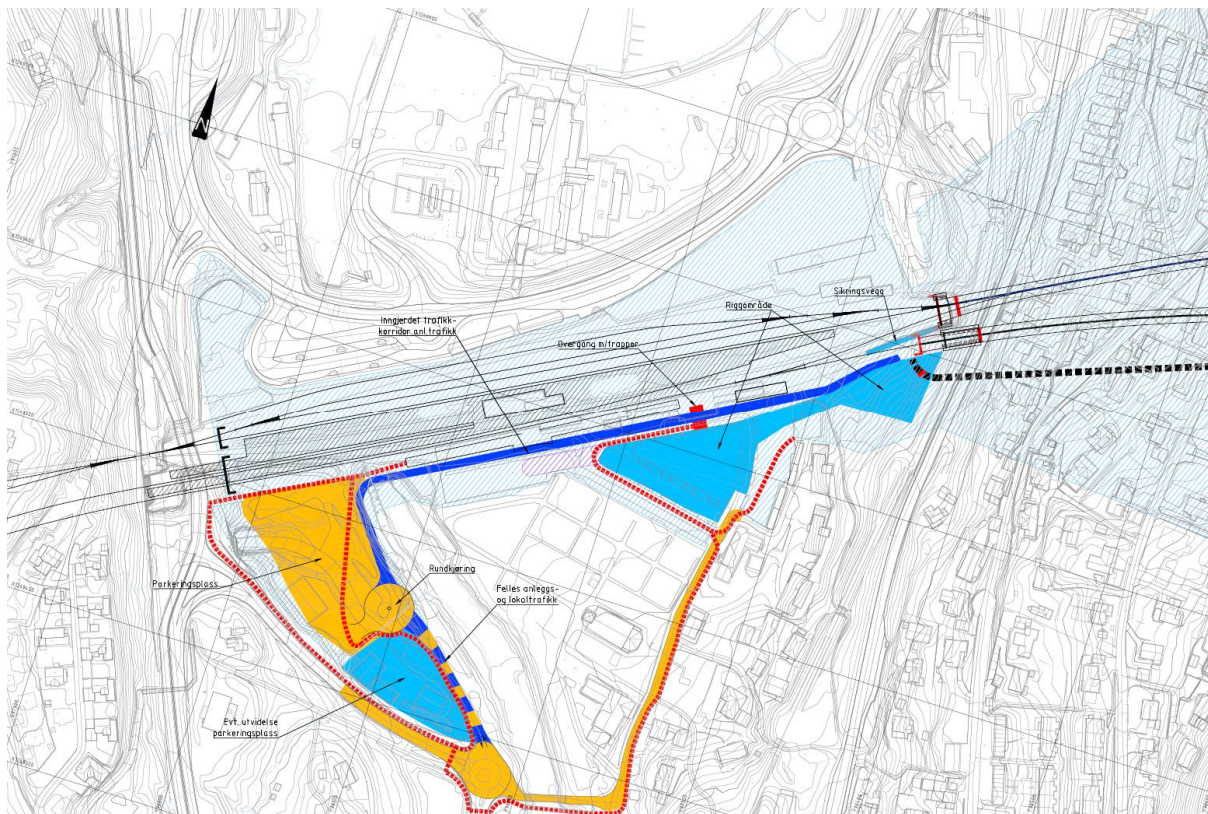
Strekningen mellom Takvam og Arna stasjon kan for de nye tunnelene drives enten fra Takvam eller fra Arna stasjon.

Uavhengig av eventuell tunneldriving fra Arna stasjon vil det bli utført en god del anleggsarbeider på stasjonsområdet som etablering av forskjæring for både jernbane- og rømningstunnel, samt bygging av nye portaler mm. Etter at det er satt trafikk på det nye sporet, vil strossing av eksisterende tunnel fra portal til møte med dobbeltspors-tunnel (vel 600 m) samt kryssområde og del av forbindelse til dobbeltsporstunnelen måtte foregå fra Arna stasjon.

Aktuelt massedeponi vil være i Tangelandsheia med transportavstand på ca. 6 km. Alternativt kan det inngås avtale med private mottak av stein i eksisterende pukkverk ved Gaupås.

6.8.6.2 *Tilrigging*

Figur 45 og Figur 46 viser fase 1 og 2 (av 4) for eventuell tunneldrift fra Arna stasjon.



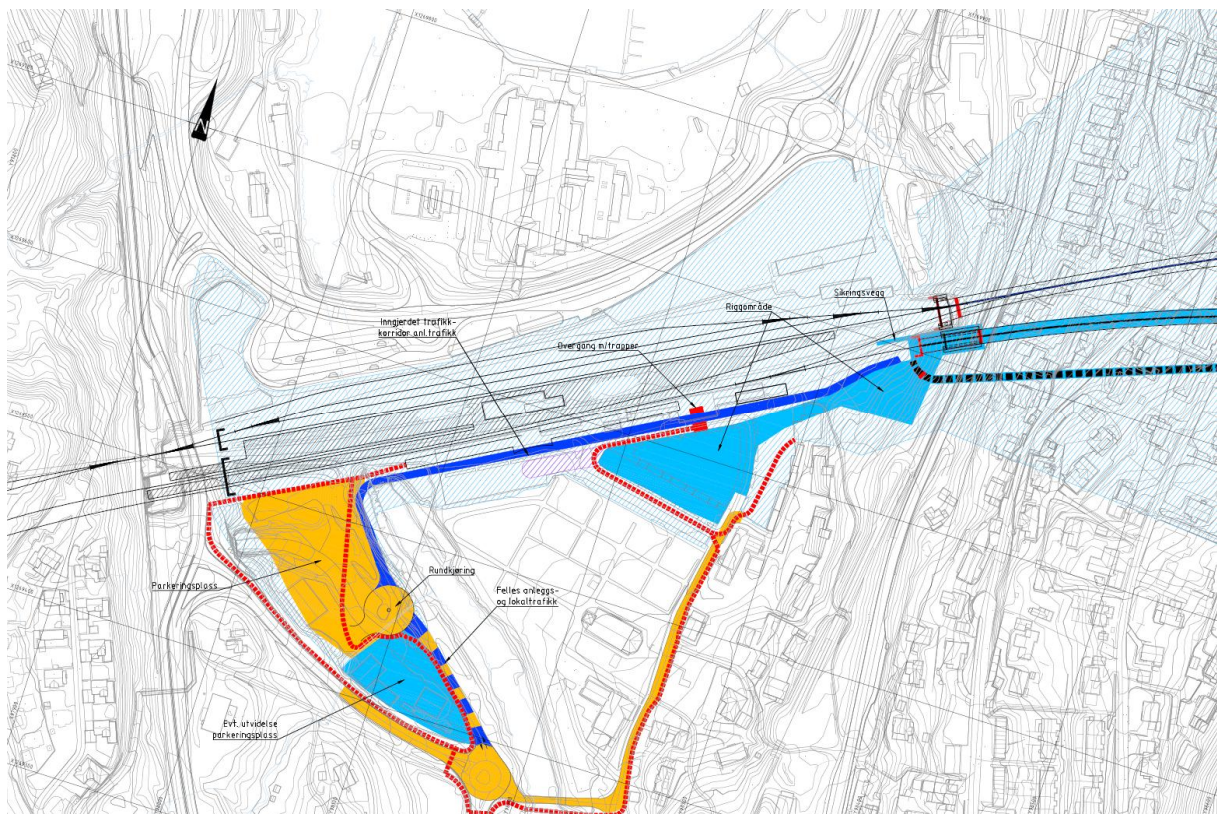
Figur 45: Tilrigging ved driving av nye tunneler fra Arna stasjon, gangløsning fra parkering ved kirkegård og vestre parkering. Utklipp fra faseplan, se UAS-01-Y-01511 [15].

I fase 1 klargjøres nytt parkeringsareal i vestre ende av stasjonen, hvoretter parkeringen ved kirkegården stenges. Tilrigging for tunneldriften etableres her og i område der rømningstunnelen kommer ut. Så anlegges det en midlertidig rundkjøring ved inngangen til ny parkering, samt at veg herfra til tunnelpåhuggene sikres for kryssing med gjerde for bruk som anleggs-veg. I tillegg etableres en publikumsovergang med trapper ved den gamle parkeringen for gående øst for området.

Når først dette arrangementet er etablert, kan det benyttes også gjennom innrednings-fasen av den nye tunnelen, selv om da trafikkmengden er betydelig redusert i intensitet.

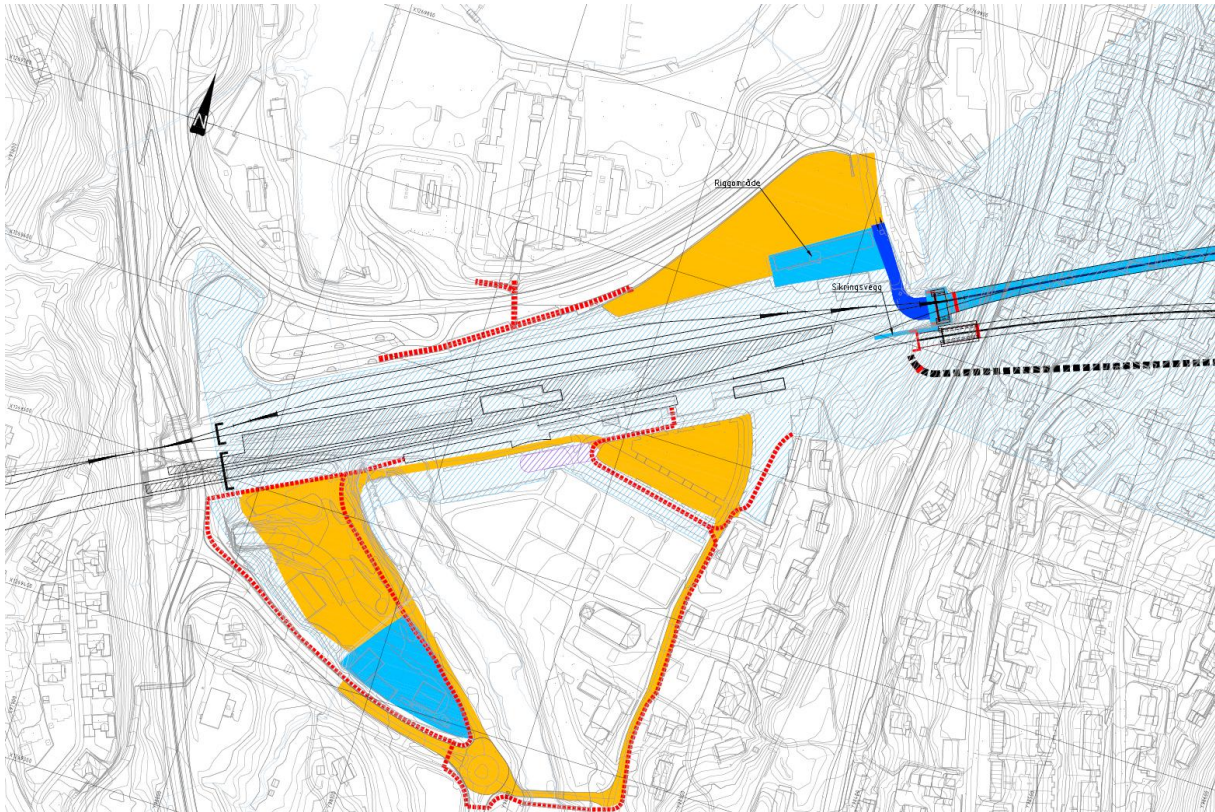
Dersom tunneldrivingen vil skje fra Takvam vil det medføre samme etablering, men den vil skje vel ett år senere mens drivingen pågår fra Takvam. Anleggstrafikken vil da i første omgang bare dreie seg om tilrigging og klargjøring av forskjæringer. Når

innredningen starter vil trafikforholdene bli som for alternativet med driving fra Arna, etter at denne er ferdig.



Figur 46: Transportsituasjon under driving fra Arna stasjon og innredning. Utklipp fra faseplan, se UAS-01-Y-01513 [15].

Når den eventuelle drivingen er ferdig fra Arna stasjon (eller fra Takvam), vil strossing av eksisterende enkeltspors-tunnel måtte utføres fra Arna stasjon. Dette vil foregå fra nordsiden av stasjonen med tilrigging på det området som i dag delvis benyttes til midlertidige kontorer for Bane NOR. Det antas da at kontor-arealet kan reduseres slik at det blir plass til en enkel tunnelrigg for utstrossingen, samt etterfølgende innredning og portalbygging. Dette er skissert i Figur 47.



Figur 47: Tilligging ved strosse-fase. Utklipp fra faseplan, se UAS-01-Y-01514 [15].

6.8.6.3 Tunneldriving og fremdrift

Fra tunnelene vil det komme ut ca. 255 000 fm³ eller ca. 385 000 am³. Tallene er inklusive strossing i eksisterende jernbanetunnel.

Fremdriften for tunnel fra Arna stasjon vil teoretisk være noe bedre enn fra Takvam på grunn av minimalt med arbeider i forskjæring og ikke tverrslag. Fordelen anses imidlertid å være liten da denne delen av tunnelen ikke er tidskritisk for tunnelen.

Drivingen med overgang fra/til enkeltsporstunnel til/fra dobbeltsporstunnel antas å ta ca. 1,5 år for begge alternativene Arna/Takvam.

6.8.6.4 Deponering

Ved driving fra Arna stasjon vil det være 2 muligheter for deponering, enten i Tangelandsheia, eller som «salg» til eksisterende pukkverk ved Gaupås.

Tangelandsheia kan maksimalt ta imot ca. 1 mill. am³. Det er naturlig at det meste av massen fra E16 i Arna transporteres dit, samt at det også utføres bearbeiding av innfyllings-masser og behandling av masser fra bunn-rensk der. Det betyr i tilfelle

at det maksimale deponeringsvolumet i Tangelandsheia ikke kan benyttes, noe som igjen medfører at noe masse trolig må deponeres/leveres annet sted.

6.8.6.5 Sikkerhet og Ytre miljø

Ved Arna stasjon vil det være arbeider langs spor. Dette medfører ekstra krav til sikkerhet og restriksjoner for å sikre regularitet i trafikkavviklingen.

Tunneldriving fra Arna stasjon vil også medføre ekstra belastninger på beboere i form av støy, støv og rystelser og økt fare for trafikkuhell/ulykker som følge av økt trafikk på grunn av anleggsvirksomhet og massetransport. En rekke tiltak for å begrense ulemper og risiko må gjennomføres. Langs strekningen må en regne med at ekstra sikkerhets- og skjermingstiltak vil være nødvendig. Se risiko- og sårbarhetsanalyse for anleggsfasen [4].

6.8.6.6 Innredning og fremdrift for jernbanetunnel strekning vest

Innrednings- og installasjonsarbeider i jernbanetunnelen vil kunne foregå fra Arna stasjon og Trengereid, samt tverrslag ved Romslo. Et eventuelt tverrslag ved Takvam kan også benyttes dersom det ikke krever mellomagring av materiell; arealene er her meget begrenset.

6.8.7 Kostnader jernbanetunnel

Ved driving av jernbanetunnelen videre fra Romslo forbi Takvam er det mulig å redusere kostnadene med ca. 25 mill. NOK. Besparelse ved driving fra Arna stasjon er marginale, og det er stor sannsynlighet for at besparelsen reduseres på grunn av miljøtiltak og restriksjoner ved driving fra Arna stasjon. Isolert sett vil det billigste alternativet trolig være å drive tunnelen videre fra Romslo, men det vil medføre ca. ett års lengere byggetid.

6.9 Dagsoner Arna

6.9.1 Innledning

I Dagsone Arna beskrives de arbeidene som skal foregå i forbindelse med vei- og bruforbindelse mellom Hardangervegen og ny E16 mot Trengereid; bru-området er vist på Figur 48. Faseplanene fremgår av tegningene UAS-01-Y-01501 til -01506 og UAS-01-Y-02501 til -02506 [16].

Ved Arna Asko/Arnatveitvegen vil det være arbeider knyttet til ny E16-tunnel, bygging av ny bru, ramper og kulverter, veiomlegging og etablering av nytt

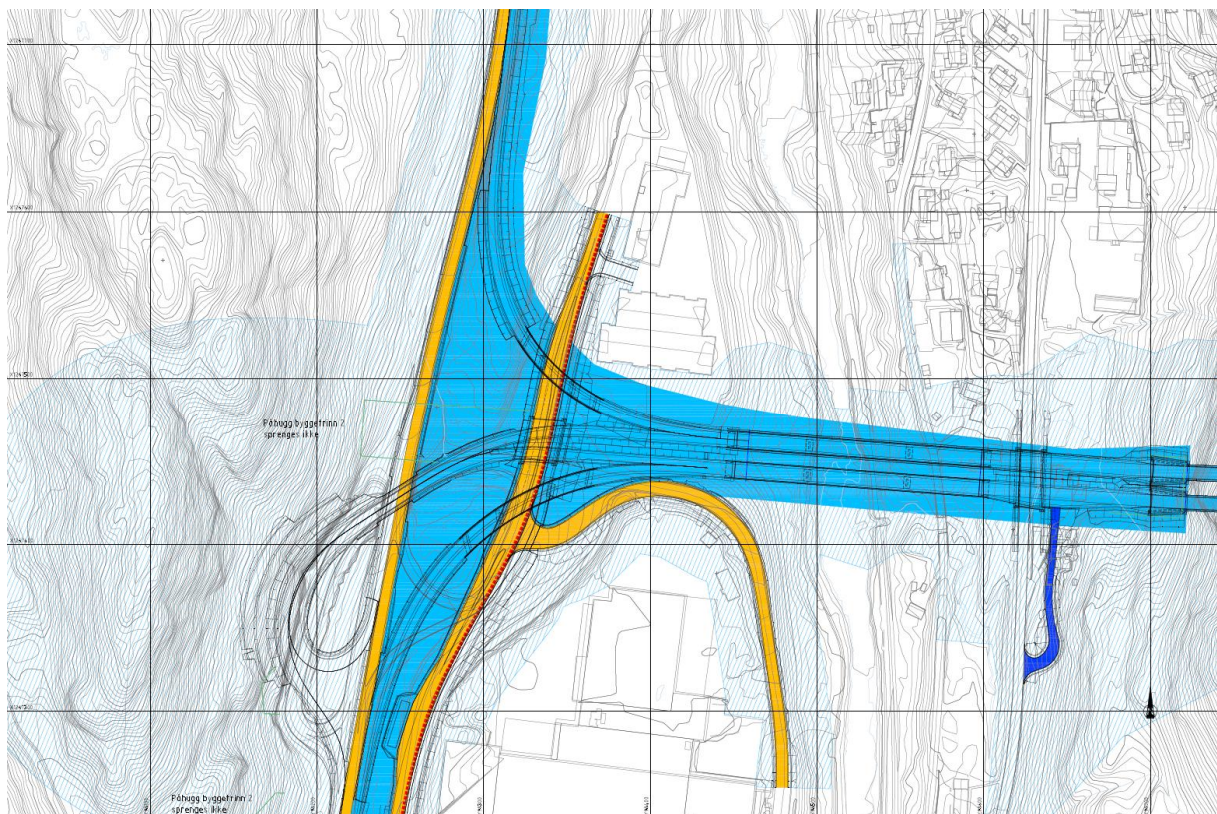
veisystem samt arbeider i deponiområdet Tangelandsheia. Arbeider knyttet til tunneldriving, massetransport og deponering er beskrevet i avsnitt 6.8.3. Anleggsarbeider beskrevet i dette avsnittet er således begrenset til beskrivelse av vei- og brubygging i område Arna Asko/Arnatveitvegen.

6.9.2 Arbeidsbeskrivelse og fremdrift

Arbeider i daganlegget ved Arna Asko/Arnatveitvegen omfatter i hovedtrekk:

- Etablering av nye tilførselsveier inklusiv ny rundkjøring i sør
- Kulvert og ny vei til/fra industriområdet nord for bruområdet
- Kulvert over Arnatveitvegen.
- Bygging av 2 parallelle bruer over Arnadalen
- Rampebruer mot Åsane og Nesttun
- Trafikkomlegging og bygging/fjerning av midlertidige veier

Plan over dagsonen med bruområdet er vist på Figur 48, se også faseplanene UAS-01-Y-01501 til -01506.



Figur 48: Oversiktstegning over dagsonen ved Arna Asko. Utklipp fra faseplan, se UAS-01-Y-01506 [16].

Byggetid for bruene er stipulert til ca. 2 år. Bruarbeidene kan pågå uavhengig av tunnelarbeidene og ikke nødvendigvis ha noen innvirkning på disse.

6.9.3 Tilrigging

Arbeider i dagsonen Arna Asko omfatter i hovedsak omlegging og bygging av nye veier inklusive trafikkreguleringer, deretter bygging av et stort brukompleks. Da adkomstvei til bedriftene i nord (inkl. kulvert) passerer tvers gjennom byggegropa for bruene, bør disse arbeidene utføres først. Dette vil gi bruentreprenøren bedre plass til sin brurigg. Figur 48 viser hvordan adkomsten til bedriftene i nord skjærer rett gjennom bruområdet.

Noe rigg må uansett plasseres andre steder, her er området langs Arnatveitvegen og Hardangervegen relativt gunstig. (Se avsnitt 6.8.3)

6.9.4 Sikkerhet og miljø

Forhold relatert til sikkerhet og miljø i dagsone Arna er spesielt knyttet til trafikkavvikling og trafiksikkerhet. Å ha adkomst til flere bedrifter tvers gjennom bruområdet er uheldig, og her må det iverksettes spesielle sikkerhetstiltak. Støy på grunn av peleramming ved brufundamentene vil være sjenerende og begrensning av arbeidstider må påregnes. Bygging over jernbanespor er også et risikoelement. Ellers medfører brubygging større fare for fall og fallende gjenstander. Forhold relatert til arbeidssikkerhet/SHA forutsettes ivaretatt gjennom gjeldende forskrifter og entreprenørens interne sikkerhetsrutiner.

Ny bru vil krysse over gangvei og elva i Arnadalen, museumsjernbanen, Langerekja og Arnatveitvegen. Det må nærmere vurderes om gangveien kan stenges eller om det må etableres gangkulvert. Museumsjernbanen bør stenges i de mest hektiske brubyggingsperiodene, og det samme med Langerekja. Arnatveitvegen må stenges i perioder, da brua her vil være en omfattende kulvert.

7 OPPSUMMERING

I fagrapport for anleggsgjennomføring er det satt fokus på de største anleggstekniske utfordringene i prosjektet og hvordan de kan løses. For den videre planlegging bør det arbeides videre med følgende forhold:

Entrepriseinndeling og kontraktsform

Byggherre utarbeider egen kontraktstrategi for arbeidene.

Riggområder og arealbehov

I fagrapporten er det nevnt aktuelle riggområder, foreslått flere alternative angrepspunkt for tunneldriving og plassbehovet er skissert.

Det er av meget stor betydning at det avsettes tilstrekkelig areal til riggområder, produksjonsanlegg, trafikkomlegging og anleggsbelte langs trasé for å utføre arbeidene på en sikker og rasjonell måte. Det må være fleksibilitet for valg av alternative løsninger og metoder.

Da anleggsarbeidene vil legge beslag på store areal, og arealknappheten er stor, er det ikke mulig med rigging av produksjonsanlegg, overnattings-rigger, hovedlager og hovedkontorer i dagsonene på strekningen. Mangel på områder for slike hovedrigger er flere ganger nevnt i rapporten, og det er også pekt på en del muligheter. Det bør arbeides mer med å løse disse utfordringene i tiden som kommer.

Anleggsgjennomføring er også beskrevet i form av faseplaner, som vil legge grunnlag for hvor store areal som bør avsettes til anleggsgjennomføring. Arealbehovet vil fremgå av reguleringsplaner. Der flere mulige angrepspunkt er beskrevet i fagrapporten, er samtlige av disse regulert til anleggsformål.

Massehåndtering og massedisponering

Det er et meget stort massevolum, spesielt tunnelstein, som skal håndteres, transporteres, brukes eller deponeres. Hovedstrategien legger opp til sjøtransport til aktuelle mottak.

Med manglende arealer for mellomlagring av massene kan dette bli en meget sårbar og kostbar strategi som beskrevet i kapittel 5.1.3. Å få tillatelse til i alle fall delvis deponering i sjøen utenfor tverrslagene, bør være en viktig oppgave fremover.

Massene er generelt sett av brukbar til god kvalitet og bør i størst mulig grad kunne anvendes i prosjektet. Arbeider for å undersøke massekvalitet og egnethet må videreføres.

På sikt bør det utarbeides en massehåndteringsplan som viser uttak, transportveier, mellomlagring, prosess og produksjonsanlegg, anvendelsesområde/volum, eventuelt permanent deponering.

Sikkerhet og ytre miljø

Det er utført risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse) for å kartlegge ulemper for det ytre miljø (YM) [4]. På grunnlag av denne analysen må det utarbeides en miljøoppfølgingsplan (MOP) som implementeres i kontrakt med entreprenøren og som følges opp under arbeidene. Det er også utarbeidet YM-plan [20] for å sikre at tiltakets miljøpåvirkning holdes innenfor gitte rammer i lov- og regelverk.

For sikkerhet og helse i arbeidsmiljø (SHA) er det foretatt risikovurderinger [3]. Resultat av disse vil bidra til å legge føringer for kontrakter og anleggsgjennomføringen.

Det er også utført en risikovurdering for RAM- og sikkerhetsforhold som kan påvirke togframføringen [7], samt Risikovurdering av togframføringssikkerhet i anleggsperioden [17].

8 REFERANSELISTE

- [1] Rambøll Sweco - Fagrapport massedeponi, UAS-02-A-00026
- [2] Statens vegvesen - Samlerapport stein, Labsys SVV-P-1.5.8 - 19.12.2018 10:14)
- [3] Rambøll Sweco - Fagrapport SHA, UAS-01-Q-00005
- [4] Rambøll Sweco - Risiko og sårbarhetsanalyse anleggsfase, UAS-01-Q-00014
- [5] Rambøll Sweco - Forprosjektrapport UAS-01-A-00028
- [6] Sweco – Samling av ingeniørgeologiske rapporter:
- Sweco, K5 – Arna-Stanghelle – Ny E16 og Vossebane – Geologisk rapport for reguleringsplan Arnatunnelen – banetunnel Trengereid – Arna, 10203787-R01-A01
 - Sweco, K5 – Arna-Stanghelle – Ny E16 og Vossebane – Geologisk rapport for reguleringsplan – Vaksdalstunnelen – banetunnel Stanghelle – Vaksdal, 10203787-R02-A01
 - Sweco, K5 – Arna-Stanghelle – Ny E16 og Vossebane – Geologisk rapport for reguleringsplan – Tunesfjelltunnelen – vegtunnel Trengereid – Arna, 10203787-R03-A01
 - Sweco, K5 – Arna-Stanghelle – Ny E16 og Vossebane – Geologisk rapport for reguleringsplan – Raudnipatunnelen – vegtunnel Vaksdal – Trengereid, 10203787-R04-A01
 - Sweco, K5 – Arna-Stanghelle – Ny E16 og Vossebane – Geologisk rapport for reguleringsplan – Berrfjelltunnelen – vegtunnel Helle – Vaksdal, 10203787-R05-A01
 - Sweco, K5 – Arna-Stanghelle – Ny E16 og Vossebane – Geologisk rapport for reguleringsplan – Skulstadtunnelen – banetunnel Vaksdal – Trengereid, 10203787-R06-A01
 - Sweco, K5 – Arna-Stanghelle – Ny E16 og Vossebane – Geologisk rapport – Skjæringer, 10203787-R07-A01

- [7] Rambøll Sweco, Risikovurdering RAM- og sikkerhet, UAS-03-Q-00009
- [8] Rambøll Sweco, Jernbanetekniske faseplaner, UAS-01-A-00035 (notat), UAS-03-Y-00001 (Stanghelle, tegning) og UAS-03-Y-00004 (Arna, tegning)
- [9] Bane NOR, Saksdokument: 201809362-1: NTNU-prognosemodell for fullprofilboring ved Arna – Stanghelle og vurdering av fullprofilboring mot konvensjonell drift
- [10] Rambøll Sweco, Faseplaner Helle, UAS-01-Y-01101 til -01103 og UAS-01-Y-02101 til -02103
- [11] Rambøll Sweco, Faseplaner Stanghelle, UAS-01-Y-01111 til -01115 og UAS-01-Y-02111 til -02115
- [12] Rambøll Sweco, Faseplaner Vaksdal B1, UAS-01-Y-01201 til -01205
- [13] Rambøll Sweco, Faseplaner Vaksdal B2, UAS-01-Y-02201 til -02207
- [14] Rambøll Sweco, Faseplaner Trengereid, UAS-01-Y-01301 til -01307 og UAS-01-Y-02301 til -02307
- [15] Rambøll Sweco, Faseplaner Arna stasjon, UAS-01-Y-01511 til -01518 og UAS-01-Y-02511 til -02518
- [16] Rambøll Sweco, Faseplaner Arna, UAS-01-Y-01501 til -01506 og UAS-01-Y-02501 til -02506
- [17] Rambøll Sweco, Risikovurdering togfremføringssikkerhet i anleggsperioden, UAS-03-Q-00019
- [18] Rambøll Sweco, Planomtale med konsekvensutgreiing, UAS-01-A-00011
- [19] Rambøll Sweco, Konsekvensutredning for massedeponi, UAS-01-Q-00023
- [20] Rambøll Sweco, YM-plan E16 og Vossebanen, UAS-01-Q-00008
- [21] Rambøll Sweco, Faseplaner Stanghelle nord, UAS-01-Y-01116 til UAS-01-Y-01119 og UAS-01-Y-02116 til UAS-01-Y-02119