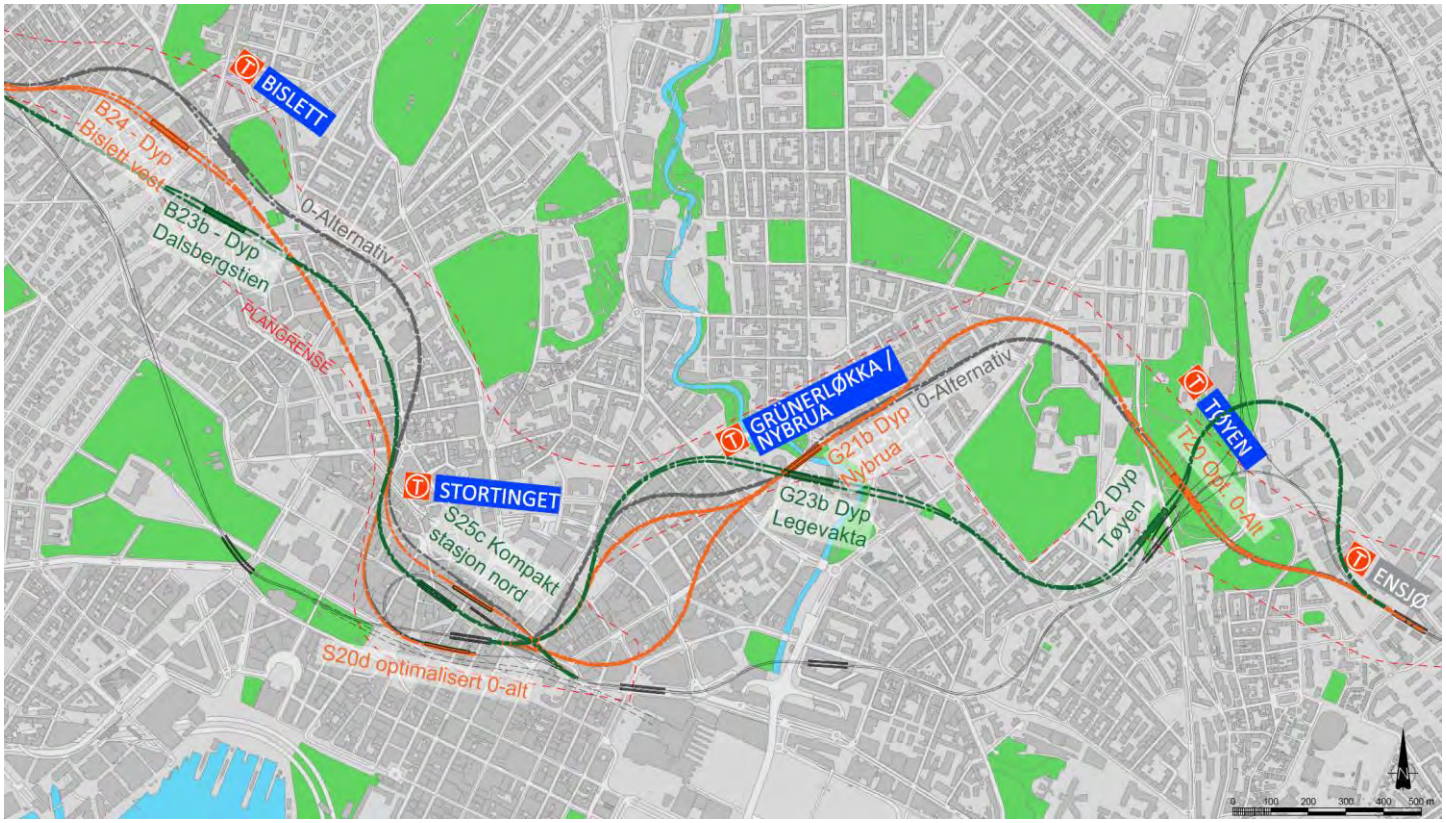
Ruter AS

Sluttrapport

Ny T-banetunnel gjennom Oslo sentrum

Delprosjekt traséoptimalisering og sporteknisk påkobling

Saksnummer Ruter: 21/01501 | Oppdragsnr.: **5205625** Dokumentnr.: **Rapport 30** Versjon: **03** Dato: **2021-10-22**



Norconsult

Oppdragsgiver:	Ruter AS
Oppdragsgivers kontaktperson:	Halvor Jutulstad
Rådgiver:	Norconsult
Oppdragsleder:	Jens William Bjerkelund
Fagansvarlig:	Geir Hafsaas, Rune Hoel og Anders Myhr
Andre nøkkelpersoner:	Kay Lægreid Iversen, Stig Rasmussen og Jens William Bjerkelund

Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
03	2021-10-22	Endelig utgave	JWB/AMY	RUHO	JWB
02	2021-09-02	2.utgave	JWB/AMY	RUHO/GEHA	JWB
01	2021-06-30	1.utgave	JWB/STRAS/AMY	RUHO/GEHA/Lycke	JWB

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Dette delprosjektet har hatt som oppgave å utrede og optimalisere trasé og sportekniske påkoblinger for ny T-banetunnel fra Majorstuen til påkobling ved Ensjø. Delprosjektet ble påbegynt i august 2020 og ble avsluttet oktober 2021. Ettersom trasé og stasjonsplassering er knyttet sammen har oppdraget også inkludert vurdering av stasjonsplasseringer og -løsninger. Arbeidet er et forarbeid til forprosjekt, reguleringsplan og konsekvensutredning.

Konseptvalgutredningen «Oslo-Navet» (KVU Oslo-Navet) anbefalte at det bygges en ny T-banetunnel gjennom Oslo sentrum for å sikre nok kapasitet på reiser til og fra sentrum når byen fortsetter å vokse. Anbefalt trase, som Oslo bystyre støttet og som er vedtatt i planprogrammet (PBE, 2.juli 2019), går fra Majorstuen – Bislett – Stortinget - Grünerløkka ved Nybrua – Tøyen med påkobling ved Ensjø.

Arbeidet i dette delprosjektet er basert på løsningene fra KVU Oslo-Navet med tilleggsutredninger, og omtales som 0-alternativet. Delprosjektet har sett grundigere på traseanbefalingen for å se om det med tilpasninger og justeringer kan oppnås en mer optimalisert løsning.

Målet har vært i finne en trasé med best mulig linjeføring med hensyn på drift av T-banen, minimering av kostnader, redusering av kompleksitet og ulemper i anleggsperioden samt bidra til effektive reiser for kundene.

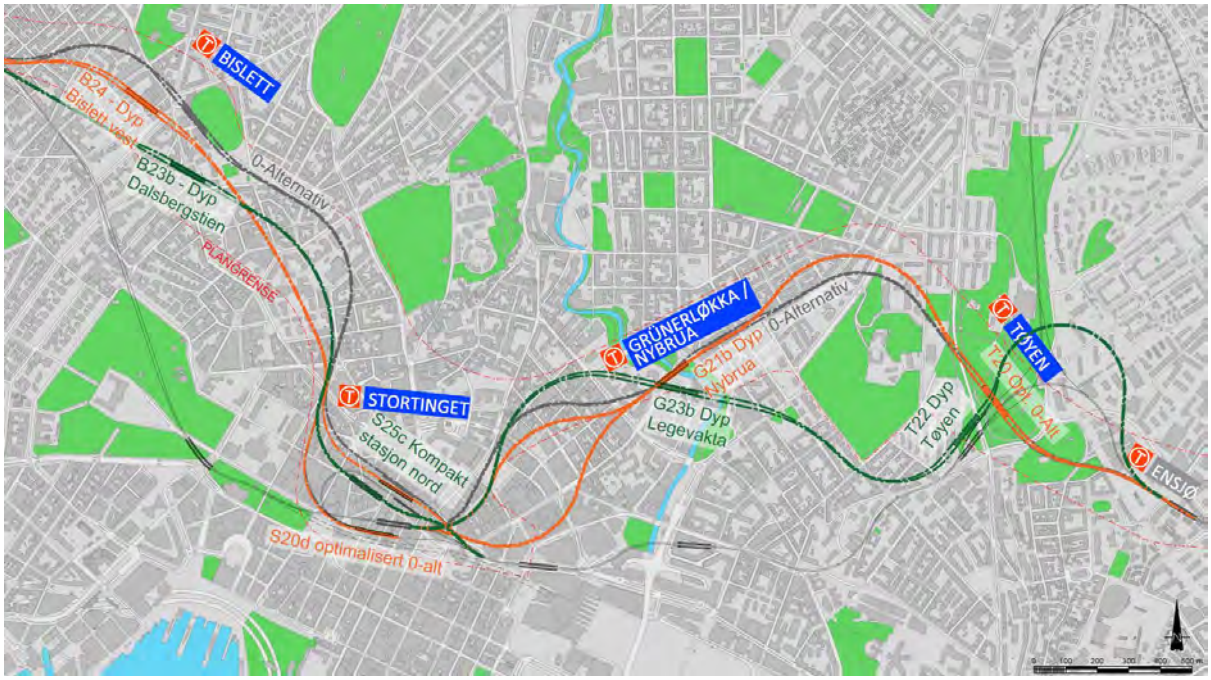
Prosessen har bestått av brede alternativsøk kombinert med analyser basert på kriterier knyttet til målene. Denne metodikken har gjort det mulig å gå bredt ut samtidig som analyseresultatene underveis har muliggjort dypdykk og fokus på de løsningene som har vist seg best på måloppnåelse. Analysene har evaluert løsningsforslagene etter kriteriene prosjektkostnader, levetidskostnader, reisetid og reisekostnad, bærekraft og avvikskjøring.

Hovedfunn og anbefalte løsninger

Gjennom et grundig arbeid og bred analyse har dette delprosjektet funnet tydelige optimaliseringsmuligheter til 0-alternativet. Det er funnet løsninger som gjør at trasé og stasjoner kan ligge i berg på hele strekningen noe som for eksempel gjør at store åpne byggegroper i sentrale deler av Oslo kan unngås. Løsningene gjør det mulig å redusere kostnader, og påvirkningen på byens befolkning i anleggsperioden kan reduseres vesentlig. Dette gjelder både for beboere i nærheten, men også for reisende da trafikk kan opprettholdes på overflaten.

Optimaliseringsarbeidet har resultert i to hovedalternativer fra Majorstuen til Ensjø som er bedre enn utgangspunktet (0-alternativet). De to hovedalternativene omtales som 1 og 2, der hovedalternativ 1 trekkes frem som mest attraktivt per nå.

Hovedalternativene og 0-alternativet vises i oversiktsfigur på neste side.



Figur 1 Anbefalte alternativer; hovedalternativ 1 (HA1) i grønt, hovedalternativ 2 (HA2) i oransje. 0-alternativet i grått.

I ***Hovedalternativ 1*** har trasé og stasjoner som i sin helhet er plassert i berg. Dette i motsetning til 0-alternativet hvor de fleste stasjoner var plassert i kulverter. Følgende stasjonsløsninger er foreslått:

- Bislett: Her foreslås stasjonen plassert dypt i berg ved Dalsbergstien trikkestopp.
- Grünerløkka/ Nybrua: Her forslås stasjonen plassert dypt rett vest av Nybrua ved Legevakta.
- Tøyen: Her forslås stasjonen plassert dypt i berg
- Stortinget: Her er det anbefalt en stasjonsløsning som innebærer at det bygges en ny stasjonshall rett nord/vest av dagens stasjonshall, med mulighet for ny oppgang i tilknytning til Prof. Aschehougs plass eller nedre del av Grensen mot Glasmagasinet.

Traseen er noe justert sammenlignet med 0 alternativet og særlig mellom Ensjø og Nybrua. Dette er et resultat av at det er foreslått en stasjon på Tøyen som ligger parallelt og under dagens stasjon, og ikke som i 0 alternativet hvor stasjonen ligger på tvers og over dagens stasjon på Tøyen.

I ***Hovedalternativ 2*** er det foreslått at stasjonene på Bislett og Grünerløkka plasseres dypt i berg, mens stasjonen på Tøyen blir lagt i kulvert som i 0-alternativet. Fordelene er mange av de samme som for Hovedalternativ 1, men med de ulemper i byggefasen som en åpenbyggegrop gjennom Tøyenparken medfører. Alternativet innebærer følgende:

- Bislett: Her foreslås stasjon lagt dypt i berg vest for Bislettrundkjøringen med oppgang i Pilestredet 73.
- Grünerløkka: Her foreslås stasjonen plassert dypt i berg under Nybrua.
- Tøyen: Her foreslås stasjonen plassert i kulvert (med åpen byggegrop gjennom Tøyenparken).
- Stortinget: Her er det for hovedalternativ 2 foreslått å gjenbruke deler av dagens vendesløyfe, men det må bygges en ny plattform nord for dagens nordre plattform (i vendesløyfa). Også her kan det tilrettelegges for ny oppgang mot nedre del av Grensen.

Traseen ligger nær opp til 0 alternativet. Mellom Stortinget og Nybrua er det vist to mulige traseer hvor den ene traseen avviker en del fra 0 alternativet. I differanseanalysen er traseen nær 0 alternativet lagt til grunn, da denne foreløpig vurderes som det beste løsningen.

Hovedalternativ 1 og 2 kan til en viss grad også kombineres. Eksempelvis kan begge stasjonsalternativene på Stortinget inngå i begge alternativene. Det samme gjelder stasjonsalternativene på Bislett. Det er imidlertid viktig å være klar over at hvis man velger å bygge en dyp stasjon på Tøyen, som gir en effektiv og kompakt stasjon der, så får man også en dyp stasjon ved Nybrua som ligger vest for Akerselva.

Arbeidet har inkludert en parametrisk analyse av løsningsalternativene, som gjør det mulig å vurdere alternativene opp mot hverandre, og i tabellen under vises differanseanalysen for hovedalternativene vurdert mot 0-alternativet.

Tabell 1 Differanseanalyse: 0-alternativet vurdert mot hovedalternativ 1 og 2. Som det kommer frem i tabellen anslås det at hovedalternativ 1 er ca. 3,2 Milliarder kroner rimeligere enn 0-alternativet.

Kriterier operasjonalisert	0-alternativet	Hovedalternativ 1	Hovedalternativ 2
Sporlengde [m]	11337	12394	11193
Spor I kulvert [m]	2914	93	1239
Reisetid trasé [s]	541	566	563
Byggetid [år]	3.6	2.9	3.0
Prosjektkostnad [MNOK]	**0**	**-3286**	**-1705**
Bærekraftskostnader [MNOK]	**0**	-82	-78
Avvikskostnader [MNOK]	**0**	-111	-18
Levetidskostnader [MNOK]	**0**	455	723
Reisekostnad for passasjerer [MNOK]	**0**	-276	508
Forventningsverdi sum måloppnåelse [MNOK]	**0**	-3300	-570

Ved å senke traseen og stasjoner slik at de havner i berg unngås de svært store åpne byggegropene i prosjektet. Dette gir reduserte prosjektkostnader, lavere bærekraftkostnader (klimagassutslipp ved bygging) og lavere avvikskostnader. Avvikskostnadene inkluderer her konsekvenser for T-banen i byggeperioden. Det er ikke inkludert konsekvenser for overflatetrafikken som vil være særdeles fordelaktig for hovedalternativene sammenlignet med 0-alternativet.

Senkning av trasé og stasjoner ned i berg medfører at stasjonene får en dybde på 35-50 m. For at de dype stasjonene skal bli attraktive for de reisende (reisekostnader for passasjerer) anbefaler prosjektet at stasjonene blir betjent med heisløsninger og ikke rulletrapper. Med et tilstrekkelig antall heiser blir heis den foretrukne løsningen for kundene. Det er essensielt at dette videreføres som konsept hvis man skal sikre at totalløsningen blir attraktiv. Heisløsninger er også kostnadseffektive i bygging. Skøyen stasjon på Fornebubanen planlegges bygd etter dette prinsippet, og erfaringer med denne stasjonen er det viktig å ta med videre i arbeidet med ny T-banetunnel. Dype stasjoner vil gi økte vedlikeholdskostnader (levetidskostnader).

På Stortinget stasjon vil alle løsningsvalg, inkludert opprinnelig 0-alternativ, medføre at dagens oppstallingsmulighet på natt i all hovedsak bortfaller (vendesløyfa vil ikke bestå). Dette har stor innvirkning på Sporveiens drift, og en utbygging har således en binding til tilgjengelig depot og oppstillingsplasser.

Anleggsgjennomføring

Bygging gjennom Oslo sentrum vil være utfordrende på en rekke områder. Tilkoblingen til dagens Stortinget stasjon trekkes her frem som spesielt kompleks som følge av svært lite tilgjengelig handlingsrom både over og under bakken. Nytt regjeringskvartal medfører for eksempel at opprinnelig handlingsrom blir vesentlig begrenset.

Det er videre vurdert hva som er nødvendig av tilgangspunkter for å oppnå en rasjonell og effektiv anleggsgjennomføring, der følgende forhold er viktig:

- En effektiv anleggsdrift krever anleggsadkomster til tunnelen mellom stasjonene og direkte på stasjonen slik at anleggsdriften kan skje uavhengig av hverandre på disse delene.
- Det er svært begrenset med tilgjengelige anleggsområder i Oslo sentrum. Det er et generelt ønske fra politiskhold i Oslo kommune og fra blant annet BYM og PBE, om å unngå å bruke av parker og plasser til slikt formål, men det vurderes generelt som vanskelig å unngå dette helt. Noen steder er det et alternativ å bruke del av veiareal.
- Drift gjennom sjakt, kontra kjørbare anleggstunneler, blir aktuelt ved alle stasjoner.
- I enkelte områder må tunnelen krysse områder med begrenset eller ingen bergoverdekning. Her anbefales det grunnforsterkning fra overflaten før tunnelene drives igjennom området. Dette gjøres for å unngå å grave dype sjakter.
- Ved Stortinget medfører restriksjoner mot nytt Regjeringskvartal (RKV) at tunneler kommer så nær eksisterende bebyggelse at omfattende refundamentering må forventes, f.eks. for Glasmagasinet.

Et av de vurderte anleggsområdene som har pekt seg ut som svært aktuelt er Youngstorget. Fra dette stedet kan det drives tunnel mot både Grünerløkka og Stortinget. Det vil også være et viktig angrepspunkt for etablering av ny stasjonshall på Stortinget og etableringen av kryssepunktet mellom tunnelene. Restriksjoner som nytt Regjeringskvartal har regulert på Youngstorget medfører imidlertid at tilgangen kan bli vanskelig. Konsekvensen av dette kan bli stor og prosjektet må søke løsninger på dette i det videre arbeidet.

Vurderingene som er gjort rundt anleggsgjennomføring er i denne fasen basert på konvensjonell tunneldriving med boring og sprengning. Det påpekes at det ikke er gitt noen anbefaling nå om hva som er en foretrukken drivemetode. Det er gjort en teknisk vurdering av andre drivemetoder med bl.a. tunnelbormaskin (TBM), og det finnes muligheter også innenfor dette som er interessante. Det vil være utfordringer med alle metoder, og videre arbeid må vurdere drivemetode nærmere før endelig valg kan tas.

Oppdatert kalkyle og analyseresultater

Beregnet forventet prosjektkostnad for Hovedalternativ 1 er 17 mrd kroner (P50, 2021 kr), som er klart lavere enn oppdatert estimat for optimalisert 0-alternativ (20 mrd). Ny Majorstuen stasjon inngår ikke i dette beløpet, heller ikke nye oppstillingsplasser til erstatning for dagens oppstillingsplasser på Stortinget stasjon. Det er lagt til grunn at ny tunnel kobler seg til eksisterende bane ved Ensjø stasjon.

Prisnivået i forrige prosjektfase var optimistisk, noe som dels kan ha sammenheng med at man ikke i tilstrekkelig grad hadde tatt hensyn til at prosjektet hadde lav detaljeringsgrad. Dette delprosjektet har et justert og optimalisert 0-alternativ, med tilhørende nytt kostnadsoverslag, som har blitt benyttet som referanse for endringer som foreslås i denne prosjektfasen.

I dette delprosjektet er det benyttet en integrert parameterisert beslutningsmodell. Denne inneholder blant annet geometri direkte fra BIM-modellen og ekspertvurderinger for bergmodell og driveforhold for hvert enkelt løsningsalternativ. En usikkerhetsmodell for mengder og priser er også inkludert. Et mini-anslag er gjennomført for å identifisere riktig prisnivå. Til sammen gir det et detaljeringsgrunnlag som er relativt høyt for denne fasen av prosjektet og en resulterende usikkerhet som er vurdert lavere enn kravet på 40% i

denne fasen (ref. klasse 4 estimat jf. Jernbanedirektoratet sin veileder for kostnadsestimering i tidligfase, 28.06.2019 [18]).

Analysen av alternativene gir en konfidens på 99% av HA1 vil være rimeligere enn 0-alternativet, og 98% på at det vil være en bedre helhetlig løsning innenfor begrensninger og premisser for prosjektet. Det er også viktig å påpeke at endringer på funksjon og kvalitet har stor påvirkning på nyttesiden. Ved videreutvikling av løsningene er det viktig at både nytte, kostnader og bærekraft ses på som en helhet for å få et klart blikk på samlede konsekvenser og netto-nytte.

Videre arbeid

Arbeidet med alternativene bør føres noe lenger før man tar endelig valg. Videre prosess rundt dette må avklares.

I det videre arbeidet med å lande løsningsvalg må forutsetninger og premisser også endelig fastsettes. Dette er eksempelvis rutetilbudet for T-banen, med tilhørende vurderinger av øvrige driftsmessige utfordringer. Andre forhold som kan påvirke endelig løsningsvalg er Sporveiens oppstallingsbehov, og om prosjektet skal bygges ut i et eller flere trinn. En trinnvis utbygging vil spesielt påvirke løsningsvalgene på Stortinget.

Det er ikke kjørt oppdaterte fullstendige transportberegninger for nye foreslåtte stasjonsplasseringer. Dette anbefales gjennomført for å få oppdaterte nytteberegninger.

Ny Majorstuen stasjon planlegges bygd ut før ny T-banetunnel. Stasjonen henger sammen med ny T-banetunnel, og Norconsult mener det er viktig å få sjekket ut enkelte forhold før detaljprosjekteringen av Majorstuen stasjon gjennomføres og konkluderes.

- For løsningen på Stortinget stasjon er det lagt til grunn at togene som kommer til stasjonen i gammel tunnel krysser over til den nye tunellen (det såkalte «sakseprinsippet»). Dette er en god løsning for kundene, men stasjonen blir dyr og krevende å bygge. Det anbefales en utsjekk av om sakseprinsippet skal beholdes.
- Rutetilbudet, rutetilbudet ved avvik, kjøring med tomme tog og anleggsmaskiner stiller krav til hva som skal bygges av sporløsninger. Det er behov for en grundigere analyse hvor både Majorstuen stasjon og ny T-banetunnel inngår.

Grunnforhold er også en viktig parameter før endelig valg av løsninger. Det finnes en del underlag langs traseene, men det er også behov for å supplere dette ytterligere. Prosjektet har derfor gjennomført noen utvalgte grunnboringer tilknyttet de foreslåtte alternativene, for å verifisere dybde til berg. Dette er svært nyttig informasjon, som reduserer risikoen i prosjektet. Ytterligere grunnundersøkelser vil bli en viktig aktivitet i de videre arbeidene.

Hovedalternativ 1 og 2 avviker fra 0 alternativet og det er behov for å justere vedtatte plangrenser før man går videre med reguleringsplanarbeidet. Plangrensen foreslås justert slik at det oppnås et nødvendig handlingsrom for optimaliserte løsninger videre i prosjektet.

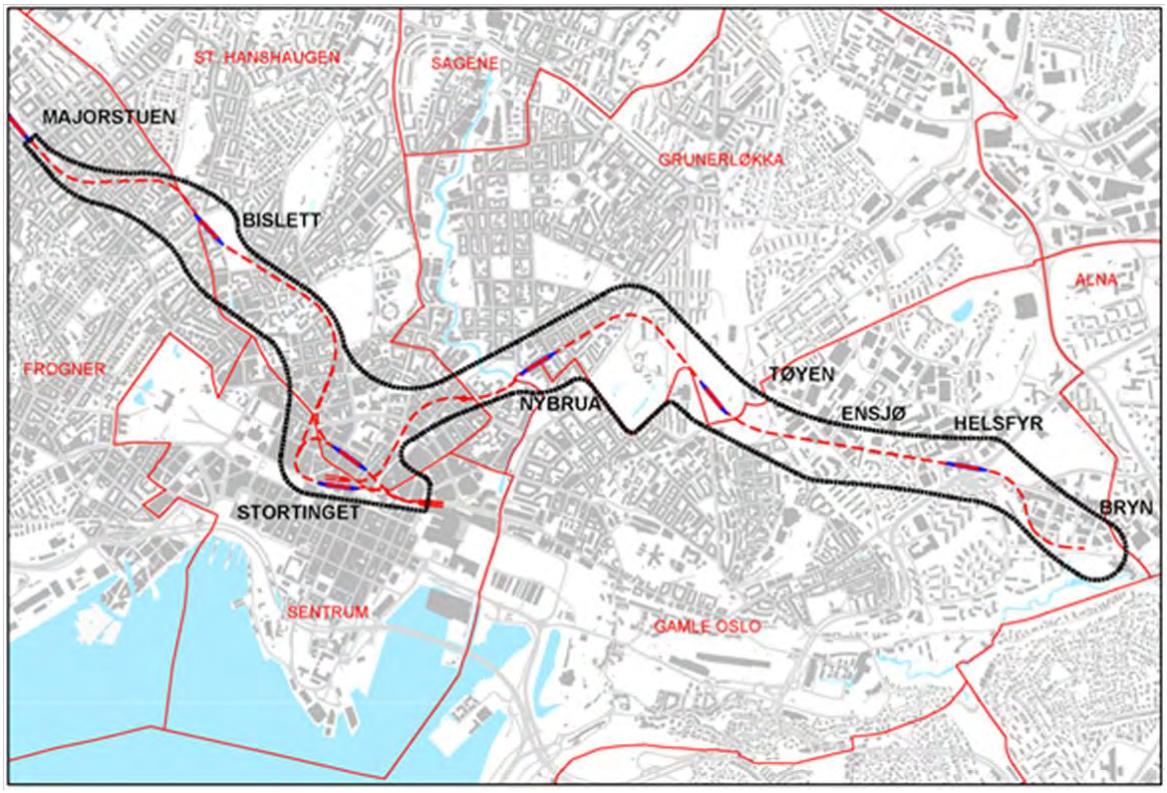
Innhold

1 Innledning **9**
1.1 Bakgrunn for oppdraget 9
1.2 Oppdraget 10
1.3 Prosess og arbeidsmetodikk 11
2 Hovedfunn **15**
3 Oppsummering av anbefalinger for hele traséen **17**
3.1 Hovedalternativ 1 (HA1) 19
3.2 Hovedalternativ 2 (HA2) 20
3.3 Analyse av alternativene 21
3.4 Forslag til justert plangrense 23
4 Anbefalinger for stasjonsløsninger **24**
4.1 Oppgangsløsing for dype stasjoner 24
4.2 Bislett 25
4.3 Stortinget 33
4.4 Grünerløkka ved Nybrua 49
4.5 Tøyen inkludert påkobling Ensjø 56
4.6 Trinnvis utbygging 71
4.7 Stenging av eksisterende linjer ved anleggsgjennomføring 74
4.8 Avvikskjøringsmuligheter 76
4.9 Sporgeometri - utfordringer og fravik 77
5 Anleggsgjennomføring **79**
6 Usikkerhet knyttet til grunnforhold **82**
6.1 Gjennomførte grunnboringer i prosjektet 83
7 Oppdatert kalkyle **84**
8 Anbefalinger om videre utvikling av beslutningsgrunnlag **88**
9 Referanser **90**

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for oppdraget

Gjennom arbeidet med konseptvalgutredning for Oslo-Navet (KVU Oslo-Navet) anbefales det en ny T-banetunnel fra og med Majorstuen stasjon, via Bislett, Stortinget, Grünerløkka ved Nybrua og til og med Tøyen stasjon, med mulig forlengelse til Bryn. I dette delprosjektet forutsettes det påkobling før Ensjø stasjon i øst, og før Majorstuen stasjon i vest der påkoblingspunktet til ny tunnel forutsettes etablert av stasjonsprosjektet for ny Majorstuen stasjon. Dette følger planprogrammets løsninger [15]. Dette delprosjektet tar for seg to av temaene som er beskrevet i planprogrammets utredningsprogram - Traséoptimalisering og Sporteknisk påkobling. Denne rapporten er oppsummeringen av dette delprosjektet med anbefalinger av optimaliserte løsninger.



Figur 2 Plankart fra planprogrammet. Ift. KVU Oslo-Navet så er stasjonene på St. Olavs plass og Youngstorget tatt ut. Plankartet har trasé helt til Bryn, men forutsetning i dette delprosjektet er at ny trasé kobler seg på eksisterende trasé før Ensjø stasjon.

Løsningen fra KVU Oslo-Navet utgjør 0-alternativet i vurderingene. Dette består av følgende hovedelementer:

- Bislett stasjon ligger grunt i Bislettgata. Løsningen inneholder åpen byggegrop og delvis rivning av Bislett stadion.
- Stortinget stasjon deles i to plattformer og tunneler sakses: ny tunnel fra øst kobles mot eksisterende tunnel mot Nationaltheatret. Ny tunnel fra vest kobles inn mot eksisterende tunnel mot Jernbanetorget.

- Nybrua (Grünerløkka) stasjon er en delvis dyp stasjon i løsmasser langs Trondheimsveien. Løsningen krever byggegrop på en lang strekning i Trondheimsveien.
- Tøyen stasjon er en grunn stasjon som ligger langs Finnmarksgata og som krysser direkte over eksisterende T-banetunnel/spor. Løsningen fordrer åpen byggegrop øst for Finnmarksgata og bruk av Caltexløkka som anleggsområde. Ny tunnel kobles til eksisterende bane rett vest for Ensjø stasjon.

1.2 Oppdraget

1.2.1 Mål

Hensikten med oppdraget har vært å redusere risiko og gi flere detaljer for løsningene fra KVU Oslo-Navet. Målet er å finne løsninger som minimerer kostnader ved bygging, minimerer kompleksiteten i anleggsgjennomføringen og som bidrar til effektive reiser for kundene.

Ruter og Sporveien har i samarbeid satt opp følgende samfunnsmål og effektmål for ny T-banetunnel.

Samfunnsmål:	**Ny T-banetunnel gjennom Oslo sentrum skal gi et effektivt, bærekraftig og fremtidsrettet mobilitetstilbud med tilstrekkelig kapasitet**			
Effektmål:	**Et robust T-banesystem**	**Effektive T-banereiser**	**Tilrettelegge for et attraktivt bymiljø**	**Tilrettelegge for en god plan- og gjennomføringsprosess**

Figur 3 Ruter og Sporveien sine effektmål for ny T-banetunnel.

Hovedmålene for delprosjektet er knyttet opp til disse effektmålene, men ser særlig på traséoptimalisering og sporteknisk påkobling, med basis i 0-alternativet som er anbefalt løsning fra KVU Oslo-Navet. Hovedmålene er ikke satt opp i rangert rekkefølge, men anses som likeverdige:

1. *Søke å finne kortest / mest mulig effektiv linjeføring mellom stasjonene*
    a. *Søke optimal sporgeometri, både horisontalt og vertikalt*
    b. *Søke etter de beste grunnforholdene*
2. *Optimalisere stasjoner sett i sammenheng med traséen*
    a. *Søke etter de beste grunnforhold*
    b. *Effektive bytter for reisende*
3. *Optimalisere løsningene for sporteknisk påkobling for minst mulig stengetid i byggefase*
    a. *Tilrettelegge for fremtidig avvikssituasjon*

Vurdering av alternative løsninger har vært et komplekst optimaliseringsarbeid med mange mål som tidvis trekker i ulike retninger, og mange hensyn som skal ivaretas i en storby med utfordrende grunnforhold. Dette har vært forsøkt løst gjennom å operasjonalisere de viktigste kriteriene og knytte disse til kostnader. Gjennom denne fremgangsmåten har man funnet de løsningene som svarer ut de samlede kriteriene på best måte og disse er presentert i denne rapporten. Se kapittel 1.3.1 for operasjonaliserte kriterier.

1.2.2 Premisser og avgrensinger

Optimaliseringen har tatt utgangspunkt i KVU Oslo-Navet, med følgende presiseringer gitt av Ruter:

- Traséen fra KVU Oslo-Navet utgjør 0-alternativet, med følgende endringer:
  - Påkobling ved Majorstuen er endret basert på føringer gitt av Sporveiens stasjonsprosjekt for Majorstuen. Dette påvirker linjen mot Bislett og avviker fra det opprinnelige 0-alternativet.
  - Påkobling skal skje før Ensjø stasjon, ikke ved Bryn slik det kommer frem i KVU Oslo-Navet.
  - Stasjonene Youngstorget og St. Olavs plass er tatt ut av planen og skal ikke inkluderes i arbeidet i dette delprosjektet.
- For Bislett stasjon skal vi ta utgangspunkt i at det ***ikke*** skal bygges ut Jernbaneanlegg/-stasjon i området.
- Sportilkoblingen på Stortinget stasjon skal ta utgangspunkt i saksemodellen mellom ny og eksisterende tunnel/ linje.
- Sporteknisk påkobling mot ny Majorstuen stasjon er ivaretatt av stasjonsprosjektet, som Sporveien holder på med. Dette delprosjektet har forholdt seg til påkoblingspunktet til ny T-banetunnel på Majorstuen som Sporveien har utarbeidet og sendt over til dette delprosjektet.

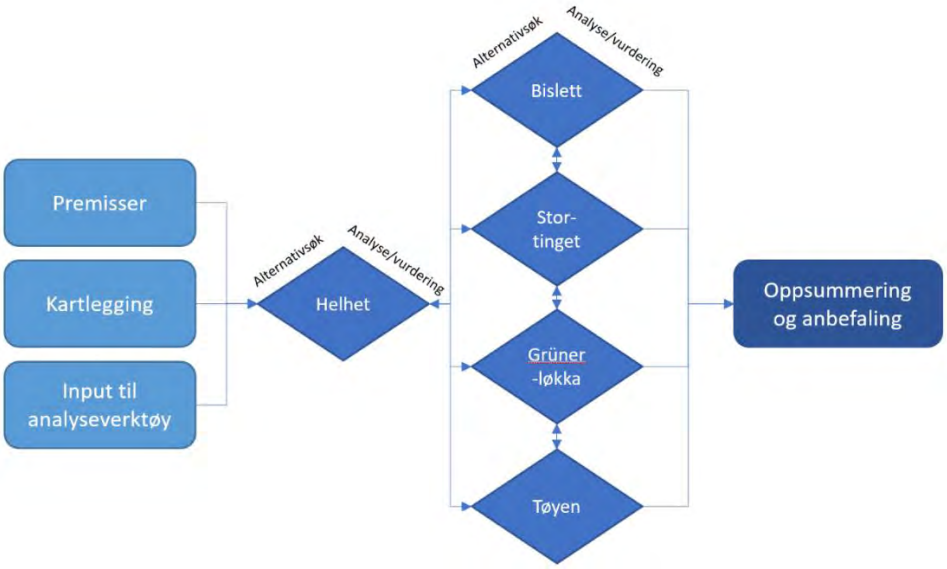
1.3 Prosess og arbeidsmetodikk

Det komplekse målbildet gjorde det naturlig å dele delprosjektet inn i ulike fokusområder som samtidig i stor grad er avhengige av hverandre. Disse fokusområdene har vært:

- Helhetlig trasé/linjeføring
- Bislett stasjon
- Stortinget stasjon
- Grünerløkka/ Nybrua stasjon
- Tøyen Stasjon, inkl. påkobling mot Ensjø

Å dele arbeidet i fokusområder er nyttig i praktisk gjennomføring, men gjør det også utfordrende å sikre at løsninger og variasjoner presterer godt på et helhetlig nivå og mellom de forskjellige målene. Arbeidet med fokusområdene har derfor vært basert på to prinsipper:

- Brede alternativsøk for å sikre at beslutningsgrunnlaget dekker flest mulig relevante og interessante løsninger. Dette har vært løst gjennom en serie tverrfaglige og kreative arbeidssesjoner for å generere alternative løsninger for de ulike fokusområdene.
- Kontinuerlig analysering av alternativer gjennom en parameterisert beslutningsmodell som beregner endringer og konsekvenser på prosjektets mål på et helhetlig nivå. Dette har gjort det mulig å fortløpende sile og fokusere på videreutvikling av de mest interessante løsningsalternativene og trygghet på at løsningene ikke bare er gode på lokalt nivå, men også i totalløsningen, og på tvers av alle mål for prosjektet.



Figur 4 Forenklet skisse av arbeidsmetodikk i delprosjektet

Denne fremgangsmåten har sikret et helhetlig overblikk samtidig som det er gjort dypdykk i de ulike traséene og stasjonsområdene, alt satt i sammenheng og analysert i henhold til de målene som er bestemt.

1.3.1 Operasjonaliserte mål – analysemodell

En forutsetning for den valgte arbeidsmetodikken har vært analysemodellen med operasjonaliserte mål. Målene har vært utarbeidet i samarbeid med Ruter og Sporveien og representerer de faktorene som er viktigst for å kunne sammenligne alternative løsninger. I tabellen under presenteres målene og korte beskrivelser av hvordan disse er operasjonalisert.

Tabell 2 Oversikt over vurderingskriteriene i delprosjektet.

Mål	Operasjonalisert:
Prosjektkostnader	Følgende har utgjort kalkylegrunnlaget (differansekalkyle) for sammenligning av alternativer: - Løpemeterpriser - Mengder av masser - Byggetider, inkludert kostnader knyttet til alternativ trafikk - Rigg - Drift - Grunnerverv - Riving / gjenoppbygging av tilstøtende struktur - Mini-anslagsprosess - Geometri for hver løsning (hentet fra BIM modell)
Levetidskostnader	For levetidskostnader for bane er følgende prissatt: - Kostnad per løpemeter (skinnemateriell, planlagt videlikehold) - Kostnad per kjørte meter (togmateriell, planlagt vedlikehold)

	I tillegg er det lagt på et påslag per meter der løsningen fraviker fra normalkravene i teknisk regelverk. I levetidskostnader ligger også levetidskostnadene for stasjonene.
Reisetid/ reisekostnad	Kriteriet er opprettet for å fange opp forskjellen i reisetid mellom de ulike løsningene, knyttet til samfunnsøkonomisk kostnad. Det er firedelt for å fange opp de mest relevante forskjellene de ulike løsningene vil kunne påvirke. Kriteriet verdsettes i NOK2020 basert på endring i reisetid over en 10 års periode. Forventet antall reiser per stasjon legges til grunn. Følgende verdier prises inn for reisetid: - Reisetid, sitteplass 0,85 NOK per minutt - Reisetid, ståplass 1,44 NOK per minutt - Gangtid (inne på stasjon) 1,02 NOK per minutt - Byttemotstand (kr, per reise) 0,24 NOK Tallene er hentet fra Prosam og er inflasjonsjustert via SSBs konsumprisindeks til 2020-tall.
Bærekraft	Hensikten med et mål for bærekraft er å synliggjøre C02-regnskapet for ulike alternativer. Tilsvarende som for prosjektkostnader vil dette fokusere på å dekke forskjellene mellom løsninger, mer enn å være et detaljert regnskap. ***C02e verdsettes til 2159 NOK***. Dette tallet er i samsvar med kalkulasjonspriser for C02-utslipp per tonn for samtlige transportvirksomheter med unntak av Avinor. Tallet er hentet fra rapporten *Kvalitetssikring av samfunnsøkonomiske analyser*, Menon-publikasjon nr. 12/2020 [16].
Avvikskjøring	For å kunne skille på alternativer er det valgt å operasjonalisere dette gjennom å sammenligne reisetid under avvikskjøring i anleggsperioden for de som normalt reiser med T-banen. De samme kostnadsverdiene som for reisetidskriteriet benyttes. Grunnlaget for sammenligning av reisetid for de ulike alternativene baseres på scenarier knyttet til planlagte avvik. I tillegg er merkostnader knyttet til alternativ transport og avvikshåndtering inkludert i prosjektkostnadene

1.3.2 Beslutningsmodell

Et viktig aspekt i utviklingen av løsningsalternativer har vært å sikre at man relativt raskt og effektivt kan analysere nye løsninger for å identifisere om de har et relevant potensial eller ikke. Behovet for effektivitet er kontinuerlig balansert med behovet for nødvendig detaljering for å kunne dokumentere en signifikant forskjell mellom de ulike løsningsforslagene.

I dette delprosjektet er det utviklet en skreddersydd beslutningsmodell hvor alle prosjektmålene og føringene fra premissdokumentet [11] er integrert. Dette sikrer at man behandler alle løsninger og mål på samme rammeverk,på lik måte og gjør analysene godt egnet som sammenligningsgrunnlag. Rask oppdatering sikres med parameterisering og integrasjon mot BIM[1]-verktøyene i prosjektet, slik at oppdaterte geometrier importeres direkte. Dette gir høy trygghet på at riktig grunnlag analyseres, og muliggjør raske iterasjoner når nye løsninger kommer opp.

Løsningene som utforskes er i en tidlig fase, og har relativt lav detaljgrad. For å kunne gjøre relevante sammenligninger er det derfor essensielt å kunne beregne hvor mye de usikre/udokumenterte effektene

[1] BIM står for Bygnings Informasjons Modell, som er en geometrisk 3D-modell med informasjon om det som skal bygges.

påvirker de forskjellige løsningene. Ved store forskjeller er relativt lav nøyaktighet tilstrekkelig for å skille en løsning fra en annen, men når de er like vil høyere nøyaktighet eller bedre dokumentasjon måtte utarbeides.

For å sikre et fornuftig nøyaktighetsnivå er beslutningsmodellen detaljert etter oppstående behov i prosjektet. For å håndtere usikkerhet er analysene gjennomført etter inspirasjon fra Håndbok R764 Anslagsmetoden [17] sin metodikk for anslag med usikkerhetsanalyse, men inneholder i tillegg gjennomføringstid og nødvendige mengder og enhetspriser for de øvrige prosjektmålene. Fremgangsmåten og modellen er benyttet på flere store infrastrukturprosjekter, men tilpasset T-bane og Oslo i prosjektet. Resultatene fra modellen gir derfor entydig sammenheng mellom hvert enkelt mål og god innsikt i hvordan prioritering av et mål får konsekvenser for de andre. Samtlige av målene er derfor tallfestet i 2020 kroneverdier for å gjøre det mulig å veie kvalitet og bærekraft/ klima mot pris på en best mulig måte kontinuerlig gjennom prosjektet.

Modellen er bygd etter prinsippet “fra bunn og opp” med fokus på å detaljere det som skiller løsningene. For å kunne gi et oppdatert estimat på prosjektkostnad er det gjennomført et mini-anslag for å korrigere kostnadsnivået gjennom overordnede estimater og referanseprosjekter.

1.3.2.1 Videre arbeid og erfaring med beslutningsmodeller

I denne prosjektfasen er det benyttet en integrert beslutningsmodell for å analysere og dokumentere løsningene. Tilnærmingen kan videreføres, slik at kommende spørsmål og forslag til endringer kan undersøkes kontinuerlig og etter behov. Denne måten å drive frem prosjekter på benyttes offshore og gir kontinuitet på helhetlige vurderinger. Det åpner også for at hver enkelt fase kan gjennomføres med et mer begrenset perspektiv. Dette gir mulighet for å benytte flere og mer spesialiserte leverandører i tillegg til at det øker konkurransen til hvem som kan gjennomføre arbeidet fremover. Et forventet resultat av dette vil være lavere prosjektkostnader, økt nytte, bedre forventningsstyring og lavere konfliktnivå i de kommende årene.

1.3.3 Dokumentasjon av løsningsalternativer

I dette delprosjektet er det utarbeidet en rekke rapporter som dokumenterer både prosessene med alternativsøk (fokusrapporter) og fagrapporter som redegjør for faglige vurderinger som er gjort tilknyttet løsningsalternativene som er utviklet. Alle dokumenter er angitt i kap. 9 Referanser. I tillegg har 3D-modellen som er utviklet i delprosjektet vært svært viktig, og vært integrert i beslutningsmodellen.

Denne sluttrapporten oppsummerer hovedtrekkene ved de optimaliseringene som anbefales for ny T-banetunnel og stasjoner. Den går således ikke i dybden på de faglige vurderingene som er gjort, eller viser alle alternativer som har vært vurdert. For dette vises det til underlagsrapportene. Eksempelvis fremgår detaljer om sportekniske vurderinger og normkrav av fagrapport spor. I denne oppsummeringsrapporten er det kun enkelte momenter som nevnes i omtaler av trase og stasjoner. Det samme gjelder da for øvrige fagrapporter.

2 Hovedfunn

Linjene og stasjonsplasseringene som anbefales er basert på et grundig arbeid med alternativsøk og analyser som kvantifiserer forskjeller på måloppnåelse. Dette optimaliseringsprosjektet har ikke hatt mandat eller ressurser til å jobbe detaljert med alle problemstillinger inkl. design og endelig plassering av oppganger med mer, men innenfor de forutsetninger om stasjonsplasseringer og påkoblingspunkter som har ligget til grunn så er det funnet en rekke optimaliseringsmuligheter, som bør vurderes i videre fase. Det er i arbeidet også avdekket utfordringer, som prosjektet naturlig også må jobbe videre med.

Det nevnes at linjen og løsninger kun konseptuelt ble etablert i forbindelse med KVU Oslo-Navet. Dette betyr at når sporgeometrien detaljeres ut med to spor og detaljkrav til sporgeometri, så viser den faktiske situasjonen en meget presset geometri. Dette skaper både utfordringer med å tilfredsstille tekniske krav til sporgeometri og faktisk finne gjennomførbare løsninger for opprinnelig løsning. For dette delprosjektet har det medført behov for å etablere et optimalisert 0-alternativ som representerer en byggbar løsning.

Noen av de viktigste hovedfunnene i dette delprosjektet er listet under.

Plangrensen foreslås justert.

- Plangrensene er identifisert å være for snevre for at prosjektet skal ha et nødvendig handlingsrom for å kunne optimalisere løsningene, og anbefales derfor utvidet. Hovedårsaken for anbefalingen er at det stedvis er meget krevende grunnforhold langs traséen. Sammen med krav til sporgeometri medfører det at andre traséer enn det som lå til grunn fra KVU Oslo-Navet bør være mulig, noe arbeidet i dette delprosjektet også har kommet frem til. Enkelte steder er det også identifisert at plangrensen kan snevres noe inn.

Bruk av minimums- og maksimumsverdiene i tekniske regelverk vurderes som nødvendig.

- Minimums- og maksimumsverdiene i teknisk regelverk er benyttet, der det har vært hensiktsmessig/ nødvendig. Årsaken til at det anbefales å bruke slike verdier istedenfor normalverdier er bl.a. de utfordrende geologiske forholdene i Oslo med flere dyprenner, alunskifer, samt store høydeforskjeller over korte strekninger. Sporveien har innledningsvis tydelig spilt inn at prosjektet må tilstrebe normalverdier og unngå lav standard fra tidlig planfase. Dersom normalkravene skulle vært lagt til grunn overalt ville traséen blitt betydelig lengre, og med det uforholdsmessig mye dyrere, enn det som ligger til grunn i 0-alternativet. I neste fase av prosjektet vil det være hensiktsmessig å utfordre disse kravene ytterligere der det kan være store kostnader å spare, eksempelvis ved Stortinget. (Horisontalkurve for et sørlig plattformspor og horisontalkurve retning Youngstorget er de mest aktuelle utfordringer så langt.)

Dype løsninger i berg anbefales i de fleste tilfeller.

- Stasjonene på Bislett og Grünerløkka er vurdert å ha vesentlige potensialer for kostnad- og byggetidsbesparelser dersom de plasseres i berg kontra i store åpne byggegroper i sentrale byområder som i 0-alternativet. Store åpne byggegroper er også til vesentlig større ulempe for naboer og trafikanter enn bergalternativene. **Bislett og Grünerløkka anbefales derfor som dype bergalternativer**. Hovedalternativet har også foreslått dyp stasjon på Tøyen.
- Dype stasjonsløsninger fordrer at man på en effektiv måte kan frakte passasjerer til og fra plattform, for å holde reisetiden for passasjerer nede. Våre analyser og erfaringer fra andre prosjekter (eksempelvis planlagt dyp stasjon på Skøyen) peker derfor på at **heis bør være den primære løsningen** for reisende til og fra plattform, og stasjonene må derfor designes med dette formål. Det er også tilstrebet at hovedadkomsten til stasjonene via sjakt treffer direkte ned mot plattformen, da dette bidrar til minimering av reisetid og dermed reisekostnader.

Stortinget stasjon er spesielt kompleks

En forutsetning for arbeidet med løsninger for Stortinget stasjon har vært sakseprinsippet. Det er også identifisert ytterligere begrensninger, som har redusert handlingsrommet for alternativer for Stortinget. De begrensningene som sammen med sakseprinsippet har lagt betydelige føringer for løsningene er:

- Nytt Regjeringskvartal (RKV) og energiforsyning har lagt store horisontale og vertikale begrensinger for plassering av traséen (høydenivå og nordlig begrensing).
- Ny jernbanetunnel har lagt begrensninger for hvor langt syd man kan gå.
- Dype kjellere, lav overdekning og allerede refundamenterte bygninger har bundet løsningene i høyden.

Kombinasjonen av sakseprinsippet og de identifiserte begrensningene reduserer handlingsrommet for Stortinget betydelig.

Analysene av alternativene for Stortinget peker ikke ut ett alternativ som skiller seg vesentlig fra resten, gitt de begrensningene som er definert. De alternativene som likevel anbefales har ulike kvaliteter og utfordringer. For å kunne treffe en endelig anbefaling i senere prosjektfaser er det nødvendig at **Ruter og Sporveien detaljerer forutsetningene fordi dette vil bestemme hvilken** løsning som best mulig svarer ut behovene. Dette gjelder blant annet **fremtidig behov for oppstallingsmuligheter, overkjøringsspor/avvikskjøring, trinnvis utbygging**, og ikke minst om **sakseprinsippet** fortsatt skal bestå som en forutsetning. Stengeperioder for T-banen i anleggsgjennomføringen er også viktig ved vurdering av løsninger.

Det bør også videreføres dialog med RKV om begrensningene horisontalt og vertikalt ettersom løsninger videreutvikles. Spesielt de vertikale begrensinger og muligheter mht. evt. avbøtende tiltak burde man få en reell dialog om.

Effektiv anleggsgjennomføring krever angrepspunkter langs hele traséen

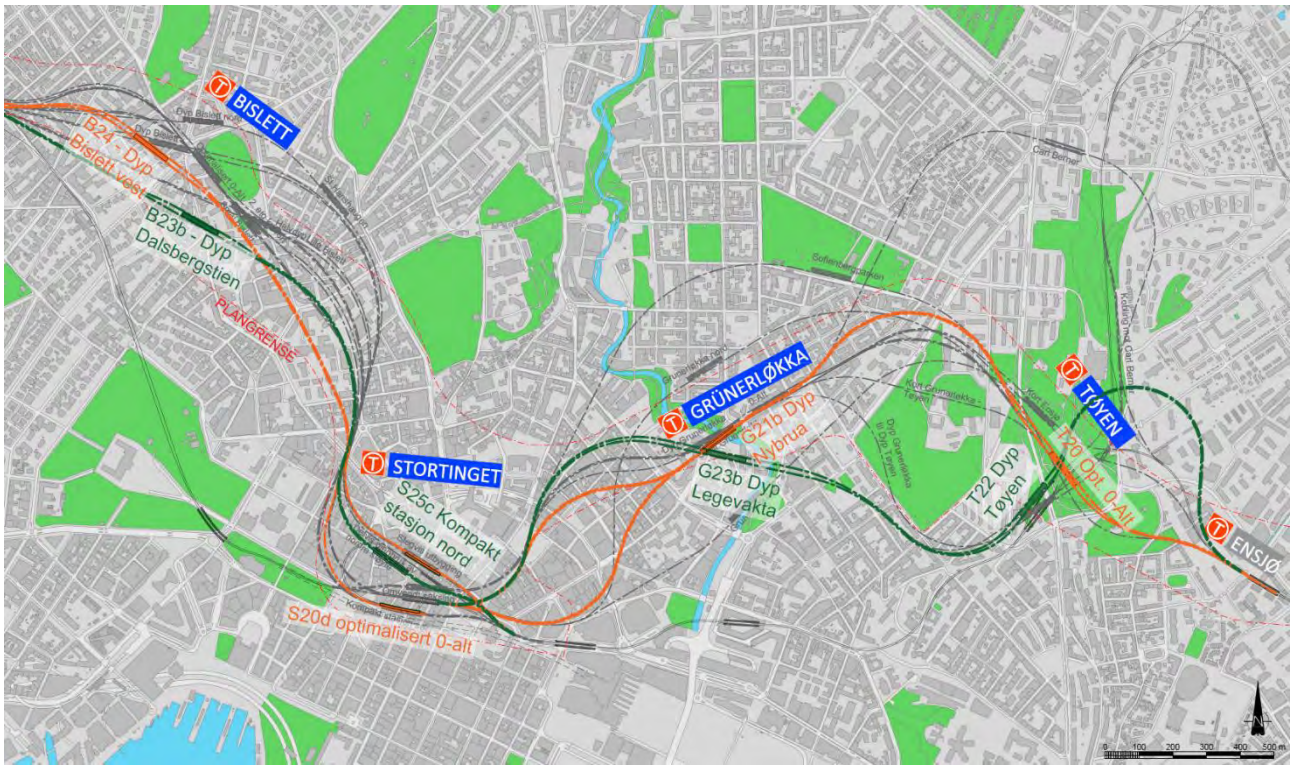
Det anbefales at det etableres **et angrepspunkt til tunnelen på hver side av stasjonene**. I tillegg bør **byggesjakt/ byggegrop** kunne benyttes som **angrepspunkt for å etablere stasjonene**. Dersom ikke dette kan oppnås vil det påvirke byggetid og kostnader.

I tillegg til de nevnte funnene har dette delprosjektet også fått gjort avklaringer med flere viktige premissgivere. Her nevnes:

- **Kommunal og moderniseringsdepartementet/ Statsbygg**: Det er gjort viktige avklaringer omkring grensesnittet mot nytt Regjeringskvartal (RKV). Dette gjelder spesielt grensesnittet mot Møllergata 3 og mot ny energiforsyning, der det er avklart at skisserte løsninger i dette delprosjektet er vurdert som gjennomførbarbare mtp. RKV-prosjektet.
- **Bane NOR**: Det er avklart at Bane NOR ikke planlegger realisering av vendeanlegg mm. i området Bislett, og at T-baneprosjektet kan se bort i fra dette i sin planlegging. Det er også avklart at de skisserte løsningene på Stortinget stasjon er gjennomførbare mtp. både eksisterende Oslotunnel, og den planlagte utvidelsen av Oslotunnelen fra Oslo S mot Nationaltheatret ifm. prosjektet Ny Oslostunnel.
- **Stortinget**: Det er informert om prosjektet, og avklart at det ikke er noen direkte avhengigheter mot Stortinget.
- **Forsvarsbygg**: Det er gjennomført informasjonsmøte med Forsvarsbygg for å informere om prosjektet.

3 Oppsummering av anbefalinger for hele traséen

Figuren under viser omfanget av alternativer som er vurdert, og viser at delprosjektet har gått bredt ut i søket etter optimaliserte løsninger innenfor de definerte rammene. Eksempelvis er det på Bislett vurdert løsninger nærmere St. Hanshaugen, på Grünerløkka er det vurdert løsninger både mot Schous plass og Sofienbergparken og på Tøyen er det vurdert å flytte denne stasjonen til Carl Berner.



Figur 5 Oversikt over alle vurderte traséer og stasjonsplasseringer. Alle i linjer grått er løsninger som er parkert basert på analysene som er lagt til grunn. Grønn og oransje er anbefalte alternativer.

Gjennom analysearbeidet av disse alternativene er det to hovedalternativer som skiller seg ut som mest attraktive. Disse kalles Hovedalternativ 1 (HA1) og Hovedalternativ 2 (HA2). Vurderingene som er gjort i prosjektet har endt med to anbefalte løsninger pr. stasjons lokasjon Dette inkluderer også forskjellige traséer mellom stasjonene. Hovedalternativ 1 er satt sammen av de løsningsalternativene som er vurdert å komme totalt sett best ut i vurderingene. Det påpekes at det er flere kombinasjonsmuligheter mellom de anbefalte løsningene.

På figuren over utgjør HA1 grønn linje, mens HA2 utgjør oransje linje.

Den tynne rødstiplede streken er plangrensen, og som det fremkommer så er det flere alternativer som utfordrer denne. På den annen side så vurderes det at deler av nytt RKV, og området nord for dette, kan vurderes tatt ut av planprogrammet.

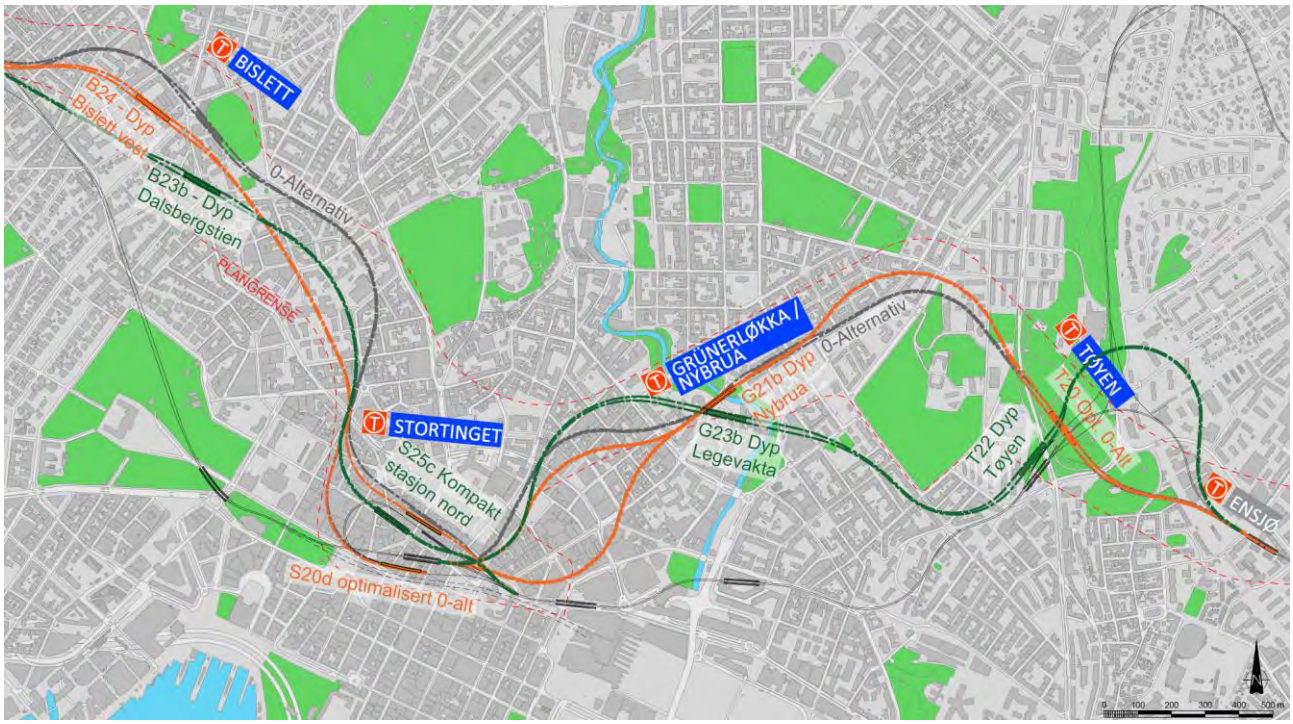
0-alternativet er en bearbeidet versjon av linje fra tidligere planfase (KVU Oslo-Navet), som nevnt i kapittel 1.2.2. I tillegg til endringene som er spesifisert i nevnte kapitel er linjene fra KVU Oslo-Navet også justert med følgende før det er blitt definert som 0-alternativet i dette delprosjektet:

- Linjene er tilpasset de nye premisser som er vedtatt; knyttet til nyeste sporplan for Majorstuen stasjon, justert for at 2 stasjoner nord for sentrum er utgått, avslutning ved Ensjø
- Linjene er bearbeidet med en økt detaljeringsgrad og riktighet på sporgeometri. Det er lagt inn overgangskurver og laget en riktigere kombinasjon av vertikal- og horisontalgeometri basert på Sporveiens teknisk regelverk, inkl. minste tillatte horisontalradius rett vest for Stortinget stasjon

Dette betyr store forskyvninger av trasé mellom stasjonene vest for Stortinget. I øst er det kun små forskyvninger. Stasjonsplasseringer ellers er beholdt og det er ikke optimalisert for grunnforhold eller anleggsgjennomføring. Alternativet er i konflikt med Regjeringskvartalet sitt nye energiforsyningsprosjekt.

I kap. 4 blir anbefalte stasjonsløsninger tilknyttet hovedalternativene gjennomgått.

I oversiktstegningen under vises bare Hovedalternativ 1 og 2, samt 0-alternativet.



Figur 6 Visning av HA1 (grønt) og HA2 (oransje) og 0-alternativet/ bearbeidet KVU Oslo-Navet-linje (grå).

Tabell 3 Oversikt over tunnellengder mellom plattformene i stasjonsalternativene til hhv. HA1 og HA2 samt antall meter med nye spor (HA2/ oransjelinje har to alternativer ruter til Nybrua, der anbefalt linje går via Youngstorget).

Avstander mellom plattformer* - HA1		Avstander mellom plattformer* - HA2	
Majorstuen – Bislett (B23b)	1130 m	Majorstuen – Bislett (B24)	920 m
Bislett (B23b) – Stortinget (S25c)	1161 m	Bislett (B24) – Stortinget (S20d) inngående	1589 m
		Bislett (B24) - Stortinget (S20d) utgående	1418 m
Stortinget (dagens) - Grünerløkka (G23b)	941 m	Stortinget (dagens) – Grünerløkka (G21b)	962 m
Grünerløkka (G23b) – Tøyen (T22)	1058 m	Grünerløkka (G21b) – Tøyen (T20)	1228 m
Tøyen (T22) – Ensjø **	1175 m	Tøyen (T20) – Ensjø **	650 m
Total Sporlengde Vest for Stortinget HA1: - Inngående spor: 2562 m - Utgående spor: 2707 m		Total Sporlengde Vest for Stortinget HA2: - Inngående spor: 2430 m - Utgående spor: 2630 m	
Total Sporlengde Øst for Stortinget HA1: - Inngående spor: 3350 m - Utgående spor: 3370 m		Total Sporlengde Øst for Stortinget HA2: - Inngående spor: 3048 m - Utgående spor: 3050 m	
Totalt antall meter nye spor HA1: 11 989 m		Totalt antall meter nye spor HA2: 11 158 m	

*: Stasjonshall er i prosjektet lagt inn med en lengde på 200 m for midtstilt plattform og 120 m for sidestilt plattform.
**: Avgreningen på Ensjø skjer i plan.

Jf. Teknisk regelverk er det krav til maksimalt 1000 m mellom rømningsutganger. For tunnellengder over 1000 m vil det som utgangspunkt da være krav til at det etableres egen rømningsvei fra tunnelen slik at dette avstandskravet opprettholdes. I denne fasen av prosjektet er det ikke gjort noen spesifikk vurdering av behovet for og mulighet til rømningsutganger fra tunnelene mellom stasjonene. Det kan være flere løsninger på dette. I utgangspunktet vil ikke dette kravet være førende for løsningsvalg, selv om det må tas med i betraktningen ved endelig valg av trasé.

Det ligger til de videre fasene å gjennomføre risikoanalyser for å avdekke denne typen behov, og hvilke tiltak som faktisk blir nødvendige. Dersom det blir nødvendig med rømningsveier, slik avstandene tilsier, kan det vurderes å bruke tverrslag som blir etablert som del av anleggsgjennomføringen, eller at det blir etablert helt egne evakueringsutganger. Kompenserende tiltak kan også vurderes.

3.1 Hovedalternativ 1 (HA1)

Hovedalternativ 1 er det alternativet som per nå fremstår som det mest attraktive alternativet. Differansen i prosjektkostnad til hovedalternativ 2 er relativt liten, men med forutsatt effektive heisløsninger med høy kapasitet er passasjernytten betydelig bedre. Løsningsalternativene som inngår i Hovedalternativ 1 er:

- HA1 begynner med en nokså rett strekning fra Majorstuen til Bislett.
- På Bislett er stasjonen plassert dypt i berg ved Dalsbergstien (alternativ B23b).
- På Stortinget er hovedalternativet koblet mot alternativ S25c, som er en kompakt stasjon plassert inne i dagens vendesløyfe. Merk at anbefalingen på Stortinget ikke er endelig da Stortinget må bearbeides mer før beslutningsgrunnlaget for valg er klart.
- På Grünerløkka er stasjonen plassert dypt i berg ved legevakta/Nybrua (G23b), før traséen går langt sør for 0-alternativet mot Tøyen.
- Traséen mot Tøyen har nær sammenheng med plassering av Tøyen stasjon. På Tøyen ligger stasjonen dypt i berg (T22) under og i parallell med eksisterende stasjon. Selve stasjonen ligger rett vest for dagens stasjon, men dypere for å kunne gå i berg.

- Traséen er videre lagt i en sløyfe mot nord for å ta opp høydeforskjellen før påkobling mot Ensjø, fra nord.

HA1-løsningsalternativet har ingen stasjoner i åpen byggegrop, som KVU Oslo-Navet, men stasjonene ligger til gjengjeld plassert dypt i berg. Det er forutsatt at det velges heisløsninger for oppgangene fremfor svært store og arealkrevende sjakter for rulletrapper.

Løsningsalternativ HA1 går utenfor plangrensen både i vest, mellom Majorstuen og Bislett, og fra Nybrua til Tøyen. Det anbefales derfor at plangrensen utvides slik at dette linjealternativet blir inkludert i planen. Det er også behov for en mindre utvidelse ved Youngstorget.

3.2 Hovedalternativ 2 (HA2)

Hovedalternativ 2 er vurdert som et aktuelt helhetlig alternativ, som ikke skiller seg veldig mye fra HA1 i prosjektkostnad og attraktivitet. Det er bl.a. vurdert at stasjonsløsningene på Bislett og Tøyen treffer noe mer perifert enn HA1. Løsningsalternativet inkluderer også en stasjonsløsning på Tøyen som er konseptuelt likt 0-alternativet.

Hovedalternativ 2 inkluderer følgende løsningsalternativer:

- HA2 har noe mer kurver fra Majorstuen mot Bislett som følge av stasjonsplassering lenger nord på Bislett.
- På Bislett er stasjonen plassert lenger nordvest, i forbindelse med Bislettrundkjøringen. Stasjonen er plassert dypt i berg (B24).
- På Stortinget er dette hovedalternativet koblet mot S20d, som er en optimalisert variant av 0-alternativet. Merk igjen at dette kun er en foreløpig anbefaling fordi det trengs et bearbeidet beslutningsgrunnlag før endelig valg kan gjøres. Dagens søndre plattform på Stortinget foreslås gjenbrukt. Denne plattformen ligger i kurve, og er av prosjektet foreslått rettet noe ut, men ikke slik at dagens krav til rette plattformer tilfredsstilles da kostnadene og kompleksiteten i anleggsgjennomføringen økes betydelig.
- Fra Stortinget mot Grünerløkka er det to alternative traséer hvorav den nordre som går via Youngstorget er antatt foretrukket løsning. Alternativ to går med mindre krapp kurve og følger en bergrygg lenger øst.
- Stasjonen på Grünerløkka er plassert dypt i berg ved Nybrua (G21b), med trasé videre mot nordøst langs Trondheimsveien og en kort løsmassetunnel gjennom dyprenna øst for Akerselva.
- Traséen følger videre nokså tett på traséen fra 0-alternativet mot Tøyen, men justert slik at den får bedre bergoverdekning.
- På Tøyen er denne hovedløsningen koblet mot en optimalisert variant av 0-alternativet (T20) med en grunn kulvertløsning nord for dagens Tøyen stasjon. Påkoblingen mot Ensjø gjøres i dette alternativet fra vest.

Løsningsforslag HA2 utfordrer i utgangspunktet ikke plangrensen med unntak av alternativ trasé mellom Stortinget og Grünerløkka. Det er også behov for en mindre justering ved Youngstorget.

3.3 Analyse av alternativene

Analysen under er en aggregert analyse som er koblet sammen av de løsningene som har kommet best ut i de ulike fokusområdene/stasjonsområdene. Det er denne analysen som utgjør grunnlaget for anbefalingene om helhetlige alternativer.

Tabell 4 Differanseanalyse mellom 0-alternativet, HA1, HA2. Best score per mål er markert i grønt. Måloppnåelse er målt relativt til 0-alternativet i prosent av forventningsverdien til hvert mål. I sum kriterier er målene vektet i sine respektive 2020-kroner.

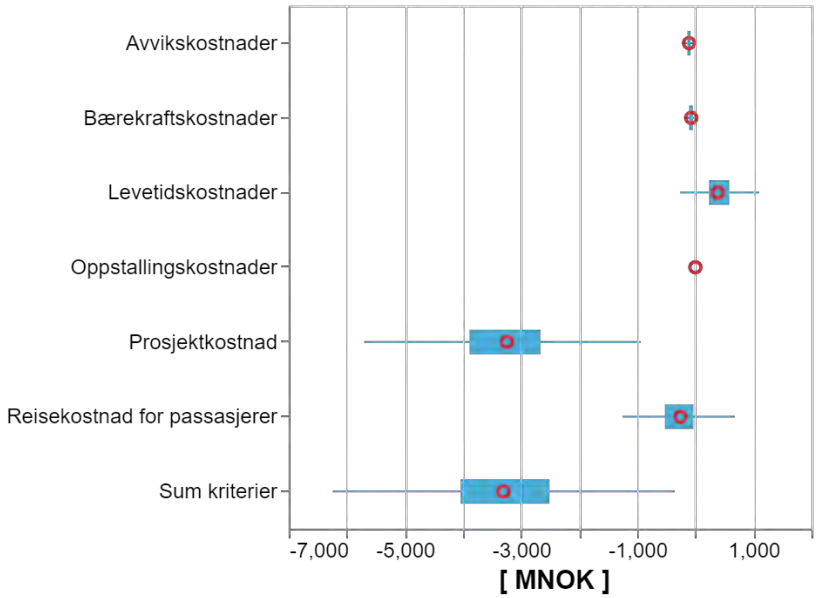
Kriterier operasjonalisert	0-alternativet	Hovedalternativ 1	Hovedalternativ 2
Sporlengde [m]	11337	12394	11193
Spor i kulvert [m]	2914	93	1239
Reisetid trasé [sek]	541	566	563
Byggetid [år]	3.6	2.9	3.0
Prosjektkostnad [MNOK]	**0**	**-3286**	**-1705**
Bærekraftskostnader [MNOK]	**0**	-82	-78
Avvikskostnader [MNOK]	**0**	-111	-18
Levetidskostnader [MNOK]	**0**	455	723
Reisekostnad for passasjerer [MNOK]	**0**	-276	508
Forventningsverdi sum måloppnåelse (dvs. sum kriterier) [MNOK]	**0**	-3300	-570

De anbefalte løsningene søker ned i berg, noe som gir reduksjon av både prosjektkostnader og klimagassutslipp i prosjektet. Utslippsreduksjonen er hovedsakelig knyttet til redusert betongbruk og mindre transport av masser. Lengden på traséen til HA1 er økt for å få til dypere stasjoner, men ettersom toghastigheten på den ekstra trasélengden er høy, gir dette neglisjerbar innvirkning på passasjernytten. Forskjellen i reisekostnad (økt reisetid) kommer hovedsakelig fra tiden de reisende trenger ut- og inn (opp / ned) av stasjonene i tillegg til økt forsinkelser og redusert kapasitet i byggefasen. For at passasjernytten skal bli bedre, som indikert i HA1, krever dette effektive løsninger ut av stasjonene. I praksis betyr dette heis som hovedløsning og med sterkt fokus på effektiv trafikkavvikling. Det er essensielt at dette videreføres som konsept hvis man skal sikre at totalløsningen blir attraktiv, for byggherre, operatør og brukere.

Avvikskostnadene er relativt like for HA1 og HA2, men inkluderingen av S25c i HA1 gir mulighet for kort stengetid i byggefasen ved å bygge et midlertidig spor for å kunne avvikle trafikk på ny trasé mens eksisterende trasé stenges for påkobling. Sammenlignet med 0-alternativet er i realiteten hovedalternativene langt bedre når det gjelder avvikskostnader. Dette fordi differanseanalysen ikke har inkludert overflatetrafikken, som blir skadelidende med kulvertløsningene som ligger inne i 0 alternativet.

Nedsiden med dype løsninger er økte levetidskostnader. Disse er antatt konservativt estimert og behandlet i minianslaget.

Totalt sett fremstår HA1 som den beste helhetlige løsningen og er som vist i Figur 7, vesentlig bedre en 0-alternativet. Det vil være lønnsomt å arbeide videre med de anbefalte løsningene, spesielt på Stortinget for å avklare hvilke som samlet sett klarer å oppnå best mulig måloppnåelse. Spesielt er det viktig med avklaring for fremtidige ruteplaner, behov og fleksibilitet i avvikskjøring, bruk av vendesløyfa, og praktiske begrensninger i byggeområdet vil kunne påvirke løsningsvalget.



Figur 7 Måloppnåelsen til HA1 mot 0-alternativet i usikkerhetsanalysen. Med detaljnivået i prosjektet kan vi med sikkerhet si at prosjektet vil være rimeligere enn 0-alternativet og oppnå betydelig bedre samlet måloppnåelse. Rød ring indikerer forventningsverdien, blå boks representerer øvre og nedre kvartil (25 og 75%), og enden på blå strek representerer 10 og 90% konfidens intervall. Med andre ord, vi er 80% sikre på at løsningen ligger innenfor blå strek, 50% sikre på at den er innenfor den blå boksen, og forventer at den havner på rød ring. Dette innebærer at vi er mer enn 90% sikker på at HA1 vil være en løsning som både gir lavere kostnader, og i sum er en bedre løsning.

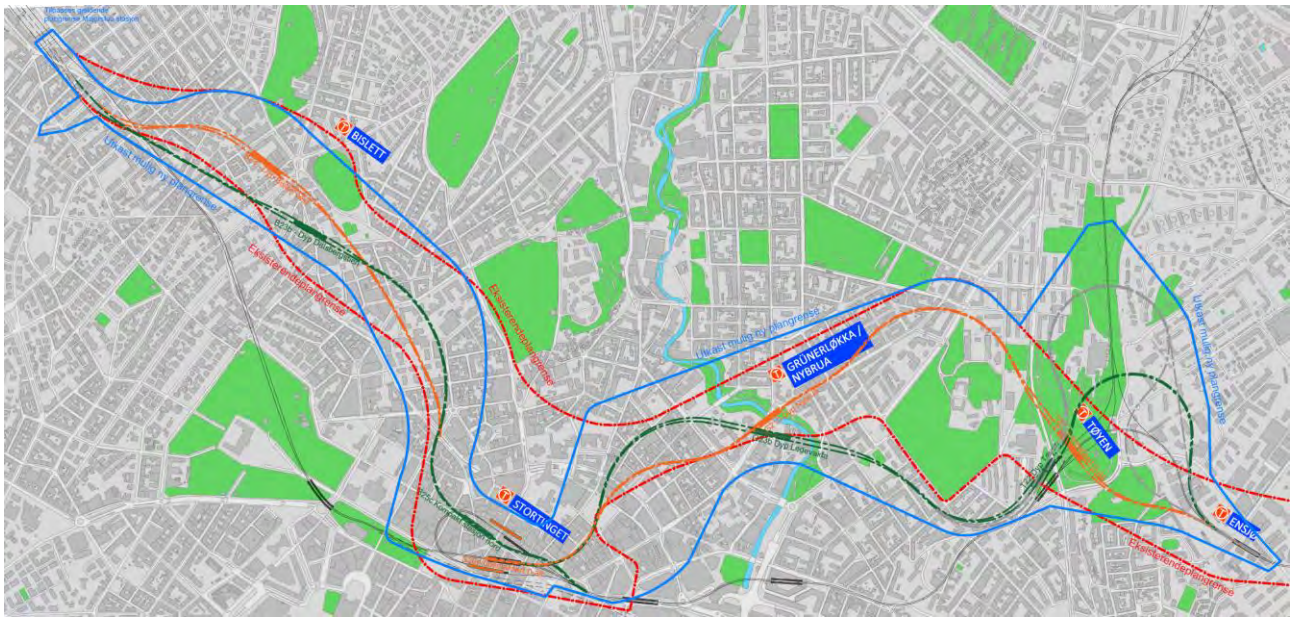
3.4 Forslag til justert plangrense

De gjeldende plangrensene som er utarbeidet basert på KVU Oslo-Navet er identifisert å være for snevre for at prosjektet skal ha et nødvendig handlingsrom for å optimalisere løsningene. Grensene utgjør en korridor på ca. 300 m med noen store utvidelser langs opprinnelig trasélinje. De er også basert på stasjoner i sentrum og trasé mot øst som senere er bestemt at ikke skal inkluderes i prosjektet.

Alternativene i denne utredningen går til dels nært eller utenfor plangrensene. Hovedårsaken til det er til dels meget krevende grunnforhold langs traséen, det er dypt til berg i flere områder. Dette sammen med krav til sporgeometri medfører at andre traséer gir bedre løsninger enn opprinnelig linje. Plangrense anbefales derfor justert / utvidet.

Basert på denne utredningen er det utarbeidet et utkast til mulige nye grenser. Grensene er tegnet slik at både de anbefalte løsninger og de andre mest aktuelle alternativene kommer innenfor grensene. Avstand mellom de opptegnede linjer og grenser er typisk opptil 100 m. Dette er basert på at linjene er tegnet detaljert nå, og det er mange linjer som gir en stor total bredde. Noen steder er det skissert mindre planareal enn tidligere, spesielt fordi Regjeringskvartal-reguleringen og avklaringer i begge ender gjør reelt handlingsrom mindre. På Majorstuen, Stortorvet og ved Hammersborg er grensene tegnet slik at aktuelle rigg- og adkomstarealer er inkludert.

I vest er foreslått planareal en inntil ca. 350 m bred korridor, som gjenspeiler at traséen der har begrenset variasjon. I øst varierer korridorbredden mellom 400 og 1000 m og gjenspeiler et større spenn i alternativer og mindre avklarte situasjoner.



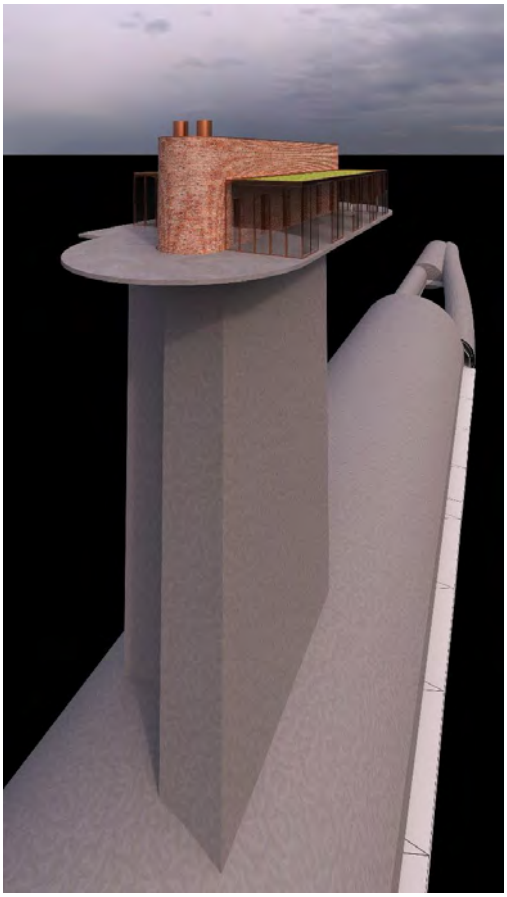
Figur 8 Utkast til ny plangrense er gitt med blå linje. Gammel grense er angitt som rød linje. Grønn og oransje linjer utgjør hhv. Hovedalternativ 1 og 2. 0-alternativet kan også realiseres innenfor foreslått ny plangrense.

4 Anbefalinger for stasjonsløsninger

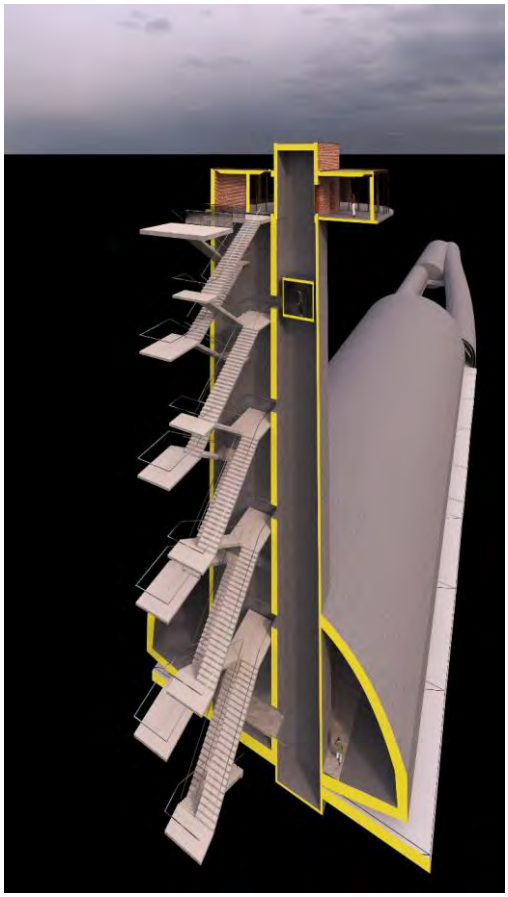
4.1 Oppgangsløsing for dype stasjoner

Vurderinger som er gjort i dette delprosjektet viser at heis som primært transportmiddel er svært effektivt når stasjonene blir dype. En løsning basert på heis, kontra rulletrapper, slår positivt ut på både forflytningstid, transportkostnader og byggekostnader når dybden på stasjonene blir fra om lag 30 m eller mer. Heis, med rømningstrapper, er løsningen som er valgt ved Skøyen stasjon på Fornebubanen (som blir ca. 50 m dyp). Det benyttes også i utlandet, bl.a. i Stockholm og Barcelona.

En slik løsning vil kreve tilstrekkelig med heiser for å sikre nødvendig personflyt i rushtider, og det må forventes 6 heiser eller mer ved en hovedinngang. Under vises en skisse av en oppgangssjakt basert på heiser og rømningstrapp.



Figur 9 Oppgangsløsning basert på heis og trappesjakt for rømning i en frittstående inngang.

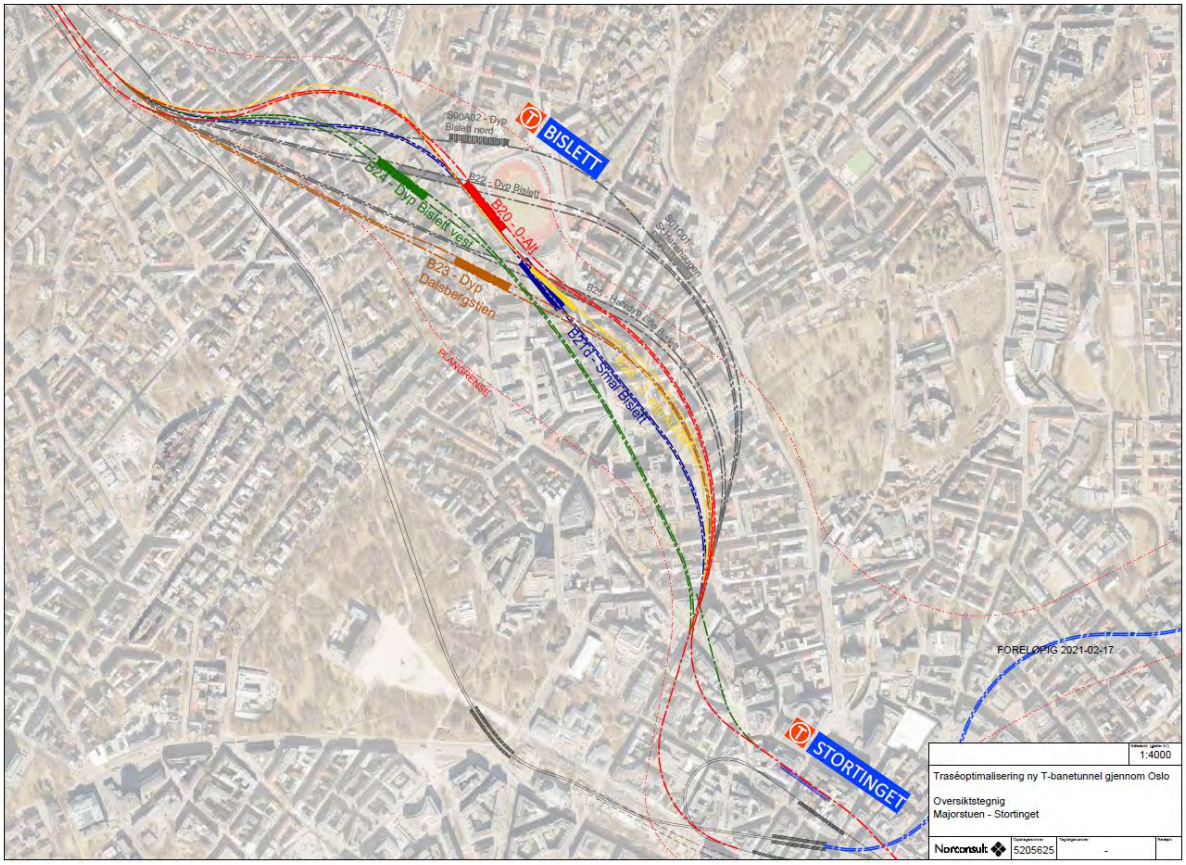


Figur 10 Oppgangsløsning i snitt, som viser trappesjakt med sakseløsning.

I delprosjektet er dette lagt til grunn som oppgangsløsning for dype stasjoner. Det påpekes at dette konseptet må utvikles videre, men at det fremstår som et svært effektivt konsept for dype sentrums stasjoner. Det må videre høstes erfaringer fra Fornebubanen og Skøyen stasjon, samt at det også bør hentes erfaringer fra stasjoner i utlandet som benytter dette konseptet.

4.2 Bislett

På Bislett er det vurdert en rekke alternativer til stasjonsplasseringer, sentrert rundt det sentrale Bislettområdet. Det er også vurdert om stasjoner noe lengre unna og nærmere St. Hanshaugen kunne medføre enklere gjennomføring uten at dette har vist seg å være hensiktsmessig. Under vises oversikt over alternativene som har vært med i vurderingene.



Figur 11 Oversikt over alle vurderte løsninger for Bislett. Løsningene i grått ble luket ut tidlig i prosessen basert på overordnede kostnadskriterier. Løsningene med farge ble detaljert noe videre og er analysert. Se kapittel 4.1.2 for analysene

4.2.1 Utfordringer og vurderte alternativer

Bislett er det fokusområdet som har færrest bindinger av alle stasjonsområdene. Vurderingene for Bislett har derfor vært noe mindre komplekse enn for de øvrige fokusområdene. Bindingen mot vest har ligget fast i form av påkobling til ny Majorstuen stasjon, og i øst i løsningen for Stortinget, hvor det har vært en viss fleksibilitet ift. stasjonsløsninger og trasé. De største utfordringene for Bislett har vært:

- Dyprenne som går gjennom Bislett og sørover mot Spikersuppa
- Trange byrom og gater som skaper utfordringer for løsninger med åpne byggegroper, samt gir begrensninger ift. riggområder og stasjonsoppganger.

I arbeidet med løsningsutvikling for Bislett ble det tidlig i prosessen generert 7 alternative traséer og stasjonsplasseringer (se også [3] og [7]). En grovsiling reduserte dette antallet til 5 alternativer som ble vurdert som såpass interessante at de ble detaljert noe videre og analysert. Disse alternativene var:

- **B20** - 0-alternativet, optimalisert, bred kulvert ved Bislett stadion
- **B21d** – Basert på videreutvikling av 0-alternativet, med optimalisert kort og smal kulvert
- **B23** – Bergalternativ, Stasjon plassert ved Dalsbergstien*
- **B24** – Bergalternativ, Stasjon plassert ved Bislettrundkjøringen
- **B26** – Kulvertalternativ, Som 0-alternativet, men en smal kulvert i to etasjer

**Senere optimalisert videre til B23b: justering av stasjonsplassering og trasé slik at sjakt/oppgang ved Homansbakken/Dalsbergstien treffer direkte ned på plattform*

4.2.1.1 Analyse av alternativer

Nedenfor presenteres analysen for alternativene på Bislett. Det understrekes at det er differansekostnader som er vurdert, dvs. hva som er forskjell mellom løsningene.

Tabell 5 Differanseanalyse av alternativene for Bislett. Best score per mål er markert i grønt. Måloppnåelse er målt relativt til 0-alternativet i kroner. I sum kriterier er målene vektet i sine respektive 2020-kroner.

Kriterier operasjonalisert	B20	B21d	B23b	B24	B26
Tunellmeter [m]	6582	6534	6307	6296	6837
Spor I kulvert [m]	1457	1178	1009	1009	1728
Reisetid trasé [s]	334	330	306	318	352
Prosjektkostnad [MNOK]	**0**	**-176**	**-845**	**-780**	**788**
Bærekraftskostnader [MNOK]	0	-12	-35	-41	-16
Avvikskostnader [MNOK]	0	0	0	0	0
Levetidskostnader [MNOK]	0	371	547	507	87
Reisekostnad for passasjerer [MNOK]	0	453	220	328	604
Sum kriterier [MNOK]	0	635	-112	13	1463

Analysen peker nokså entydig på at bergalternativene er de som kommer best ut på prosjektkostnader. Levetidskostnadene er konservativt estimert i denne analysen, og baserer seg på et konsept med både heiser og rulletrapper. På grunn av dybden er det ikke anbefalt å benytte rulletrapper på disse stasjonene. Bruk av heis reduserer levetidskostnadene betydelig, og prosjektkostnaden noe og det er hensyntatt i analysene. B23b og B24 er dermed entydig bedre alternativer enn 0-alternativet B20. De har også bedre måloppnåelse på bærekraft som følger av kortere traséer og redusert betongbruk.

4.2.2 Anbefalte løsninger

De anbefalte stasjonsløsningene på Bislett er B23b Dyp Dalsbergstien og B24 Dyp Bislett vest, og som navnet angir er begge løsningsforslagene dype alternativer plassert i berg. Kostnadsdifferansen mellom B23b og B24 er marginal, men med B23b som det foretrukne alternativet. Ut over denne sammenligningen er følgende differanse identifisert:

- **Nedslagsfelt/kundegrunnlag.** Det er gjort en enkel radiusvurdering av alternativene. Denne viser at det er flere bosatte nær stasjonsløsningen i B24, men at det er betydelig flere arbeidsplasser nær B23b. I denne radiusanalysen er ikke OsloMET og studentene inkludert. Noe som taler for at B23b har en noe mer attraktiv beliggenhet med tanke på kundegrunnlag. Merk at det ikke er gjort noen fullstendig målpunktanalyse av alternativene.

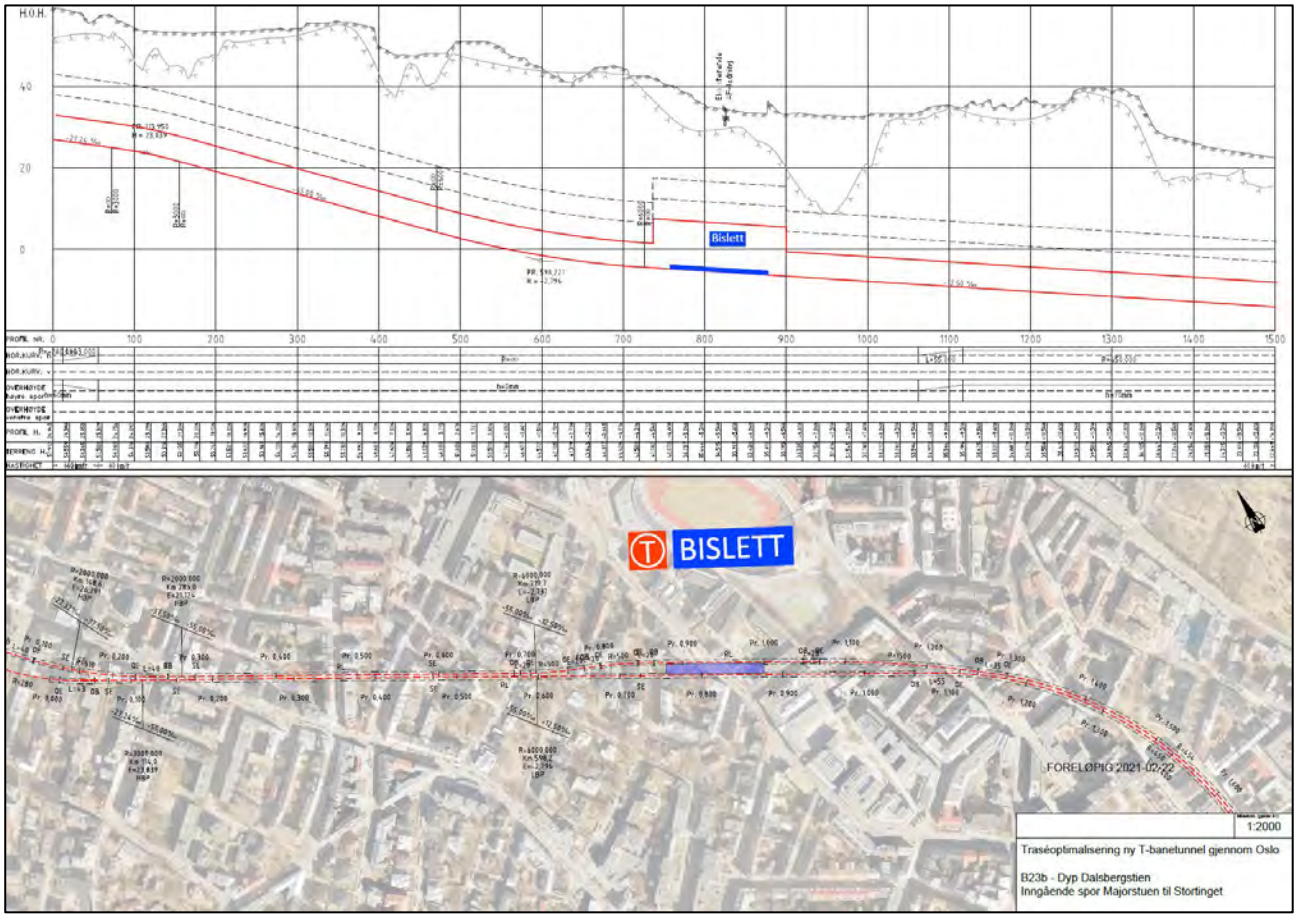
Tabell 6 Influensområde innenfor 5 minutters gange fra stasjon. Antall arbeidsplasser og antall bosatte, samt sum for dette. Merk at studenter ved OsloMET ikke er inkludert.

	Arbeidsplasser	Bosatte	Sum
B24	2 227	3 036	5 263
B23b	7 719	2 506	9 225
Differanse (tall)	-4 492	530	-3 962
Differanse (%)	-67%	21%	-43%

- **Riggområde**. I B24 er det foreslått at Pilestredet 73 brukes både som riggområde og som oppgang. B23b vil ikke kreve inngrep i eksisterende bebyggelse, men vil på den annen side måtte legge beslag på store deler av parken ved Lille Bislett under anleggsgjennomføringen. Bymiljøetaten har kommunisert tydelig at det er ønskelig å unngå bruk av parker/idrettsområder til rigg og drift. Denne vurderingen bør dermed utdypes i det videre arbeidet frem til endelig valg av løsning, og det bør ses på om oppgangsløsningene kan utføres med minimalisert beslag på overflaten.

4.2.2.1 B23b - Dyp Dalsbergstien

Alternativ B23b er et dypt alternativ hvor en hensikt er å få stasjonen på Bislett plassert i berg. Stasjonen er plassert sentralt i forhold til oppgang ved trikkeholdeplassen Dalsbergstien og oppgang ved Lille Bislett og nærhet til universitetet OsloMet. Stasjonen er plassert for å unngå den dypeste og bredeste delen av dyprennen gjennom Bislett og få tilstrekkelig bergoverdekning. Stasjonene ligger cirka 40 m under overflaten, som er vurdert som nødvendig for å få tilstrekkelig overdekning over stasjonshallen i østenden.



Figur 12 Løsningsalternativ B23b, Dyp Dalsbergstien

Overordnet om anleggsgjennomføring

I dette alternativet inngår to enkeltsporede bergtunneler fra Majorstuen på en kortere strekning enn tidligere alternativer (som følge av at geometrien muliggjør en tidlig samkjøring av spor i en dobbeltsporet tunnel), så følger en dobbeltsporet bergtunnel ned mot Bislett T-banestasjon. Som følge av midtstilt plattform er det enkeltsporede tunneler på begge sider av stasjonen. Fra der sporene samler seg øst for stasjonen går traseen videre som en dobbeltsporet bergtunnel fra Bislett ned til Stortinget stasjon.

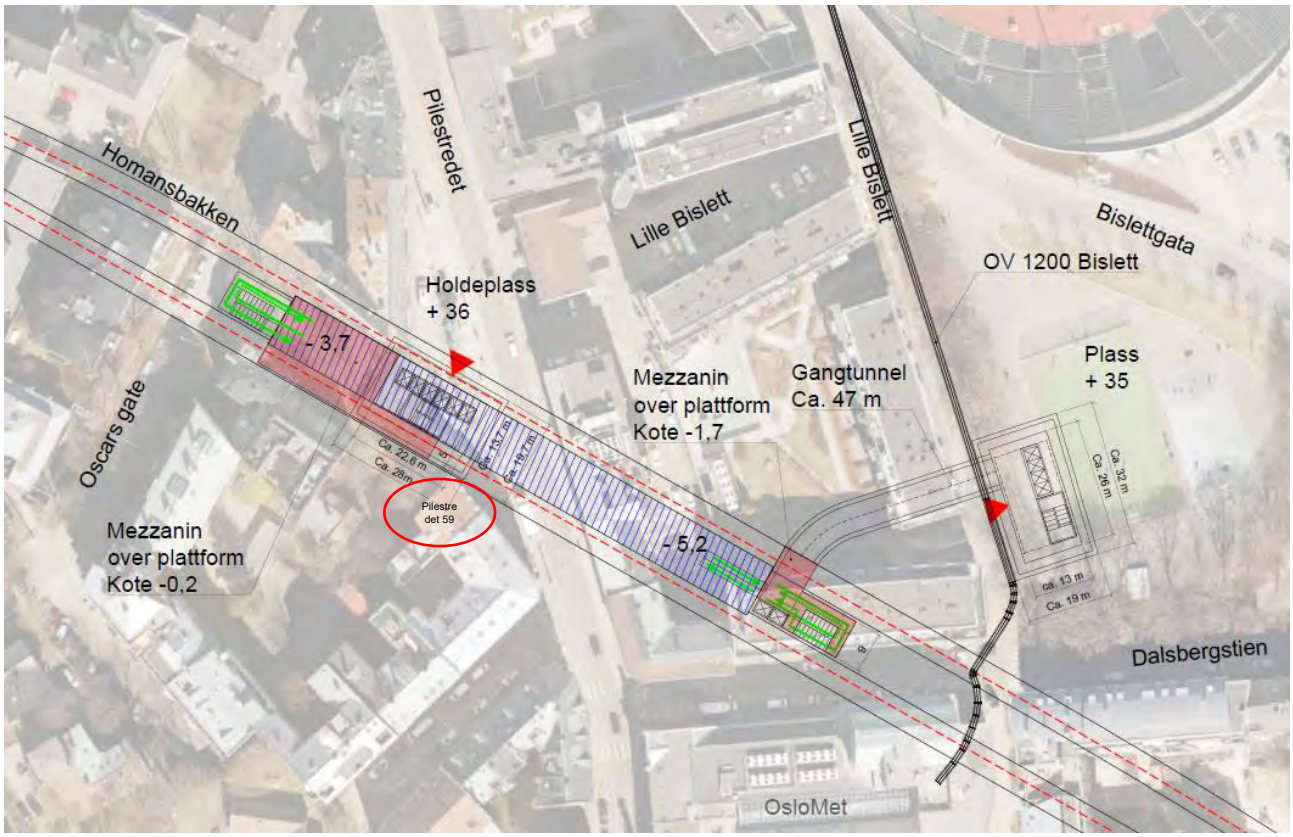
Stasjon med midtstilt plattform bygges som en berghall. Ved boring og sprenging som drivemetode sprenges stasjonen ut på tradisjonelt vis fra tunnelen kombinert med nødvendig bergsikring. Stasjonsområdet blir liggende under Dalsbergstien mellom Pilestredet og Lille Bislett, med to adkomster. En adkomst går i sjakt

rett ned til plattform fra Homansbakken, og adkomst to går via mesanin og videre sjakt til Lille Bislett, med bygging fra overflaten. Riggområdet for arbeidene med stasjonen foreslås lagt til Lille Bislett, og de fremtidige heissjaktene for adkomst til stasjonen benyttes som adkomst i byggeperioden for selve stasjonen. Da dette stasjonsalternativet ligger i berg, vil byggearbeidene i mindre grad berører eksisterende kabler og ledninger i grunnen, men noe påvirkning vil det være ifm. etablering av sjaktene.

Sporgeometrisk vurdering

Horisontalkurvaturen blir meget god i dette alternativet. Vertikalt er det benyttet 5,5 % fra Majorstuen til stasjonen, altså maksverdi. Vertikalkurver er tilpasset overgangskurver horisontalt inn mot stasjon med midtplattform. Med sideplattformer kunne man fått slakere stigning, men det ville drevet opp kostnadene knyttet til reisetid da en hovedhensikt med alternativet er at sjakten/adkomsten treffer direkte ned på plattform istedenfor ned på mesanin og så videre ned til plattform.

Stasjonsløsning



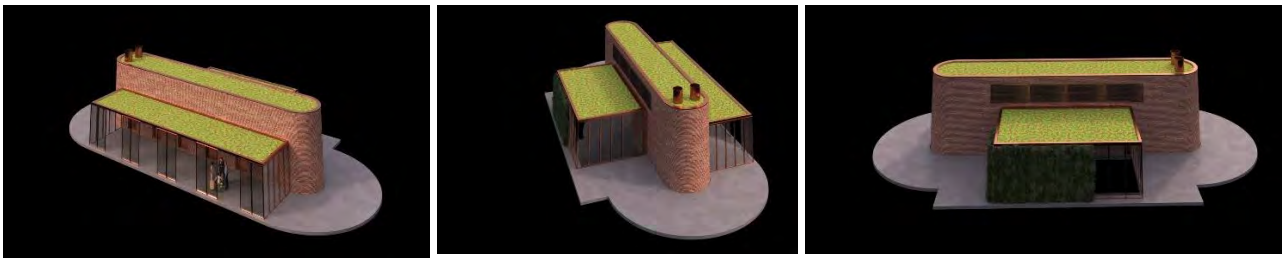
Figur 13 Skisse over stasjonsløsning for B23b som viser prinsipper for hvordan denne kan løses.

Det er gjort vurderinger av oppgangsløsninger, som vises i figuren over. Et hovedpoeng med løsningen er at hovedadkomsten er via heis i sjakt fra overflate direkte ned til plattform. Dette skaper mulighet for en meget effektiv forflytning. Det er ikke sett på i hvilken grad oppgangsjakten i endelig løsning skal gå helt til overflaten eller termineres under bakken med vestibyle, og med et mindre inngangsparti på overflaten. Som skissen viser, er hovedadkomsten foreslått ved Homansbakken/ ved Dalsbergstien trikkestopp. En annen mulighet er at oppgangen treffer i Pilestredet 59, som ikke er gullistet (markert i Figur 13). I tillegg er det adkomst øst på stasjonen ved Lille Bislett. Denne går med heiser i sjakt ned til en gangtunnel som fører til

mesanin over plattform. Rømning er ivaretatt av rømningstrapper. Løsningen har gode byttemuligheter til trikk og buss.

I dette prosjektet er det også sett på hvordan en mulig frittstående oppgangsløsning ved Dalsbergstien trikkestopp kan utformes. Til dette arbeidet er Nordic office of architecture bistått med vurderinger og skisser av mulige løsninger. Tanken bak konseptet som er vurdert nå er en type bygning som kan fungere flere steder i byen, og tilpasses de stedlige omgivelsene mtp. overflater. For Dalsbergstien er det for eksempel trukket veksler på bl.a. gamle Frydenlund bryggeri.

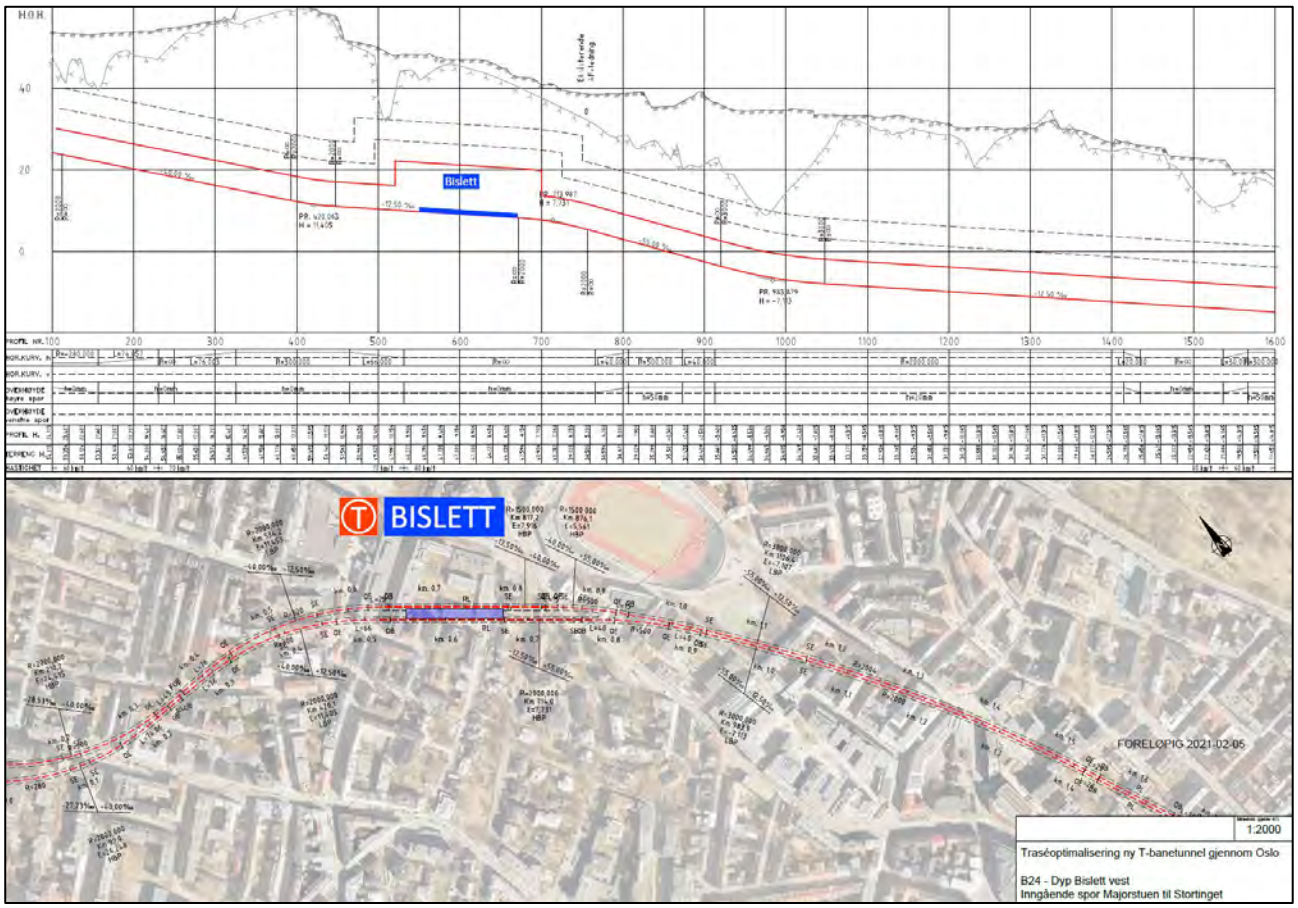
Figur 14 Frittstående oppgangsbygg ved Dalsbergstien trikkestopp. Basert på heis som primær løsning (ref. Nordic office of Architecture).



Figur 15 Perspektivbilder av frittstående oppgangsbygg (ref. Nordic office of Architecture).

4.2.2.2 B24 - Dyp Bislett Vest

Alternativ B24 er et dypt alternativ, vist med mulig oppgang i Pilestredet 73 direkte vest for Bislettrundkjøringen. Både terrenget og berget stiger fra Bislettrundkjøringen mot vest, samt nordover langs Pilestredet, som gjør at stasjonen i B24 er vist på en kotehøyde 14-15 m høyere enn alternativ B23b. Med oppganger mot øst blir høyde til overflate her i overkant av 30 m.



Figur 16 Løsningsalternativ B24, Dyp Bislett Vest

Overordnet om anleggsgjennomføring

Fra Majorstuen inngår to enkeltsporede bergtunneler, som trolig vil strekke seg forbi Bislett T-banestasjon. Videre går linjen i en dobbeltsporet bergtunnel fra Bislett ned til Stortinget stasjon.

Stasjon med midtstilt plattform bygges som en berghall. Ved boring og sprenging som drivemetode sprenges stasjonen ut på tradisjonelt vis kombinert med nødvendig bergsikring. Stasjonsområdet er i dette alternativet lagt nord-vest for Bislett stadion. Det blir liggende under kvartalet mellom Sporveisgata, Underhaugsveien og Pilestredet, med permanent adkomst til Bislett T-banestasjon via sjakt opp til Pilestredet 73 ved Bislettrundkjøringen. Som adkomst for etablering- og bygging av stasjonshallen til Bislett T-banestasjon, vil det være mulig å benytte fremtidig heis- og trappesjakt. I forbindelse med bygging av denne sjakten vil det være aktuelt at dagens bygning i Pilestredet 73 rives da den blir sterkt berørt. Det er da mulig å utnytte

denne eiendom til rigg og anleggsområde. Da stasjonsalternativet ligger i berg, vil byggearbeidene i mindre grad berører eksisterende kabler og ledninger i grunnen.

Sporgeometrisk vurdering

Sporet får i B24 en ekstra horisontal "sleng" i forhold til B23b, slik at det blir flere kurveelementer og minste horisontalkurve Rh=300 m. Alle alternativer som har stasjon langt nord på Bislett får mer horisontalkurver enn de i sør og sørøst. Horisontalgeometrien blir isolert sett akseptabel, men gjør kombinasjonen med vertikalkurvaturen til dels komplisert.

Vertikalt er det 4% nord for stasjonen. Sør for stasjonen er det vist 5,5% på et kort parti for å komme dypere under dyprenna på Bislett. Se også Figur 16.

Stasjonsløsning

Figur 17 Skisse over stasjonsløsning for B24 som viser prinsipper for hvordan denne kan løses.

Oppgangen i B24 er basert på en sjakteløsning ved Pilestredet 73 der rulletrapper er den primære vertikale reisemetoden. Sjakten er også dimensjonert for heiser, og tilfredsstillelse av uavhengige rømningstrapper (det er krav til minst 2 uavhengige rømningsveier fra stasjonen, noe som oppnås i den skisserte sjakten). Lokasjonen for oppgangen anses som sentral, og gir mulighet for utvikling av nærområdet. En ulempe med denne oppgangen er relativt lang horisontal gangavstand internt i systemet, og at det er mange funksjoner som skal ivaretas i sjakten mtp rømning/brann etc. Det vurderes at det er potensiale for å optimalisere dette noe i senere fase, men prioriteres ikke nå da det trolig ikke vil være beslutningsrelevant for å kunne velge mellom B23b og B24.

Det kan vurderes at stasjonen er trukket for langt inn mot Homansbyen med slik plassering. Det er tekniske og kostnadsmessige grunner for plasseringen (berget faller mot nord). Ved å trekke adkomstene fra overflaten mot Bislett-rundkjøringa oppnår man å trekke den opplevde plasseringen inn mot sentrale Bislett.

4.3 Stortinget

Ny stasjon/ nye plattformer på Stortinget stasjon vil være en av de mest komplekse delene av prosjektet. I dette området er det allerede mye eksisterende infrastruktur og dype kjellere, samt at nye restriksjoner også blir innført som del av nytt regjeringskvartal (RKV). Samlet sett må det derfor regnes med en til dels svært kompleks anleggsgjennomføring for denne delen av prosjektet.

Arbeidet er ikke ført så langt at det klart kan anbefales ett alternativ på Stortinget. Fra alternativsøket er det funnet noen alternativer som bør studeres nærmere i det videre arbeidet. I tillegg anbefales det at man gjennomfører en kvalifisering av de premisser som legges til grunn. I den sammenheng trekker vi frem tre forhold:

- I arbeidet er det stilt spørsmål ved om det etter at ny Majorstuen stasjon er ferdig bygget bør bygges ut ny sentrumstunnel i to hovedfaser eller helhetlig så raskt og effektivt som mulig. Det er pr. i dag ikke avklart om det vil gi noen nytteverdi ved å velge to hovedfaser, men det er vurdert at det kan få betydelig innvirkning på hvilke løsninger som velges. Foreløpige analyser viser at de store gevinstene for kundene først oppnås når hele prosjektet er ferdig bygget. Skal trinnvis utbygging skje er det nødvendig å ta stilling til om østre eller vestre del fra Stortinget skal bygges først. Dette får implikasjoner for løsningsvalgene, da løsningene på Stortinget i et slikt tilfelle skal kunne fungere midlertidig som buttspor, før resterende tunnel bygges ut. Trafikkavviklingen og driftsopplegg i et slikt system er ikke definert og må derfor avklares. Det vil også være nødvendig å se på hvilke løsninger som gir best nytteverdi i en slik situasjon, samt se nærmere på de økte kostnadene som en følge av trinnvis utbygging. Det anbefales derfor en prosess for å identifisere hva som vil være hensiktsmessig og styrende ved en trinnvis utbygging.

- Et annet element som vil kunne påvirke løsningsvalg er verdien og behovet for vendesløyfa til bruk som oppstalling. Som følge av sakseprinsippet vil vendesløyfa for alle løsninger bli kuttet av den nye tunnelen mot Grünerløkka, og mulighet for delvis gjenbruk vil varier mellom løsningsalternativene. Muligheten til bruk av Stortinget stasjon til parkeringsanlegg synes imidlertid ut til å bortfalle. Verdi av delvis gjenbruk av vendesløyfa bør vurderes nærmere, og verdi av bortfall av parkeringsanlegg bør også belyses bedre. Verdi av parkeringsanlegg (kostnader ved å bygge nytt) belyses i pågående prosjekt «KVU nye baser» som ferdigstilles i løpet av 2021.

- Et viktig premiss for ny T-banetunnel og Stortinget stasjon er sakseprinsippet. Dette premisset kompliserer løsningene på Stortinget i betydelig grad, spesielt etter at nytt RKV har lagt vesentlige begrensninger på handlingsrommet i området. Det er tidligere vist at sakseprinsippet gir fordeler for de reisende, men det anbefales at det gjøres en ekstra sjekk av trafikknytten av dette premisset opp mot de avdekkede ulempene sakseprinsippet fører med seg. I vurderingen bør det gjøres en bred vurdering, som også vurderer om tiltak andre steder i systemet kan muliggjøre at Stortinget kan utføres uten saksing.

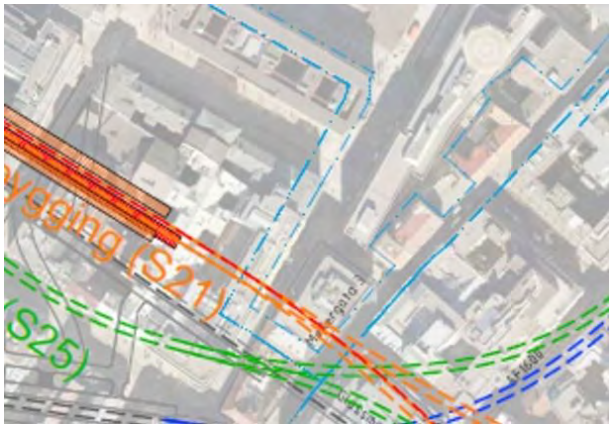
4.3.1 Utfordringer og vurderte alternativer

Optimaliseringsarbeidet på Stortinget har avdekket at handlingsrommet for løsninger på Stortinget er begrenset, gitt de føringer og bindinger som er identifisert. Nedenfor presenteres noen viktige funn i dette prosjektet.

4.3.1.1 Restriksjoner knyttet til Nytt regjeringskvartal og energiforsyning

Reguleringsbestemmelsene for kjellernivået for Nytt regjeringskvartal (RKV) legger begrensinger for hvor langt nord traséene kan gå. Gjennom dette delprosjektet har det blitt avklart med Kommunal og moderniserings departementet (KMD) at traséer kan ligge under Møllergata 3, nærmere bestemt under område med reguleringsbestemmelser BT2 (og nært inntil B4), gitt visse vilkår. Denne avklaringen har vært viktig da løsningen fra KVU Oslonavet (0-alternativet) ellers ikke ville vært gjennomførbart.

Figur 19 Utsnitt fra reguleringskart RKV



Figur 18 Illustrasjon av hvordan 2 alternativer er plassert under Møllergata 3 (felt BT2/B4). Reguleringsgrensen i blått.

I tillegg til denne begrensingen mot nord binder energiforsyningsprosjektet oss vertikalt med tanke på høyder på linjer øst for Stortinget stasjon. I praksis har tilbakemelding fra RKV så langt vært at ny tunnel ikke kan ligge lavere enn eksisterende tunneler, og tunneler skissert i KVU Oslo-Navet, ved regulert trasé for energiforsyning under Kongens gate-Møllergata. Dette blant annet ut i fra reguleringsbestemmelsene i S-5046 §6.1.1. for hensynssone H190-2 Energianlegg under grunnen; «alle tiltak dypere enn 5 meter under grunnen i sikringssonen må avklares med staten.» Denne bestemmelse kom inn i sluttfasen av reguleringsprosessen. Bestemmelsen henger dårlig sammen med reguleringsbestemmelsene S-5046 §4.1 som sier at «det tillates ikke installasjoner eller andre tiltak i eller på grunnen som kan hindre eller vanskeliggjøre T-baneanlegg/jernbaneanlegg innenfor planområdet.». Dette er uansett en regulert begrensning prosjektet nå må forholde seg til.

Vertikalbegrensningen gjør at eksisterende hovedspor som skal ha forbindelse mot Grünerløkka ikke kan senkes eller legges i fall gjennom dagens stasjon. Dette hadde gjort situasjonen betraktelig enklere ved bygging av nye tunneler. Konsekvensen av RKV-reguleringen er at sporene som skal krysse hverandre må løftes mye opp for at de ikke skal komme i konflikt med hverandre. Dette skaper utfordringer med liten bergoverdekning og overliggende bygninger. Det medfører også at sporet mot Grünerløkka får mer problemer med liten bergoverdekning.

Det er gitt signal fra RKV om at alternativt kan traséene gå betydelig dypere for å unngå konflikt med energiforsyning. Dette er ikke forenelig med premisset om sakseløsning. Føringene fra RKV er dermed betydelige og har begrenset handlingsrommet i meget stor grad.

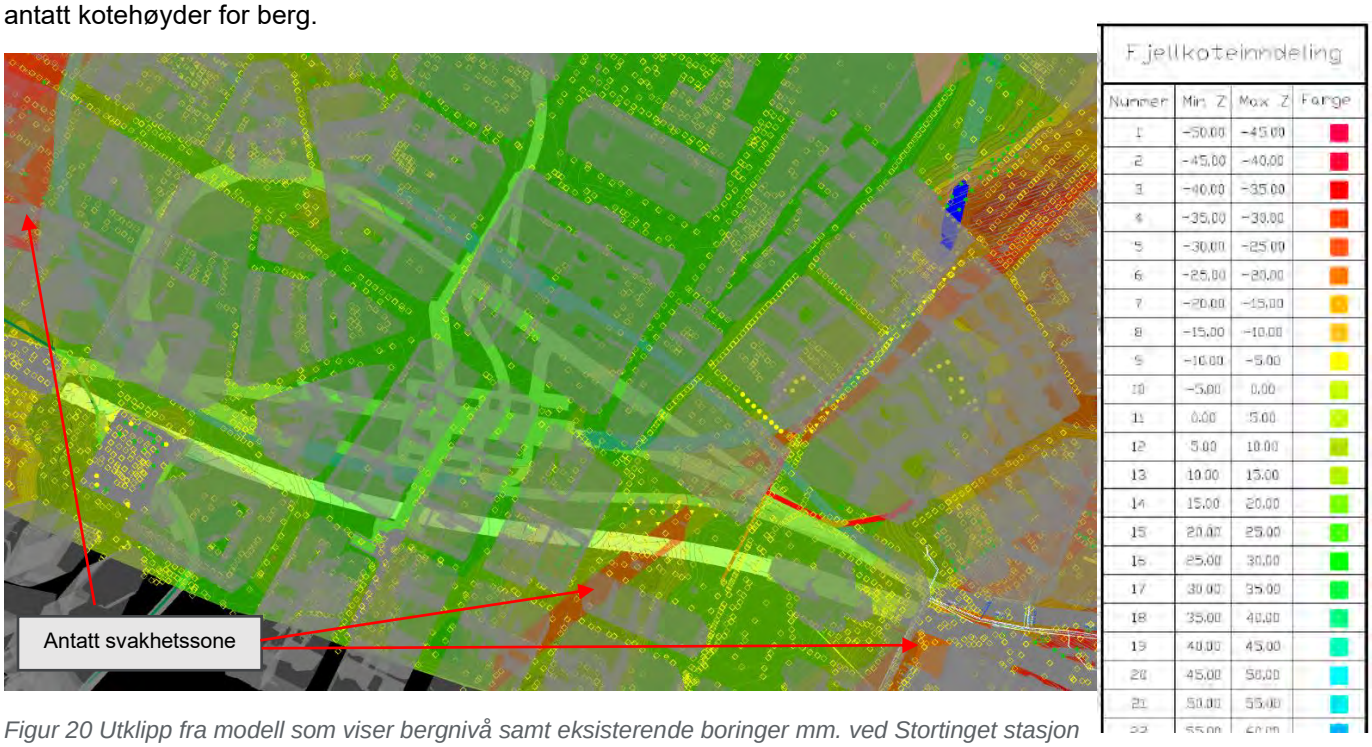
MERK at stasjons- og linjealternativene som er vurdert i dette prosjektet er detaljavklart med KMD, og senere justering av geometri i strid med nevnte restriksjonsgrenser vurderes å være en stor utfordring.

4.3.1.2 Grunnforhold og kjellernivåer

Det er en rekke dype kjellernivåer rundt Stortinget stasjon som blir krevende for gjennomføring av ny linje. Det er vanskelig å se for seg at det ikke vil komme større eller mindre refundamenteringsarbeider for eksisterende bygg. I senere prosjektfaser vil det være nødvendig med en grundig kartlegging av all bygningsmasse som kan bli påvirket av tiltaket, spesielt mtp. kjellernivåer og fundamentering. Pr nå er det avdekket at Glasmagasinet og Gamle Kreditkassen (Stortorvet 7) begge er aktuelle for refundamentering, avhengig av hvilke alternativer som velges. Dette er forsøkt hensyntatt i dette prosjektet eksempelvis ved at S20d har blitt justert for å unngå refundamentering av Gamle Kreditkassen. Det bemerkes her at det er flere bygg i området rundt Kirkeristen som må undersøkes mtp. faktisk kjellernivå og fundamentering.

En del av konfliktene som oppstår mot eksisterende kjellere, bl.a. mot Glasmagasinet, skyldes i stor grad restriksjonen mot RKV, som medfører at linjene blir liggende relativt høyt.

Det eksisterer et stort omfang av grunnboringer i området ved Stortinget stasjon. Mange av disse er ikke boret til/i sikkert berg, men løsmassemektigheten er generelt liten i området. I tillegg har man erfaringene fra drivingen av eksisterende T-banetunneler og jernbanetunnel. Figur 14 viser omfanget av boringer samt antatt kotehøyder for berg.



Figur 20 Utklipp fra modell som viser bergnivå samt eksisterende boringer mm. ved Stortinget stasjon

Bergmassene skal ifølge NGUs kart (berggrunn, 1:50.000) bestå av skifer (svart og grønn, i lagvis veksling), kalkstein med dolomitt i toppen av formasjonen, samt karbonholdig skifer (alunskifer, med konkresjoner av stinkkalk og tynne kalk- og sandsteinslag). Ved driving av eksisterende T-banetunneler i området ble det registrert stor andel av alunskifer. I tillegg til de kambrosiluriske bergartene forekommer det eruptivganger.

Den største utfordringen knyttet til grunnforhold er i området ved Kirkeristen, der det for eventuelle avgreningspunkter fra eksisterende linje øst for Kirkeristen vil kreve åpen byggegrop i løsmasser (i retning Jernbanetorget stasjon). Dette området er av den grunn forsøkt unngått som koblingspunkt mellom ny og eksisterende tunnel, da arbeider her vil være meget kostnads- og tidsdrivende, og påvirke bybildet i området vesentlig.

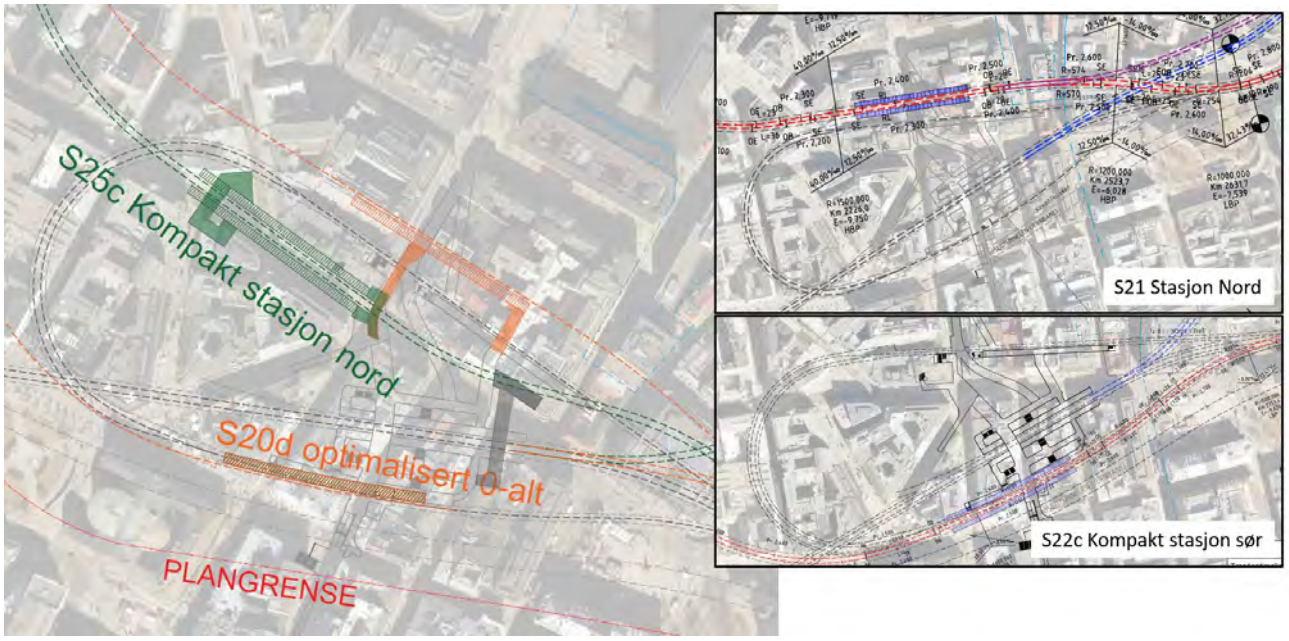
4.3.1.3 Oslotunnelen, Bane NOR

Oslotunnelen ligger i nærføring til eksisterende vendesløyfe mot syd, og er hensyntatt ved vurdering av alternativer, og i vurderinger av utvidelse av dagens vendesløyfe mot syd. I tillegg planlegger Bane NOR utbygging av ny Oslotunnel. Planene for dette prosjektet skisserer en utvidelse av dagens togtunnel fra Oslo S på nordsiden av eksisterende tunnel frem til om lag Domkirken. Det vil være viktig med videre koordinering mot Bane NOR når dette prosjektet blir gjenopptatt, for å sikre grensesnittene.

Utvidelse av eksisterende vendesløyfe for inngående spor fra Majorstuen, for 0-alternativet/ S20d, er avklart med Bane NOR, og er vurdert som gjennomførbart.

4.3.1.4 Vurderte alternativer

På Stortinget ble det innledningsvis generert 11 alternative løsninger som ble vurdert og bearbeidet i en tverrfaglig arbeidssesjon. Resultatet av vurderingene ble at 4 alternativer ble detaljert opp for analyse.



Figur 21 Oversikt over de 4 alternativene som ble detaljert ut og analysert.

Følgende 4 alternativer er blitt analysert:

- S20d – Optimalisering av 0-alternativet
- S21 – Stasjon nord (plattformer nord for vendesløyfa)
- S22c – Kompakt Stasjon sør (plattformer plassert i sydlige del av vendesløyfa)
- S25c – Kompakt stasjon nord (sentralt plassert plattform innenfor vendeløyfa)

I tillegg til disse 4 alternativene ble det også sett nærmere på en dyp stasjon, som da ikke har saksing. Denne er nærmere omtalt i kapittel 4.3.2.3 «Muligheter ved frafall av saksеprinsippet».

4.3.1.5 Analyse av alternativer

Nedenfor presenteres differanseanalysen for de 4 alternativene som er vist ovenfor.

Tabell 7 Differanseanalyse for alternativene på Stortinget. Best score per mål er markert i grønt. Måloppnåelse er målt relativt til 0-alternativet i kroner. I sum kriterier er målene vektet i sine respektive 2020-kroner.

Kriterier operasjonalisert	S20d	S21b	S22c	S25c
Tunellmeter [m]	5987	5510	5682	5677
Spor I kulvert [m]	1009	1009	1009	1009
Reisetid trasé [s]	295	260	274	243
Prosjektkostnad [MNOK]	**0**	**64**	**471**	**-80**
Bærekraftskostnader [MNOK]	0	0	5	2
Avvikskostnader [MNOK]	0	43	42	-125
Levetidskostnader [MNOK]	0	109	-108	-101
Reisekostnad for passasjerer [MNOK]	0	31	15	-47
Sum kriterier	0	247	424	-350

Nedenfor oppsummeres vurderingene basert på analysen.

Tabell 8 Oppsummerte vurderinger basert på analysene som er utført.

Vurderes som aktuelle alternativer	**Anbefales «parkert» (ikke videre med i anbefalingene)**
S20d og S25c Disse alternativene scorer best i sum i analysen. S25c har noe lavere prosjektkostnad i tillegg til potensiale til lavere avvikskostnader og reisekostnad for passasjerene, spesielt i anleggsperioden. I sum så blir forskjellen vesentlig, men det er viktig å påpeke at det er under prosjektets gitte forutsetninger. Det skal små endringer til før en annen løsning kan gi bedre resultater. Forskjellene er for små og usikre til å gjøre et definitivt valg, men tilstrekkelig til at vi kan anbefale løsningen i HA1 og HA2. Løsningene for Stortinget har noen viktige kvalitetsforskjeller: S20d er vurdert å ha et større potensiale for gjenbruk av sporsløyfa enn S25c.	**S21b** Løsningen har tilnærmet lik prosjektkostnad som S20d, men kommer dårligst ut i sum kriterier, blant annet grunnet høyere avviks- og levetidskostander. En utfordring med S21b er også at den ikke lar seg kombinere med antatt best løsning på Grünerløkka (G23b) uten at det skaper utfordringer for sporgeometrien (fravik minste radius). Den kan derimot være aktuell for alternativ linje øst for Stortinget (G21/G22 + T20). Oppdaterte vurderinger knyttet til anleggsgjennomføring og mulighet for trinnvis utbygging viser at S21b anbefales parkert grunnet usikkerheter knyttet til anleggsteknisk gjennomførbarhet ifm trinnvis utbygging. Utfordringene er i særdeleshet knyttet til lite bergstabber og store spenn med liten bergoverdekning. Dersom prinsippet om saksing av tunnelene senere skulle bli uaktuelt, vil S21 være aktuell, da den har liten påvirkning på eksisterende stasjon og vendesløyfe. I et slikt tilfelle må S23, dyp stasjon, også vurderes. **S22c** Parkeres da dette er det dyreste alternativet, samtidig som det krever utvidelse og nærføring mot eksisterende jernbanetunnel, samt omfattende refundamentering av Stortorvet 7. Alternativet legger derfor større bindinger for

S20d er egnet for trinnvis utbygging mot vest først, mens S25c er egnet til å bygge øst først, men vil også kunne bygge trinnvis mot vest. S20d har plattformer på hver side av dagens stasjon, og kan med det fremstå uoversiktlig. S25c blir en mer kompakt løsning og kan bygges med mindre forstyrrelser av dagens stasjon. S25c kan etableres både med og uten saksing.	dette prosjektet. Det antas at en større detaljgrad i senere analyser ikke vil kunne gi S22c noen ytterligere fordeler opp imot andre alternativer.

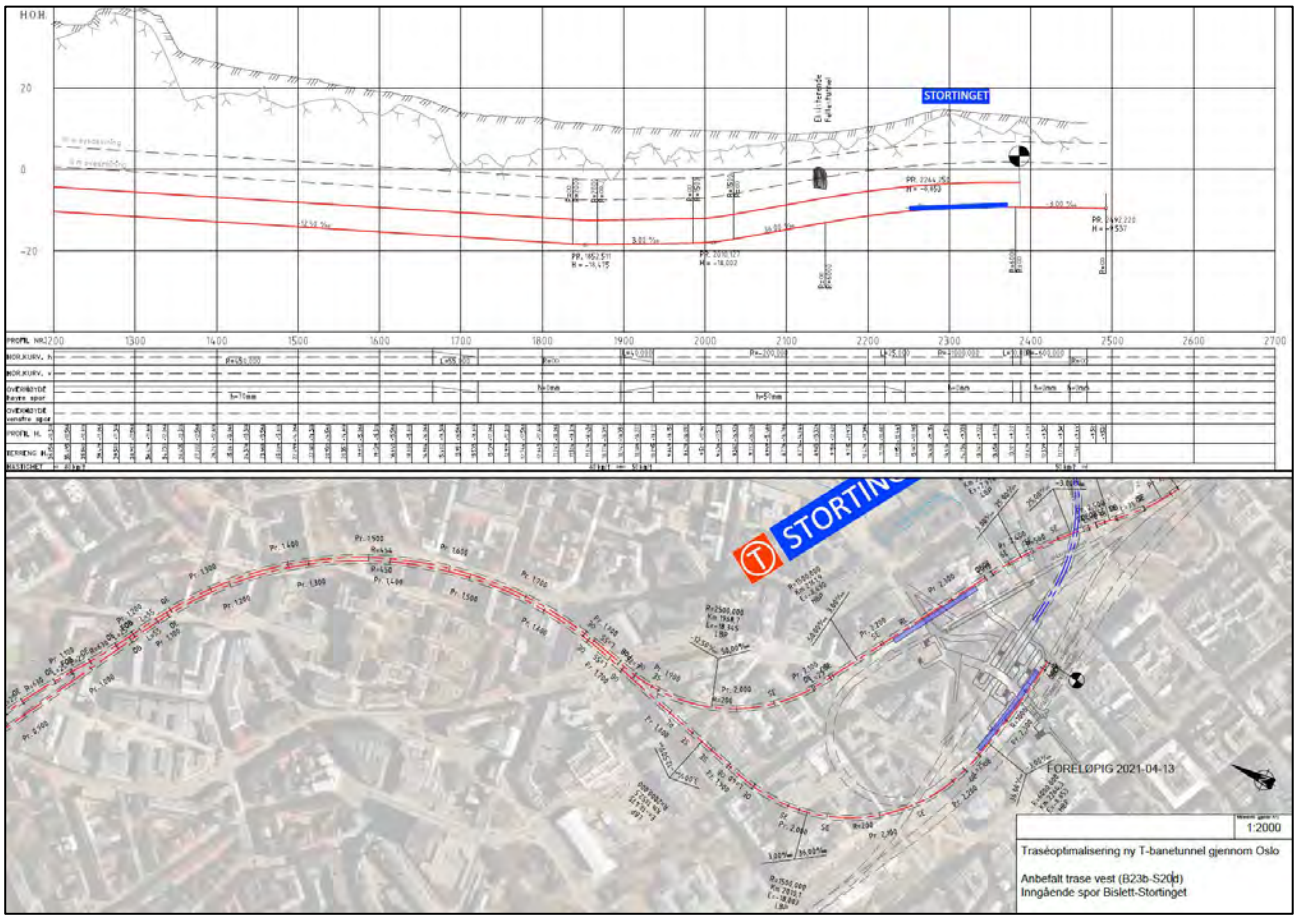
4.3.2 Anbefalte løsninger

For en mer detaljert beskrivelse av vurderte alternativer på Stortinget henvises det til fokusrapport for Stortinget [4].

4.3.2.1 S20d – Optimalisert 0-alternativ

S20-alternativene har utgangspunkt i 0-alternativet, dvs. løsningen fra KVU Oslo-Navet, og har blitt bearbeidet basert på ny innsikt og nye forslag. De viktigste endringene av 0-alternativet er:

- Kurven øst for Stortinget mot Grünerløkka er endret fra R=150 til R=200 for at sporgeometrien skal være innenfor minimumskravene i teknisk regelverk.
- Sørlig plattform er trukket mot vest for å unngå refundamentering av Stortorvet 7, da dette er kostbart og tidkrevende. Kurven på plattform er derfor foreslått til R=1000 (fravik, men fortsatt en forbedring fra dagens R=600). Det vil sannsynligvis være mulig å optimalisere denne noe i videre prosjektfaser, men å unngå fravik med R=2000 er komplisert og er vurdert å gi store konsekvenser for kostnader og anleggsgjennomføring.



Figur 22 Løsningsalternativ S20d, optimalisert 0-alternativ

Overordnet om anleggsgjennomføring

Det er vurdert at tunnelen kan drives ut nordvest fra foreslått tverrslag i Pilestredet, og nordøst fra foreslått tverrslag på Youngstorget. Det vil i tillegg være hensiktsmessig å få utført byggearbeider fra sjakt på Stortorvet. Dette gir adkomst til eksisterende vendesløyfe ifm. byggingen.

Det vil være omfattende og tidkrevende drivearbeider fra Youngstorget mot stasjonen med nærføring under bebyggelse, deriblant under Glasmagasinet med antatt behov for refundamentering og svært forsiktig driving. Passering nær energiforsyning til regjeringskvartalet setter også begrensning på uttak av berg (metode).

Det vil være behov for stengetider for eksisterende T-Bane ifm. bygging av sporet i øst mot Grünerløkka og i sørvest der ny tunnel krysser under eksisterende hovedspor ved dagens vendesløyfe.

Sporgeometrisk vurdering

Sporgeometri er innenfor minimumskrav for nye baner, bortsett fra et viktig sted; langs sørligste plattform.

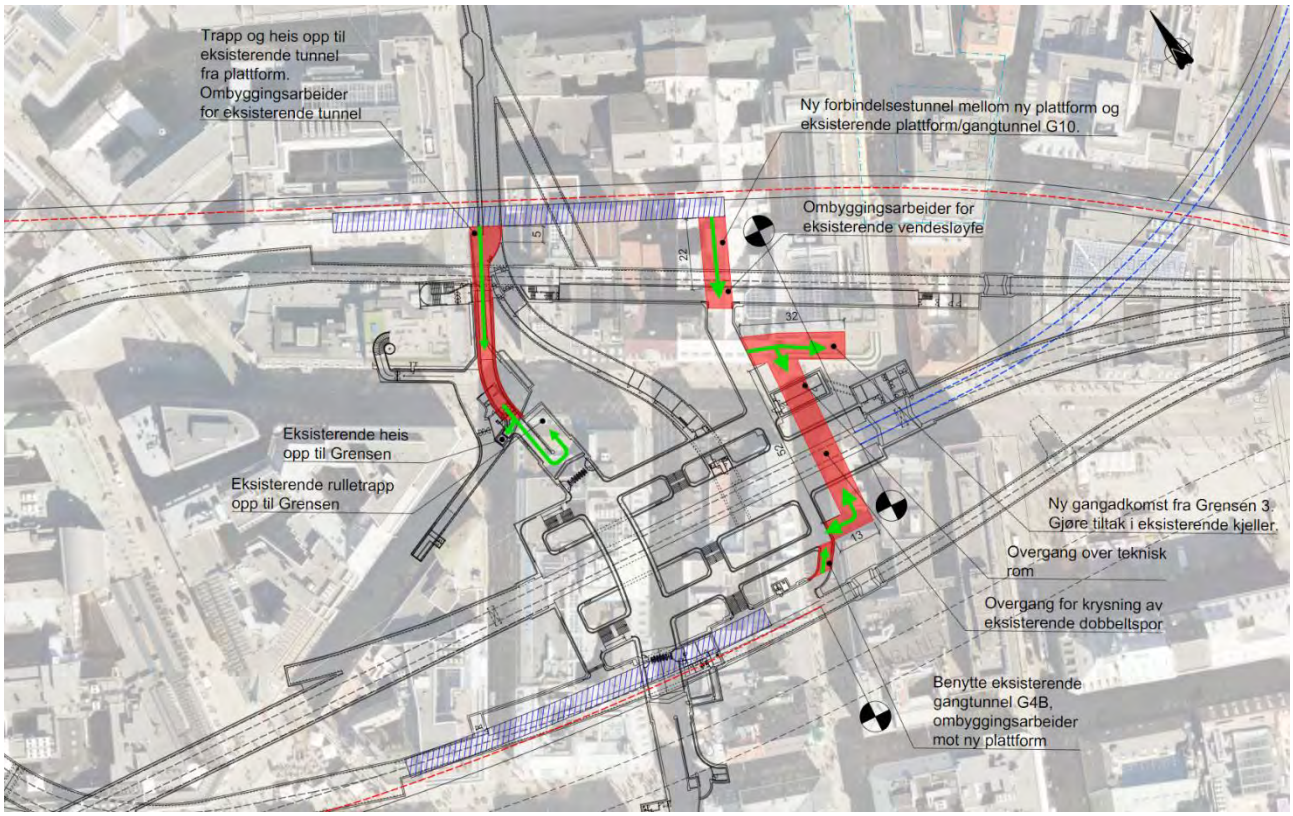
Sporet fra Bislett har horisontalkurve Rh= 200 m vest for stasjon, og fortsetter deretter med Rh=1000 m langs plattform i vendesløyfens sørside. 1000 m er under kravet for både nye og eksisterende baner (Rh=2000 m), men en forbedring fra dagens Rh=600 m. Geometrien er valgt ut fra at man skal unngå å endre geometri og tunnel øst for stasjonen (unngår refundamentering, samt nærføring til jernbanetunnel).

Spor mot Bislett har horisontalkurve Rh=200 m og fall 5% vest for stasjonen. Øst for stasjonen er det horisontal S-kurve og flere vertikalkurver på Rh=1000-1200 m for å komme over spor mot Grünerløkka og så raskt inn på eksisterende mot Jernbanetorget.

Spor mot Grünerløkka har horisontalkurve Rh=200 m for å begrense kontakt med løsmasser ved Youngstorget.

Stasjonsløsning

I figuren under er mulige mellomgangs- og oppgangsløsninger skissert. I løsningsforslag S20d er plattform i søndre del av vendesløyfa (østgående) plassert så langt mot vest som mulig for å unngå utvidelser av eksisterende tunnel under Stortorvet 7, som i tilfelle vil medføre omfattende refundamentering av dette bygget.



Figur 23 Skisse over mulige oppganger for løsningsalternativ S20d

Fra nordre plattform må det etableres to utganger, for å tilfredsstille rømning, og for den generelle flyten i stasjonen. Det er tenkt at en mellomgang etableres i eksisterende gang til nordre plattform i dagens vendesløyfe, mens en mellomgang også etableres til dagens mesaninnivå.

Det er videre foreslått at det etableres overgang (eller undergang) i østenden av dagens stasjonshall, for å knytte stasjonen og plattformene i ny og eksisterende stasjon tettere sammen. Fra denne er det også tenkt at det kan etableres en ny oppgang mot Grensen, f.eks. på hjørnet av Grensen og Grubbegata. Pga. kjellernivået på Stortorvet 7 må en eventuell oppgang på Stortorvet føres under Grensen frem til torvet. I Arbeidsgruppemøte 24.mars 2021 ble det også angitt fra Byantikvaren at dette er et lite ønskelig alternativ grunnet vernestatusen til Stortorvet.

Fra søndre plattform i eksisterende vendesløyfe er det tenkt at eksisterende gangsystem i stor grad kan gjenbrukes. Det må imidlertid vurderes nærmere om det er behov for ny separat rømningsvei, eller om den skisserte nye overgangen kan bli etablert som en uavhengig rømningsvei. Det hadde også hjulpet vesentlig på rømningssituasjonen i dagens stasjon.

Gjenbruk av vendesløyfa

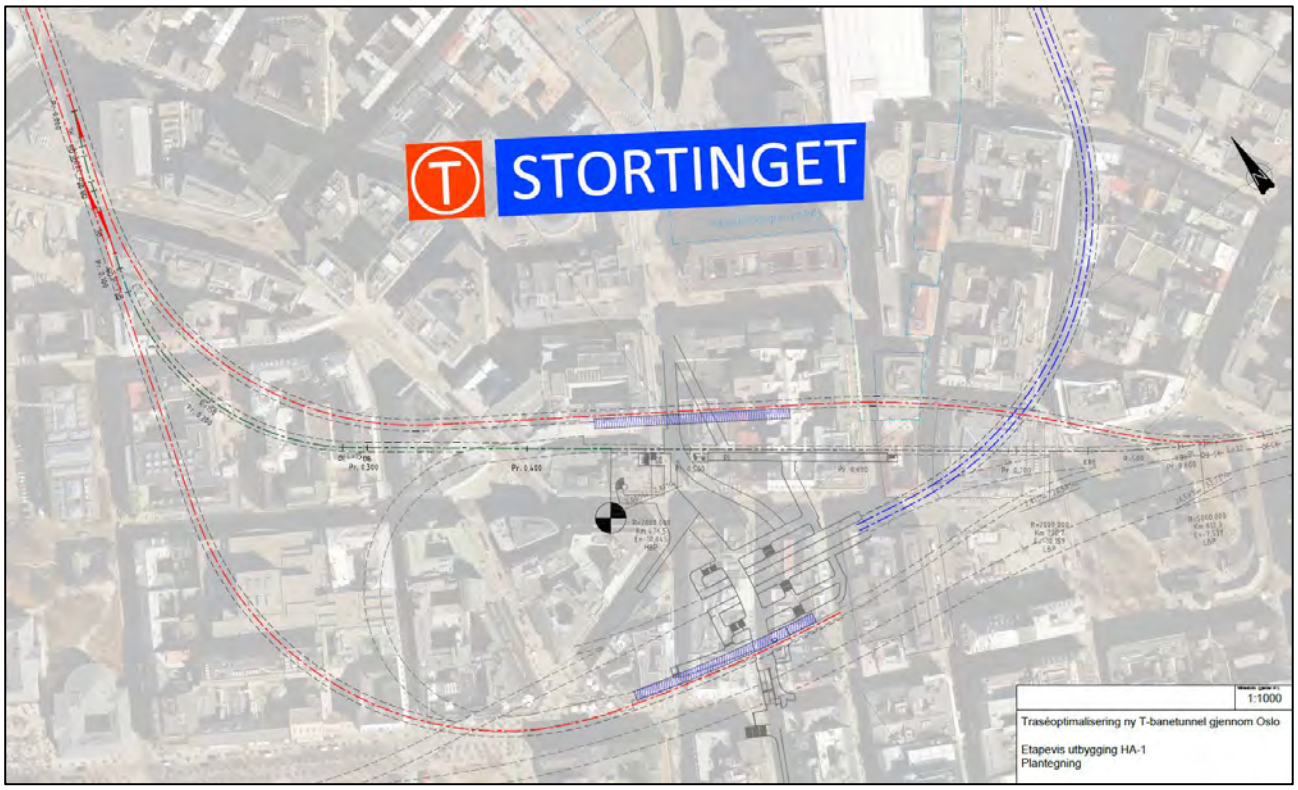
For S20d vil gjenbruk av vendesløyfa i utgangspunktet være relativt begrenset som følge av at mye brukes til trafikkert spor, og den kuttes av gangsystem fra nordre plattform inn mot eksisterende stasjon.

Det er derfor foreslått en løsning som gir tilgang til vendesløyfa fra nordvest for evt. oppstalling som vist på skissen nedenfor (grønn linje). Her vil man ha tilgang til nordre del av vendesløye med plass til noen togsett.

Det er liten overdekning og stort spenn i avgreiningen. En justering for å oppnå bedre overdekning bør vurderes nærmere i neste fase om dette blir aktuelt. Da bør det også gjøres kost/nytte-vurderinger for alternative løsninger for å oppnå en ønsket plass for oppstalling.

Det bemerkes at løsningen kan være aktuell i en midlertidig fase ved trinnvis utbygging fra vest (se også kap. 4.5.3).

Det kan også være aktuelt med bruk av veksel i kurve i søndre del av vendesløyfa, for tilkobling til resterende deler her, selv om dette ikke er en ønsket veksel-løsning for Sporveien.



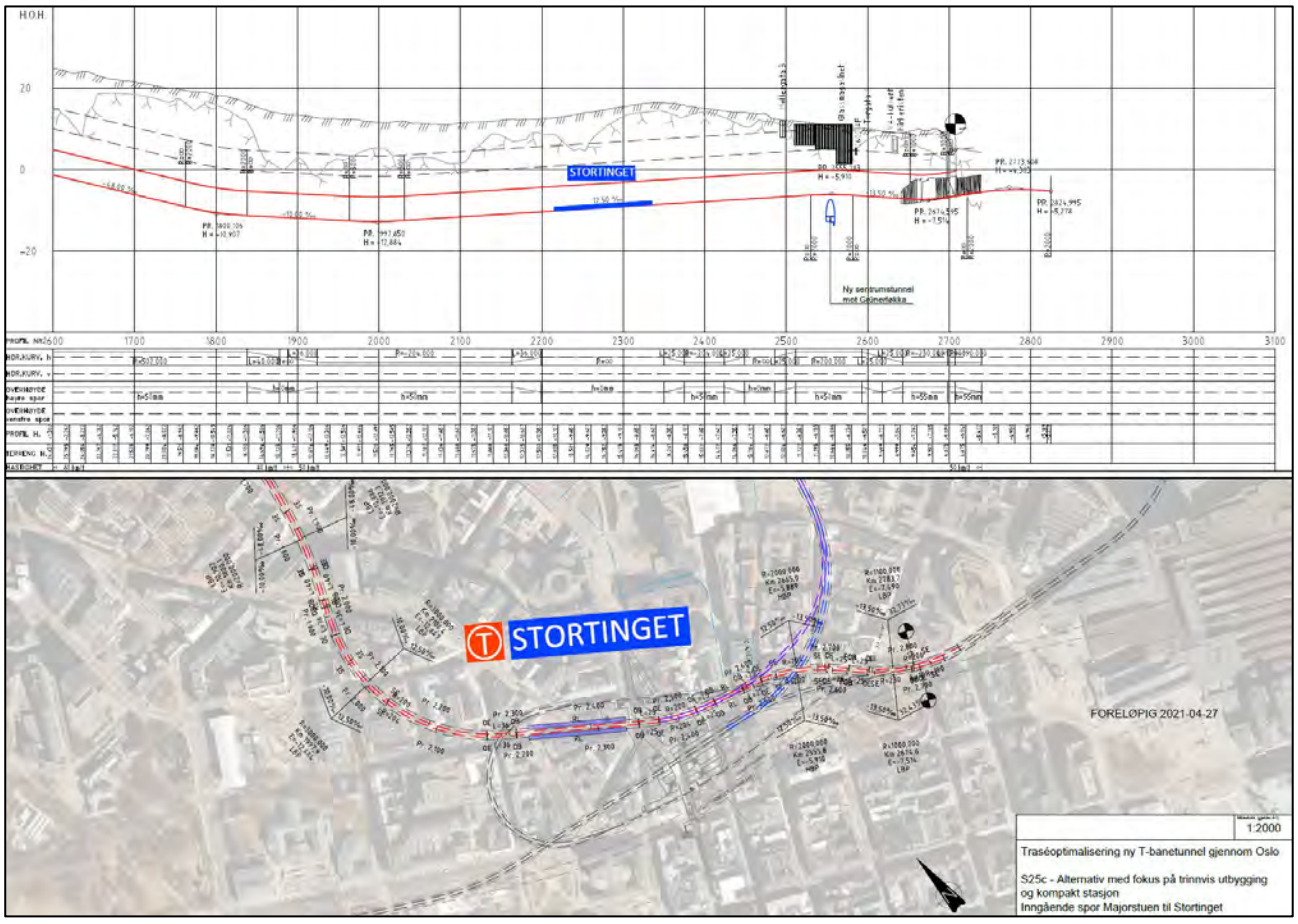
Figur 24 Illustrasjon av hvordan vendesløyfa kan gjenbrukes for S20d. Merk at dette er skissert for å vise en mulig løsning. Denne løsningen er ikke inkludert i kostnadsvurderingene

4.3.2.2 S25c – Kompakt Stasjon

Denne løsningen er utviklet for å unngå Møllegata 3, og ha en noe enklere avgrening og kryssing mellom tunnelene i øst. Disse forholdene er vurdert som spesielt positive, i tillegg til at det skapes en relativt kompakt stasjon med mulighet for raske bytter mellom plattformene på stasjonen. Løsningen står seg dermed godt, selv om det er avklart at det er mulig å ligge under deler av Møllergata 3.

Løsningen er også gjennomførbar som en delvis utbygget løsning (se kap. 4.5.3 for vurdering av trinnvis utbygging). Alternativet vil påvirke vendesløyfa også i en delvis utbygget løsningen.

Et annet element som er interessant med denne løsningen er at den kan tilpasses en situasjon uten sakseprinsippet, som også kan være aktuell i en midlertidig fase frem til alle tilkoblinger er etablert.



Figur 25 Løsningsforslag S25c Kompakt stasjon. Lilla spor mot Grünerløkka angir mulig midlertidig spor.

Overordnet om anleggsgjennomføring

Det er vurdert som mulig å bygge en midlertidig tunnel først, og så kjøre i denne i perioden da resten av tilkoblinger og kryssinger blir etablert for permanent løsning, som inkluderer saksing/ kryssing av tunneler. Det er skissert en radius Rh=150 m for midlertidig tunnel mot Grünerløkka, dvs. under normal minsteverdi for trafikkspor.

Anleggsgjennomføringen er vurdert å kunne skje fra foreslåtte tverrslag på Youngstorget og i Pilestredet Park. Det er også aktuelt å etablere sjakt på Prof. Aschehougs plass for driving og bygging av stasjonen.

Avgreningene fra eksisterende tunneler og kryssing av tunneler øst for stasjonen er også i dette alternativet komplekst og utfordrende arbeid å gjennomføre. Løsningen vil medføre omfattende refundamentering av Glasmagasinet.

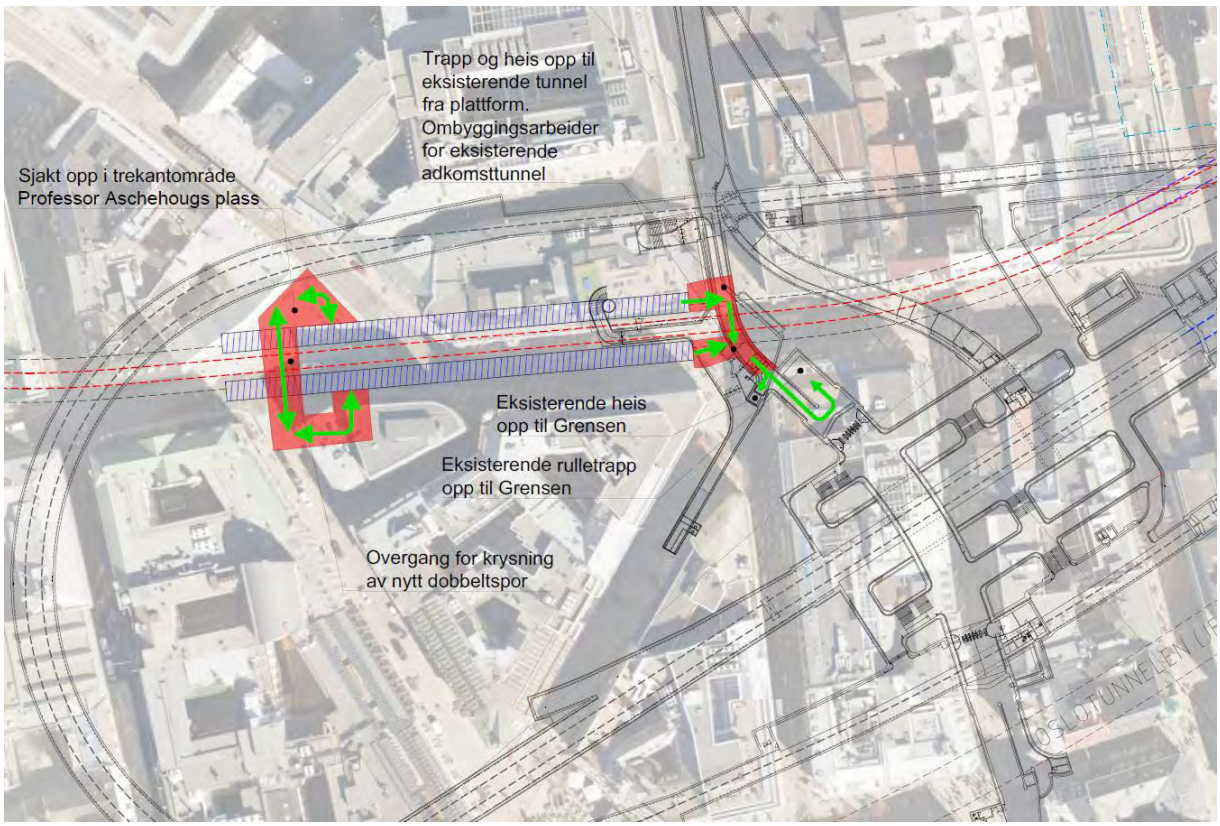
Sporgeometrisk vurdering

Det er brukt horisontalradius Rh= 200 m for nytt spor retning både Bislett og Grünerløkka. Sporet mot Grünerløkka faller med 5,5% for å komme under kryssende spor og få god bergoverdekning. For at spor mot Jernbanetorget skal komme seg over spor mot Grünerløkka (som ikke kan senkes ved Møllergata) er spor mot Jernbanetorget lagt i en ekstra bue mot nord, med 10 korte horisontalkurveelementer og Rh= 200. Tilpasningen til eksisterende spor går derfor også et stykke i retning Jernbanetorget, til litt øst for der vendesløyfas sporveksel ligger nå.

Stasjonsløsning

I figuren under vises forslag til oppganger og mellomganger. Det er tenkt at det i østenden av plattformen har tilgang opp til eksisterende mesaninnivå, for enkel tilkomst til eksisterende toghall.

I vestenden av plattformen er det tenkt at det kan etableres en oppgang på Prof. Aschehougs plass. Det kan også vurderes om en slik oppgang kan integreres i en eksisterende bygning i området.



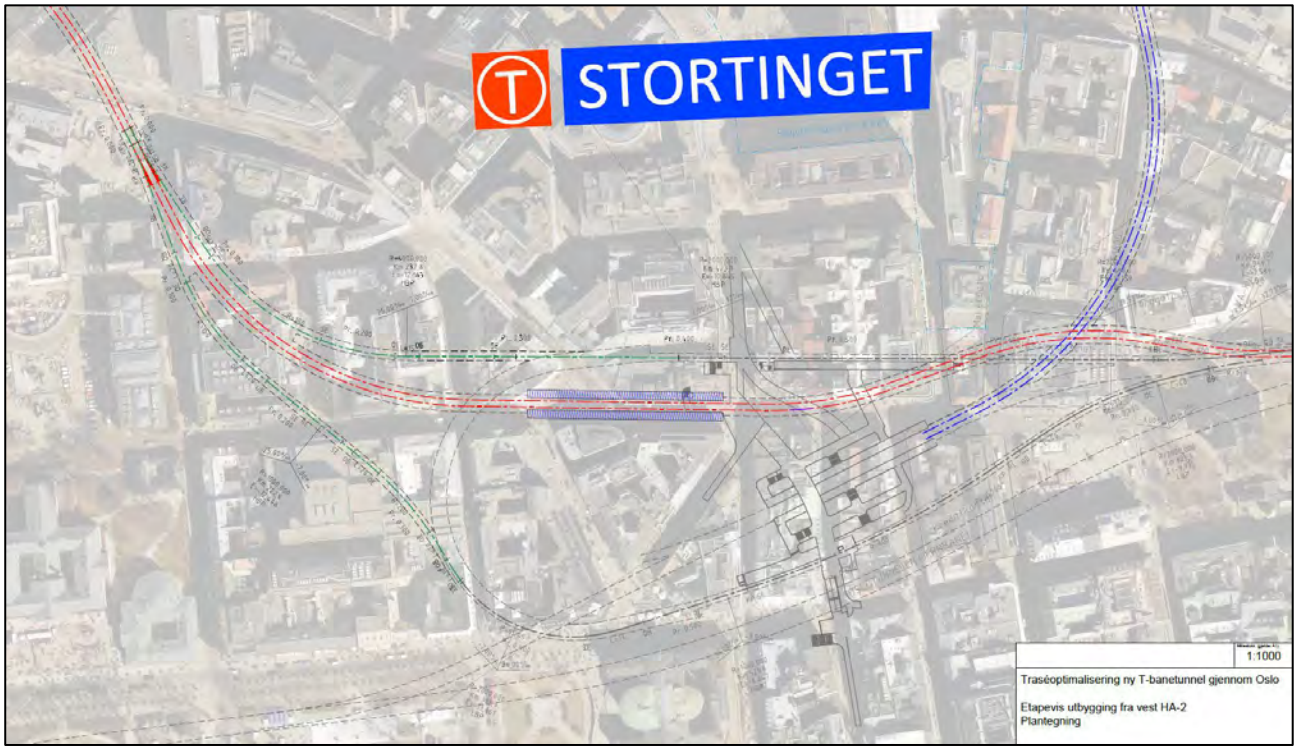
Figur 26 Skisse over mulige oppganger og koblinger med S25c

Gjenbruk av vendesløyfa

For S25 vil gjenbruk av vendesløye i utgangspunktet være veldig begrenset.

Det er derfor foreslått en mulig løsning som gir tilgang til vendesløyfa for evt. oppstalling som vist på skissen nedenfor. Her vil man ha tilgang til både nordre og søndre vendesløyfe med plass til flere togsett. Dette gir også mulighet for begrenset bruk av eksisterende søndre plattform i avvikssituasjoner.

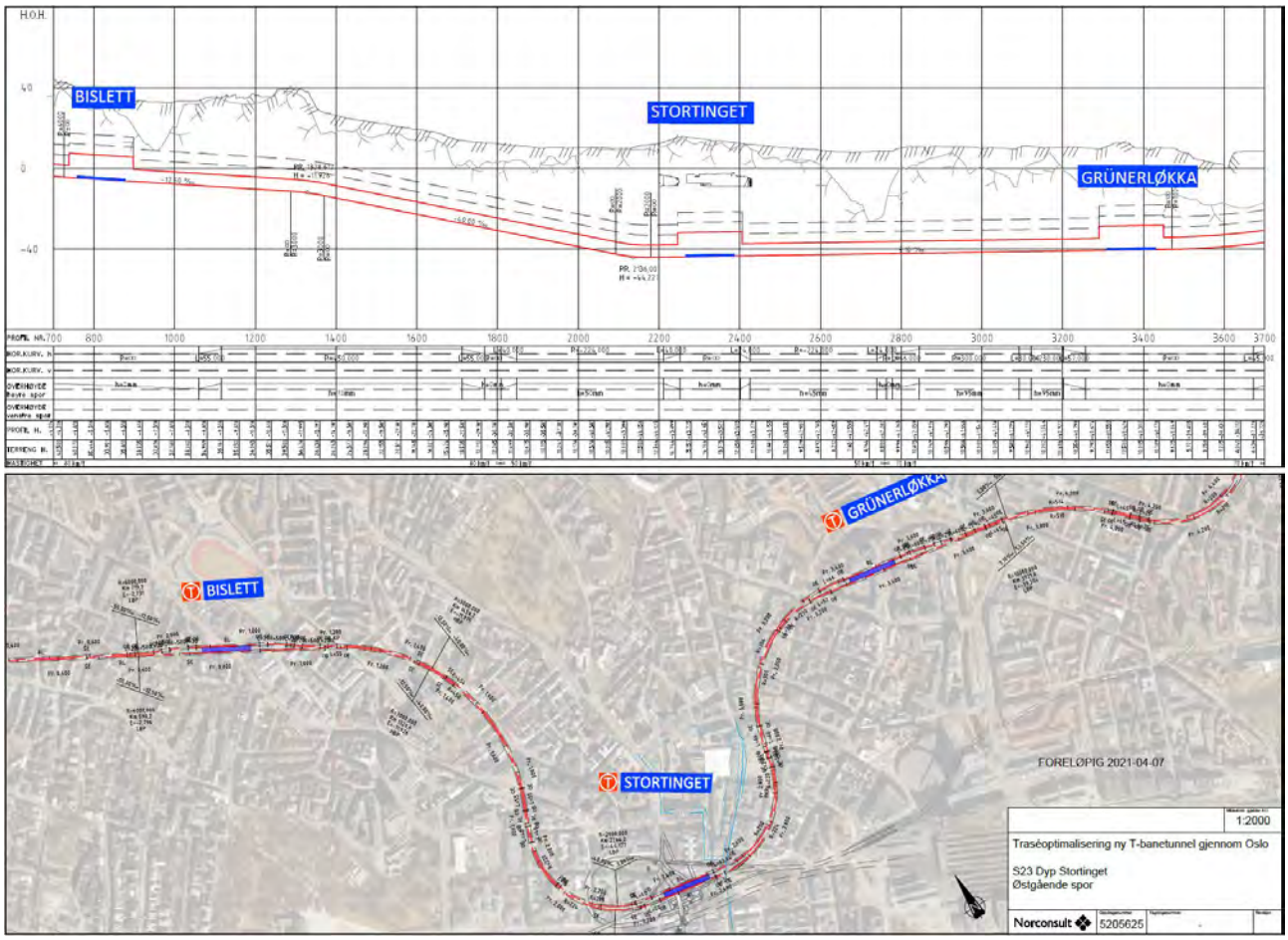
Det er liten overdekning og stort spenn i avgreiningen. En justering for å oppnå bedre overdekning bør vurderes nærmere i neste fase. Da bør det også gjøres kost/nytte-vurderinger for alternative løsninger for å oppnå tilstrekkelig plass for oppstalling.



Figur 27 Illustrasjon av hvordan vendesløyfa kan gjenbrukes for S25c. Merk at dette er skissert for å vise at det er gjennomførbart. Denne løsningen er ikke inkludert i kostnadsvurderingene

4.3.2.3 Muligheter ved frafall av sakseprinsippet

Som tatt opp tidligere i rapporten så er sakseprinsippet kompliserende for gjennomføringen av Stortinget løsningene. For å kunne utforske mulighetsrommet uten saksing har det derfor blitt utarbeidet en helhetlig løsning der de anbefalte løsningene på øvrige stasjoner kobles sammen med en dyp løsning på Stortinget (S23), uten saksing. Gitt alle føringer og begrensninger knyttet til Stortinget vil et dypt alternativ uten saksing tilsynelatende være vesentlig mindre kompleks enn de anbefalte løsningene. Dette arbeidet er gjort for å se hvilke gevinster/verdier en slik løsning kan gi, gjennom å analysere denne på samme nivå som øvrige alternativer.



Figur 28 S23, dyp løsning på Stortinget koblet sammen med øvrige anbefalte stasjonsalternativer. Dette er dybden som er nødvendig for å unngå konflikt med energiforsyningen.

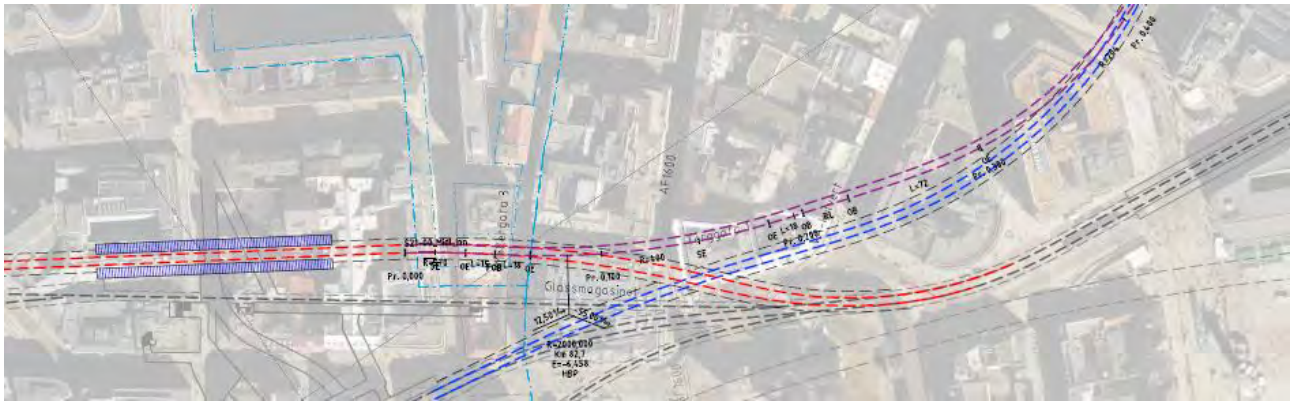
I analysen av dette dype alternativet på Stortinget er løsningen koblet sammen med de øvrige løsningene i Hovedalternativ 1. Som det tidligere er nevnt i rapporten så anbefales det at det kjøres nye trafikkanalyser for å verifisere at sakseprinsippet er det riktige alternativet. Det anbefales at det uansett gjøres nye trafikkanalyser nå som det foreligger optimaliserte traseer og stasjonsløsninger. Det anbefales at det da også gjøres analyser uten saksing, og vurder nytte opp mot kostnader. Frem til det er gjort er det ikke mulig å vise oppdaterte sammenlignbare analyser mellom alternativene, dvs. sammenligne en dyp løsning uten saksin (S23) mot løsningene som har saksing (herunder 0-alternativet og Hovedalternativ 1 og 2).

Det som imidlertid er interessant å se er at de analyser som er gjort av S23 viser at det er en mulig oppside på prosjektkostnader på over 500 MNOK. I tillegg vil vendesløyfa bestå som i dag, og kunne utnyttes til oppstalling/ nattparkering (som har en stor verdi om det må erstattes av nybygd oppstalling/ depot). Dette er forhold som er med å underbygge anbefalingen om at sakseprinisppet må verifiseres som en nødvendige løsning for å oppnå en tilstrekkelig nytteverdi av en ny sentrumstunnel.

Det er ikke gjort tilsvarende analyser for løsningsalternativ S25c, men dette alternativet kan også tilpasses en situasjon uten saksing. Det vil dermed bli betydelig mindre komplekst. For S25c er det også mulig å koble seg på et sakseprinsipp ved en senere anledning. Plasseringen av stasjonen i S25s medfører imidlertid at vendesløyfa brytes, og bruk av denne som i dag er da ikke aktuelt.

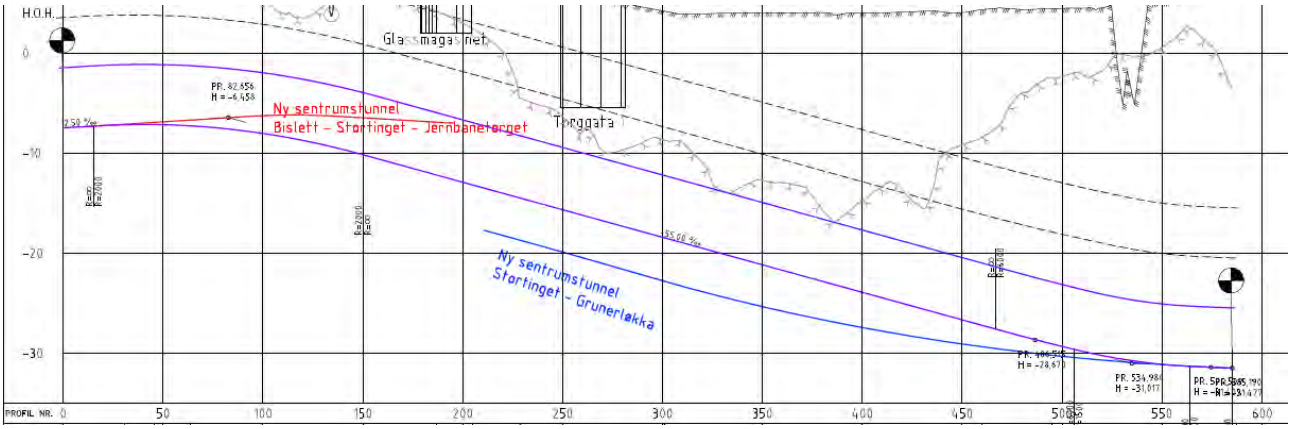
Figur 29 Utsnitt fra løsningsalternativ S25b. Når løsningen benyttes uten saksing vil lillaspor benyttes.

For løsningsalternativ S21b, stasjon lagt nord av dagens vendesløyfe, se figur under, vil en løsning uten saksing kreve at linjen mot Grünerløkka trekkes mot Youngstorget, som for S25c m.fl.. Dette vil medføre en krappere kurve enn R=200, og med det være et avvik.



Figur 30 Utsnitt fra løsningsalternativ S21b. Uten saksing vil det være lilla sportrasé som er aktuell, men denne er ikke vurdert som gjennomførbar som følge av manglende bergoverdekning. Løsningen vil kreve R=150 i kurve ut mot Grünerløkka (fravik).

Utfordringen med manglende bergoverdekning for S21b uten saksing, dvs. bygging av lilla spor i figuren over, vises i figuren under (Figur 31). Her bemerkes det at det også er usikkerhet i den viste bergoverflaten (forholdene kan være enda mer ugunstig).



Figur 31 Lengdesnitt for løsningsalternativ S21b uten saksing. Figuren viser manglende bergoverdekning i stor utstrekning.

Sakseprinsippet er en viktig forutsetning for prosjektet pr i dag, da dette sikrer at alle linjer kommer enten til Jernbanetorget eller Nationaltheatret som er de to viktigste knutepunktene i sentrum. Denne gjennomgangen viser hva som kan være mulig dersom det på et senere stadium skulle vise seg at sakseprinsippet allikevel ikke skulle være nødvendig for å oppnå tilstrekkelig nytteverdi for prosjektet.

4.4 Grünerløkka ved Nybrua

KVU Oslo-Navet anbefalte en stasjon på Grünerløkka ved Nybrua. I arbeidet etter KVU Oslo-Navet ble stasjonens plassering anbefalt justert til å ligge ved Nybrua/Akerselva, noe som også ligger til grunn for planprogrammet [15]. Som de øvrige områdene for stasjoner så har vi i arbeidet søkt bredt tidlig, for å se om det er noen potensielle positive trasémuligheter som ligger andre steder enn ved Nybrua. Det er ikke funnet, og stasjonsplasseringen er fortsatt anbefalt plassert ved Nybrua. Det vurderingene imidlertid har vist er at stasjonen bør trekkes lengre mot Nybrua, og evt. plasseres vest for Akerselva, slik at stasjon, og mest mulig av traséen, kan etableres i berg. Dette er kostnadseffektivt, og har betydelig mindre påvirkning på byen enn opprinnelig løsning fra KVU Oslo-Navet, som inneholdt en lang og dyp åpen byggegrop fra Nybrua opp gjennom Trondheimsveien.

4.4.1 Utfordringer og vurderte alternativer

Grünerløkka ved Nybrua har relativt like utfordringer som Bislett med tanke på dybde til berg. Løsningene her er bundet av løsningen på Stortinget i vest og Tøyen i øst, med relativt store frihetsgrader imellom disse bindingene. Som for Bislett er området ved Nybrua/ Trondheimsveien preget av en dyprenne i området Akerselva/Trondheimsveien. I tillegg faller berget brått fra Youngstorget og østover, noe som gir utfordringer for traséen fra Stortinget østover mot Grünerløkka.

Figur 32 Oversikt over alle vurderte alternativer for Grünerløkka ved Nybrua. De anbefalte løsningene er fremhevet i grønt (G23b, tilknyttet HA1), og i oransje (G21b, tilknyttet HA2).

På Grünerløkka ble det generert 7 alternativer tidlig i prosessen inkludert et optimalisert 0-alternativ, hvorav 3 av disse løsningene ble parkert. Kort beskrevet bestod disse løsningene av følgende:

- «Grünerløkka Sør» ble parkert grunnet stasjonsplassering i periferien ift. Grünerløkka og Nybrua, samt at bergforholdene i området var utfordrende.
- «Grünerløkka Nord» ble også parkert grunnet plassering (relativt langt unna kollektivknutepunktet ved Nybrua), samt at tunnelen ville blitt betydelig lengre og dyrere uten andre gevinster å vise til.

- «Sofienbergparken» ble parkert grunnet plassering med vurdert lavere kundegrunnlag, samt lang og dyr tunnel. Her er det også utfordrende grunnforhold (relativt dypt til berg).

Alternativene som ble vurdert som interessante og dermed detaljert og analysert ytterligere var:

- **G20** – Optimalisert 0-alternativ, dvs. dyp kulvert i Trondheimsveien
- **G21b** – En variant av G22 *Dyp Nybrua* som er løftet noe høyere og går delvis i løsmassetunnel
- **G22** – Dyp Nybrua. Stasjon plassert dypt i berg under Nybrua, men går delvis i løsmassetunnel (om lag lik plassering som G21b, men dypere)
- **G23b** – Dyp Nybrua/Legevakta (Stasjon plassert «på tvers» mellom Nybrua og Legevakta. Denne må kombineres med løsningsforslag T22 Dyp Tøyen)

For en nærmere beskrivelse av alternativene henvises det til fokusrapport Grünerløkka.

4.4.1.1 Analyse av alternativer

Nedenfor presenteres differanseanalysen for alternativene på Grünerløkka.

Tabell 9 Differanseanalyse av alternativene på Grünerløkka. Best score per mål er markert i grønt. Måloppnåelse er målt relativt til 0-alternativet i kroner. I sum kriterier er målene vektet i sine respektive 2020-kroner.

Kriterier operasjonalisert	G20	G21b	G22	G23b
Spor i kulvert/ løsmassetunnel [m]	1009	620	658	0
Reisetid trasé [s]	295	314	314	360
Prosjektkostnad [MNOK]	**0**	**-854**	**-906**	**-1833**
Bærekraftskostnader [MNOK]	0	-32	-27	-66
Avvikskostnader [MNOK]	0	3	3	8
Levetidskostnader [MNOK]	0	161	273	631
Reisekostnad for passasjerer [MNOK]	0	-35	-137	-101
Måloppnåelse [MNOK]	0	-757	-793	-1361

Som for Bislett er det på Grünerløkka bergalternativene som kommer best ut av analysen. På generelt grunnlag er det vanligvis en fordel å unngå kulvertløsninger da disse medfører høyere kompleksitet, lengre byggetid, og høyere kostnadsnivå. Fordelen, vanligvis, med kulvertløsninger er at de gir kort vei til overflaten. 0-alternativet på Grünerløkka har ikke denne fordelen da den ligger relativt dypt. Det er derfor få argumenter for å etablere en kulvertløsning her.

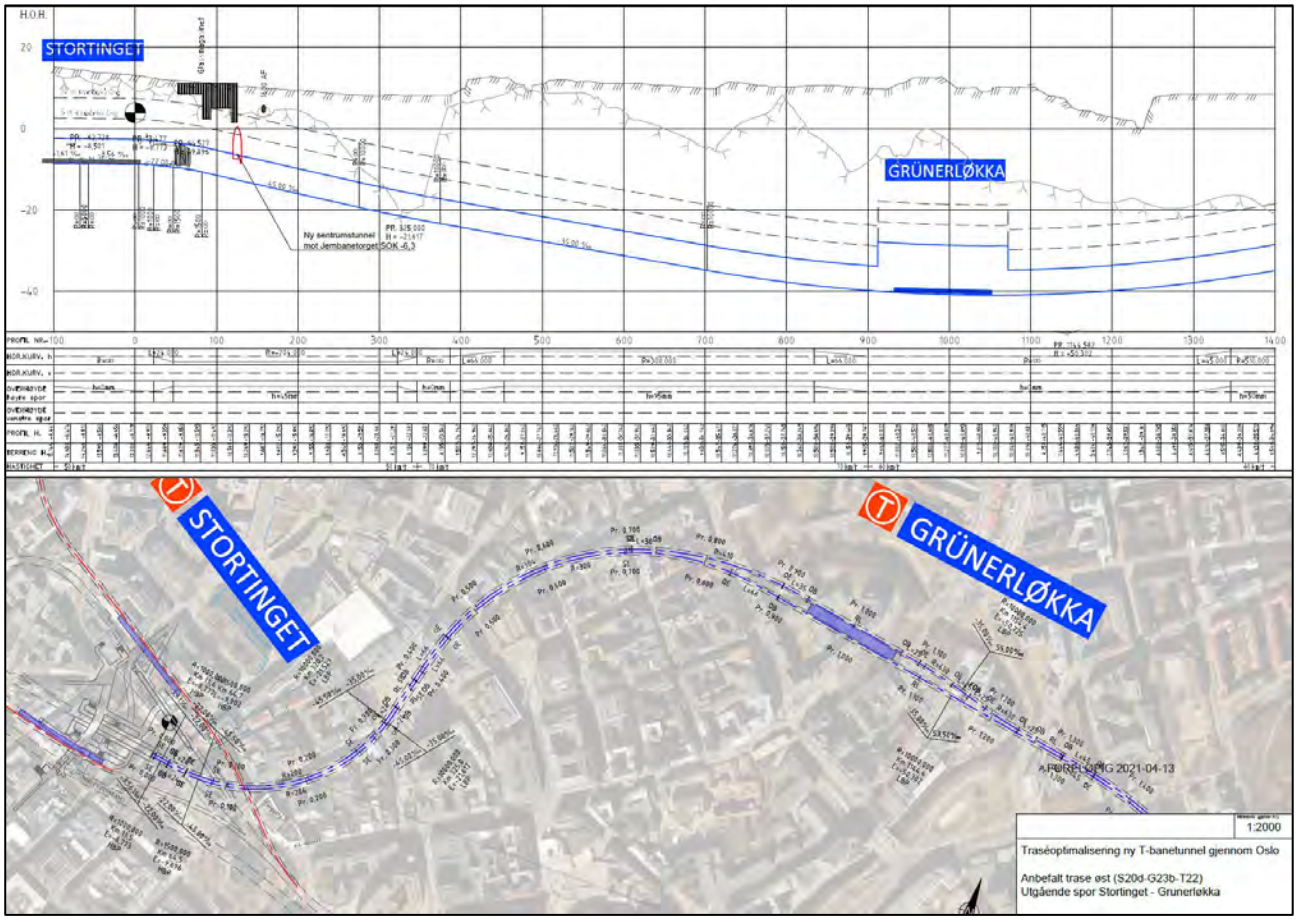
Fra et kostnadsperspektiv er alternativene i berg å foretrekke. G23b gir den laveste prosjektkostnaden, men ble i utgangspunktet antatt å ha høye levetidskostnader. Dette er adressert når alternativet er kombinert inn i HA1 og HA2, og tilpasset passasjertransportkonseptet til en ren heisløsning. Samlet sett er da G23b den forventet beste løsningen for stasjon på Grünerløkka ved Nybrua.

4.4.2 Anbefalte løsninger

4.4.2.1 G23b – Dyp Legevakta

I dette alternativet er stasjonen plassert dypt mellom Nybrua og Legevakta for å få mest mulig av traséen og stasjonen inn i berg og vinklet mot dyp stasjon på Tøyen, som gir en dyp trasé med antatt god

bergoverdekning på store deler av traséen. Plattformen kommer ca. 50 m under overflaten, som medfører lang vertikal reise for passasjerene. Prinsippet for stasjonen er det samme for B23b på Bislett, dvs. sjakt ved Legevakta som treffer direkte ned på enden av midtstilt plattform, der heis vil være den primære adkomsten. I tillegg er det skissert oppgang mot Ankerbrua, samt med mulighet for oppgang ved minigolfbanen nord for Akerselva (se Figur 34 for oppgangsalternativer).



Figur 33 Løsningsalternativ G23b Dyp Legevakta.

Overordnet om anleggsgjennomføring

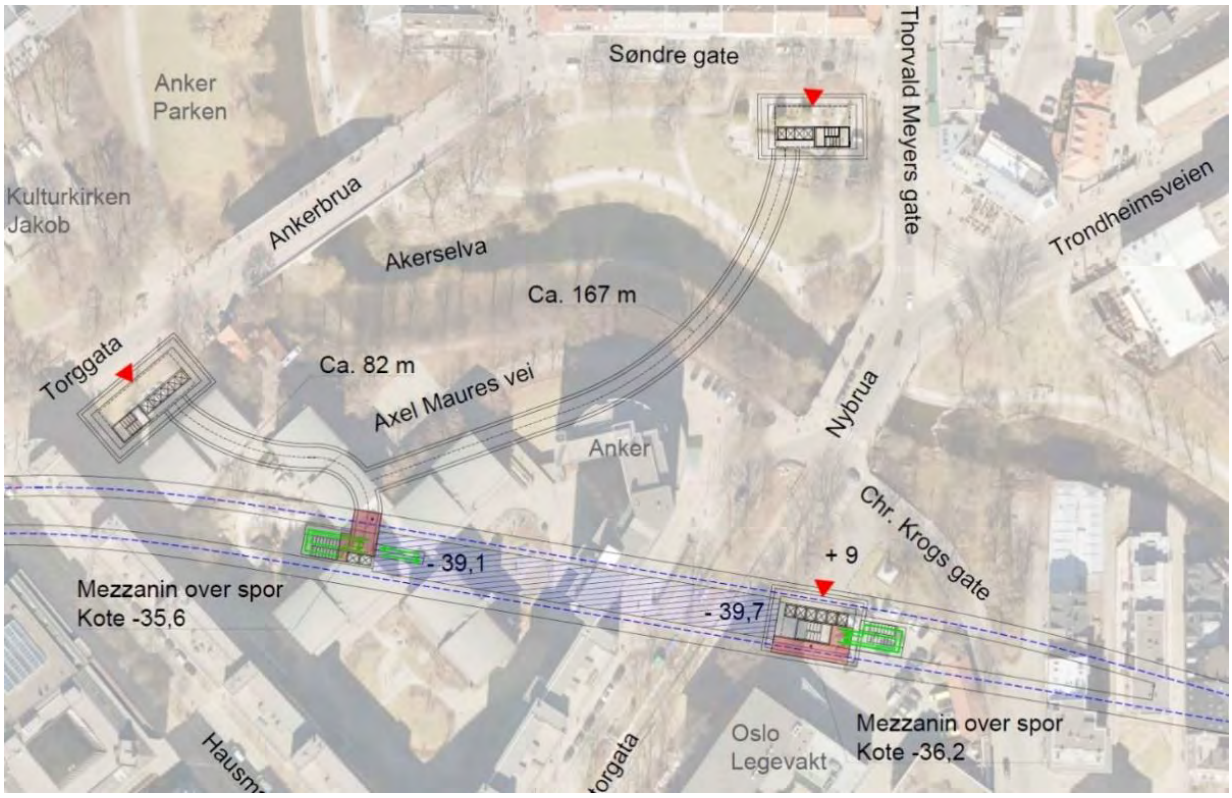
Tunnelen og berghall er foreslått bygget fra 3 hovedangrepspunkter, som gir stor fleksibilitet med tanke på uttak av steinmasser og inntransport av betong, underbygning og andre installasjonsarbeider. Det foreslås tunneldrift fra tverrslaget som er skissert på Youngstorget, samt tunneldriving fra tverrslaget som er skissert på Tøyen. Det etableres sjakter i hver ende av stasjonen. Fra sjakt på Legevakta kan det bl.a. utføres inntransport av betong, installasjoner mm. Det er da også tenkt etablert et riggområde i nærheten av sjakt ved Legevakta.

Sporgeometrisk vurdering

Alternativet vurderes sporgeometrisk som bra rundt Grünerløkka. På grunn av retningen på stasjonen er man bundet til alternativ med Rh=200 m (som gir en dimensjonerende hastighet = 50 km/t) mellom Stortinget

og Youngstorget. Vest for Grünerløkka er det Rh=300 m (=70 km/t). Øst for stasjonen er det pga. midtplattform mange kurveelementer i det ene sporet for å føre sporene sammen. Fordi stasjonsalternativet på Tøyen, som hører sammen med dette alternativet, også ligger dypt, er det ingen sterke stigninger nær Grünerløkka og ingen krappe vertikalkurver, men de siste 5-600 m mot Tøyen er det 5,5% stigning.

Stasjonsløsning



Figur 34 Skisse over stasjonsløsning for G23b som viser prinsipper for hvordan denne kan løses.

Oppgangene i dette løsningsalternativet er tenkt plassert ved dagens legevakt og på andre siden av Ankerkvartalet, ved Torggata/ Ankerbrua. Det er også skissert en mulig arm over til østsiden av Akerselva med en oppgang ved mini-golfbanen, selv om denne nok har begrenset nytteverdi for reisetid/reisekostnad.

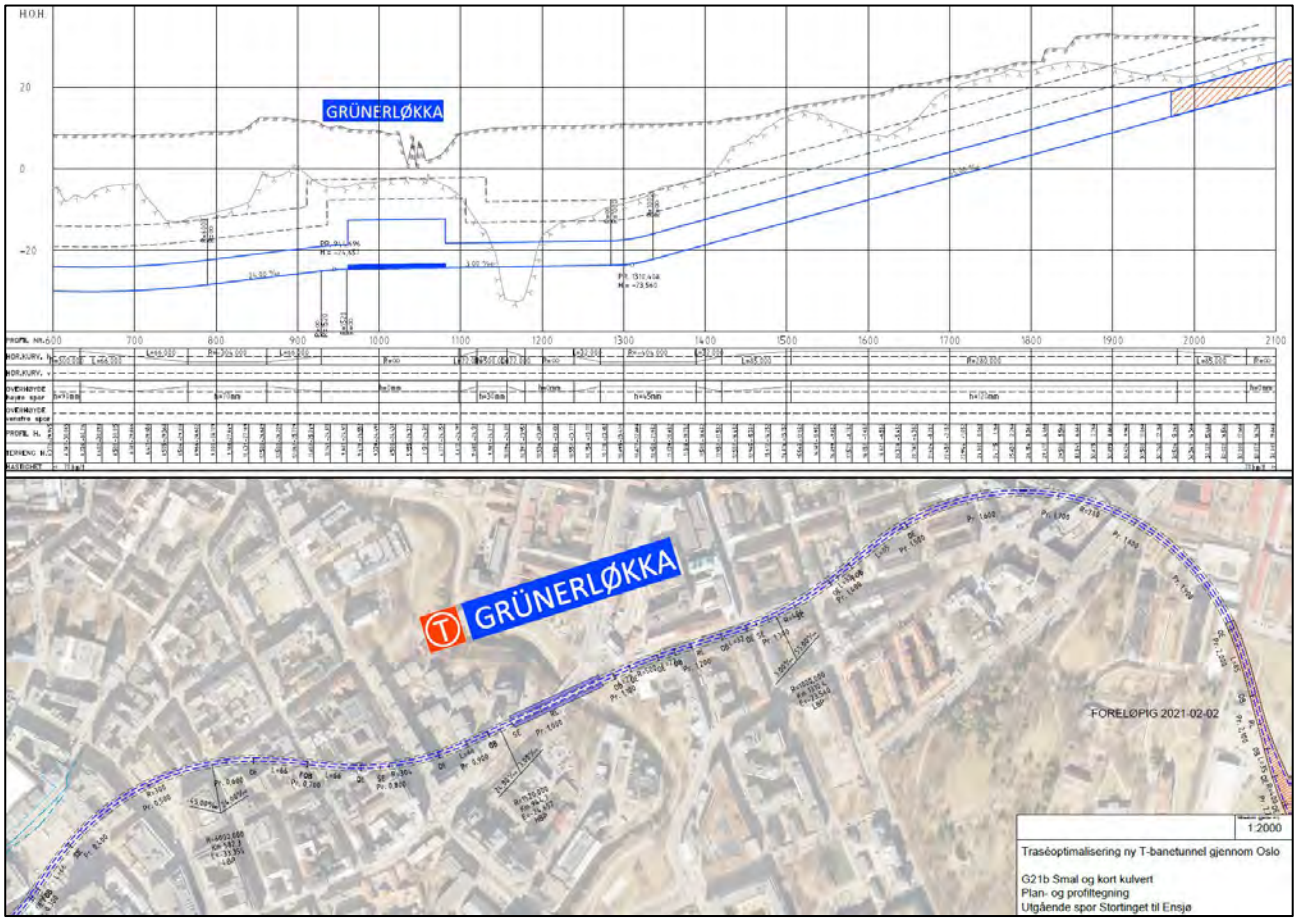
Oppgangen ved Legevakta vil være sentralt plassert nær holdeplass for buss og trikk i Storgata.

Et hovedpoeng med løsningen er at hovedadkomsten er via heis i sjakt fra overflate direkte ned til plattformnivå (hovedadkomsten, ved Legevakta). Dette skaper mulighet for en meget effektiv forflytning. Det er ikke sett på i hvilken grad oppgangsjakten i endelig løsning skal gå helt til overflaten eller termineres under bakken med vestibyle, og med et mindre inngangsparti i dagen. Skissen viser også en sjakt ved Ankerbrua som kobles med mesanin vest på plattformen via gangtunnel.

Stasjonen er dyp (ca. 50 m), og det er kun heisløsninger som vurderes som aktuell transportløsning, Dybden er ganske lik den planlagte stasjonen på Skøyen, som også får heiser som transportløsning (2+6 heiser). Her er det skissert 6 store heiser i sjaktene (4 i en evt sjakt på mini-golfbanen). Det endelige behovet må analyseres nærmere i senere prosjektfaser.

4.4.2.2 G21b – Dyp Nybrua

I dette alternativet er stasjonen plassert så høyt som mulig i berg for å få en noe grunnere stasjon enn G23b. Stasjonen ligger rett under Nybrua på en bergrygg, og traséen videre øst går igjennom dyprenna i Trondheimsveien med en løsmassetunnel. Berget i stasjonsområdet er en rygg, som betyr at det vil kunne være lavere berg over deler av stasjonsområdet enn det som kommer frem av i lengdeprofilet. Dette er således et typisk områder der grunnboringer er nødvendig, og der resultatene fra disse vil kunne påvirke denne løsningen ved at den bør justeres noe både horisontalt og vertikalt.



Figur 35 Løsningsalternativ G21b, Dyp Nybrua.

Prinsippet for sjakter og oppganger er det samme for denne løsningen som for G23b. Som følge av at det er sideplattformer i dette alternativet vil sjaktene imidlertid ikke gå direkte ned til plattform, men må kobles til plattform via mesanin-nivå over plattform. Stasjonen er vurdert å ha en sentral plassering med effektive bytter til trikk og buss i Storgata, samtidig som den ivaretar vern av bygninger, natur og infrastruktur.

Overordnet om anleggsgjennomføring

Vurdering av anleggsgjennnomføringen er i dette delprosjektet basert på en løsning med konvensjonell tunneldriving. Det foreslås tunneldrift fra tverrslaget på Youngstorget og fra åpen byggegrop på Tøyen. I tillegg ligger det til rette for å kunne bygge stasjonen ved å utnytte de permanente adkomstene på hver side av elva. Utforming av anleggs-sjaktene bør da tilpasses løsning for de fremtidige adkomstene til stasjonen.

Løsningen (G21b) foreslås bygget med en «smal» 2-spors løsmassetunnel/kulvert gjennom dyprenna øst for Akerselva (krysser Trondheimsveien). I dette området foreslås tunneldrivingen ved bruk av jetpeling fra overflaten (i Trondheimsveien) og videre med konvensjonell tunneldrift gjennom løsmassesonen med bruk av tung tunnelsikring. Det vil da være mulig å drive gjennom sonen fra berg på begge sider av dyprenna.. Når arbeidene fra dagen pågår, dvs. å stabilisere massene rundt løsmassetunnelen, vil dette medføre ulemper knyttet til trafikkavvikling i området. Det må også regnes med en del omlegging av eksisterende infrastruktur i bakken.

Det vil være en større risiko for at bergoverdekning er liten enn i alternativ G23b.

Sporgeometrisk vurdering

Sporgeometrisk er alternativ G21b både enklere og mer komplisert enn optimalisert 0-alternativ (G20). Alternativet er enklere siden alternativet ikke har midtplattform, dvs. at det ikke er behov for å svinge spor ut for å få plass til midtplattform. For øvrig er traséen mer komplisert ved at den inneholder flere kurver enn 0-alternativet for å få traséen optimalt plassert i kjente bergnivåer og for å unngå refundamentering av bygg i Trondheimsveien.

Alternativet vurderes i all hovedsak å være sporgeometrisk tilfredsstillende. Alternativet er dimensjonert for 70 km/t gjennom Nybrua-/Grünerløkka området og mot Tøyen, og det stiger med 5,5 % mot Tøyen. Videre er det brukt R=1000 m vertikalkurve umiddelbart nordøst for stasjonen.

Alternativet har i tillegg til de to nevnte minimumsverdiene (stigning på 5,5 % og R=1000 vertikalkurve) også horisontalkurveradius under normverdien i kurven mot Tøyen under Botaniske hage. Her er det benyttet R=280 m for å sikre så gode bergforhold som mulig. Selv om R=280 er under normverdien for horisontalkurveradius er den godt over grensen for minimumsverdien for horisontalkurveradius på R=200. Da kurven tillater hastigheter opp til 70 km/t vurderes bruken av R=280 som ønskelig da det gir mulighet for å drive traséen i berg lengre enn om det ble brukt en R=300 kurve.

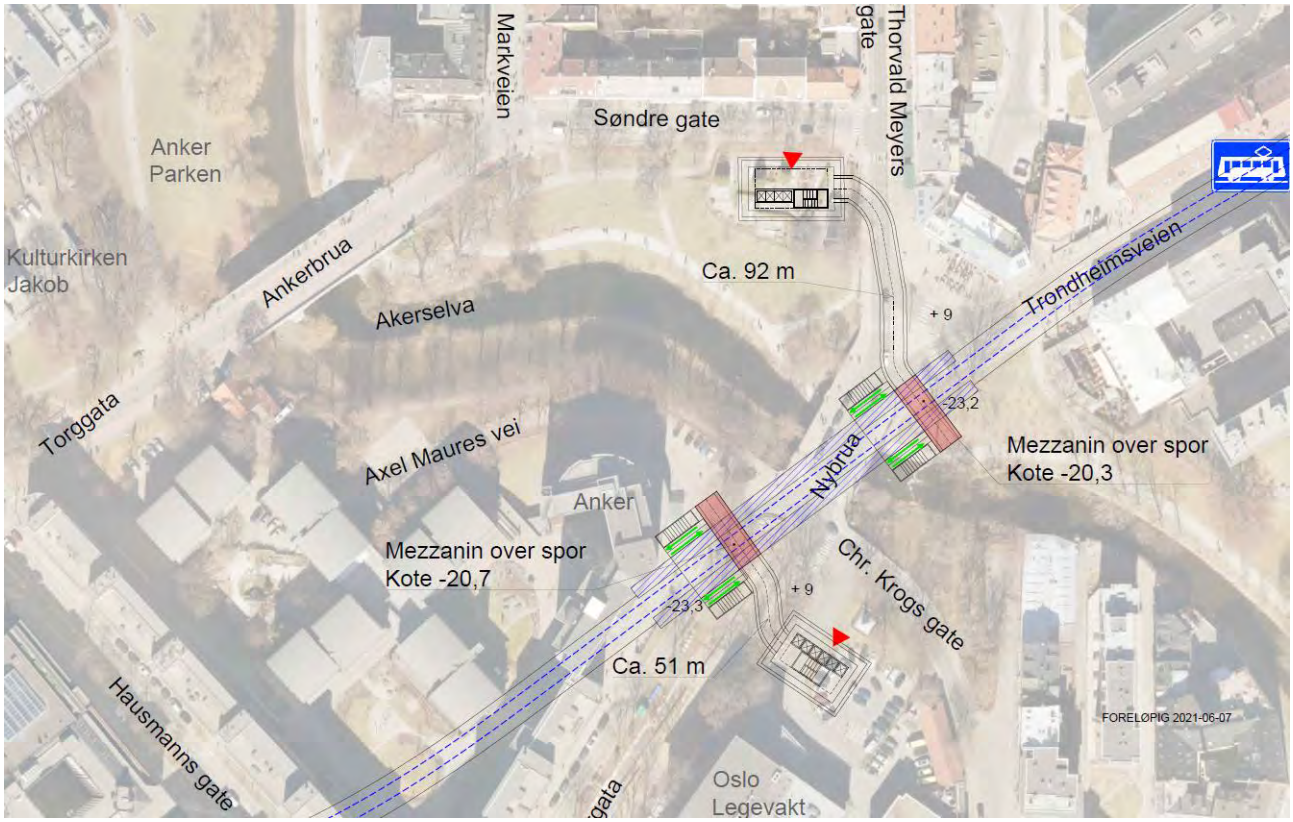
Alternativet vurderes å ha sporgeometrisk likt eller noe høyere standardnivå enn anbefalte alternativer på Stortinget og Tøyen.

Stasjonsløsning

Øst for Akerselva fremstår området ved mini-golfbanen (ved Søndre gt./ Th. Meyers gt.), som det mest aktuelle området for en oppgang. Dette skyldes at grønt-draget langs Akerselva er spesielt viktig, inkludert de høye trærne, samt at vernestatus på Trondheimsveien 5 inkl. utvendig terrasse mot syd tilsier at en oppgang i dette området vil kunne være utfordrende. Nybrua er også vernet.

På vestsiden av Akerselva fremstår området utenfor dagens legevakt som en aktuell plassering av en oppgangssjakt. Her er det også vurdert at det er plass til et riggområde. På tidspunktet for bygging av ny tunnel skal Legevakta, i dagens form, være flyttet til ny lokasjon, og videre planlegging av bruk av eiendommen bør inkludere mulig fremtidig T-baneoppgang. (Det er informert om fra Oslo kommune om at ambulansestasjonen kan bestå selv om Legevakta flyttes).

Oppgangene vil benytte seg av et mesaninnivå for å knytte de to plattformene sammen. Dybden til mesaninen vil være om lag 25 m, og er i en slik dybde at heiser bør vurderes som primær transportform. Dersom stasjonen må legges noe dypere så vil dette bli ytterligere aktuelt.



Figur 36 Skisse som viser mulige oppganger for G21b.

4.5 Tøyen inkludert påkobling Ensjø

På Tøyen er det vurdert flere alternativer til stasjonsplasseringer, med mål om å oppnå en nærhet mellom ny og eksisterende stasjon slik at Tøyen blir en stasjon med effektive byttemuligheter mellom linjene. Dette poenget er viktig når alle linjene via Ensjø skal inn i ny tunnel, og bytter må gjøres på Tøyen for å komme til Grønland og Jernbanetorget for de som reiser via Ensjø.

Det har vært innspill på at stasjonsalternativet fra KVU Oslo-Navet (0-alternativet) har en i overkant stor avstand til eksisterende stasjon, men det er funnet at 0-alternativet er et alternativ som fortsatt kan anbefales. Det er imidlertid funnet et alternativ hvor ny stasjon plasseres rett under dagens stasjon, noe som gir en kompakt stasjon med gode overgangsmuligheter, men det er også utfordringer med denne løsningen.

4.5.1 Utfordringer og vurderte alternativer

En av hovedutfordringen med Tøyen og Ensjø er høydeforskjellen fra Grünerløkka til Tøyen og fra Tøyen til påkoblingen før Ensjø. Denne høydeforskjellen (ca. 30 m for eksisterende linje), samt at ny og eksisterende tunnel må krysse hverandre, legger store bindinger på løsningsalternativene for å kunne oppfylle maksimalkravene i Sporveiens tekniske regelverk (dvs. at vi ikke planlegger med ytterligere fravik nå).

En annen utfordring er knyttet til påkoblingsområdet før Ensjø stasjon. Dette området er trangt og det er nylig bygd tett opptil traséen, noe som skaper utfordringer spesielt for planskilte kryssløsninger. Det er ikke et uttalt premiss at det skal være planskilt, men Ruter og Sporveien har ønsket en slik løsning vurdert. Det er derfor også sett på denne typen avgreininger (kap. 4.5.3).

4.5.1.1 Vurderte alternativer

Tøyen har små frihetsgrader sammenlignet med Grünerløkka og Bislett, da løsninger er bundet opp til nærhet til eksisterende tunneler og stasjon, påkobling Ensjø, samt trasévalg fra Grünerløkka og den høyden som må forseres før påkobling Ensjø. I det innledende arbeidet for Tøyen ble det derfor tatt utgangspunkt i 3 ulike hovedkonsepter fra arbeidet med «helhetlig linjeføring» [7] som har blitt bearbeidet og analysert.

Figur 37 Oversikt over analyserte alternativer for Tøyen stasjon og traséer mot Ensjø.

De tre løsningene som har blitt vurdert og analysert er optimalisert 0-alternativ (T20), Kort Ensjø (T21) og Dyp Tøyen (T22). I arbeidet er det også vurdert noen andre løsningsforslag, som ikke har blitt vurdert som aktuelle. Dette er bl.a. en stasjonsplassering under/ ved det gamle Munchmuseet og en løsning med en åpen stasjon lagt på østsiden langs Finnmarksgata. Det er også sett på en helt alternativ løsning; å legge ny stasjon på Carl Berner i stedet for på Tøyen, uten at det ble vurdert å ha noe vesentlig nytte ved seg.

I tillegg til dette så ble det gjort en vurdering av å koble løsning T22 Dyp Tøyen til Grorud banen, altså mot Carl Berner, og at alle linjer via Ensjø går inn i eksisterende tunnel (dvs. en speilvending av planlagt system). Denne ble imidlertid parkert som følge av at transportvurderinger indikerte en negativ transportnytte på om lag 1500 MNOK.

Løsningene som har blitt analysert er kort oppsummert disse:

- T20, Optimalisert 0-alternativ
- T21, «Kort Ensjø», der et hovedpoeng var å oppnå kortere nye spor ved raskere påkobling mot Ensjø, men som dermed får en lengre avstand til dagens stasjon.
- T22, Dyp Tøyen, med stasjon lagt under eksisterende stasjon, og som har en annen trasé mot Grünerløkka og som dermed kun kan kombineres med en dyp løsning der knyttet til Legevakta/Nybrua.

4.5.1.2 Analyse av alternativer

Som det fremkommer av punktlisten over, som viser løsningene som er analysert, så er det slik at sammenligning av løsningene ikke kan isoleres til kun stasjonen på Tøyen. Årsaken er at traseene er svært forskjellige, spesielt T22 vs. T20/21, og stasjonsløsningene på Tøyen har også bindinger mot stasjonsløsningene på Grünerløkka. Det er dermed ikke mulig å sammenligne kun stasjonsalternativene på Tøyen isolert sett, men det er nødvendig å se stasjonsalternativene i en større sammenheng og med de bindingene løsningsalternativene har mot traseene og stasjonsalternativene.

Dette betyr at analysen som er gjort av alternativene inneholder alle forskjeller i trasé og stasjonsplassering helt fra Ensjø til Stortinget stasjon. Fra og med Stortinget stasjon opp til Majorstua er alternativene like.

Nedenfor presenteres differanseanalysen for alternativene på Tøyen. I denne analysen er da T20 og T21 koblet mot løsning G21b Dyp Nybrua på Grünerløkka, mens T22 er koblet mot G23b Dyp Legevakta. Forskjellene i traseene mellom stasjonene, og mot Ensjø og Stortinget, er også inkludert. Differansene som vises er derfor inkludert alle de nevnte forskjellene, og er altså ikke tilknyttet Tøyen stasjon isolert sett.

Tabell 10 Differanseanalyse av alternativene på Tøyen (som inkluderer alle differanser i linjen fra Ensjø til Stortinget som Tøyenløsningen medfører). Best score per mål er markert i grønt. Måloppnåelse er målt relativt til 0-alternativet i kroner. I sum kriterier er målene vektet i sine respektive 2020-kroner.

Kriterier operasjonalisert	Helhetlig løsning med T20	Helhetlig løsning med T21	Helhetlig løsning med T22
Tunnellengde [m]	11749	11320	12394
Spor I kulvert [m]	1339	1192	93
Reisetid trasé [s]	505	516	566
Prosjektkostnad	**0**	**5**	**-473**
Bærekraftskostnader	0	6	-23
Avvikskostnader	0	-7	2

Levetidskostnader	0	263	-89
Reisekostnad for passasjerer	0	216	-237
Sum kriterier	0	483	-820

T22 fremstår som en fordelaktig løsning på alle mål med unntak av reisetid og avvikskostnadene. Sum reisenytte når man i tillegg tar med tilkomsttid på stasjonene blir likevel bedre, og forskjellen i avvikskostnader er vurdert til ubetydelige.

Potensialet for reduksjon av prosjektkostnad ved en dyp løsning er betydelig, men det må sikres at levetidskostnadene ikke øker, og at det tilrettelegges for gode og effektive løsninger for passasjerene for å komme ut og inn av stasjonene. Levetidskostnadene kommer fordelaktig ut for T22 på grunn av at man ikke har behov for horisontale rullebånd mellom ny og gammel stasjon på Tøyen, og mer kompakte stasjoner både på ved Nybrua (som for T20 og T21 er koblet med G21b med sidestilte plattformer). Sidestilt plattform gir noe økt forbruk av rulletrapper i tillegg til at det øker reisetiden ut av stasjonen betydelig. Ved sammensetting av de helhetlige alternativene er T22 detaljert ut noe mer i denne sammenligningen. I sammenligningen ligger levetidskostnadene på et relativt høyt nivå.

Traseen til T22 er betydelig lengre enn for T20 og T21. Reisetiden i togsettet øker med nesten 60 sekunder. Dette tilsvarer omtrent 50 meter gangavstand for av- og påstigende på stasjonene. Løsningen med sidestilte plattformer og mesanin på G21b gir fordeler på prosjektkostnader, men tar også lang tid for de reisende. Tillegget i reisetid på Grünerløkka/ Nybrua, sammen med passasjerer som skal ha overgang på Tøyen gir samlet sett en lavere reisekostnad for T22.

T22 kommer best ut samlet sett og gir en god avveiing mellom passasjernytte og investeringskostnad. Løsningen har størst avvikskostnader, men her skiller det lite mellom løsningene i forventet stengetid. En kostnadsdrivende faktor for T22 er nærføringen mot eksisterende stasjon, og at det derfor må regnes med kostnader knyttet til bl.a. forsiktig driving/ korte salver i en del områder. Forskjellene, med unntak av prosjektkostnad, er relativt små, men samlet sett signifikant bedre enn de øvrige konseptene.

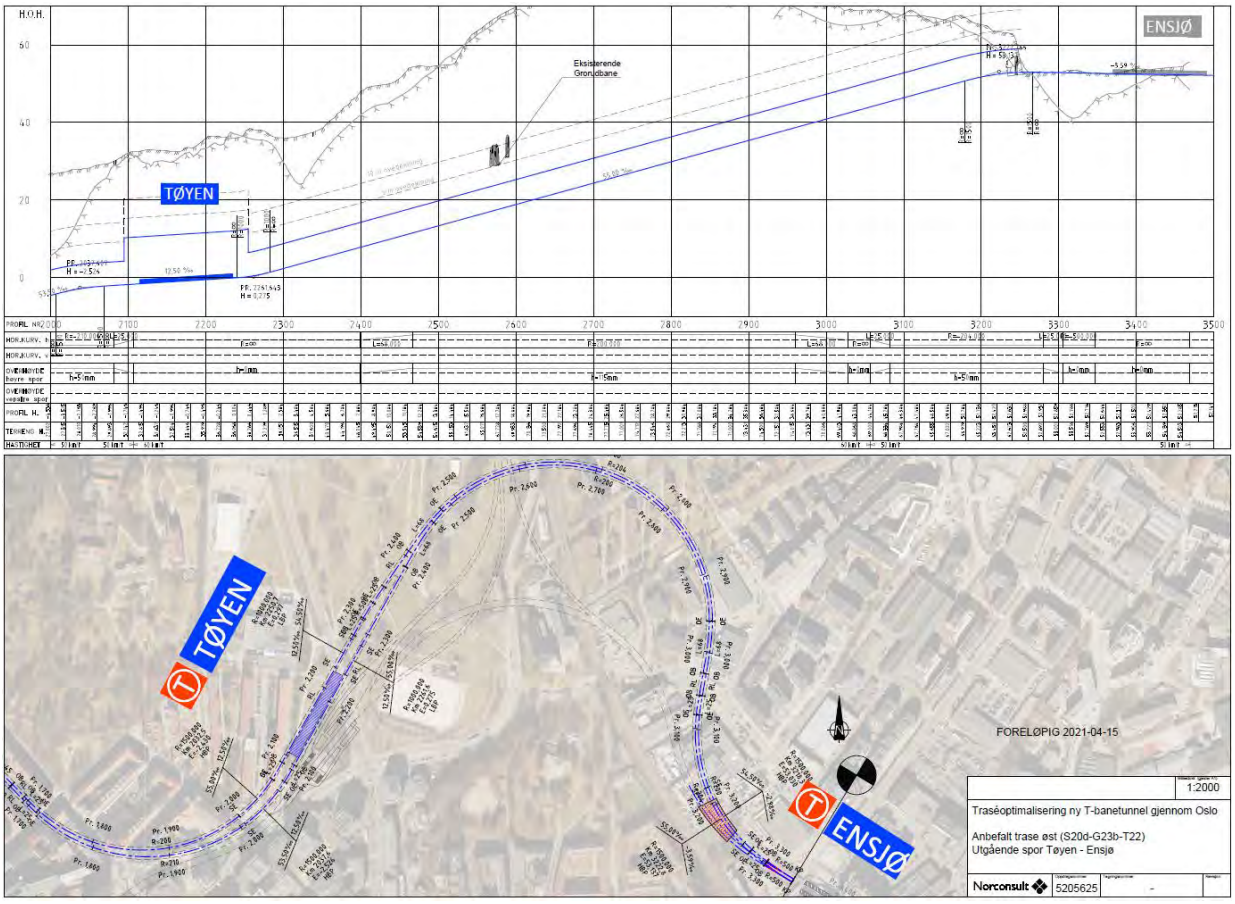
T21 har en del interessant ved seg, inkludert planskilt kryssing i kobling med eksisterende spor, men har en plassering av nye plattformer som ligger langt unna eksisterende plattformer. Det er således vesentlig usikkerhet tilknyttet om byttemotstanden vil kunne bli høy/ for høy med dette alternativet, og reisekostnadene blir høyere enn vist i tabell 1 (forenklede beregninger er benyttet). Dette har også vært spørsmålet ved 0-alternativet, som ligger mye nærmere eksisterende stasjon. Det er vanskelig å se at T21 skal løse behovet med effektive bytter mellom linjene, som er en viktig forutsetning for nytt linje- og rutesystem ved bygging av ny sentrumstunnel, og løsningen er derfor ikke nå tatt med som en anbefalt løsning. Alternativet har også en noe utfordrende sporgeometri, med sporveksler i krappe kurver i eksisterende tunnel.

Analysene er kjørt opp på konsepter med forskjellig modenhet. Spesielt anleggsgjennomføringen er mer gjennomarbeidet for T22. Tøyen stasjon ligger på kritisk linje for T20 og T21. Det kan dermed være noe å hente, men det vil kreve ytterligere detaljering av grunnforhold, og gjennomføringsmodeller. Det er lagt opp til to fremdriftspunkter på kulvertkonstruksjonene, og flere kan være aktuelt, men det forventes ikke at dette skal resultere i signifikant reduksjon av prosjektkostnadene. En annen viktig kostnadsdriver som med høy usikkerhet er graden av forurensede masser og alunskifer som må fjernes fra området.

4.5.2 Anbefalte løsninger

4.5.2.1 T22 – Dyp Tøyen

Alternativet har linjeføringen fra G23b Dyp Legevakta/Nybrua på Grünerløkka, og skiller seg klart fra de øvrige alternativene på Tøyen ettersom stasjonen er planlagt som en dyp stasjon i berg. På grunn av den store høydeforskjellen opp til Ensjø er traséen lagt i en slynge mot nord ved Tøyenbadet før den kobler seg på eksisterende spor fra nord på Ensjø.



Figur 38 Løsningsalternativ T22, Dyp Tøyen. Stasjon plassert under og i parallell med dagens stasjon.

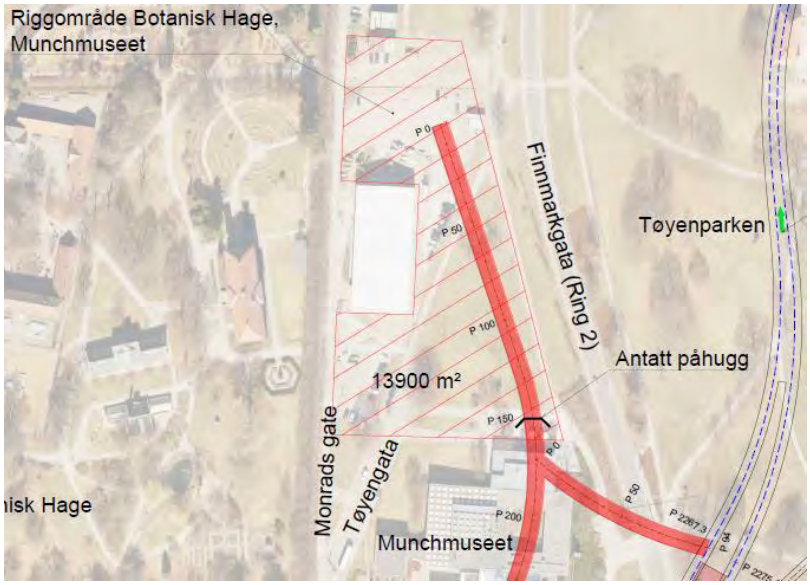
Som det kommer frem av figuren over så har dette løsningsalternativet avgrening til en side ut fra Lambertseterbanen etter Ensjø stasjon. Dette medfører at sporene krysser i plan med eksisterende spor. Ettersom det er planlagt at all rutetrafikk skal gå inn i ny tunnel i endelig utbygget situasjon er løsningen gjennomførbar. Både Ruter og Sporveien mener imidlertid at løsningen kan ha for lite fleksibilitet i seg, og det er derfor også tegnet en variant med avgreining til hver side av eksisterende tunnel (planskilt kryssing). Denne vises senere i kapitelet.

Ingen av løsningsalternativene ligger høyere enn dagens bane under tomta der NRK skal bygge nytt hovedkontor

Overordnet om anleggsgjennomføringen

For dette alternativet er Tøyen stasjon tenkt drevet ut fra riggområde på «sirkustomta» ved Botanisk hage. Det drives to tverrslagstunneler, én til hver side av stasjonen, som gir angrepspunkter fra begge sider av stasjonen og vil samtidig fungere som driving av tunneler mot Grünerløkka og Ensjø.

I tillegg vil det etableres sjakter for oppganger på hver side av stasjonen. Her vil det også være mulighet for uttak og inntransport av masser. Dette vil gi fleksibilitet, samt gi mulighet til å redusere byggetid.

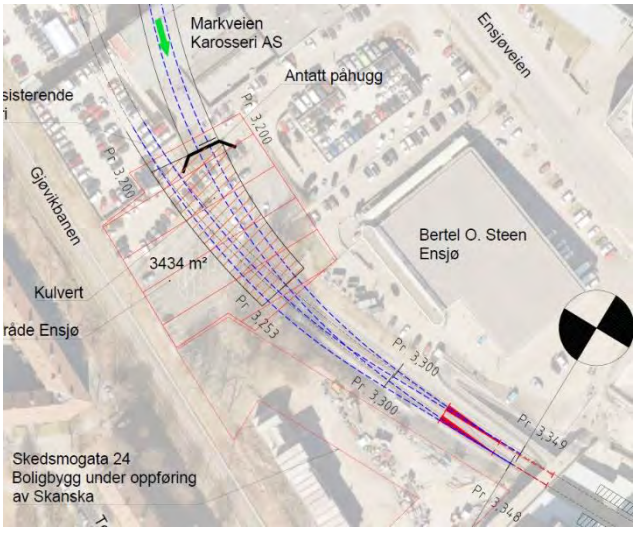


Figur 39. Foreslått riggområde og tverrslag for løsningsalternativ T22.

Det er forventet noen utfordringer med antatt liten bergoverdekning vest for stasjonen. Endelig løsning for dybde på stasjonen og/eller drivemetode kan bestemmes når bergoverflaten er kartlagt. En lengre kurve/tunnel fra Ensjø for å komme noe dypere på stasjonen kan bli aktuelt.

Det forventes at det må brukes noe forsiktige drivemetoder der det er nærføring mot eksisterende tunneler og stasjon. Dette gjelder f.eks. ved driving av den nye stasjonshallen.

Ved Ensjø vil det være behov for at det er arealer tilgjengelig for etablering av påhugg for tunnel og kulvert/ portal, ved dagens tunnelportal. Dersom dette området tillates utbygd før T-baneprosjektet kommer, så kan det skape utfordringer for gjennomføringen av avgreiningen.



Figur 40. Område for etablering av påhugg og kulvert/ portal for løsningsalternativ T22 med kryssing i plan.

Sporgeometrisk vurdering

Sporgeometrisk er alternativet noe mer presset enn T20 Optimalisert 0-alternativ, med lange R=200 horisontalkurver i hver ende av Tøyen stasjon, stigning på 5,5 %, lavbrekk på R=1000 og høybrekk på R=1500.

Påkoblingen til eksisterende stasjon ved Ensjø skjer med to 1:12 R=500 sporveksler, hvor spor mot ny fellestunnel ligger i R=500 kurven. Som for T20 opprettholdes eksisterende togvei fra Ensjø mot eksisterende Tøyen stasjon og fellestunnel.

Hele traséen fra Grünerløkka til Tøyen er dimensjonert for 70 km/t frem til kurven før stasjonen og 50 km/t videre til Ensjø. Alternativet vurderes å ha sporgeometrisk et noe lavere standardnivå enn hovedalternativ 2 øst for Stortinget.

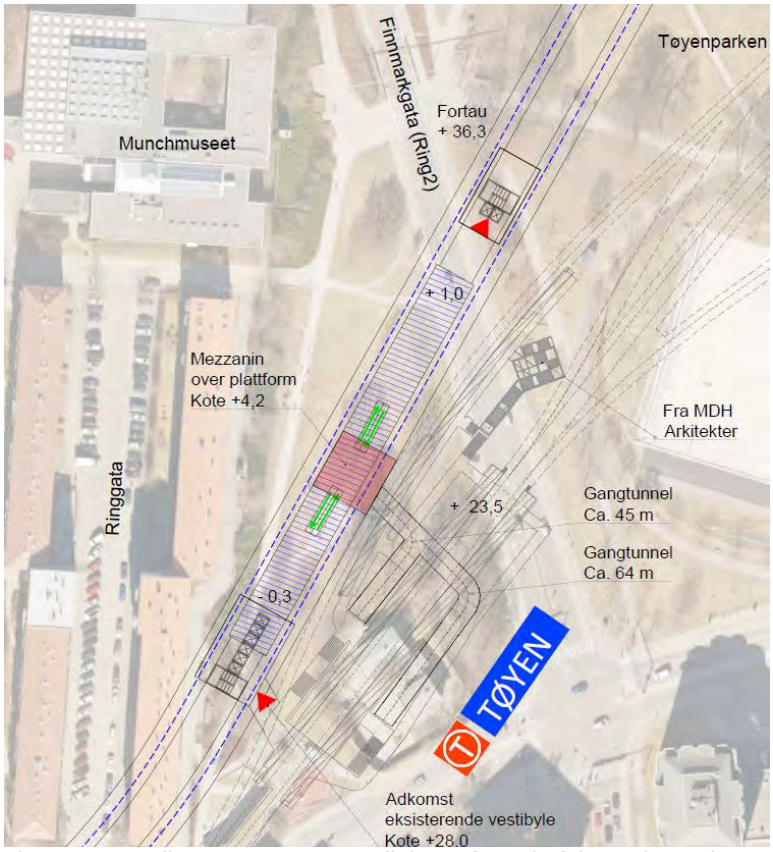
Stasjonsløsning

Dette stasjonsalternativet ligger ca. 35-40 m under terreng. Som angitt tidligere i rapporten, så er anbefalingen at oppganger designes med heiser som primær fraktalternativ når høydeforskjellen i reiseveien er mer enn 30 m. Dette er også anbefalingen for løsningsalternativ Dyp Tøyen, T22.

Alternativet foreslås utformet med en oppgangssjakt i hver ende av plattformen, med heiser direkte fra plattformnivå til overflaten. Begge sjaktene vil også inneholde rømningstrapper.

Oppgangen som ligger i sør kobles til eksisterende stasjonsvestibyle med kulvert fra sjakt. Dette vil være hovedadkomsten til ny stasjon, og det antas at sjakten vil inneholde i størrelsesorden 6 heiser.

Oppgangen i nord vil komme opp ved Finnmarksgaten, og kan korrespondere godt med busstoppet her. Det kan forventes at sjakten vil inneholde 2-4 heiser.



Figur 41 Oversikt over oppgangsmuligheter for anbefalt og alternativ løsning for Tøyen, T22.

I tillegg til sjaktene i hver ende foreslås det en tilkobling mellom ny og eksisterende plattformer, for å sørge for effektive bytter mellom linjene. Denne foreslås utført med et mesaninnivå mellom plattformene, med rulletrapper fra ny plattform opp til mesaninnivået og i rulletrapper videre opp til hver av de eksisterende plattformene.

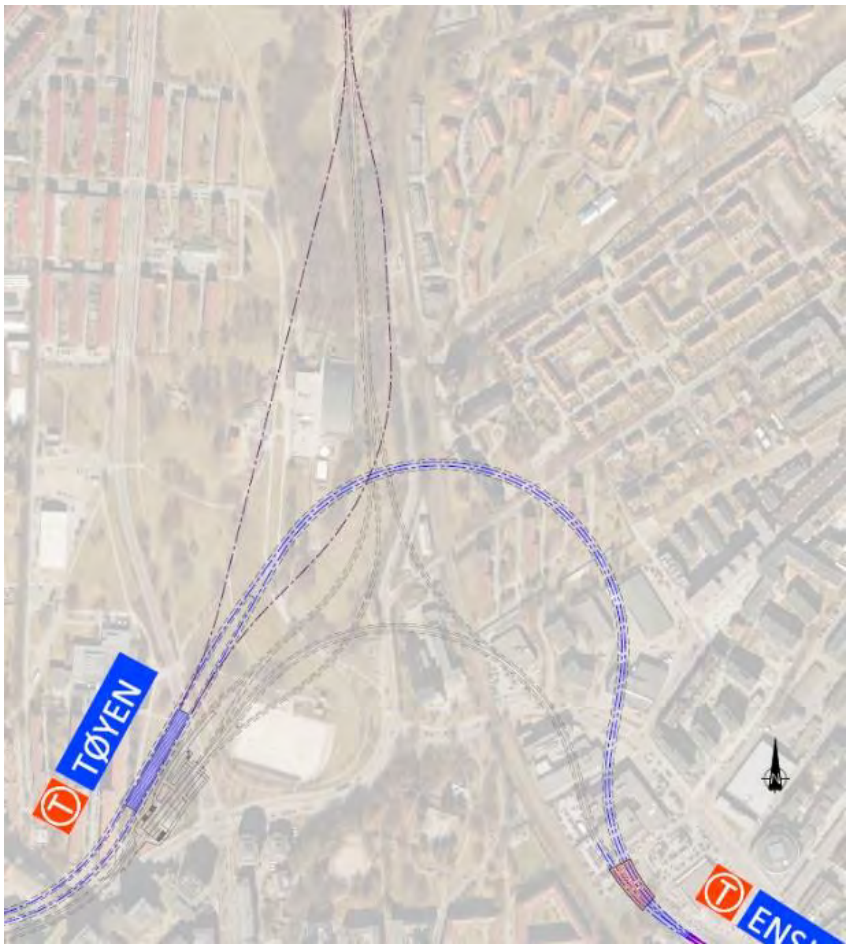
Det er også diskutert om eksisterende stasjon kan gjøres om til en løsning med midtstilt plattform, ved at spor 2 gjøres om til plattform. Det er da spor 1 og 3 som utgjør sporene på eksisterende stasjon, og det kan da skapes et relativt stort areal med en god tilkobling til ny stasjonshall. Dette forslaget er ikke vurdert spesielt i dette delprosjektet, men det foreslås at det ses nærmere på dette eller andre justeringer av eksisterende stasjon dersom et dypt løsningsalternativ blir valgt på Tøyen.

4.5.2.1.1 Mulighet for påkobling mot Carl Berner

Det er også skissert en mulighet for at T22 Dyp Tøyen kan kobles til eksisterende spor i retning Carl Berner, i tillegg til koblingen mot Ensjø. Se skisse under (viser kun senterlinje i plan). Det består av to 750-800 m lange enkeltspor inkl. veksel.

Dette alternativet er det eneste av de utarbeidete alternativer som kan få en slik tilkobling øst for Tøyen stasjon, som gjør at alle linjer fra øst kan benytte både ny og eksisterende sentrumstunnel. Dette under forutsetning av at det også bygges planskilte påkoblinger ved Ensjø (ref kap. 4.5.3).

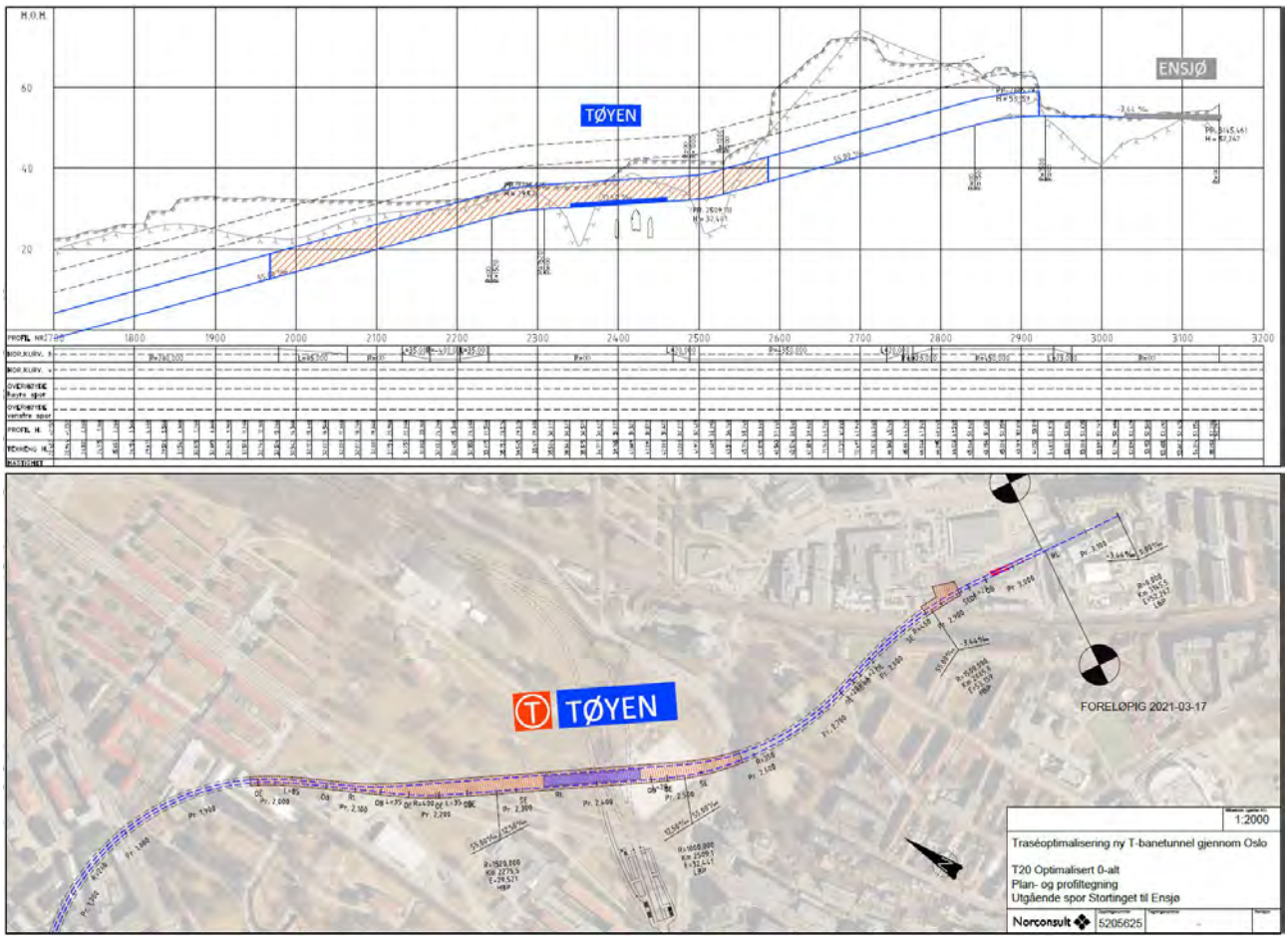
Det er ikke gjennomført noen trafikkanalyse for muligheten for å koble tunnelen både mot Carl Berner og Ensjø, men det har vært gjennomført en analyse av trafikantnytte som så på muligheten til å koble ny tunnel kun mot Carl Berner istedenfor Ensjø. Denne analysen viste at Ensjø er det beste alternativet om tilkoblingen skal skje enten mot Ensjø eller mot Carl Berner. Det er vurdert som nyttig, i det videre arbeid med prosjektet, å ha kjennskap til at det med T22 er mulig å bygge forbindelse både til Ensjø og Carl Berner. Denne muligheten åpner for å tenke nytt omkring rutetilbudet (altså hvilke linjer som skal kjøre i hvilken tunnel), som videre kan åpne for å diskutere hvor det er nødvendig med byttemuligheter mellom linjene. Dette delprosjektet har ikke hatt mulighet til å sjekke om dette for eksempel kan åpne for at bytter kan skje på Ensjø og Carl Berner i stedet for på Tøyen, og om det skaper mulighet for å diskutere om sakseløsningen på Stortinget er nødvendig.



Figur 42 Skissert tilleggsspor mot Carl Berner (lilla linjer).

4.5.2.2 T20 – Optimalisert 0-alternativ

Optimalisert 0-alternativ bygger i all hovedsak på anbefalt alternativ i KVU Oslo-Navet, med en grunn stasjon knapt 100 m nord for eksisterende stasjon, rett over eksisterende spor. Fordi det i dag er sterk stigning mellom Tøyen og Ensjø kan en slik horisontaltrasé ikke komme seg under eksisterende spor ved Tøyen.



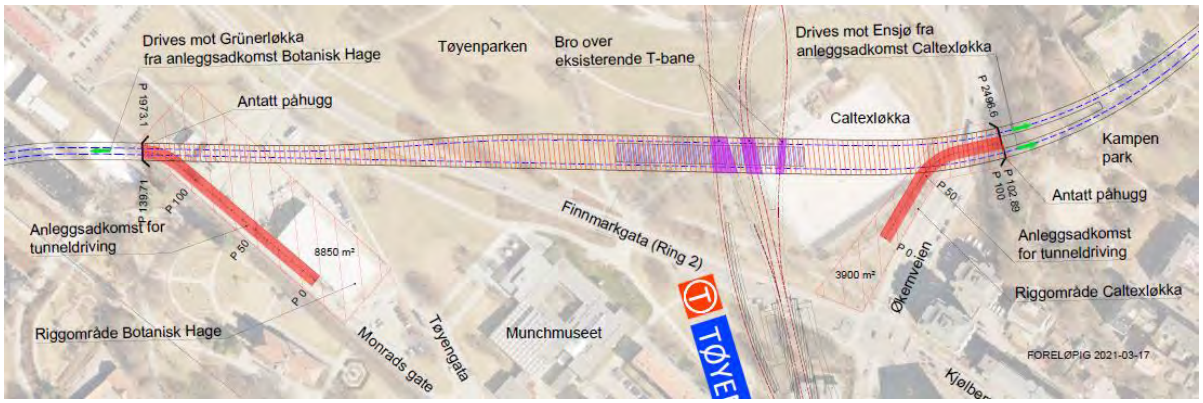
Figur 43 Løsningsalternativ T20, Optimalisert 0-alternativ.

Løsningen består av en lang åpen byggegrop med en kulvertløsning. Denne blir liggende grunt, og noe tilpasning av eksisterende terreng enkelte steder må regnes med uten at det er vurdert i detalj i dette delprosjektet.

Løsningsforslaget er tegnet med avgreining til en side av eksisterende tunnel ved Ensjø (dvs. kryssing i plan), som T22 men med avgreining mot syd. Som for T22 Dyp stasjon er det også for denne løsningen tegnet opp et forslag til planskilt kryssing, som omtales i kap. 4.5.3.

Overordnet om anleggsgjennomføringen

Det foreslås at det etableres riggområde i hver ende av byggegropen for kulverten. I tilknytning til disse anleggsområdene etableres det også anleggsadkomst for tunneldriving mot Grünerløkka og Ensjø. Kulverten strekker seg i parken mellom påhuggene for fjelltunnel mot Grünerløkka og Ensjø.



Figur 44 Forslag til anleggsområde og adkomstveier til tunneler for T20.

Kulverten vil krysse eksisterende tunneler, og pga. nærhet til disse må det antas gjennomslag, og det vil være behov for brukonstruksjon i kryssepunktet. Områdene er vist i Figur 43 (lilla punkter). Disse arbeidene vil medføre stengetid på T-banen.

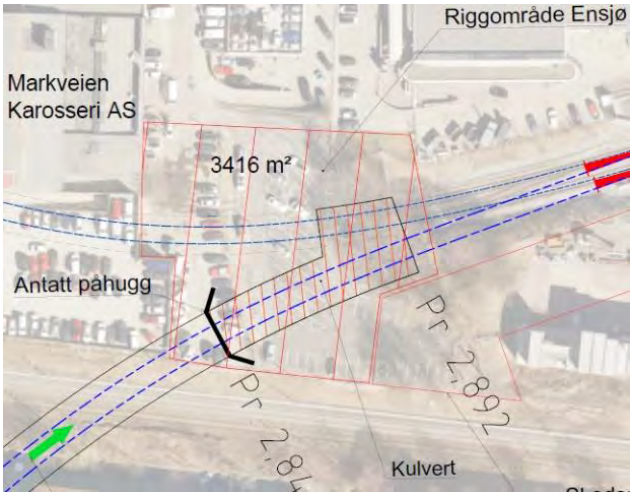
Bygging av selve kulvertkonstruksjonen kan foregå (samtidig) fra flere angrepspunkter langs kulverttraséen, og det må påregnes behov for at anleggsbeltet langs kulverten er tilpasset dette.

Noe veiomlegging/kabelomlegging for Finnmarksgata og Økernveien må påregnes, og en 1400 mm SP-ledning vest for gata er utfordrende og kan medføre dykket rør med pumping. Noe høydejustering av Finnmarksgata kan tilkomme der kulverten krysser veien (justeringsmuligheter av kulverten må ses nærmere på i kommende prosjektfaser).

Som vist for løsningsalternativ T22 Dyp stasjon så vil avgreiningspunktet på Ensjø kreve et riggområde for etablering av tunnelpåhugg og kulvert. Det samme gjelder for dette alternativet.

Det er viktig at dette arealet ikke bebygges før ny T-banetunnel er etablert.

Bygging av avgreningspunktet medfører stengetid på T-banen, men utføres samtidig med kryssingen av tunnelene ved stasjonen, som nevnt over, slik at stengetiden ikke økes.

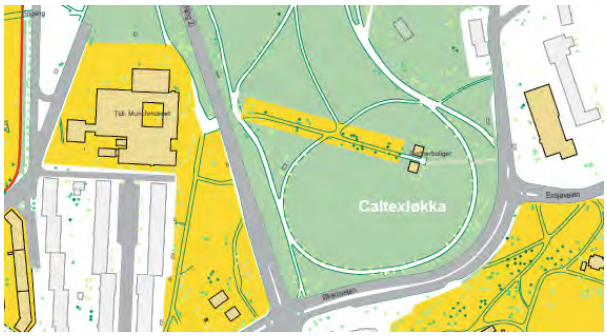


Figur 45 Skissert nødvendig riggområde på Ensjø ifm. avgreiningen.

Løsningen vil berøre noen områder negativt i anleggsfasen, noe som er kommentert bl.a. av Bymiljøetaten, Byantikvaren og Plan og bygningsetaten:

- Fotballbanen på Caltexløkka vil inngå i anleggsområdet under bygging. Det er mottatt innspill om at det er en lite gunstig løsning å benytte fritidsområder til anleggsområder. Erstatningsområder/ baner må forventes å bli et krav.

- Løsningen vil berøre gullistet område mellom Caltexløkka og Tøyenparken. Området er gullistet av Byantikvaren.



Figur 46 Caltexløkka og gullistet område nord for denne. Området vil sterkt berøres under anleggsgjennomføringen for T20.

Sporgeometrisk vurdering

Fra et fugleperspektiv er alternativet fra Grünerløkka stasjon til Ensjø planlagt med en bue nord for Naturhistorisk museum og ned mot eksisterende Tøyen stasjon, istedenfor en rett linje nærmere Tøyenbadet eller rett linje under Botanisk hage. Traséen er konstruert slik både for å få ny stasjonen relativt nært eksisterende stasjon, og fordi det trengs en lang nok trasé til at høydeforskjellen mellom Grünerløkka og Ensjø kan tas opp, og at det unngås områder med mye løsmasser nedover Trondheimsveien mot Nybrua. Det medfører S-kurver.

Den lange kurven fra Grünerløkka stasjon er vist med en horisontalkurve Rh=280 m (istedenfor tidligere normalverdien Rh=300) fordi man har lagt traséen nord for Trondheimsveien hvor det er mindre løsmasser. Fra Tøyen stasjon går horisontalkurvaturen i en s-kurve med R=350 / R=450, dvs. godt innenfor anbefalte verdier i teknisk regelverk.

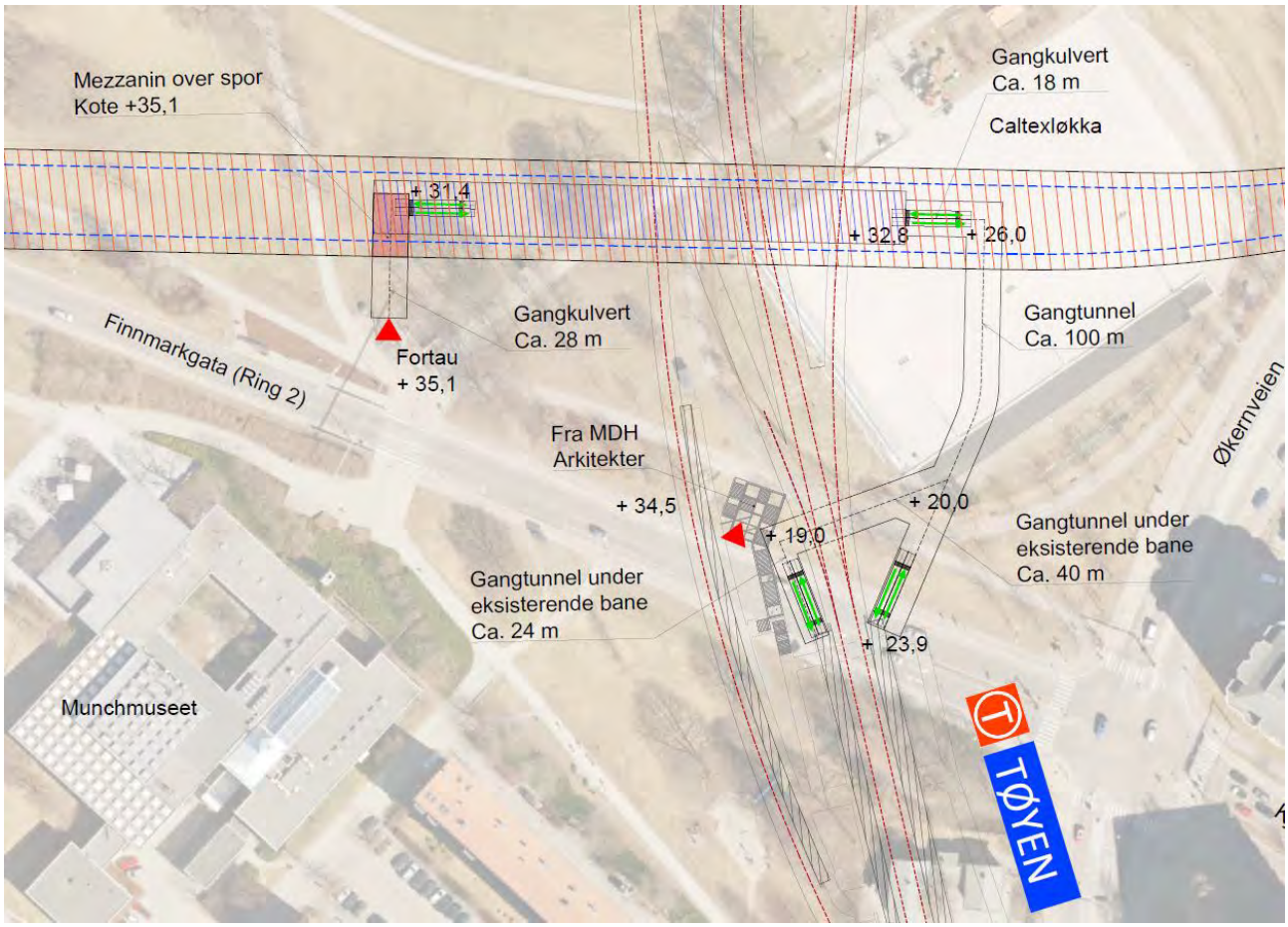
Hele traséen fra Grünerløkka til Ensjø er prosjektert med 5,5 % stigning, med unntak av stasjonene som ligger i 1,25 % stigning i henhold til grense for normalverdi i teknisk regelverk. Stigning på 5,5 % er minimumsverdien i teknisk regelverk, mot normverdien på 4 %. Dette vurderes som akseptabelt siden traséen ligger i tunnel og ikke er påvirket av klima og siden det ikke er mulig å ligge med mindre stigning med tanke på høydeforskjellen fra Grünerløkka til Ensjø. Det er brukt minimumsverdier for vertikalkurve, R=1000 lavbrekk og R=1500 i høybrekk for å få plass til vertikalkurve utenfor horisontale overgangskurver inn mot Tøyen og Ensjø stasjon.

Påkoblingen til eksisterende stasjon ved Ensjø skjer i plan med rettlinje for nytt spor og med 1:12 R=500 sporveksler for eksisterende spor. Det er avslutningsvis i dette delprosjektet sett nærmere på hvordan denne løsningen kan løses med planskilt påkobling, se kap. 4.5.3.

Hele traséen fra Grünerløkka til Tøyen er dimensjonert for 70 km/t i dette alternativet, med unntak av sporvekslene direkte før Ensjø stasjon som er dimensjonert for 65 km/t, men som uansett vil kjøres med lavere hastighet på grunn av nærhet til stasjonen.

Stasjonsløsning

For løsningsalternativet T20 er det tenkt utganger fra ny plattform i hver ende av plattformen. Mot nord vil utgangen kunne gå direkte opp til terreng i parken, og det må gjøres en terrengtilpasning her. Fra utgangen er det da bl.a. en nærhet til Finnmarksgata og busstopp der.



Figur 47 Skjematisk skisse av mulige koblingsløsning mellom T20 og eksisterende stasjonshall. Inkluderer også oppganger ved Finnmarksgata.

Den andre utgangen fra plattformen mot syd, vil være hovedinngangen til og fra ny stasjon. Denne vil gå ned fra plattform, og strekke seg i gangtunnel mot eksisterende stasjon. Her foreslås det at det vurderes en undergang under eksisterende spor, med rulletrapper direkte opp til eksisterende plattform i hovedtoghallen i dagens stasjon. I gangtunnelen mellom ny og eksisterende stasjon kan det etableres rullebånd for å øke forflytningshastigheten mellom ny og eksisterende stasjon.

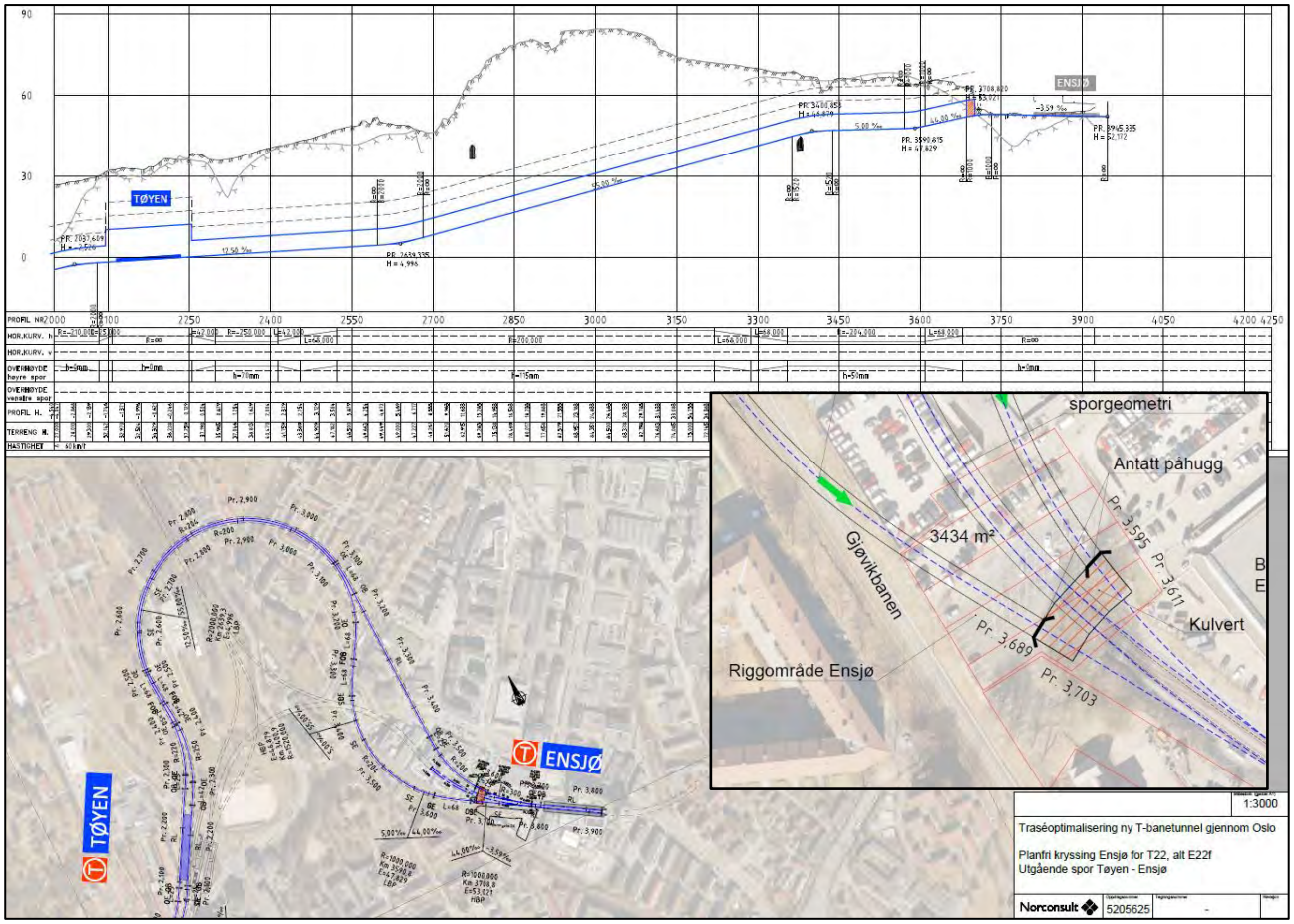
Videre lages det en oppgang også til Finnmarksgata. Denne kan inkludere eller kobles mot den nye rømningsutgangen som er planlagt fra eksisterende stasjon til Finnmarksgata. Det kan også vurderes å lage en oppgang nærmere krysset mellom Finnmarksgata og Økernveien.

4.5.3 Planskilt avgrening på Ensjø

I gjennomgang og vurdering av løsningsforslagene i dette delprosjektet er det funnet at forslagene også bør inneholde alternativer med planskilt kryssing på Ensjø, for å vise muligheten og konsekvensen. Det er funnet løsning for både 0-alternativet (T20) og Dypt stasjonsalternativ (T22). Løsningsalternativ T21, som er parkert som alternativ som tidligere angitt, har en planskilt løsning.

4.5.3.1 T22 med planskilt påkobling mot Ensjø

I vurderingen av planskilt avgrening ved Ensjø er det sett på en rekke løsninger, der det er landet på en løsning på som kalles E22f. Planskilte løsninger gir lengre tunnellengde, men dette vil avhenge av om det gjøres tiltak inne på Ensjø stasjon eller ikke. Den anbefalte løsningen har få tiltak på eksisterende bane, noe som reduserer stengetiden i anleggsfasen. Løsningen er vist nedenfor, og nytt utgående spor krysser over eksisterende tunnel ved Ensjø. Utgående spor strekker seg utenfor NRK-tomta.



Figur 48 Løsningsalternativ E22f, planskilt krysning for spor ved Ensjø for T22 Dyp stasjon Tøyen. Vurdert nødvendig anleggsområdet er klippet inn i figuren.

Utbyggingen som nylig er utført i Skedsmogata 24 ligger nært inntil eksisterende T-banelinje ved Ensjø stasjon. Denne utbyggingen skaper en begrensing i handlingsrommet for avgreiningsalternativer.

Sporløsningen på Ensjø er utarbeidet slik at utgående nytt spor ligger på rettlinje, mens inngående nytt spor ligger i en gjennomgående R=300-kurve noe nærmere stasjonen. Sporlengden (langs utgående spor) økes med ca. 450 m i forhold til T22. Dette gir behov for evakueringsruter da lengden fra stasjon til tunellportalen blir hhv 1100 og 1200 meter for inn- og utgående spor. Det medfører også at traséen kommer på kritisk linje i anleggsgjennomføringen, noe som vises med en marginal økning i forventet byggetid i Tabell 11.

Tabell 11: Operasjonalisert sammenligning av forventningsverdier for hovedalternativ 1 (HA1) med kryssing i plan og HA1_E22F med planskilt kryssing på Ensjø.

Kriterier operasjonalisert	HA1	HA1_E22F (planskilt kryssing)
Sporlengde [m]	12394	13135
Spor I kulvert [m]	93	0
Reisetid trasé [s]	566	607
Prosjektkostnad [MNOK]	**0**	**508**
Bærekraftskostnader [MNOK]	0	27
Avvikskostnader [MNOK]	0	17
Levetidskostnader [MNOK]	0	50
Reisekostnad for passasjerer [MNOK]	0	364
Forventningsverdi sum måloppnåelse [MNOK]	0	966

I sum reduserer måloppnåelse over alle kriterier med 0.9 MRD, hvorav økt prosjektkostnad bidrar med omtrent 0.5 mrd. I tillegg øker reisetiden i traséen med nesten 40 sekunder, noe som reduserer passasjernytten betydelig. En mulig nytte av planskilt løsning er en avvikssituasjon hvor det kan kjøres tog både i ny og gammel trasé mellom Ensjø og Tøyen. Nytten av dette er ikke avklart, men den er trolig klart lavere enn 1MRD. Tomkjøring mellom ny og gammel tunnel vil også være enklere med planskilt løsning.

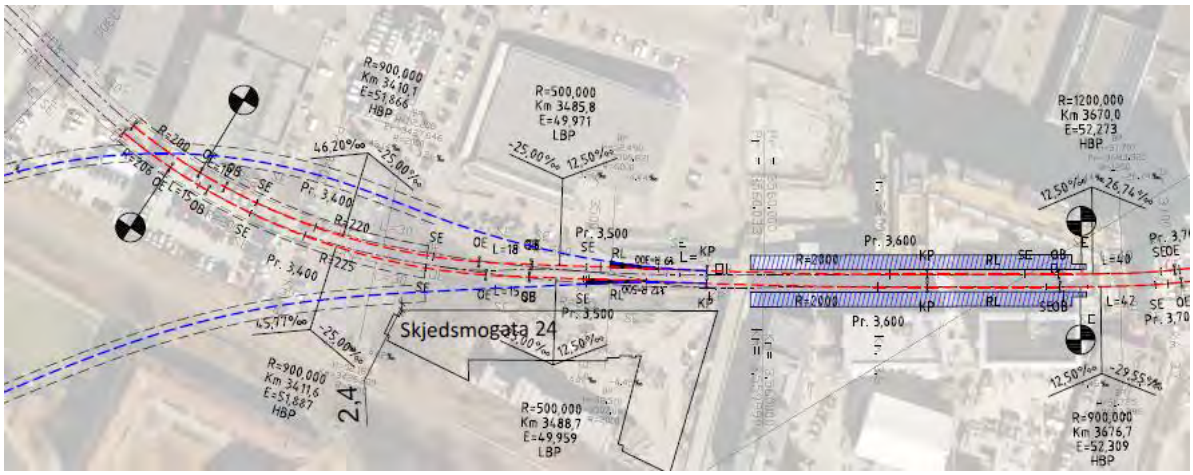
4.5.3.2 T20 med planskilt påkobling mot Ensjø

Det er utarbeidet løsning for planskilt kryssing for løsningsalternativ T20 0-alternativet. En planskilt kryssing, kontra avgreining til en side og kryssing i plan, vil medføre betydelige merkostnader og stengetider. For en mer detaljert gjennomgang av behovet for planskilt kryssing henvises det til «fagrapport Sporgeometri».

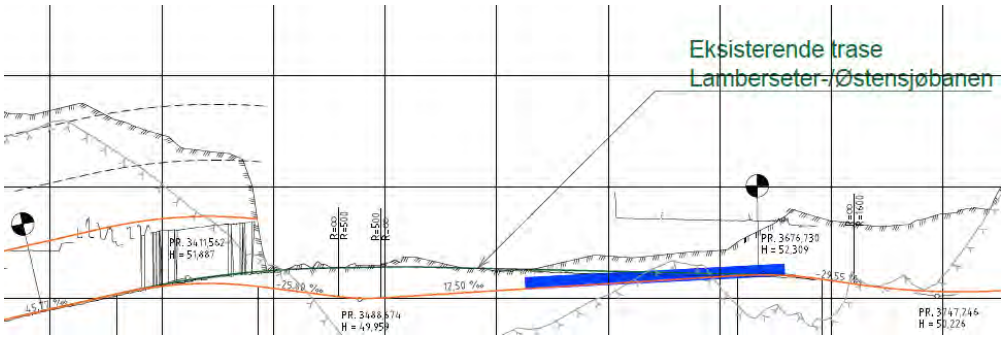
I et planskilt alternativ må inngående spor krysse under eksisterende tunnel, mens det andre sporet slipper kryssing og svinger friere. Utfordringen med å få til planskiltkryssing på Ensjø for 0-alternativet (T20) kommer av det er veldig kort rett og flat strekning før eksisterende linje faller bratt ned mot Tøyen. Dette medfører at det er vanskelig å synke raskt nok med inngående linje uten at det gjøres justeringer på eksisterende sporgeometri som muliggjør at inngående nytt spor kan synke raskt nok til å krysse under eksisterende tunnel.

Kort oppsummert må eksisterende spor på Ensjø stasjon senkes (fall 12,5 ‰ mot nord/ vest), samt legge inn en svak kurve langs halvparten av Ensjø stasjon (R_h=2000). Se for øvrig fagrapport sporgeometri for ytterligere detaljer [10]. Løsningsforslaget vises under.

Tiltaket vil medføre stengetid på eksisterende bane, men det er forventet at enkeltsporet drift vil være mulig.



Figur 49 Plantegning for planskilt kryssing basert på T20.



Figur 50 Lengdeprofil ved planskilt kryssing basert på T20. Senkning av eksisterende linje vises. (R_V=500 fordi dette er justering av eksisterende bane og lavbrekk nær stasjon)

En planskilt kryssing medfører knappe 50 meter ekstra spor, men hastighetsbegrensning, spesielt på inngående spor, resulterer i at reisetiden øker med ca. 10 sekunder gjennom traséen, og vil sammen med nedstenging av et spor opp mot Bryn i en betydelig andel av byggeperioden medføre betydelig reduksjon i passasjernytte. En bredere portal, betydelig behov for omlegging av spor på begge sider av påkobling, samt både senking og vertikal krumming av plattform gir en forventet økning i prosjektkostnader på over 0.6 MRD. Samlet sett er reduksjon i måloppnåelse i samme størrelse som for Hovedalternativ 1 (HA1), på 0.9 MRD som vist i Tabell 12.

Alternativ T21 «Kort Ensjø», som vist i kap. 4.5.1.1, vil da være en rimeligere løsning for å få til en planskilt kryssing. Den gir totalt sett besparelser, som identifisert i arbeidet på fokusområde Tøyen, men er en (svært) lite optimal løsning for passasjerene og har også en økning i levetidskostander, slik at total forventet måloppnåelse synker betraktelig. Stasjonsalternativ T21 på Tøyen er den minst dyre løsningen for å oppnå planskilt kryssing, men gir en samlet måloppnåelse som er 0.5 mrd dårligere enn 0-alternativet.

Sammenlignet med HA1, kryssing i plan er T21 Kort Ensjø for øvrig 100 MNOK dyrere, og har nesten 700 MNOK lavere passasjernytte. 0-alternativet, med T21-løsningen på Tøyen, har samlet sett 4 mrd dårligere måloppnåelse enn Hovedalternativ 1 (HA1).

Tabell 12: Operasjonalisert sammenligning av forventningsverdier for optimalisert helhetlig 0-alternativ med kryssing i plan på Ensjø og med planskilt kryssing (løsning E20B på Ensjø). I tillegg er T21, som allerede har en planskilt påkobling mot Ensjø, satt inn som løsning på Tøyen i helhetlig 0-alternativ.

Kriterier operasjonalisert	Helhetlig 0-alternativ	Helhetlig 0-alternativ med planskilt på Ensjø (E20B)	Helhetlig 0-alternativ med stasjonsløsning T21 på Tøyen
Sporlengde [m]	11337	11373	11192
Spor I kulvert [m]	2914	2951	2741
Reisetid trasé [s]	541	552	572
Prosjektkostnad [MNOK]	**0**	**685**	**-132**
Bærekraftskostnader [MNOK]	0	5	-4
Avvikskostnader [MNOK]	0	67	43
Levetidskostnader [MNOK]	0	24	197
Reisekostnad for passasjerer [MNOK]	0	94	402
Forventningsverdi sum måloppnåelse [MNOK]	0	874	505

Tilsvarende som for Hovedalternativ 1 (HA1) er ikke nytteeffekten av planskilt løsning inkludert. Analysen forutsetter at kryssing i plan og planskilt ikke gir relevant kapasitetsbegrensning i normalsituasjon, men i avvikskjøring med trafikk på både ny og gammel trasé mellom Tøyen og Ensjø vil ikke dette være tilfellet. Nytten av dette bør beregnes separat og vurderes mot reduksjon i måloppnåelse på de øvrige parameterne som vist i tabellen over.

4.6 Trinnvis utbygging

Av investeringshensyn kan trinnvis utbygging bli et aktuelt scenario. Når dette skal vurderes vil det være en rekke faktorer som spiller inn, som nytteverdi, trafikkbehov, m.fl.

Følgende forhold/ tanker har vært diskutert i prosjektet:

1. Antall reisende og avlastningsbehov er størst i øst, og østre del bør derfor prioriteres bygd ut først.
2. Vestre del av eksisterende sentrumstunnel har det største rehabiliteringsbehovet, og derfor bør vestre del bygges først, slik at dagens tunnel kan rehabiliteres.
3. En trinnvis utbygging bør strekke seg til Stortinget for at det skal være noe nytteverdi i investeringen.
4. Om man midlertidig bør koble sammen ny vestre og ny østre del, mens eksisterende tunnel rehabiliteres og man gjør den klar for tilkobling.
5. Sentrumstunellen får først stor nytte når den er ferdig utbygd. Dette taler for en rasjonell og effektiv utbygging av hele prosjektet uten unødig opphold.
6. Investeringskostnaden vil øke med en trinnvis utbygging

I dette delprosjektet har trinnvis utbygging ikke vært del av oppdraget, og det er ikke gjennomført egne vurderinger og analyser av slike scenarier. Det kan være mange parametere, inkl. politiske beslutninger, som påvirker hva som evt. skal velges av utbyggingsscenario. Ut fra tanken om at dette er aktuelle tema, har det for flere alternativer på Stortinget blitt skissert hvordan en trinnvis utbygging kan skje. Enkelte av disse skissene vises senere i rapporten.

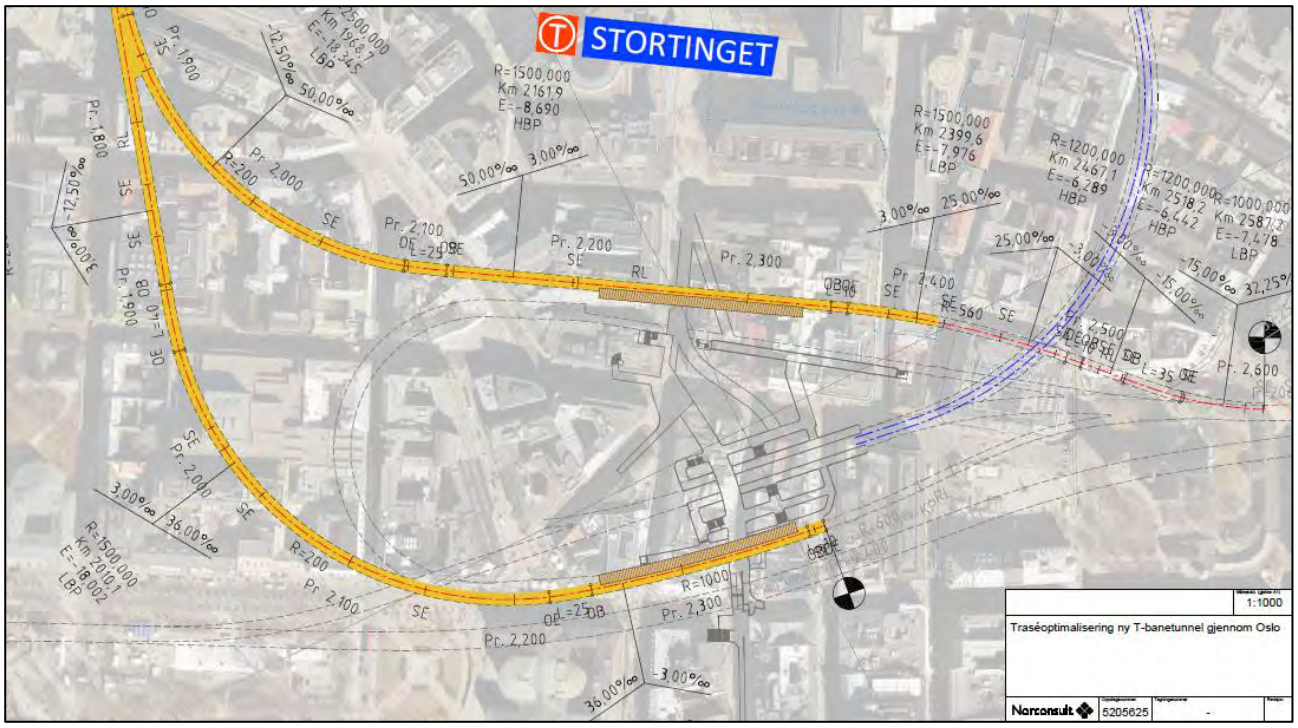
Delvis utbygging er **et premiss som må avklares i neste fase**, da løsningen på Stortinget og detaljeringen av denne bør inkludere behovet for en midlertidig løsning. Det kan også få betydning for behov for om det er behov for planskilt løsning på Ensjø eller ikke. Neste avsnitt beskriver kort hvilke muligheter som er vurdert for trinnvis utbygging basert på løsningene for Stortinget.

Trinnvis utbygging for alternativene på Stortinget

Det finns muligheter for trinnvis utbygging for både løsning S25c og S20d, men det er forskjell på hva disse løsningsalternativene kan løse.

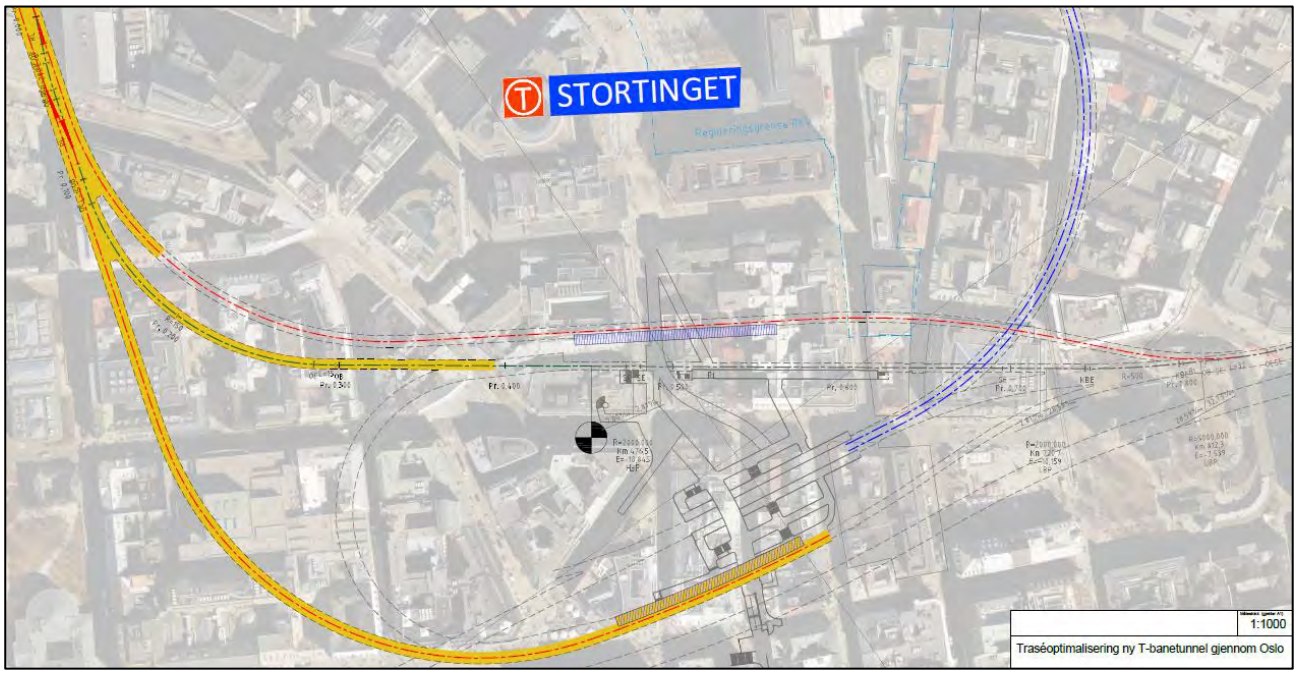
S20d/ 0-alternativet vil fortrinnsvis egne seg med utbygging fra vest. Enten ved at den nordre tunnel/plattform først bygges som buttspor, eller at man kobler seg rett på både eksisterende nordre og søndre vendesløyfe. Da vil man kunne ha gjennomgående spor mellom øst og vest fra begge plattformer. Se Figur 51 og Figur 52. Bygging med buttspor, som vises i Figur 51, er ikke vurdert som en rasjonell/ effektiv midlertidig løsning for S20d.

S20d er ikke funnet hensiktsmessig å bygge først fra øst fordi man da vil pådra seg like store driftsforstyrrelser/ stengninger som ved bygging av hele strekningen.



Figur 51 Mulighet for trinnvis utbygging fra vest basert på løsningsforslag S20d. Gule tunneler bygges da i første byggetrinn. Som det kommer frem av figuren kjøres nordre spor i butt.

Som et alternativ kan en midlertidig utbygging fra vest ta i bruk begge plattformer i eksisterende vendesløyfe.



Figur 52 Alternativ løsning for en trinnvis utbygging basert på løsning S20d (0-alternativet), der begge eksisterende plattformer i vendesløyfa tas i bruk. Spor benyttes også i permanent fase for mulighet til oppstalling.

S25c vil være veldig fleksibel og kan bygges trinnvis både fra vest og øst ved å benytte et kort midlertidig spor på østsiden av stasjonen, som vist på Figur 53. Dette er løsninger som er vurdert å gi mindre driftsforstyrrelser/ stengninger enn S20d/ 0-alternativet.

Noen begrensninger i drift/togfremføring må regnes med på Stortinget og Tøyen ifm sprengningsarbeidene.

Figur 53 Mulighet for trinnvis utbygging fra øst basert på løsningsalternativ S25c. Her bygges tunnel som et buttspor i retning Tøyen (tilstrekkelig langt til at videre utbygging kan skje uten driftsforstyrrelser.

4.7 Stenging av eksisterende linjer ved anleggsgjennomføring

Ved bygging av ny T-banetunnel vil det bli behov for stengning av eksisterende linjer i korte og lengre perioder. I fagrapport anleggsgjennomføring [8] er det gjort vurderinger av nødvendig stengetider for anbefalte løsninger på Stortinget og på Tøyen. Disse vurderingene er lagt til grunn i analysene inkl. kostnadskalkylen.

Generelt

Det vil være behov for å stenge eksisterende T-bane i korte og lengre perioder når påkobling til eksisterende tunneler skal skje, eller når det skal sprenges nær eksisterende bane. Det samme gjelder ved de stedene der ny tunnel skal krysse over eller under eksisterende tunneler. Behovet for å stenge skyldes både sikkerheten til arbeiderne og de reisende, men også at eksisterende infrastruktur må rives.

I tillegg til påkoblinger ved Ensjø og Majorstuen er det ved Stortinget og Tøyen det vil være behov for stengning av eksisterende bane. For Stortinget vil stengetiden kunne bli betydelig større enn for andre steder, som skyldes mer kompliserte og dertil langvarige arbeidsprosesser.

Det vil være mulig å drive ut tunnel nært inntil eksisterende tunneler før det er nødvendig med full stengning av eksisterende bane. Sprengning nær eksisterende stasjon og tunnel vil for eksempel kreve at stasjon tømmes og trafikk stanses når sprengning skjer. Det må i slike tilfeller legges opp til et system med for eksempel sprengning på gitte tidspunkt i løpet av døgnet der trafikken da stanses i en kortere periode. Trafikken vil da opprettholdes med unntak av disse tidspunktene, som kan antas å være en til to ganger i døgnet.

Når sammenkobling av ny og eksisterende tunnel skal skje vil det sprenges så nært som mulig eksisterende T-banetunnel før trafikk i denne stanses. Det bør i slike tilfeller vurderes om det er mulig å etablere for eksempel enkeltsporet drift forbi påkoblingsstedet etter at gjennomslag er gjort.

Generelt må denne typen arbeider detaljeres svært nøye for både å ha kontroll på faktisk stengetid og på sikkerheten i gjennomføringen. I videre arbeider i prosjektet bør dette vies spesiell oppmerksomhet.

Stortinget stasjon

For både alternativ S20d og S25c må vendesløyfa helt eller delvis stenges når nye tunneler bryter inn i denne.

Hovedutfordringen er imidlertid knyttet til når tunnelen skal kobles sammen inne i dagens hovedtunnel. Når disse påkoblingene skal skje ved/ under Kirkeristen vil det bli relativt lange stengetider. Ulempen med å holde i gang en viss form for trafikk er at man normalt vil øke den totale byggetiden/ stengetiden i området. Det vil være en avveining opp mot kostnader og total bygge/ stengetid om det skal legges til rette for noe trafikk forbi påkoblingsområdet.

Nedenfor beskrives kort hva som nå er lagt til grunn av behov for stengning av banen.

Løsningsalternativ S20d

- Først 50 dager full stengning av begge spor i hovedsporet
- Deretter 200 dager stengning med antatt mulighet for drift på det ene sporet forbi og gjennom Stortinget stasjon.
- Til slutt 20 dager stengning for bygging/sammenkobling av JBT (spor og elektro)
- I stengetiden kan trafikk kjøres til buttspor på Stortinget stasjon fra vest og det samme på Jernbanetorget stasjon fra øst (med midlertidig overkjøringsspor). Noe trafikk kan da opprettholdes.

Løsningsalternativ S25c

- Et viktig poeng med denne løsningen er at ny tunnel kan bygges med midlertidig spor, uten saksing og påkobling til eksisterende tunnel, slik at trafikk kan settes på ny tunnel når eksisterende tunnel stenges. Det kan da være trafikk mellom Majorstuen-Bislet-Stortinget (25c)-Grünerløkka-Tøyen-Ensjø.
- Samtidig kan det være drift/butt med vending til Stortinget fra vest og Jernbanetorget fra øst.
- 200 dager stengning av eksisterende hovedspor (mens T-bane-drift i ny tunnel som nevnt over kan pågå)
- + 20 dager Stengning for bygging/sammenkobling av JBT (spor og elektro)

Dersom kobling mot Carl Berner også etableres for løsningsalternativ T22, som skissert i kap. 4.5.2.1.1, kan ytterligere trafikk gå gjennom ny tunnel om det da etableres midlertidig spor på Stortinget.

TØYEN/ ENSJØ

T20 0-alternativet:

Det er anslått til 70 dager stengning av hovedspor til Ensjø for å drive over eksisterende tunnel. Påkobling ved Ensjø gjøres i samme tidsrom.

For planskilt løsning på Ensjø kreves senking av stasjonen og betydelig lengre stengning, anslått til ca. 5 måneder. Her vil en mer detaljering avklare om det er mulig med lengre perioder med ett-spors-drift.

T21 Kort Ensjø:

Det er vurdert behov for en stengetid på ca. 60 dager ift bygging Tøyen Ensjø. Påkoblinger i tunnelen kan utføres med ett-sporsdrift i lengre perioder, da med oppsatt sikkerhetsvegg og midlertidig veksel lagt inn.

T22 Dyp Tøyen:

Det er anslått å være behov for å stenge eksisterende spor/ stasjon på Tøyen i to korte perioder per dag (inntil 1 t) pga. rystelser ved sprengning nær eksisterende tunnel og stasjon. Det er grovt anslått at denne stengningen, samme med etableringen av ramper/sammenkoblinger mellom ny og eksisterende stasjon, utgjør ca. 20 dager total stengning. Påkobling ved Ensjø er grovt anslått til 70 dager stengning.

Ved planskilt løsning vil stengetiden på Ensjø kunne reduseres, men man får behov for en stengning for å bygge kryssing over eksisterende hovedtunnel. Utvidelse/stross, sikring og ny betongutstøpning i eksisterende tunnel er anslått til i gi en stengetid på ca. 40 dager.

4.8 Avvikskjøringsmuligheter

Dette delprosjektet har ikke gjort noen særskilt vurdering av behov for overkjøringsspor i nye tunneler, eller lagt spesielt til rette for dette. Slike forbindelser kan være viktige for trafikkavvikling i avvikssituasjoner, men de er også slitasjepunkter som krever hyppigere vedlikehold. I dagens rutenett er det et begrenset antall overkjøringsspor, og det er antatt at det vil bli aktuelt med enkelte på nye strekninger. Det overlates til en senere fase å konkretisere dette, og evt. optimalisere for dette der det er aktuelt.

Overkjøringsspor legges primært på rettlinjer med stigning innenfor normalkrav. Det er få slike strekninger i de utarbeidete sporplaner. Innarbeiding av overkjøringsspor vil derfor ofte medføre justering av geometri i hovedspor, f.eks. krappere kurver (med lavere hastighet) for å få plass til rettlinjer. **Antall og plassering av ønskede overkjøringsspor er derfor en viktig premiss for det videre sporgeometri-detaljarbeidet.**

Ruter har mot slutten av delprosjektet selv kommet med en del tanker på hvordan overkjøringsspor kan innarbeides for å gi best mulig trafikktilbud ved avvik:

- I ferdig situasjon, dersom en av sentrumstunnelene stenges: Det er da ønskelig at brutte linjer snur ved Majorstuen og Tøyen, da det ved disse stasjonene er overgangsmuligheter til den andre tunnelen som er i drift. Da må det være overkjøringsspor, fortrinnsvis «utenfor» stasjonen. Med 2 overkjøringsspor kan begge plattformer på stasjonen benyttes, som gir økt kapasitet. Ny Majorstuen stasjon er delvis tilrettelagt for dette. Dagens Tøyen er ikke tilrettelagt slik.
- I en ferdig situasjon, med stengt trafikk i begge tunneler: Togene bør kjøre så langt som mulig før de snur, det er derfor ønskelig med overkjøringsspor ved alle sentrumsstasjoner.
- I byggefase for ny Sentrumstunnel er det flere alternative faseplaner, som vil gi forskjellige ønsker om overkjøringsspor nær stasjoner.

I praksis vil det ikke være sporteknisk mulig å etablere så mange overkjøringsspor som omtalt her. Det vurderes som at det bør utarbeides en prioriteringsliste for ønsker, og så kan sporprosjekterende se på mulighetene.

Ruter beskriver at dagens situasjon er slik:

- Stortinget: spor som brukes til gjennomgående tog har dobbelt overkjøringsspor vest for plattformene.
- Jernbanetorget: et dobbelt overkjøringsspor vest for stasjonen
- Grønland: et enkelt overkjøringsspor øst for stasjon (fra spor mot sentrum til spor fra sentrum).
- Mellom Tøyen og Carl Berner: et dobbelt overkjøringsspor. Overkjøringssporet ligger for langt fra Tøyen for bruk til vending av togtrafikk ved stasjon

For de som ikke har kunnskap om prosjektet kan det fremstå som at togene i fremtiden kan velge tunnel ved Stortinget. Trang plass og at tunneler skal krysse i forskjellige plan gjør dette stort sett umulig. I enkelte alternativ kan man se på muligheter for enkelte forbindelser med lav kvalitet for arbeidsvogner, som ikke er aktuelle for tog i rutetrafikk.

Eksisterende vendesløyfe på Stortinget er verdifull i dag til avvikshåndtering. Sløyfen ødelegges i alle uttegnede alternativer med sakseprinsipp (kryssende spor). Dersom Regjeringskvartalet ikke hadde lagt føringer om høyde ved Møllergata, ville mulighetene bedret seg for å se på justering av sløyfen (med sterkt redusert oppstillingsmulighet).

4.9 Sporgeometri - utfordringer og fravik

I dette prosjektet har det vært fokusert på å oppnå god sporgeometri, og helhetlig linjeføring har vært løftet frem som et eget fokusområde. Det har vært jobbet på et relativt sett høyt detaljeringsnivå i forhold til både plannivået og tidligere utredninger om ny T-banetunnel.

Premissene for prosjektet med hva som er endepunkter, i hvilke områder det skal være stasjoner, store høydeforskjeller mellom disse stedene, utfordrende grunnforhold, samt begrensingene nytt Regjeringskvartal tilfører planområdet, gir til dels vesentlige utfordringer med å oppnå god linjeføring. Ved søk etter alternative stasjonsplasseringer og traséer har sporgeometri innenfor normalverdier i Sporveiens Tekniske regelverk alltid vært et vesentlig mål å tilstrebe. Det har imidlertid fra tidlig i prosjektet vært klart at det er noen vesentlige utfordringer, der stigning i øst og horisontalkuver rundt Stortinget stasjon kan nevnes spesielt. Med de gjeldene premissene for prosjektet er det ikke mulig å lage realistiske alternativer helt innenfor normalkravene. Dette er noe av grunnen til at det er utarbeidet flere alternativer.

Det er i noen grad testet ut alternativer som strekker eller bryter med planprogrammets premisser for å se om det kan gi vesentlige fordeler. Det er blant annet tegnet og vurdert alternativ uten sakseprinsippet på Stortinget, det er tegnet alternativer med stasjoner langt nord på Grünerløkka, det er skissert alternativer som ender lenger øst enn Ensjø og det er tegnet alternativer som går innunder sørligste del av Regjeringskvartalet. Det er også skissert og diskutert om tilknytning mot Carl Berner, som erstatning eller i tillegg til tilknytning mot Ensjø, kan være en løsning.

Et alternativ uten saksing av linjene på Stortinget kan vurderes tatt med som referanse i videre utredninger. Stasjonsplassering lenger nord på Grünerløkka anbefales ikke tatt med videre, da grunnforholdene er krevende også her, og traseen blir en del lengre. Tilknytning mot Carl Berner kan være aktuelt som ekstra sportilknytninger for å oppnå større driftsfleksibilitet, men forutsetter da at dyp løsning velges på Tøyen.

Ved Stortinget har nytt Regjeringskvartal ført til at handlingsrommet for tilpasning av linjene for et nytt system har blitt vesentlig begrenset. Dette er både en begrensing mot nord ved Møllergata 3, men spesielt en vertikal begrensing tilknyttet ny energiforsyning til Regjeringskvartalet. Dette i kombinasjon med at berget faller relativt mye mot øst medfører at dette delprosjektet mener at bruk av minimum og maksimums verdier til sporgeometriens normkrav må benyttes. Det vurderes at det er lite muligheter for endret handlingsrom mot Regjeringskvartalets regulerte grenser, men dette bør endelig bekreftes i senere prosjektfaser.

Forslaget om å senke linjene og stasjonene slik at stasjoner kan legges i berg, og løsmassetunneler i størst mulig grad kan unngås, har en stor positiv effekt på prosjektkostnadene og for påvirkning på byen i byggefasen. Høydeforskjellene blir imidlertid større med et slikt grep, og behovet for å benytte seg av stigninger utover normkravet blir da aktuelt.

Stigninger over normalkrav

Fra Tøyen til Ensjø er det på grunn av høydeforskjellen mellom stasjonene ikke funnet alternativer som har stigning innenfor normverdien på 40 ‰. Alle alternativene det er sett på har strekninger med fall på maksimumsverdi i teknisk regelverk på 55 ‰. Det samme gjelder i vest for alternativene med dyp stasjon på Bislett. Det er også nødvendig med stigning over 40 ‰ ved Stortinget stasjon for å oppnå en planskilt kryssing iht. premisset om saksing av linjer/ tunneler. Stigninger over 40 ‰ er ikke uvanlig i Oslo. Ettersom de nye bratte strekningene i sin helhet fremføres under bakken, fri for påvirkning fra klima, vurderes en stigning opp mot maksimumsverdi som akseptabelt.

Krappe horisontalkurver under normalkrav

Ved Stortinget og ved Tøyen har det vært nødvendig å benytte horisontalkurver under normverdien på R=300. Ved Stortinget er det nødvendig å benytte R=200 kurver for å unngå store løsmasseområder øst og

vest for stasjonen samt å få til saksing av tunneler og tilkobling til de eksisterende spor med akseptable konsekvenser i anleggsfasen. Bruken av minimumsradier vil senke kjørehastigheten inn mot stasjonen, men fordi tog uansett skal stoppe på stasjonen, vil slike radier gi begrenset effekt på reisetiden.

For HA2 er det ved Stortinget vist R=1000 m langs østgående plattform i eksisterende vendesløyfe. Dette er det eneste fraviket fra maks/min-verdier i teknisk regelverk i de to hovedalternativene. R=1000 er en bedring fra eksisterende situasjon, men det blir viktig å vurdere i videre prosesser om det er akseptabelt i en ny situasjon. Det er sett på alternativer med rettlinje og med R=2000 kurve langs plattform, men disse alternativene medfører at T-banen kommer problematisk nært eksisterende jernbanetunnel, samt at det må påregnes vesentlig refundamentering av eksisterende bebyggelse.

I alternativene er det dette som vurderes å være viktigst å oppsummere med hensyn til. lav sporkvalitet:

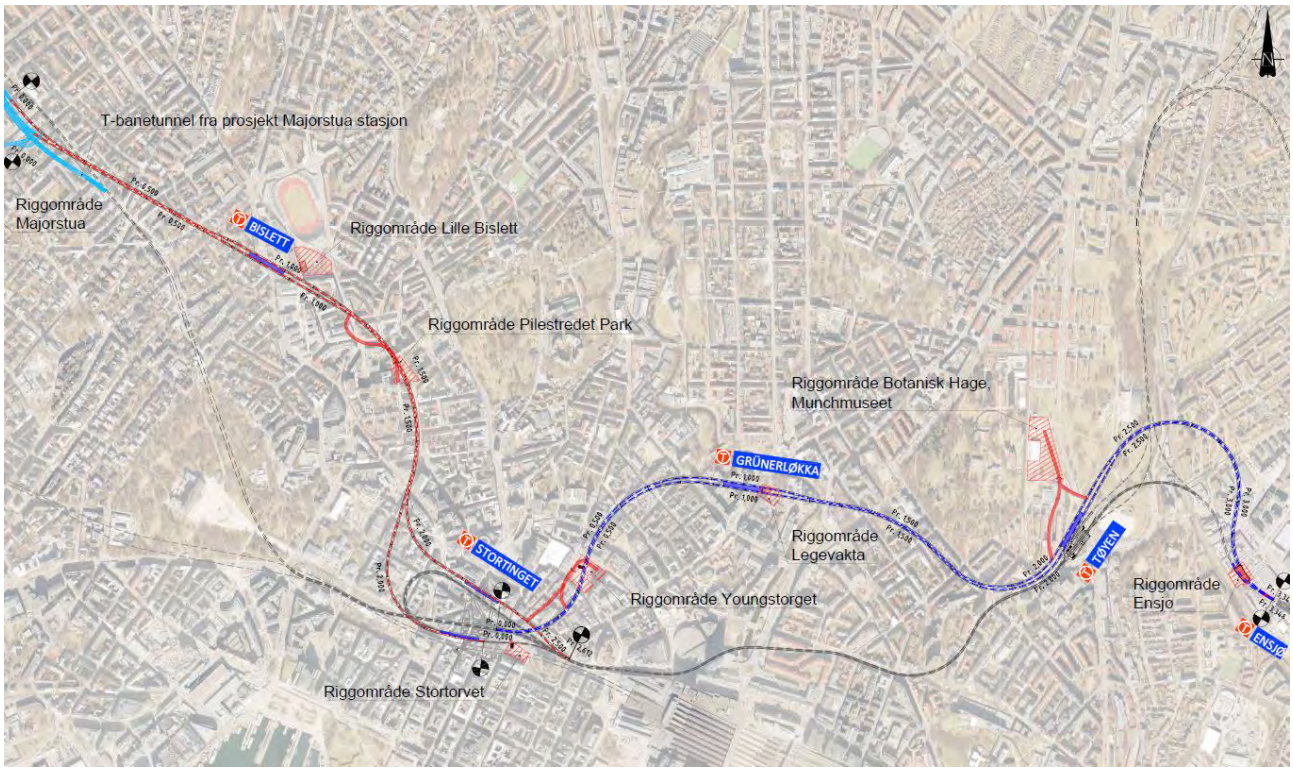
- R=1000 horisontalkurve langs plattform for spor fra Majorstuen til Stortinget i alternativ HA2, dette vurderes å kreve fravik. Det påvirker sikt for fører langs vogn og det gir 19 mm vognutslag og derved større glippe mellom vogn og plattform ved dører.
- 1:9 R=190 veksler mellom Tøyen og Ensjø i alternativ T21. Gir hastighetsreduksjon midt mellom to stasjon, redusert komfort og økt slitasje.
- R=200 horisontalkurve direkte før og etter Tøyen stasjon i alternativ HA1. Gir hastighetsreduksjon, men lite tidstap.
- R=200 horisontalkurve direkte før og etter Stortinget stasjon i både alternativ HA1 og HA2 Gir hastighetsreduksjon inn mot stasjon, men lite tidstap.
- 55 ‰ stigning fra Grünerløkka til Ensjø (ekskludert Tøyen stasjon) i alternativ HA1.
- 55 ‰ stigning fra Tøyen til Ensjø i alternativ HA2.
- 55 ‰ fall fra Majorstuen til Bislett i alternativ HA1.
- 55 ‰ fall direkte etter Bislett i alternativ HA2.

5 Anleggsgjennomføring

I arbeidet med optimalisering av trasé er også mulig anleggsgjennomføring for prosjektet vurdert (ref. [8] og [9]). I vurderingene som er gjort i dette delprosjektet er det lagt til grunn konvensjonell tunneldriving, dvs. utført med boring og sprengning. Årsaken til at dette er lagt til grunn nå er på grunn av relativt korte strekninger, med flere stasjoner som må drives konvensjonelt. Det bemerkes imidlertid at drivemetode ikke har vært hovedtema i arbeidet som er gjort nå, og dette temaet må utredes mer i detalj i senere prosjektfaser.

En vesentlig anbefaling for anleggsgjennomføringen er at det etableres angrepspunkter/ tverrslag til alle tunnelstrekninger mellom stasjonene, samt at det legges til rette for at det kan etableres sjakter på stasjonene for driving og bygging av stasjon fra disse, se figur under. Dersom ikke dette kan gjennomføres vil det forlenge anleggstiden vesentlig, og det fremstår som viktig at det jobbes for et slikt konsept fremover. I figuren under vises mulige angrepspunkter for anbefalt linje.

Det er forutsatt omfattende forinjeksjon for å tette berget tilstrekkelig til betongliningen er på plass. Betongliningen er forutsatt utført etter at tunneldrivingen er ferdig. På grunn av strenge tettekrav og/eller dårlige grunnforhold kan det på enkelte partier bli behov for å komme tidligere på plass med betongliningen. Kontaktstøp på eller nære stuffen vil imidlertid kunne forsinke fremdriften. Disse forholdene understreker at det vil være gunstig med flere angrepspunkter.



Figur 54 Oversikt over vurderte angrepspunkter i en anleggsgjennomføring med konvensjonell driving av tunnel (boring og sprengning).

Det er en rekke svært komplekse forhold knyttet til anleggsgjennomføringen for ny sentrumstunnel, og blant mange punkter nevnes følgende:

- Begrensede anleggsområder i tett befolkede områder.
- Komplekse grunnforhold med lav bergoverdekning flere steder, dyprenner som må passeres, stor andel av alunskifer, samt nødvendig opprettholdelse av grunnvannsstand.
- Nærføring til eksisterende infrastruktur og kjelleretasjer, spesielt rundt Stortinget stasjon, der det forventes omfattende refundamentering av enkelte bygninger avhengig av løsningsvalg.
- Anleggstekniske utfordringer for opprettholdelse av T-banetrafikk i anleggsperioden, med kun bruk av «korte» bruddtider. «Kort» er i diskusjon med Ruter angitt å være sommerbrudd, dvs. maksimalt 6-8 uker, da lengre bruddtider vil skape store konsekvenser for passasjertransporten.

Samlet gjør dette at anleggsgjennomføringen for prosjektet vurderes som svært kompleks. I beregningen av byggetid er dette tatt høyde for ved å inkludere relevante drivende usikkerhetsfaktorer som:

- Drivehastigheter i forskjellige bergartstyper og bergmasseforhold
- Lengder, profil og tekniske løsninger for tverrslag
- Plassering og størrelser på aktuelle riggområder

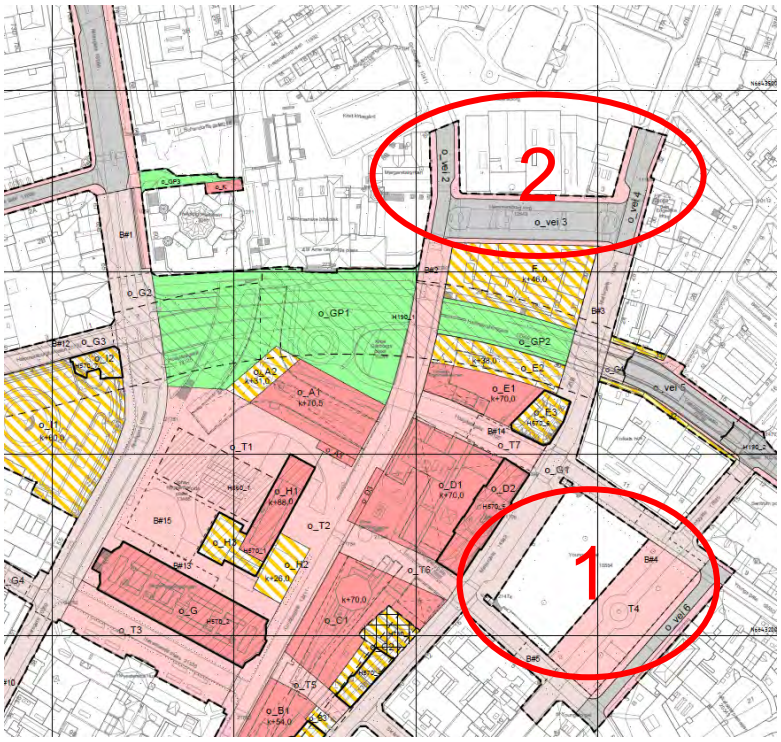
For anleggsgjennomføringen er det enkelte steder foreslått å legge beslag på parkområder til midlertidige rigg- og anleggsområder, som på Lille Bislett og Tøyen. Dette er gjort til tross for at det er sterke ønsker om å unngå å ta i bruk denne typen arealer til dette formålet. Utfordringen er at det er svært begrenset med tilgjengelige arealer i Oslo sentrum for anleggsadkomster til tunnel. Som nevnt over vil det øke både byggetid og kostnader å ha tilgang på få tilkomstpunkter til tunnelen.

All anleggsdrift i Oslo sentrum vil påvirke byens beboere uansett hvor det etableres, men for å unngå å benytte parkområder til riggområder så anbefales det at det videre i prosjektet gjøres vurderinger av mulighet for å benytte andre arealer til dette formålet. Her vil bruk av gatearealer være en naturlig vurdering, og da kanskje spesielt der det er blindveier med stor bredde som i Universitetsgata ved St. Olavs plass, 4-feltsveier som del av Ring 1, lite trafikkerte gater med få adkomster som Tøyengata, store p-plasser og liknende som «Sirkustomta på Tøyen». En anleggsadkomst i Universitetsgata til hovedtunnelen kan eksempelvis erstatte skissert anleggsadkomst i Pilestredet park. I en slik vurdering som dette vil det også være interessant å se på muligheten for å benytte eiendommer der det er planer om riving og nybygg. Et tenkt scenario da er at tomt leies til riggområdet før nybygg etableres.

Et av anleggsområdene som er vurdert som spesielt viktig er Youngstorget. Årsaken til det er behovet for å etablere en egen anleggstunnel frem mot Stortinget stasjon, slik at anleggsarbeidene kan gjennomføres på en effektiv måte uten å hindre T-banedriften unødvendig.

Store deler av Youngstorget ligger imidlertid innenfor perimeterreguleringen til nytt RKV, som gjør at det kan bli vanskelig å få benyttet arealet til riggområde. Det må i tilfelle påregnes vesentlig kostnader i sikkerhetstiltak. Saken er diskutert med KMD/ Statsbygg, men avklaring om bruk og detaljering av tiltak er ikke foretatt.

Det er få alternative arealer i dette området, og det vil være aktuelt å se mot Hammersborg, og f.eks. Hammersborg torg, for alternative arealer. En anleggstunnel til Stortinget stasjon vil imidlertid bli lang.



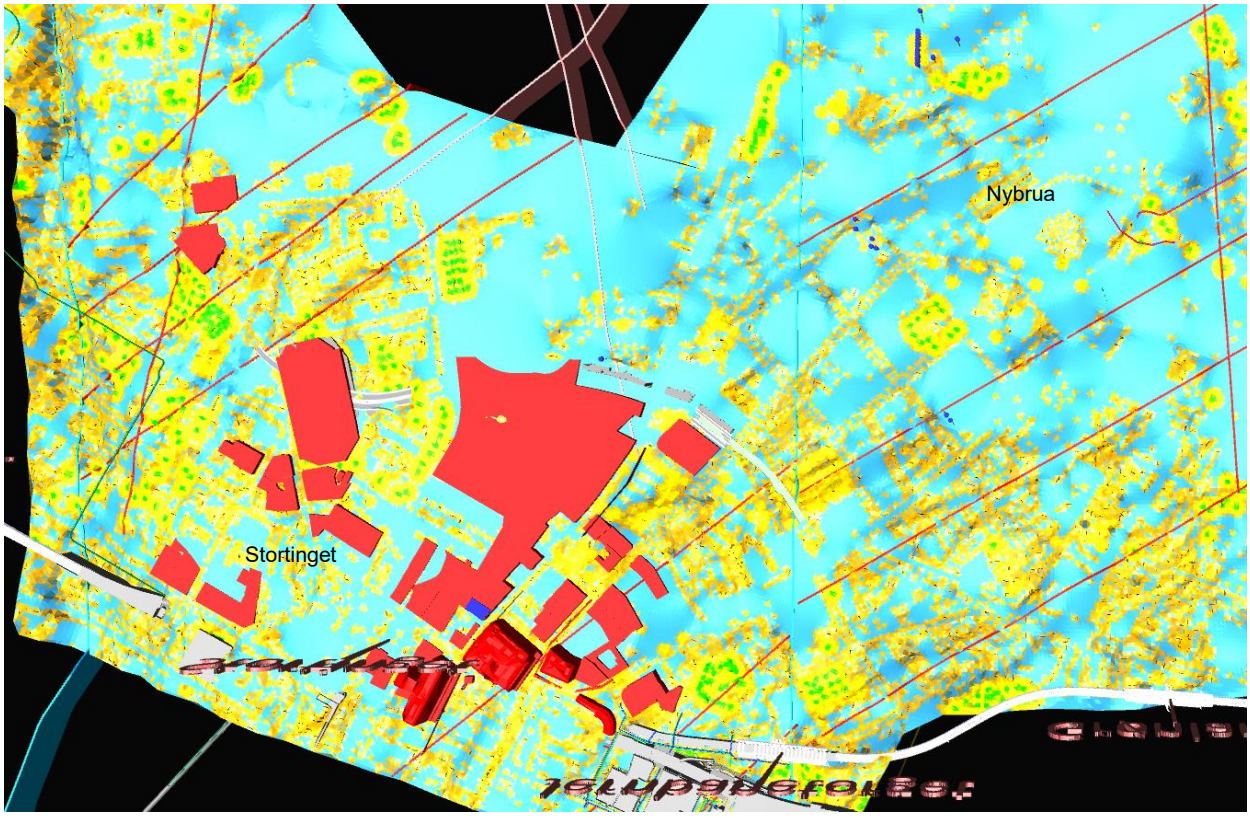
Figur 55 Reguleringsplan for nytt RKV (ref.: Statsbygg). Markert område 1 er Youngstorget, og området 2 er Hammersborgområdet.

Oppsummert så er det funnet at det er mulig med en effektiv og rasjonell anleggsgjennomføring av de foreslåtte traseene og stasjonsplasseringene, men det vil kreve tilgang på rigg- og anleggsområder ved og mellom stasjonene. Om ikke det oppnås vil blant annet byggetiden øke.

6 Usikkerhet knyttet til grunnforhold

På bakgrunn av tilgjengelige data fra tidligere boringer i hele det aktuelle prosjektområdet er det etablert en 3D-modell med en antatt bergoverflate. Det er totalt sett et stort antall boringer som foreligger innenfor området, men området er også stort, slik at det er en rekke områder der det ikke er registrert grunnboringer. Figur 56 er hentet fra bergmodellen, for å illustrere dette. Boringene gir et godt grovbilde av situasjonen og et tydelig oversiktsbilde for å finne egnede traséer. Men det er knyttet varierende grad av usikkerhet til bergmodellen, og det er etablert ulike farger som illustrerer denne usikkerheten:

- Sikre boringer (totalsonderinger, fjellkontrollboringer) er angitt med grønt i en radius ca. 5 m rundt punktet. Lenger ut fra punktet endrer fargen til gult (ca. 5-10 m) og deretter oransje (ca. 10-15 m).
- Usikre boring der berg ikke er påvist (dreietrykksonderinger, enkle sonderinger etc.) er angitt med oransje farge i en radius ca. 5 m rundt punktet.
- I områder uten utførte boringer er bergflaten blå.



Figur 56 Området rundet Stortinget (hentet fra modell). Oversikt utførte grunnboringer, med angivelse av usikkerhet. Blå flate er områder uten boringer, mens grønne punkter er sikre bergpåvisninger. Gule områder er usikre områder med utførte boringer.

Som det framgår av figuren for området Stortinget mot Nybrua er det store arealer/ områder som ikke er dekket av grunnundersøkelser. Bergmodellen er derfor mindre sikker i disse områdene. I områder med kun enkle sonderinger og der bergnivå ikke er påvist er det knyttet varierende grad av usikkerhet til undersøkelsene. Dette har blant annet sammenheng med lokale grunnforhold, der f.eks. forekomst av morene mellom leire og berg kan gi stort avvik mellom bergmodellen og reelt bergnivå. Også i områder der

det er dokumentert at det er boret til/i berg kan store lokale sprang i bergoverflaten gi vesentlig usikkerhet. Et viktig videre arbeid i kommende faser av prosjektet er dermed å utføre ytterligere grunnundersøkelser for å redusere denne risikoen der det kan ha mest betydning for løsningsvalg. Det er også gjennomført noen undersøkelser i dette prosjektet (se neste kapitel).

6.1 Gjennomførte grunnboringer i prosjektet

I forbindelse med optimalisering av bergmodellen som ble etablert i dette delprosjektet er det utført supplerende grunnundersøkelser. Grunnundersøkelsene har hatt som hovedhensikt å kartlegge dybde til berg for å redusere usikkerhet i områder med antatt liten bergoverdekning til tunnel, eller i de områdene det skal være tunnelpåhugg. Grunnundersøkelsene vil også gi grunnlag for vurdering av lagdeling og eventuelle suppleringer i senere prosjektfaser.

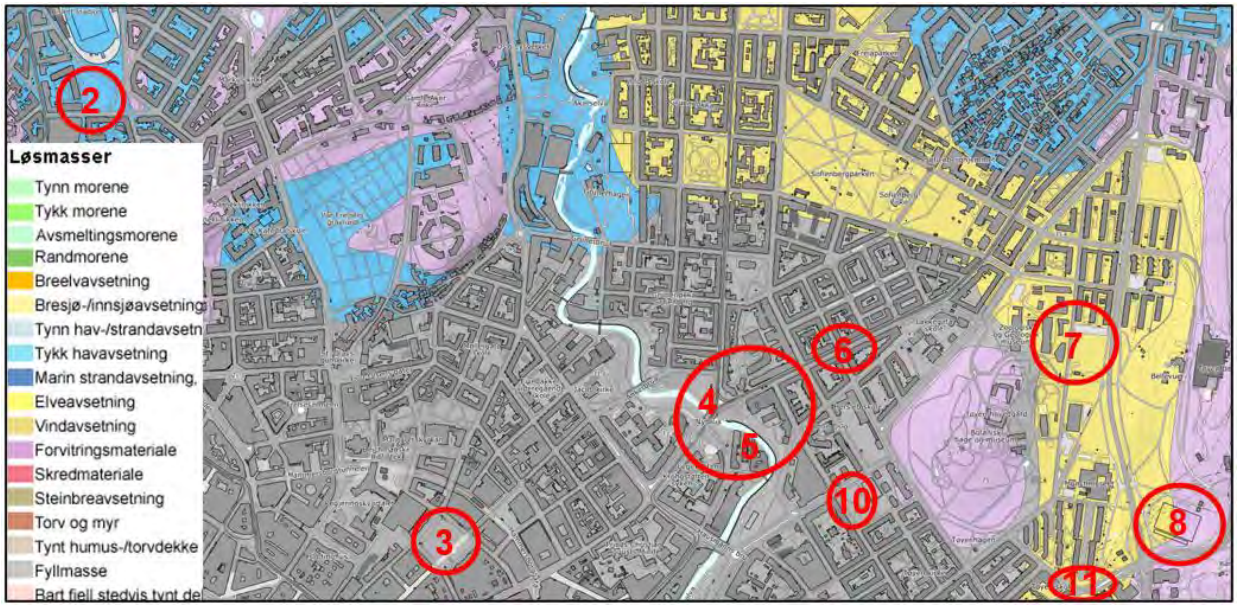
Det er utført 76 totalsonderinger fordelt på ni ulike områder i Oslo sentrum. Områdene strekker seg fra Bislett i vest, via Youngstorget og Legevakta mot Tøyenparken i øst.

Feltundersøkelsene viser at løsmassene i de undersøkte områdene består av et mektig lag med leire over berg. Over leire ligger det generelt et tynt lag av fyllmasser og/eller sand. Det er ikke utført noen suppleringer for å verifisere antagelsene fra totalsonderingene eller for å undersøke forekomst av kvikkleire som en del av grunnundersøkelsene.

Berg er påtruffet i alle utførte totalsonderinger, med unntak av tre sonderinger som ble stoppet pga. mulig betong i bakken. Dybde til berg i de undersøkte punktene ligger gjennomsnittlig rundt ca. 20 m under terreng, men dybden til berg varierer mellom 1,5 m og 45 m under terreng.

Det ble opprinnelig planlagt med 115 totalsonderinger. Som følge av mye VA, kabler og ledninger i grunnen måtte mange av punktene utgå. Enkelte av de opprinnelige planlagte punktene ble flyttet av samme årsaker.

Mellom område 7 og 8 er det ikke boringer, men vurdert å ha begrenset betydning og ikke prioritert nå.



Figur 57 *Løsmassekart fra NGU med markering av områder der det er foretatt totalsonderinger*

Resultater fra grunnundersøkelsene er oppsummert i Datarapport grunnboringer [14].

7 Oppdatert kalkyle

En integrert beslutningsmodell er benyttet for å identifisere forskjeller mellom løsningene gjennom dette delprosjektet. Modellen inneholder byggeprosesser, geometri for trasé og terrengmodell. I tillegg er informasjon om bergforhold og konstruksjonstyper inkludert og integrert med mengdemodeller og database for kostnader og klimautslipp. Modellen inneholder også alle prosjektpremissene, samt antagelsene som ligger til grunn for løsningene. Dette etter samme prinsipper og metode som benyttet i flere store infrastrukturprosjekter.

Estimering av prosjektkostnader gjøres normalt i anslagsprosesser. I dette delprosjektet er det benyttet en arbeidsprosess og beslutningsmodell som baserer seg på samme metodikk med usikkerhetsanalyse som benyttes i anslagsprosessene. Dette gir et grunnlag som har høy detaljgrad, og et godt utgangspunkt for å vise oppdaterte resultater for beregnet prosjektkostnad. Dette vil gi bedre innsikt i teknisk usikkerhet i prosjektet, og mer dybde i hva som er de praktiske kostnadsdriverne fremover. For å treffe på prisnivå, er det gjennomført et mini-anslag med eksterne prisgivere som beslutningsmodellen er kalibrert mot. Dette bevarer styrker fra begge perspektivene hvor vi kombinerer høy detaljgrad fra beslutningsmodellen, med dybdeinformasjon og prisnivå fra eksterne prisgivere i en oppdatert kalkyle for prosjektet.

Endringer og justeringer fra forrige fase

I arbeidet med KVU Oslo-Navet ble løsningen som der ble kalt C1 utarbeidet. Denne løsningen er utgangspunktet for 0-alternativet i dette delprosjektet. For å kunne identifisere forskjeller mellom løsningene har vi måttet øke detaljgraden betydelig. Følgende tillegg og spesifikke vurderinger er inkludert:

- Stasjoner er i KVU Oslo-Navet priset som rundsum (RS), og 100m spor+120 m plattform + 100 m spor, totalt 840 MNOK i 2020 kroner. I vår analyse er stasjon kun plattform, med tilhørende oppganger og teknisk infrastruktur. Utvidelse av trasé ved midstilt plattform er en del av trasé.
- Massehåndtering og deponikostnader er nå inkludert
- Forventede merkostnader knyttet til alunskifer en nå inkludert
- Riving- og ombyggingsarbeider på vendesløyfe er nå inkludert (nye oppstillingsplasser til erstatning for oppstillingsplassene i dagens vendesløyfe er ikke inkludert)
- Riggområder, inklusive leie, avbøtende tiltak og gjennomoppbygging er nå inkludert
- Avbøtende tiltak på nærliggende bygninger er nå inkludert
- I KVU Oslo-Navet prisgrunnlaget har vi sammenlignet med løsning C1, med noen justeringer:

Endringer fra C1 løsningen slik den var i KVU Oslo-Navet:

- Majorstuen stasjon er tatt ut fordi det er flyttet til eget prosjekt
- Stasjonene på St. Olavs plass og Youngstorget er tatt bort.
- Trasé mellom Ensjø og Brynseng er kuttet

Kommentarer til forrige fase

Opprinnelig estimat for byggekostnad i KVU Oslo-Navet for alternativ C1 var i 2014, 12.4 Mrd. Justert for prisvekst er dette i 2020 kroner 14.9 Mrd. Endringene på konseptet i form av kuttede stasjoner og lengde gir en reduksjon til ca. 9.5 Mrd (2020)

Kostnadsgrunnlaget og basiskalkyler benyttet i usikkerhetsanalysen fra 2014 er relativt overordnede og det er derfor noen elementer som ikke er priset inn i grunnlaget. Dette er hovedsakelig merkostnader ved alunskifer, i størrelsesorden 100 000 NOK/m dobbeltsportunell (+25% av løpemeterpris). Eventuell riving og oppgradering av vendesløyfa er neglisjert, noe som i denne fasen er estimert til å koste mer enn ny tunnel i normalt berg og gir betydelige merkostnader for alternativene som søker å gjenbruke deler av vendesløyfa.

I anslaget i KVU Oslo-Navet var stasjoner (med unntak av Majorstuen), priset til 840 MNOK (2020). Dette ser ut til å være lavt, og inkluderer ikke avbøtende tiltak og grunnforsterkninger. Dette ble identifisert i KS1 og det ble lagt på et forventet tillegg på 20% for stasjoner. Analysen fra denne prosjektfasen indikerer stasjonskostnader med tilhørende oppganger, midlertidig-faser og avbøtende tiltak i størrelsesorden 100% over det som ble benyttet for hele stasjonen i KVU Oslo-Navet. I anslaget i KVU Oslo-Navet ble de fire valgte stasjonene indikert til en bygge kostnad på ca. 3 mrd. I denne fasen estimeres byggekostnaden til nærmere 6 mrd for de fire foreslåtte stasjonene i 0-alternativet.

Normalt burde mangel på detaljering korrigeres gjennom å legge til en uspesifisert post, men det ble tilsynelatende ikke gjort i delkalkylen for T-bane. Alternativt kan man også benytte en skjevfordeling av trippelestimatet for å vise at det er deler som ikke er detaljert. Dette ble først gjort i KS1 prosessen i form av posten omfangsutvikling, som ga et forventet påslag på omtrent 12%. Analysen benyttet i denne fasen har økt detaljgrad for å hensynta disse merkostnadene og å kunne dokumentere signifikante forskjeller mellom ulike konsepter i optimaliseringsfasen. Økt detaljering gir en økning på ca. 2.5 mrd.

Oppdatert kalkyle

For å gjøre en reell sammenligning mot det optimaliserte helhetlig 0-alternativet basert på C1 fra KVU Oslo-Navet har vi utarbeidet en oppdatert kalkyle også for denne løsningen. Da med samme forutsetninger og analysetilnærming som er benyttet for Hovedalternativ 1 (HA1). Dette sikrer en god og realistisk sammenligning mellom løsningene, prisene er gitt 2021 verdi, vist i Tabell 13. Avstanden mellom p50 og p85 (kostnadsramme) er ca. 25 prosent for begge løsningene. Årsaken til den relativt lave usikkerheten er at det er høy detaljgrad i beslutningsmodellen som er benyttet til kalkylen, resulterende fra behovet i optimaliseringen.

Tabell 13: Oppdatert kalkyle i 2021-kroneverdi (eks. MVA) for Oppdatert 0-alternativ (0-alt.) og HA1.

2021	Basis-kostnad	Forventet prosjektkostnad	Kostnads-ramme	Benevning
0-alt.	**14 851**	20 366	24 699	MNOK
HA1	**12 550**	**17 062**	**20 552**	**MNOK**

Det bemerkes her at det ikke er vurdert hvilke behov det er for oppgradering av eksisterende anlegg, og dette er derfor ikke inkludert kalkylen.

Kommentar til oppdatert kalkyle

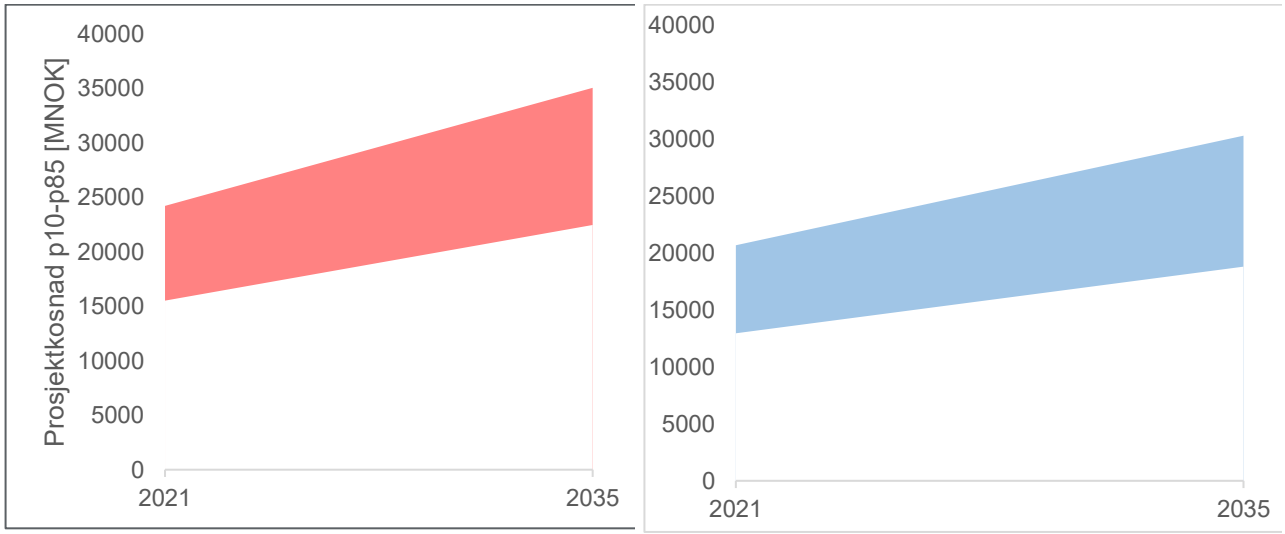
Innstillingen til løsning C1, som lå til grunn i KVU Oslo-Navet var at den gir god tilgjengelighet og kapasitetsøkning, men gir høye utbyggingskostnader og forstyrrelser i trafikken under bygging. Basiskostnadene for 0-alternativet har økt fra anslagsvis 9.5 MRD til 14.9 MRD, en økning på vel 50% resulterende fra manglende detaljering og lavt kostnadsnivå på stasjoner og følgetiltak. Denne økningen fra KVU Oslo-Navet tilsvarer hele beregnet forventet tillegg fra KS1 (40%). Med andre ord, basisestimatet for det optimaliserte 0-alternativet er nå det som ble anslått som det mest pessimistiske i 2015 / prosjektet er nå på ca. p85 av det som ble estimert i 2015. Det påvirker trolig ikke hvilke T-bane løsning i KVU Oslo-Navet som burde gått videre, men det åpner for at netto-nytte i prosjektet kan være lavere enn opprinnelig forutsatt.

Helhetlig anbefalt alternativ gir en reduksjon av forventet prosjektkostnad i størrelsen 3.3 MRD, i tillegg til at den reduserer antall berørte passasjerer i byggefasen.

I beslutningsmodellen er byggherreriggen satt lik som i KVU Oslo-Navet, til 27%. Entreprenørens riggkostnader er delvis detaljert ut i kalkylen, med anvisning av riggarealer, leie av disse samt gjennomføring av avbøtende og fornyende tiltak. Ekvivalent riggpåslag i beslutningsmodellen er 29%, noe høyere enn nivået på 25% som ble benyttet i KVU Oslo-Navet. Dette er også i overenstemmelse med mini-anslaget i dette delprosjektet hvor samlede riggkostnader ble estimert til litt over 50%.

Forventet prisvekst

Holdbarheten på en kalkyle er kort som følger av inflasjon og prisvekst. Prosjektet vil være under utvikling i over 10 år før eventuell bygging. Gjennom denne perioden vil kostnaden i oppdaterte kalkyler øke i form av årlig prisendring. Basert på langtidshistorikk ser vi at denne øker med ca. 2.5% per år. I figur nedenfor er det vist en framskriving av prosjektkostnad med en årlig prisvekst på mellom 2 og 3 % (p10 og p90).



Figur 58: Endringen i prosjektkostnad med 2-3% prisvekst frem til 2035 tilsier en økning på nær 50% som følger av estimert prisstigning i perioden. HA1 (blå) vil i 2035 ha en forventet kostnad på 25 mrd, med en kostnadsramme på litt over 30 mrd. Tilsvarende for 0-alternativet (rød) er henholdsvis 29 og 35 mrd. Det forventes ingen relevant forskjell i utviklingen mellom løsningene.

Ytterligere prisvekst har vært observert i bygg- og anlegg det siste ti-året, men er hovedsakelig drevet av økning i kvalitet og krav eller spesielle og temporære utfordringer på tilbudssiden. Disse aspektene er hovedsakelig håndtert gjennom usikkerhetsfaktorene.

Usikkerhet i kalkylen

I kalkylen benyttes trippelestimater på alle kostnader, mengder og relevante usikre forutsetninger og antagelser. I tillegg er usikkerhetsfaktorer gitt i tabellen under benyttet.

Tabell 14 Usikkerhetsfaktorer benyttet i kalkylen.

	P10	P50	P90
Beslutningsprosesser	0.98	1.00	1.05
Grunnforhold og deponering	0.90	1.00	1.10
Hensyn til estetikk og miljø	1.00	1.02	1.05
Interessenter (bymiljø)	0.95	1.00	1.08
Kompleksitet	0.95	1.00	1.06
Markedssituasjon	0.85	1.00	1.18

Nye lover/forskrifter	0.97	1.00	1.05
Planlegging, prosjektering	0.90	1.00	1.15
Prosjektorganisasjon	0.95	1.00	1.10
Entreprenørforhold	0.97	1.00	1.10
Tillegg for uspesifisert omfang	1.12	1.15	1.20

8 Anbefalinger om videre utvikling av beslutningsgrunnlag

Sluttrapporten peker på 2 hovedalternativer som det anbefales at prosjektet tar videre til neste fase. Selv om Hovedalternativ 1 er den som trekkes frem som mest attraktiv per nå, må det presiseres at det er behov for å jobbe videre med enkelte forhold som kan påvirke beslutningsgrunnlaget før endelige anbefalinger og valg. Dette skyldes prosjektets rikholdige omfang og mange avhengigheter. Følgende videre arbeid anbefales for å kunne fatte en endelig løsning i kommende prosjektfaser:

- **Grunnforhold** er en viktig parameter før endelig valg av løsninger. Det finnes en del underlag langs traseene, men det er også behov for å supplere dette ytterligere. Prosjektet har derfor gjennomført noen utvalgte grunnboringer tilknyttet de foreslåtte alternativene, for å verifisere dybde til berg. Dette er svært nyttig informasjon, som reduserer risikoen i prosjektet. Ytterligere grunnundersøkelser vil bli en viktig aktivitet i de videre arbeidene.

- **Sakseprinsippet** har vært en forutsetning i dette delprosjektet, og har ligget til grunn siden KVU Oslo-Navet. Gjennom arbeidet har det blitt avdekket løsbare, men svært store og kostnadskrevende utfordringer for løsningene på Stortinget med sakseprinsippet. Det er viktig at sakseprinsippet er godt forankret, og det anbefales at det gjøres oppdatert vurderinger av underlaget for dette prinsippet. En slik vurdering bør også gå bredt, for å se om det finnes andre muligheter til å oppnå noe tilnærmet det som oppnås med sakseprinssippet.

- **Driftsforutsetningene**, både i normaltrafikk og avvikskjøring (ikke-rutekjøring), når ny bane er bygget (helt eller delvis) må avklares. Dette er spesielt viktig ifm hvilken løsning som velges for Tøyen og påkobling mot Ensjø, spesifikt hvorvidt planskilt påkobling på Ensjø er en nødvendig løsning, da det er større kostnader og stengetider knyttet til dette. Det anbefales derfor at Sporveien og Ruter avklarer eget behov og hvilke krav dette behovet stiller til løsningene.

- **Oppstallingsbehovet** knyttet til Stortinget bør avklares og sees i sammenheng med pågående prosjekt om ny oppstalling/ depot. Sakseprisnippet vil medføre at dagens vendesløyfe blir brutt, og den kan da ikke brukes slik den gjør i dag. Delprosjektet har vist løsninger der man delvis får gjenbrukt vendesløyfa til dette, men fremtidens behov for dette er ikke avklart. Det anbefales at dette behovet konkretiseres.

- **Trinnvis utbygging eller en full utbygging** må evalueres nærmere. Dette inkluderer også en eventuell rekkefølge på en trinnvis utbygging. Utbyggingstakten henger også sammen med driftsforutsetninger for øvrig og er en viktig avklaring knyttet til løsning for Stortinget og Ensjø. Det anbefales derfor at Ruter og Sporveien identifiserer en hensiktsmessig trinnvis utbygging som grunnlag for valg av løsning, og som grunnlag for å vurdere opp mot en full utbygging. Her er det også slik at en forutsetning kan være at løsningene skal være fleksible mtp. trinnvisutbygging.

- **Heisløsning** som primærløsning er anbefalt på de dype stasjonene. Det har kommet innspill knyttet til hvilke konsekvenser dette har for beredskap og drift etc. (beredskaps er ikke vurdert pr. nå). Det anbefales derfor at konseptet med dype stasjoner og dermed heisløsninger detaljeres i større grad for å være sikre på at anbefalt konsept er gjennomførbart uten at dette får store konsekvenser for løsningene. Erfaringer fra Fornebubanen kan være interessant i den sammenheng. Det samme gjelder erfaringer i utlandet.

- **Overkjøringsspor** for å skape en mest mulig robust løsning for avvikskjøring er ikke detaljert i dette delprosjektet. Eksempelvis vil det kunne være hensiktsmessig og nokså enkelt å oppnå dette i

forbindelse med Bislett og Grünerløkka. Det anbefales at Ruter og Sporveien definerer sitt behov for overkjøringsspor slik at dette blir et premiss som ligger til grunn for de detaljerte løsningene.

- **Transportberegningene**/ -analysene må oppdateres med nye alternativer. I dette delprosjektet er det antatt at nytten er lik uavhengig av stasjonsplassering. Det er imidlertid antatt, og også nevnt i vurderingene, at det kan være en del differanse i nytteverdien mellom plasseringene uten at det er kvantifisert. Transportberegninger for nye plasseringer vil få frem dette, og kan bidra til å endre nytteverdien for alternativene.

I tillegg til dette nevnes følgende:

- Identifisere avbøtende tiltak for parker og idrettsplasser som beslaglegges i anleggsperioden.
- Detaljering av anleggsgjennomføring med spesielt fokus på stengetider på eksisterende linjer.
- Underbygge ytterligere og forankre oppganger på vestsiden av Nybrua (inngår også som del av transportberegningene nevnt over).
- Opprettholde og vedlikeholde en helhetlig beslutningsmodell for prosjektet (se kap. 0).
- Fastsatt planprogrammet har også krav til andre forhold som må belyses.
- Det er også behov for å justere prosjektets plangrenser, da de optimaliserte traseene avviker noe fra varslet plangrense
- Nærmere avklaring av bruk av min og maks verdier i teknisk regelverk, herunder også en nærmere vurdering av videre bruk av søndre plattform på Stortinget som ligger i slak kurve.

Ettersom byggingen av nye Majorstuen stasjon legger føringer for en fremtidig utbygging av ny sentrumstunnel så anbefales det at det arbeides videre med disse forutsetningene nå slik at eventuelle behov for tilpasninger på Majorstuen kan inkluderes i det prosjektet. Dette gjelder spesielt fleksibiliteten i hvilke linjer som kan kjøre inn i hvilken tunnel (altså valg av sporplan på Majorstuen).

9 Referanser

Sluttrapporten bygger på referansene nedenfor. Ved interesse kan Ruter kontaktes for oversendelse av ønskede referanser.

1. Oppdragsbeskrivelse, Ruter, 2020.
2. Tegningshefte med alle analyserte alternativer
3. Fokusrapport Bislett, rev. 02, 2021-06-18
4. Fokusrapport Stortinget, rev. 03, 2021-06-18
5. Fokusrapport Grünerløkka, rev. 03, 2021-06-18
6. Fokusrapport Tøyen, rev. 03, 2021-06-18
7. Fokusrapport Helhetlig Linjeføring, rev. 03, 2021-06-18
8. Fagrapport Anleggsgjennomføring, rev. 02, 2021-06-18
9. Fagrapport Grunnforhold og Tunnel, rev. 02, 2021-06-18
10. Fagrapport Sporgeometri, rev. 02, 2021-06-18
11. Premissdokument, rev. 02, 2020-11-11
12. KVU Oslo-Navet, T-bane løsninger (Vedlegg 8, teknisk-økonomisk plan), AAJ m.fl., 2015
13. Arbeidet med stasjonsstruktur i sentrum, Sweco, 2019
14. Datarapport grunnboringer rev. 02, 10.09.2021
15. Planprogram Ny T-banetunnel gjennom Oslo sentrum, Ruter, 02.07.2019
16. Kvalitetssikring av samfunnsøkonomiske analyser, Menon Economics, Menon-publikasjon nr. 12/2020.
17. Håndbok R764 Anslagsmetoden, Statens vegvesen, juni 2014.
18. Jernbanedirektoratet sin veileder for kostnadsestimering i tidligfase, 28.06.2019.
19. Notat revidert kalkyle - Sammenstilling av vurderinger, 2021.