



# Oslo tunnelen

## Vurdering av fastspor

01A	Rapport til oppdragsgiver	2011-12-22	MoK	GeH	GeH
00	Utkast	2011-10-05	MoK		
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Oslo tunnelen Vurdering av fastspor		Antall sider:			
		<b>10</b>			
		Produsent :	<b>Norconsult AS</b>		
		Prod.tegn.nr.:	<b>5112201</b>		
		Erstatning for			
		Erstattet av			
Prosjekt: <b>Fornyelse Etterstad - Lysaker</b> Parsell: <b>Oslo tunnelen</b>		Dokument-/tegningsnummer:		Revisjon:	
		<b>UPO-10-A-20048</b>		<b>01A</b>	
<b>Jernbaneverket</b>		Drifts dokument-/tegningsnummer:		Revisjon drift:	

<b>Fornyelse Etterstad – Lysaker. Oslotunnelen</b>	<b>Vurdering av fastspor</b>	Side: 2 av 10 Dok.nr: UPO-10-A-20048 Rev.: 01A Dato: 2011-12-20
--	------------------------------	--

<b>1</b>	<b>INNLEDNING.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>BESKRIVELSE AV FASTSPOR.....</b>	<b>3</b>
2.1	Teknisk beskrivelse .....	3
2.2	Erfaringer fra Europa.....	3
2.3	Vurdering av løsning for Oslotunnelen .....	3
2.4	Fordeler og ulemper ved fastspor sammenlignet med ballastspor .....	5
<b>3</b>	<b>RØMNINGSFORHOLD .....</b>	<b>5</b>
3.1	Beskrivelse .....	5
3.2	Regelverk.....	5
<b>4</b>	<b>PROSJEKTERING AV BRANNVANN I TUNNELEN.....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>KOSTNADER .....</b>	<b>8</b>
5.1	Byggekostnader .....	8
5.2	Levetidskostnader.....	8
5.3	Eksempler på installasjon av fastspor (bilder).....	9
<b>6</b>	<b>AVSLUTNING – VIDERE ARBEID .....</b>	<b>10</b>

#### **Vedlegg**

“Oslo Tunnel. Suggestions for the rehabilitation of the railway tunnel”. Rapport fra Basler & Hofmann  
8.11.2011.

Fornyelse Etterstad – Lysaker. Oslotunnelen	Vurdering av fastspor	Side: 3 av 10 Dok.nr: UPO-10-A-20048 Rev.: 01A Dato: 2011-12-20
--	-----------------------	--

## 1 INNLEDNING

I forbindelse med Norconsults oppdrag «Rådgiver – byggeplan brannsikkerhet i Oslotunnelen» er fastspor foreslått som et aktuelt risikoreducerende tiltak. Etablering av fastspor i tunnelen ser ut til å kunne forbedre rømningsforholdene, lukke eksisterende regelverksavvik i tillegg til å forenkle fremtidig brannvannsløsning og kabelføring.

Dette notatet oppsummerer informasjon om fastspor og mulige fordeler og ulemper på konseptnivå.

Fra vår samarbeidspartner i Sveits, Basler & Hofmann<sup>1</sup> er det innhentet informasjon om fastspor. Det vises til vedlagte rapport, "Oslo Tunnel. Suggestions for the rehabilitation of the railway tunnel".

## 2 BESKRIVELSE AV FASTSPOR

### 2.1 Teknisk beskrivelse

Det finnes en rekke utførelser av fastspor på markedet. Prinsipputførelse for fastspor omfatter kontinuerlige, armerte betongplater som støpes på stedet eller alternativt prefabrikkerte, forspente betongelementer utlagt på avrettet underlag. Mange varianter av de nevnte prinsipper finnes. Det vises til kapittel 2 i rapporten fra Basler & Hofmann. Eksempler på to systemer er vist i rapporten. I rapporten drøftes også tiltak mot overføring av strukturstøy til omgivelsene. Dette er spesielt viktig i Oslotunnelen som har tett bybebyggelse langs hele traséen og det finnes også flere bygninger som krever spesiell beskyttelse mot overført strukturstøy (Nationaltheatret, Stortinget, Domkirken).

Installasjon av fastspor er forbundet med høye kostnader og krever lenger tid for installasjon enn ballastspor. Fastspor har imidlertid lenger levetid enn ballastspor og det vises i rapporten fra Basler & Hofmann at levetidskostnadene (LCC) er på samme nivå, eller noe lavere enn ballastspor. I rapporten vises det også hvordan eksisterende ballastspor kan erstattes med fastspor etappevis med enkeltspordrift over en periode på ca. 30 uker inkludert full togstans i seks uker (Variant 1) eller i løpet av to sesonger med 6-ukers togfri perioder (Variant 2).

### 2.2 Erfaringer fra Europa

I Sveits bygges det utelukkende fastspor i nye jernbanetunneler. Fastspor medfører at faste konstruksjoner kan legges nærmere sporet. I sveitsisk norm for prosjektering av jernbanetunneler<sup>2</sup> er det for fastspor angitt at det for de mest vanlige byggemåter skal den frie avstanden for betongplaten (Gleistragplatte) fra spormidtt være lik eller større enn 1,65 m. Tilsvarende er avstanden i tyske normalprofiler 1,7 m for fastspor. For ballastspor skal avstanden til faste konstruksjoner være minimum 2,2 m. Til sammenligning krever teknisk regelverk (JD520) 2,5 m. Grunnen til at faste konstruksjoner kan legges nærmere ved fastspor er at det ikke skal kjøres pakking av ballast eller ballastrenseverk.

I eksempler fra Sveits fremgår det at gangbane og evakueringsvei legges høyere enn skinneoverkant (SOK). I Weinbergtunnelen i Zürich, som nå er under bygging, legges gangbanen 310 mm over SOK. Det betyr at det er lettere å evakuere tog, da gangbanen samtidig med at den ligger nær inntil vognsiden også har en høyde til vognulv/nederste trappetrinn som reduserer høydeforskjellen til ca. 45 cm. I norske ballastspor blir høyden 76 + 19 cm = 95 cm fordi man må ned i pukken.

### 2.3 Vurdering av løsning for Oslotunnelen

Dersom det kan bygges fastspor med avstand 1,65 - 1,7 m til faste konstruksjoner i Oslotunnelen kan gangbane og kabelkanal utvides til mellom 75 og 95 cm avhengig av innerkurve/ytterkurve eller rettstrekning. Volumet

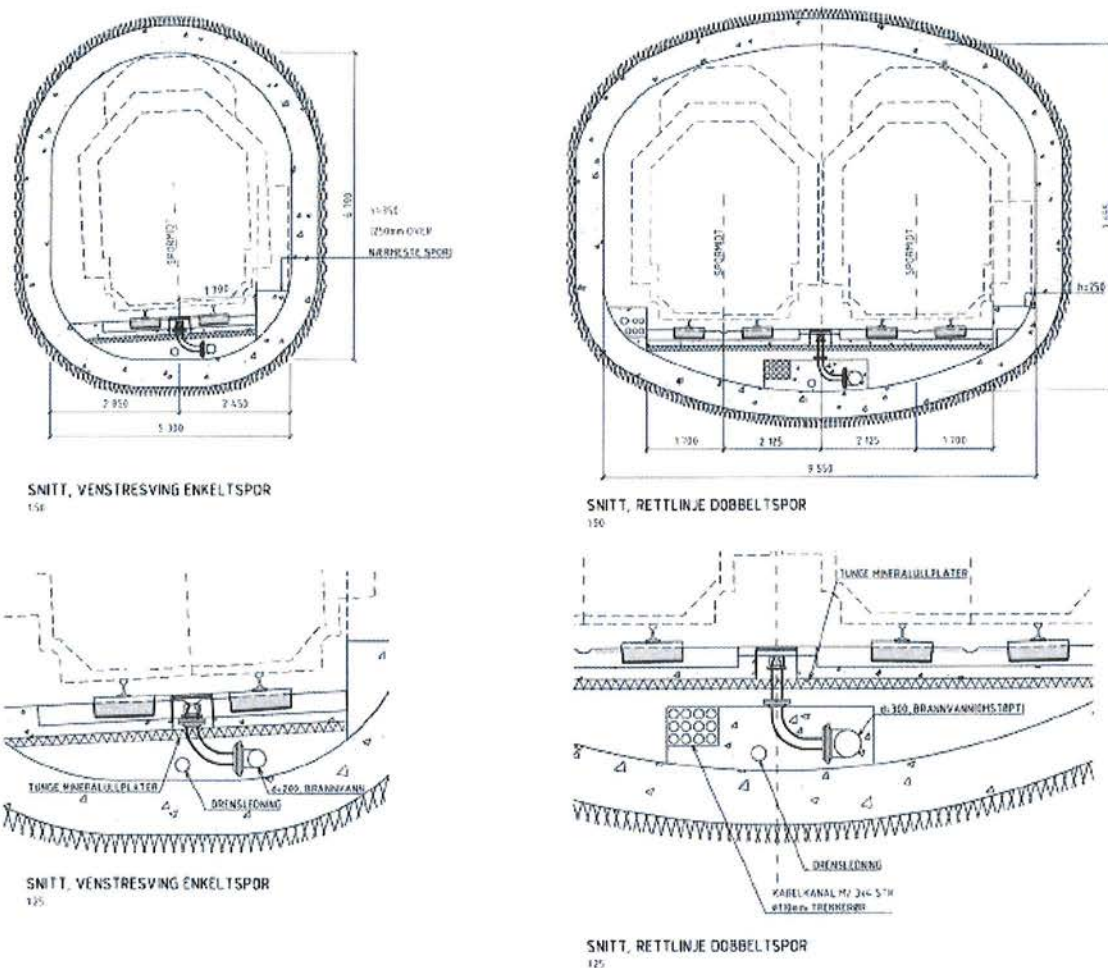
<sup>1</sup> Rådgivende ingeniørfirma basert i Zürich.

<sup>2</sup> SIA 197/1:2003 Design of tunnels – Railway tunnels



under gangbanen bør utnyttes maksimalt med trekkerør, slik som vist på eksemplene fra Sveits, eventuelt med en kombinasjon av trekkerør og kabelkanal.

På figur 1 nedenfor er det vist hvordan fastspor eventuelt kan etableres i dobbelt- og enkeltspørtunnelprofilene. Sist i rapporten er vist eksempler fra installasjon av mye brukte fastsporsystemer (LVT og Rheda).



Figur 1. Skissering av fastspor i enkelt- og dobbeltspørtunnel.

Ved en eventuell videre vurdering av fastspor må løsning i alle aktuelle tunnelverrsnitt undersøkes. Som nevnt i kapittel 2.1 og rapporten fra Basler & Hofmann må tiltak mot overføring av strukturlyd og vibrasjoner vurderes i forhold til type og utforming av fastspor for de enkelte strekninger. Videre er det viktig at løsningene tilpasses der tunnelen går i løsmasse med firkantverrsnitt slik at konstruksjonens stabilitet mot oppdrift ivaretas.

Fornyelse Etterstad – Lysaker. Oslotunnelen	Vurdering av fastspor	Side: 5 av 10 Dok.nr: UPO-10-A-20048 Rev.: 01A Dato: 2011-12-20
--	-----------------------	--

## 2.4 Fordeler og ulemper ved fastspor sammenlignet med ballastspor

For Oslotunnelen vil fordeler ved å erstatte dagens ballastspor med fastspor være:

- Fastspor vil bedre rømningsforholdene betydelig ved at det kan bygges gangbaner som tilfredsstillende kravene i teknisk regelverk til bredde (se neste kapittel).
- Fastspor vil medføre en betydelig forenkling av foreliggende forslag til teknisk løsning for ny brannvannsledning opphengt på tunnelvegg (slipper spesialtilpasninger og flytting av eksisterende kabler etc).
- Dersom brannvannsledningen legges under fastporet vil den også være bedre beskyttet mot skader som følge av brann og påkjørsel. Dette kan bety raskere innsats, da seksjonering av (skadet) brannvannsledning er tidkrevende.
- Utskifting av pukk, sviller og kabelkanal i forbindelse med eventuell etablering av fastspor medfører at kabler kan legges i innstøpte føringsrør og vil dermed få en bedre brannbeskyttelse enn dagens føringer på tunnelvegg.
- Fastspor har dobbelt så lang levetid som ballastspor, 70 - 80 år mot 30-40 år for ballastspor iht. sveitsisk norm for jernbanetunneler.

Ulemper ved fastspor oppsummeres som følger:

- Høye investeringskostnader
- Lang byggetid
- Strukturlyd. Forventes å la seg løse innenfor grenseverdier.
- Ikke dekket av dagens Teknisk regelverk?
- Lite brukt løsning i Norge/liten kunnskap?

I rapporten fra Basler & Hofmann er foretatt en mer generell sammenligning mellom fastspor og ballastspor og angitt fordeler og ulemper ved begge løsningene (se avsnitt 2.1.2 og 2.2.2).

## 3 RØMNINGSFORHOLD

### 3.1 Beskrivelse

I Oslotunnelen er gangbanen for rømning definert til skinnegangen. Skinnegangen er dekket av pukk. Mellom skinnene er det flere steder forhøyninger som evakuerende kan snuble i (eks. baliser og sporveksler). Langs tunnelveggen er det kabelkanaler som det også er mulig å gå på, langs disse er det håndløpere. Kabelkanalen er imidlertid ikke egnet som rømningsvei, da den er ujevn, smal og møter flere hindringer (tunnelinstallasjoner bygger ut fra tunnelveggen).

### 3.2 Regelverk

I tidligere utarbeidet Brannstrategi for Oslotunnelen (Norconsult 20/9-2010) fremstilles en rekke avvik fra dagens regelverk. Avvikene som er relevante i forhold til fastspor er følgende:

Fornyelse Etterstad – Lysaker. Osilotunnelen	Vurdering av fastspor	Side: 6 av 10 Dok.nr: UPO-10-A-20048 Rev.: 01A Dato: 2011-12-20
---	-----------------------	--

**Tabell 1 Utvalgte krav i JD 520 som ikke tilfredsstilles i dag. Grønt angir at avviket kan lukkes med fastspor.**

Kap	Krav	Kommentar
10.2.5	Avstand fra vegg og til stillestående tog skal være minst 1,5 m og høyde 2,25m. Signaler og utstyrsinstallasjoner skal ikke stikke ut mer enn 0,5 m fra veggen.	<p>Ikke ivaretatt. Avstand mellom tog (lasteprofilet) og tunnelvegg er ca 1,15m i innerkurve og 0,75m i ytterkurve. Fastspor endrer ikke dette.</p> <p>Ved evakuering på dagens kabelkanal (hvor håndløper er plassert) ivaretas ikke kravet til 2,25m fri høyde. Ny brannvannsledning på vegg vil heller ikke kunne legges mer enn 2,25m over kabelkanal alle steder (se neste kapittel). Dette vil ivaretas ved fastspor.</p>
10.2.5	Gangbane på minst én side av tunneler med enkeltspor, på begge sider ved dobbeltspor. Gangbanens bredde skal være minst 0,75 m og hindringer skal ikke gjøre gangbanen smalere enn 0,7 m.	<p>Ikke ivaretatt. Eksisterende kabelkanal er ca. 45 cm bred og tilfredsstillende ikke kravet til gangbane. Rømning langs toget må til dels foregå i sporet og dels på kabelkanal. Høyde på kabelkanal varierer. På rettlinje er minste avstand til vegg 2,45 m (i ytterkurve). Ved fastspor kan gangbanen utvides til 75 cm. I innerkurve kan bredde på gangbanen økes til 95 cm på grunn av eksentrisiteten på 20 cm i alle kurver.</p>
10.2.5	Høyden til gangbanen skal minst være lik skinnetopp for nærmeste skinne.	<p>Ikke ivaretatt. Sporet som er definert som gangbane tilfredsstillende ikke kravet til høyde. Kabelkanalen ivaretar kravet til høyde, men ikke til bredde (se over).</p> <p>Ved fastspor foreslås det å legge øk gangbane 25 - 35cm over skinnetopp. Bredde på gangbane/kabelkanal vil dermed bli 75/95cm som angitt ovenfor.</p>



<b>Fornyelse Etterstad – Lysaker. Oslotunnelen</b>	<b>Vurdering av fastspor</b>	Side: 7 av 10 Dok.nr: UPO-10-A-20048 Rev.: 01A Dato: 2011-12-20
--	------------------------------	--

Kap	Krav	Kommentar
10.2.5	Ledeanordning for rømning skal monteres langs gangbanen i en høyde på ca. 1 m, denne skal plasseres utenfor gangbanens minstebredde.	Ikke ivaretatt. Det går en håndløper med lys som kan benyttes ved evakuering på kabelkanalen. Kabelkanalen tilfredsstillers imidlertid ikke krav til gangbane (se over).  Der det er enkle løp i tunnelen, er det ikke ledanordning i alle løpene.  Langs sporet, som er definert som gangbane, er det ikke håndløper.  Den eneste åpenbare muligheten til å tilfredsstillers dette kravet på, er å etablere fastspor. Da vil håndlist kunne monteres ca. 1 m over gangbane og ligge utenfor gangbanens minstebredde.

Dette betyr at kravene til gangbane og ledanordning i JD520 kan tilfredsstillers, bortsett fra kravet om avstand fra vegg og til stillestående tog (1,5 m). Dette kan uansett ikke tilfredsstillers uten at selve tunnelen utvides.

Teknisk regelverk eller TSI definerer ikke hva slags underlag som kreves på en gangbane. Norconsult tolker imidlertid regelverkene slik at en gangbane må være egnet å gå på (sikker i bruk) og at det må være mulig å evakuere bevegelseshemmede. Dette er ikke ivaretatt i dag. Kabelkanalen har fast dekke, men dette er fullt av hull og hindringer i flere høyder, og den er i tillegg smal. Evakuering i spor medfører at folk kan snuble i pukk, sviller, skinner, veksler, baliser etc. Bruk av rullestol ved evakuering er ikke mulig. Med fastspor vil forholdene bedre kunne tilrettelegges for sikker evakuering.

## 4 PROSJEKTERING AV BRANNVANN I TUNNELEN

I rapport "Byggeplan brannvann" skisseres en mulig løsning for etablering av ny brannvannsledning i tunnelen. Ledningen skal sikre en vannforsyning med minimum 2000 l/min og helst 3000 l/min ved 8 bar trykk. Minimum ledningsdimensjon er 200 mm (helst 250 mm). På grunn av plassmangel må ledningen i den nåværende situasjon til dels plasseres høyt oppe på tunnelveggen og krever at en del eksisterende installasjoner og utstyr må flyttes. Plassering av den nye ledningen vil ikke fullt ut kunne tilfredsstillers Teknisk regelverks kapittel 10.2.5 med krav om 2,25 m fri høyde over gangbane (dette gjelder over kabelkanalen, hvor håndløper er montert).

Ved fastspor kan ledningen legges i tunnelsålen, mellom sporene i dobbeltspor tunnel og inn mot midtvegg på strekningen fra Oslo S – Studentlunden (km 0,800). Det kan legges isolasjon over ledningen slik at overdekning + isolasjon sannsynligvis ikke krever varmekabel for å holde ledningen frostfri. Brannvannsuttak med stoppekran kan anlegges i kummer mellom sporene. I enkeltspor tunnelene kan det legges et grenrør i hvert løp under sporet med brannvannsuttak mellom skinnene som vist i figur 1.

Når brannvannsledningen legges på vegg, vil denne kunne skades ved større hendelser som avsporing og brann. Hvis ledningen ryker, vil brannvesenet måtte seksjonere underveis i fremrykkingen (suksessivt hlv. stenge og åpne seksjoneringsventiler) for hver 200. meter i tunnelen. Dette medfører betydelig forsinkelse i innsatsen.

Fornyelse Etterstad – Lysaker. Oslotunnelen	Vurdering av fastspor	Side:	8 av 10
		Dok.nr:	UPO-10-A-20048
		Rev.:	01A
		Dato:	2011-12-20

## 5 KOSTNADER

### 5.1 Byggekostnader

Fastspor har høyere byggekostnader enn ballastspor. Det finnes lite erfaringsgrunnlag fra Norge med fastspor. Det kan nevnes at Bybanen i Bergen valgte fastspor der lang levetid og vedlikeholdsvennlighet var viktig (i trafikkerte gateløp i sentrum).

I rapporten fra Basler & Hofmann er gjort en sammenligning av investeringskostnader for fastspor og ballastspor pr. km.

Ballastspor: 7,76 mill.kr  
Fastspor: 11,64 mill.kr

### 5.2 Levetidskostnader

Det vises til rapporten fra Basler & Hofmann. Totale levetidskostnader (LCC) pr. km er antatt som følger:

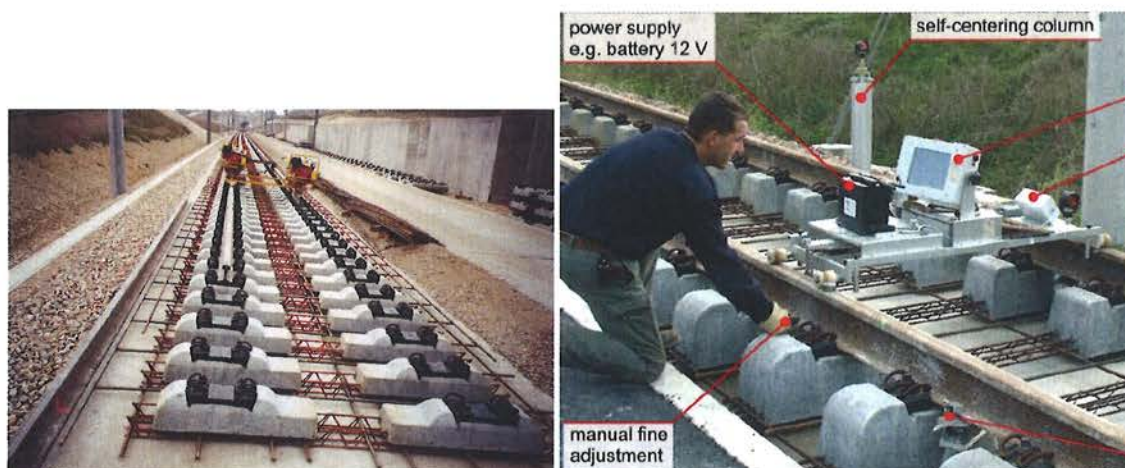
Cost element	Unit	Ballasted track		Slab track	
		Interval	Total cost / 1km track [NOK]	Interval	Total cost / 1km track [NOK]
<b>Investment costs</b>					
Investments cost	1 km	-	7'760'000	-	11'640'000
Replacement after 30 years	1 km	-	10'670'000	-	-
Rate if interest	4,5%	annual	24'056'000	-	28'843'920
<b>Maintenance over 60 years</b>					
Track adjustment	1 km	every 5 years	1'241'600	-	-
Rail grinding	1 km	every 5 years	620'800	every 5 years	698'400
Rail changing	1 km	every 15 years	3'104'000	every 20 years	3'104'000
Track stuff (cramp)	1 km	every 15 years	776'000	-	-
Clear the ballast	1 km	every 15 years	1'552'000	-	-
Total costs			<b>49'780'400*</b>	-	<b>44'286'320*</b>



### 5.3 Eksempler på installasjon av fastspor (bilder)



Bilde 1. Montering av LVT fastspor. Bilde fra Sonneville AG (Sveits)



Bilde 2. Montering av Rheda fastspor. Bilde fra Rhomberg Rail, Østerrike (til høyre)

<b>Fornyelse Etterstad – Lysaker. Oslotunnelen</b>	<b>Vurdering av fastspor</b>	Side: 10 av 10 Dok.nr: UPO-10-A-20048 Rev.: 01A Dato: 2011-12-20
--	------------------------------	---

## 6 AVSLUTNING – VIDERE ARBEID

I rapporten er det redegjort for fordeler og ulemper ved å skifte ut eksisterende ballastoverbygning i Oslotunnelen med fastspor. Beskrivelse av fastspor er i stor grad basert på egen vedleggsrapport fra Basler & Hofmann.

Slik fremdrift ved eventuell etablering av fastspor i Oslotunnelen er beskrevet i rapporten, vil det nå ikke være tilstrekkelig tid for dette innenfor det løpende prosjektet "Fornyelse Etterstad – Lysaker", som avsluttes i 2012.

I rapporten fra Basler & Hofmann er kostnader for fastspor vurdert, men det er ikke tatt med kostnader for øvrige tiltak som flytting av brannsvannsledning og etablering av nye føringsveier og kabelkanaler.

For eventuell videre vurdering av fastsporløsning er det bl.a. nødvendig å se nærmere på følgende forhold:

- Type fastspor og tilpasning til de enkelte tverrsnitt i Oslotunnelen
- Vurdering av strukturlyd og vibrasjonsoverføring til nærliggende bebyggelse der Nationaltheatret, Stortinget og Oslo Domkirke er viktige premissgivere for akseptabelt støynivå.
- Vurdering av øvrige tiltak som relokalisering av føringsveier og brannsvannsledning
- Nærmere vurdering av fremdrift og kostnader