# InterCity-prosjektet

# FORSLAG TIL TUNNELTVERRSNITT

# VEDLEGG 5 DRENSLØSNINGER RAM-RAPPORT

| | |
|---|---|
| ☐ | Akseptert |
| ☑ | Akseptert m/kommentarer |
| ☐ | Ikke akseptert / kommentert<br>Revider og send inn på nytt |
| ☐ | Kun for informasjon |

Sign: Martin Fadum

| Revisjon | Revisjonen gjelder | Dato | Utarb. av | Kontr. av | Godkj. av |
|---|---|---|---|---|---|
| 00A | Første utgave | 13.02.2017 | SoGus | SoBSt/MFa | SvS |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tittel:<br>**InterCity-prosjektet**<br>**FORSLAG TIL TUNNELTVERRSNITT**<br>**VEDLEGG 5 DRENSLØSNINGER RAM-RAPPORT** | Sider: **32** | | |
| | Produsert av: | Norconsult | |
| | Prod.dok.nr.: | | Rev: |
| | Erstatter: | ICP-32-Q-26111 | |
| | Erstattet av: | | |
| Prosjekt: 965001<br>Parsell: 00 | Dokumentnummer: **ICP-00-A-20004** | | Revisjon: **00A** |
| BANE NOR | Drift dokumentnummer: | | Drift rev.: |

# SAMMENDRAG

**Bakgrunn**
For tunneltversnittet for InterCity strekningene er det foreslått tre alternative løsninger for drenering av tunneler. Hensikten med løsningene er å unngå nisjer eller utvidelser i tunneltverrsnittet for teknisk utstyr. Det er foreslått tre forskjellige løsninger med drensrør og kummer:

- Alternativ 1 med sandfang og inspeksjonskummer under spor
- Alternativ 2 med sandfang og inspeksjonskummer mellom spor
- Alternativ 3 med sandfang og inspeksjonskummer under gangbane

For å optimalisere løsningen med hensyn til drift og vedlikehold er det utført en kvalitativ RAM-analyse for de tre løsningene.

**Formål**
Formålet med analysen er å vurdere de tre alternativene mht. pålitelighet (R), tilgjengelighet (A) og vedlikeholdbarhet (M), og gi beslutningsstøtte for valg av VA-løsning i tunnel.

**Resultater og anbefalinger**
I tabellen under er identifiserte RAM forhold for de forskjellige løsningene oppsummert.

| Forhold | Alt. 1 | Alt. 2 | Alt. 3 |
|---|---|---|---|
| Visuell inspeksjon | Inspeksjon må utføres med kamera og kan utføres fra gangbanen. Krever nye vedlikeholdsrutiner og utstyr. | Visuell inspeksjon kan utføres med de rutiner som brukes i dag via oppstikkende rør midt mellom sporene | Visuell inspeksjon kan utføres med de rutiner som brukes i dag fra gangbanen |
| Staking, spyling og tømming | Staking, spyling og tømming kan utføres via tilknytningsrør i gangbanen. | Staking, spyling og tømming kan utføres via oppstikkende rør midt mellom sporene. | Staking, spyling og tømming kan utføres via kumhals i gangbanen. |
| Hastighet på nabospor | Trenger sportilgang (enkeltspor) for inspeksjon, spyling og tømming. Ved inspeksjon kan vedlikeholdstoget brukes som skille og hastighet i nabospor kan opprettholdes. Ved spyling og tømming må hastigheten i nabosporet reduseres. | Trenger sportilgang (dobbeltspor) for inspeksjon, spyling og tømming. Ikke mulig med drift i nabospor. | Trenger sportilgang (enkeltspor) for inspeksjon, spyling og tømming. Ved inspeksjon kan vedlikeholdstoget brukes som skille og hastighet i nabospor kan opprettholdes. Ved spyling og tømming må hastigheten i nabosporet reduseres. |
| Tilkomst til kum | Sviller må tas opp, et spor stenges | Sviller må tas opp, begge spor stenges | Kabelkanal og kabler må fjernes. Ved behov for å dele og skjøte kabler må begge spor stenges. |

Det er ikke noen av de tre alternativene som vurderes å føre til at mål til oppetid ikke kan nås siden vedlikehold knyttet til kummer og sandfang kan utføres i togfrie tider. Sannsynligheten for at kummer eller sandfang fører til behov for akutt feilretting vurderes som svært liten siden det utføres visuell inspeksjon jevnlig. Med hensyn på å nå oppetidsmålene er det derfor små forskjeller mellom de tre alternativene.

Med hensyn til krav som stilles til vedlikehold i Konseptdokumentet for IC-strekningene kommer imidlertid alternativ nummer 3 noe bedre ut sett fra et RAM-perspektiv.

I analysemøtet ble det poengtert at toleransen på hver side av sporet muligens er for liten for pukkrenseverk for alternativ 2. Det ble anbefalt å legge inn ytterligere avstand mellom kabelkanal og spor.

# INNHOLDSFORTEGNELSE

**1 INNLEDNING ..... 4**

1.1 BAKGRUNN ..... 4
1.2 FORMÅL ..... 4

**2 GRUNNLAG FOR ANALYSEN ..... 5**

2.1 ANALYSEMETODIKK ..... 5
2.2 ARBEIDSGRUPPENS SAMMENSETNING ..... 6

**3 TERMINOLOGI OG FORKORTELSER ..... 7**

3.1 GRUNNLAGSDOKUMENTER ..... 7
3.2 OMFANG OG AVGRENSNINGER ..... 7
3.3 FORUTSETNINGER ..... 7
3.4 OMFANG AV ANALYSEN ..... 8

**4 MÅL OG KRAV ..... 9**

4.1 MÅL RAM ..... 9
4.2 KRAV TIL VEDLIKEHOLD ..... 9

**5 RAM-ANALYSE ..... 10**

5.1 SYSTEMDEFINISJON ..... 10
*5.1.1 Sandfang og inspeksjonskummer under spor (alternativ 1) ..... 10*
*5.1.2 Sandfang og inspeksjonskummer mellom spor (alternativ 2) ..... 12*
*5.1.3 Sandfang og inspeksjonskummer under gangbane (alternativ 3) ..... 15*
5.2 RAM-ANALYSE ..... 16
*5.2.1 Alternativ 1 – under spor ..... 16*
*5.2.2 Alternativ 2 – mellom spor ..... 17*
*5.2.3 Alternativ 3 – under gangbane ..... 17*
*5.2.4 Oppsummering ..... 18*

**6 RESULTAT AV ANALYSEN ..... 19**

6.1 VURDERING AV OPPNÅELSE AV RAM MÅL OG -KRAV ..... 19
6.2 USIKKERHET VED ANALYSEN ..... 20
6.3 KONKLUSJON OG ANBEFALINGER ..... 20

**7 DOKUMENTINFORMASJON ..... 21**

7.1 DOKUMENTHISTORIKK ..... 21
7.2 REFERANSELISTE ..... 21
7.3 VEDLEGG ..... 21

**VEDLEGG – NOTAT TUNNELTVERRSNITT IC ..... 22**

# 1 INNLEDNING

## 1.1 Bakgrunn

For tunneltversnittet for InterCity strekningene er det foreslått alternative løsninger for drenering av tunneler. Hensikten med løsningene er å unngå nisjer eller utvidelser i tunneltverrsnittet for teknisk utstyr. Det er foreslått tre forskjellige løsninger med drensrør og kummer.

For å optimalisere løsningen med hensyn til drift og vedlikehold er det utført en kvalitativ RAM-analyse for de tre løsningene.

## 1.2 Formål

Formålet med analysen er å vurdere de tre alternativene mht. pålitelighet (R), tilgjengelighet (A) og vedlikeholdbarhet (M), og gi beslutningsstøtte for valg av VA-løsning i tunnel.

# 2 GRUNNLAG FOR ANALYSEN

## 2.1 Analysemetodikk

Det ble avholdt et analysemøte den 31. oktober, se deltakere i Tabell 1. I forkant av møtet ble det sendt ut tegninger av alternativene samt et notat som beskriver løsningene (dette er gjengitt i kap. 5.1). Møtets formål var å identifisere utfordringer med hensyn til RAM for de forskjellige løsningene.

I møtet ble de tre løsningene for drenering gått gjennom. Videre ble RAM-forhold identifisert og diskutert.

For identifisering av RAM-forhold ble følgende ledeord brukt:

- Er det forhold som kan gi nedetid på banen?
- Er det forhold som kan føre til at systemer feiler oftere?
- Påvirker løsningen strekningens vedlikeholdbarhet?

I etterkant av analysemøtet har identifiserte RAM-forhold blitt bearbeidet videre og dokumentert i denne rapporten.

## 2.2 Arbeidsgruppens sammensetning

**Tabell 1 Deltakere analysemøte 18. oktober 2016**

| Navn | Funksjon/fag | Virksomhet | E-post | Telefonnummer |
|---|---|---|---|---|
| Martin Fadum | Prosjekteringsleder IC Drammen - Kobbervikdalen | JBV | Martin.fadum@jbv.no | 90792728 |
| Hanna Agnethe Lien | Koordinator utbyggingsprosjekter Vestfoldbanen | JBV | lienha@jbv.no | 45401412 |
| Kjell Bjarne Lillekvarn | Utbygging, IC Drammen – Kobbervikdalen | JBV | likj@jbv.no | 95210464 |
| Per Løvstad | Tilstandskontrollør, Vestfoldbanen | JBV | lpe@jbv.no | 91675743 |
| Birger Ekli | Prosjektplanlegger, Vestfoldbanen | JBV | eklbir@jbv.no | 91671552 |
| Arve Hustadnes | Fagansvarlig linjen, InterCity prosjektet | JBV | ahn@jbv.no | 91656220 |
| Ove Knutsen | Faggruppeleder signal | JBV | okn@jbv.no | 91675341 |
| Simen R. Olsen | Rådgiver tunnel | Norconsult | sirol@norconsult.no | 41578243 |
| Stig Olsborg | Fagansvarlig VA | Norconsult | Stig.olsborg@norconsult.com | 45401175 |
| Anna Sofie Mørland | Fagansvarlig jernbaneelektro | Norconsult | asm@norconsult.no | 45401419 |
| Morten Knudsmoen | Rådgiver, tunnel | Norconsult | Morten.knudsmoen@norconsult.com | 67571170 |
| Svein Sørheim | Oppdragsleder | Norconsult | svs@norconsult.no | 91854705 |
| Mari Fagerjord | Hovedfagansvarlig RAMS, | Norconsult | mari.fagerjord@norconsult.com | 45404816 |
| Sondre Stette | Assisterende fagansvarlig RAMS, analyseleder | Norconsult | sondre.stette@norconsult.com | 90042075 |
| Sofie Gustafson | Rådgiver RAMS, sekretær | Norconsult | sofie.gustafson@norconsult.com | 41398632 |

# 3 TERMINOLOGI OG FORKORTELSER

I oversikten i Tabell 2 er det kun tatt inn begreper som er spesielle i forhold til RAM-analysen. For mer generelle definisjoner som gjelder for flere dokumenter, vises det til RAMS-begrepsordbok i STY-603102 [1].

**Tabell 2 Terminologi**

| Terminologi/ forkortelser | Forklaring |
|---|---|
| **Oppetid** | Er av Bane NOR brukt for å beskrive forsinkelsesnivået. Beregnes som antall planlagte togtimer for person- og godstog fratrukket antall forsinkelsestimer forårsaket av forhold i jernbaneinfrastrukturen i prosent av antall planlagte togtimer. |
| **RAM** | Er en samlet betegnelse for jernbanesystemets egenskap for tilgjengelighet. Tilgjengelighet, uttrykt som en funksjon av systemets pålitelighet og vedlikeholdbarhet, utgjør tilsammen RAM-egenskapene til jernbaneinfrastrukturen. |

## 3.1 Grunnlagsdokumenter

Grunnlaget for analysen er systemdefinisjon med tegninger, se kapittel 5.1.

## 3.2 Omfang og avgrensninger

- Analysen ser kun på forhold relatert til RAM (pålitelighet, tilgjengelighet og vedlikeholdbarhet) for dreneringsløsningen i tunnelen
- Analysen tar for seg ferdig anlegg og vurderer ikke anleggsgjennomføring
- Analysen er kvalitativ
- Analysen er ikke en detaljert FMECA

## 3.3 Forutsetninger

Følgende forutsetninger gjelder for vedlikehold og denne analysen (hentet fra konseptdokumentet for InterCity strekningene [2]):

| ID | Forutsetning | Betydning for analysen |
|---|---|---|
| 1 | I gjennomsnitt 4,5 timer togfritt hver natt (med unntak av snørydding) på Vestfoldbanen | Antall togfrie tider legger føringer for hvor stor del av vedlikeholdet som kan utføres i togfrie tider |
| 2 | Når vedlikehold krever sportilgang skal vedlikeholdstog benyttes på alle komponenter hvor det er mulig | Ved bruk av vedlikeholdstog er det ikke behov for redusert hastighet for tog i nabospor |
| 3 | Maksimalt tillatte responstid for korrektivt vedlikehold er 1 time. | Responstiden legger føringer for total nedetid ved stoppende feil |
| 4 | Ny teknologi knyttet til arbeid med drift og vedlikehold (spesielt for tilstandsmålinger) utnyttes for det fremtidige konseptet. | Forutsetningen vil redusere sannsynligheten for stoppende feil siden feil kan oppdages før de påvirker togtrafikken. Feilretting kan da utføres i togfrie tider. |
| 5 | Samkjørt tverrfaglig utførelse av vedlikeholdet i vedlikeholdsperioder og hvite tider, med felles bruk av maskiner | Ved samkjøring av vedlikeholdet kan flere vedlikeholdsoppgaver utføres i togfrie tider |

## 3.4 Omfang av analysen

Som nevnt ovenfor er hensikten med denne analysen å belyse fordeler og ulemper med hensyn på RAM for dreneringsløsning for forslag til tunneltverrsnitt for InterCity strekningene. Det utføres altså ikke en full RAM-analyse i henhold til STY-603134 Mal for RAM-analyse [3] og STY-603581 Veiledning for RAM-analyse [4] da dette ikke nødvendig for å vurdere de alternative dreneringsløsningene.

Rapporten er basert på mal for RAM-analyse med noen tilpasninger som følge av det ikke er utført en kvantitativ RAM-analyse.

# 4 MÅL OG KRAV

## 4.1 Mål RAM

| Måltall | Måltall InterCity, etter ibruktaking av ny infrastruktur (2030) [2] |
|---|---|
| Punktlighet | Minst 95 % av alle persontog kommer frem i rett tid (innenfor 3:59 min)<br><br>Minst 95 % av alle godstog kommer frem i rett tid (innenfor 5:59 min) |
| Regularitet | 99,2 % |
| Oppetid | 99,6 % |

## 4.2 Krav til vedlikehold

I konseptdokumentet for InterCity gis følgende krav til vedlikehold [5]:

Vedlikehold, reparasjoner og fornyelser skal i størst mulig grad utføres uten at trafikken på sporet påvirkes.

- Vedlikeholdsarbeid skal, så langt det lar seg gjøre, kunne utføres uten bruk av skinnegående materiell.
    - Det skal etableres permanente driftsveger og en samlet plassering av komponenter og funksjoner som krever ettersyn (f.eks. sporveksler, blokkposter for signal og noen komponenter knyttet til KL-anlegg).
    - Sporveksler bør ikke plasseres i tunnel.
- Funksjoner og komponenter som krever vedlikehold skal plasseres slik at behov for sportilgang unngås.
    - Det må settes av tilstrekkelig areal/avstand til blant annet AS-skap, sporvekselskap, AT trafoer, KL bryter og drivmoter.
    - Skap og dører plasseres slik at disse kan nås uten å forstyrre trafikk på sporet.
    - Utstyr som krever vedlikehold skal ikke plasseres mellom sporene.
    - Hvis det ikke er mulig å plassere installasjoner langt unna sporet slik at vedlikehold krever sportilgang, og vedlikeholdstog ikke kan brukes, må fast avskjerming vurderes.
- Vedlikehold utføres primært under enkeltsporsdrift og sekundært på hvite tider med begge spor stengt
    - Tilrettelegge for enkeltsporsdrift (separering av KL samkjørt med sikringsanlegget)
- Preventivt og korrektivt vedlikehold må kunne utføres raskt og effektivt slik at det har minimal påvirkning på rutekjøring.
- Fornyelse skal i størst mulig grad kunne utføres med enkeltsporsdrift.

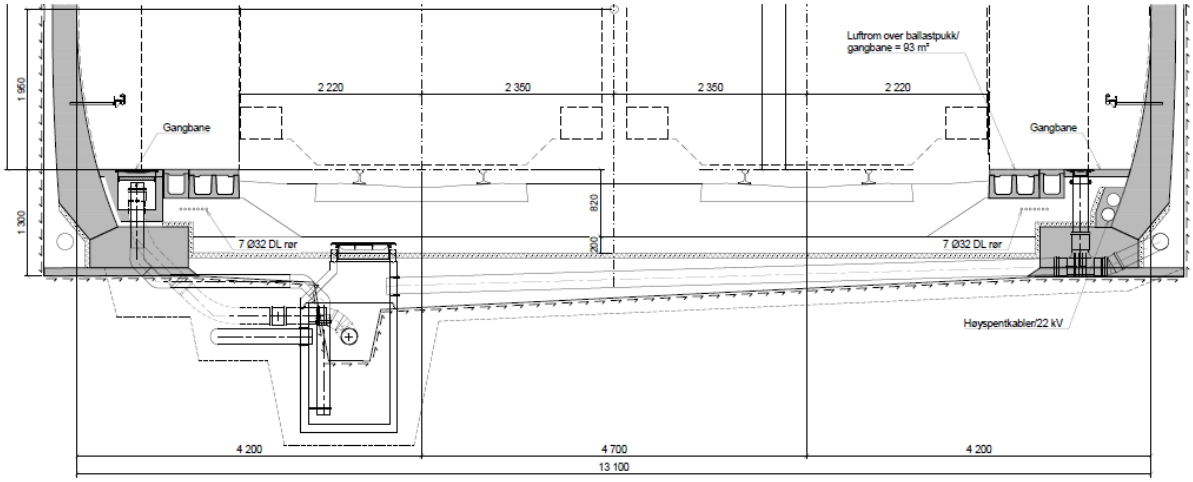
# 5 RAM-ANALYSE

## 5.1 Systemdefinisjon

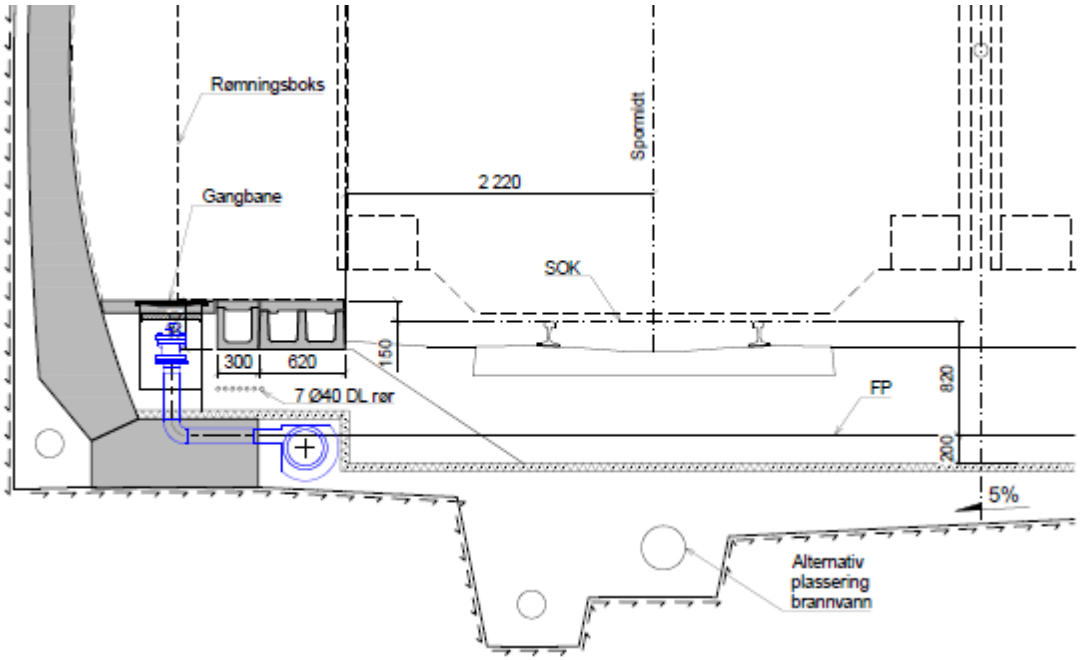
I kapitlene nedenfor er de tre løsningene for dreneringsløsning beskrevet. Dette er en oppsummering av vedlagt notat som er underlaget for analysen, se vedlegg for mer detaljer.

### 5.1.1 Sandfang og inspeksjonskummer under spor (alternativ 1)

Forslaget innebærer tildekkede og sideforskjøvne kummer for å unngå nisjer, som vist i Figur 1, Figur 2 og Figur 3. Plasseringen av grøften er valgt for å unngå at denne skal ødelegge fundamentet for kontaktstøpen.




**Figur 1 Prinsipp for drenering i tunnel med dobbeltspor og kontaktstøp. Sidestilt grøft- og kumplassering under spor.**



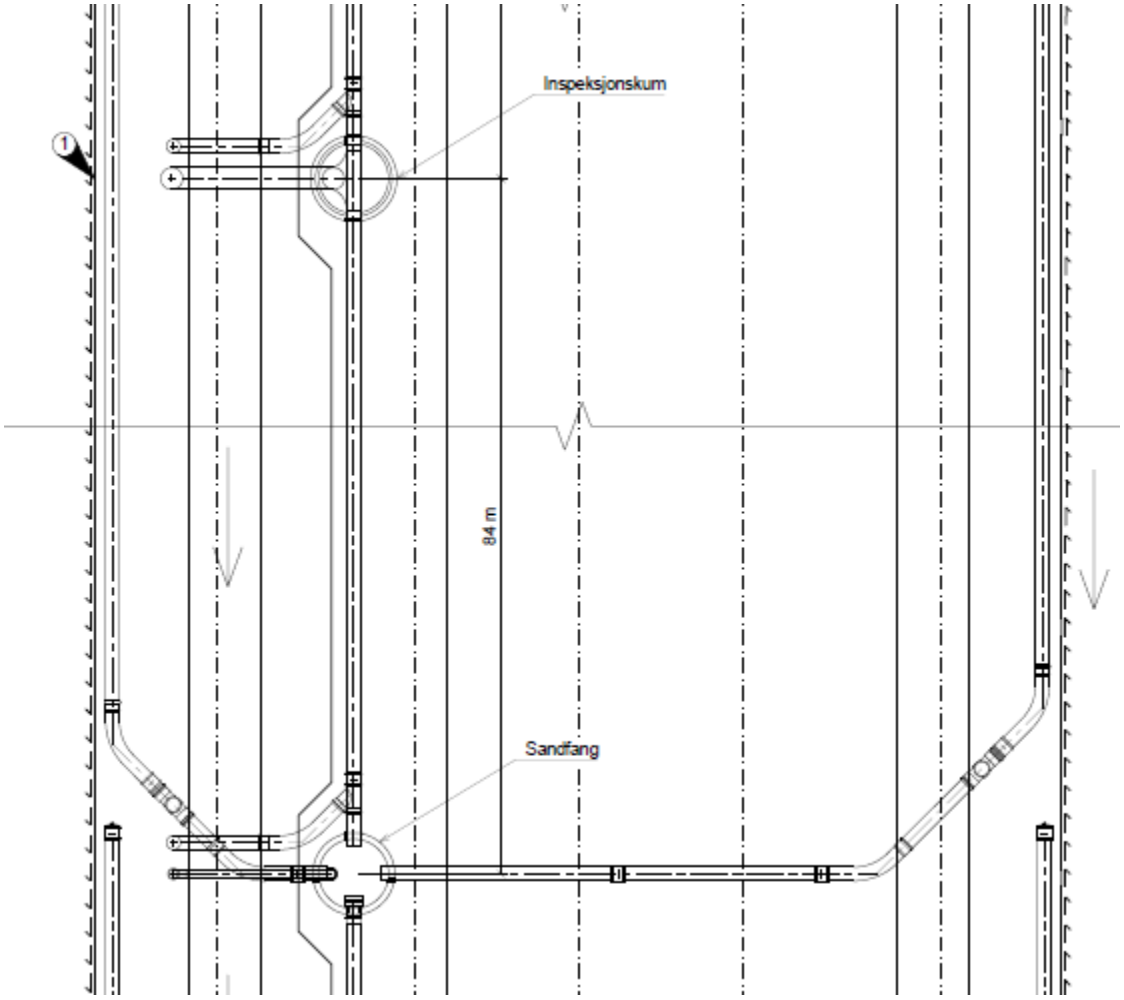

**Figur 2 Mulig plassering av brannvannsledning med hydranter/brannkummer.**

En eventuell brannvannsledning kan plasseres under gangbane/kabelkanal som vist i Figur 2 med avgrening til hydranter eller brannventil i kum i gangbanen. Alternativt kan ledningen plasseres i samme grøft som den gjennomgående drensledningen (plassering antydet i figur).

Tømming av sandfang vil skje via et dykket sugerør fra sandfangskum, men med atkomst via kum i gangbanen. Staking, spyling og inspeksjon er tilsvarende tilgjengelig via gangbanen.

Følgende gjelder for løsningen:

- Inspeksjonskummer og sandfang plasseres annenhver for hver 84 meter. Stake/spyle-mulighet tilknyttes oppstrøms kum ved grenløp i topp rør og ut til gangbane. Ved vanlig drift vil spyling skje ved at en spyleslange føres inn motstrøms (med dyse vendt medstrøms) og spyling skjer medstrøms. Gren for innføring av spyleslange monteres motstrøms. Grenrørstilknytning i toppen av røret er nødvendig for å unngå sedimentering i grenet som står motstrøms. Stakegrenet vil ikke kunne benyttes til inspeksjon grunnet fare for hekting av inspeksjonsbilen i grenrøret.
- Rettløpskummer med rettvinklet og buet stikkrenne er beregnet for atkomst for TV-inspeksjonsbil i begge retninger. Det er også en mulighet for spyling ved rettløpskummene.
- Sandfang kan tømmes ved sugerørstilknytning utført i stålrør via plasstøpt kum i gangbane. Sugeløsningen bør testes opp mot aktuelt vedlikeholdsutstyr med tanke på sugeevne før installasjon.
- Løsningen forutsetter et regelmessig vedlikehold. Det anbefales også bruk av kamera for observasjon før og etter spyling/suging etter behov. I tillegg vil det kunne være mulig å bruke eget ekstra utstyr for spyling.
- Topp kumlokk for kummer under jernbanespor skal legges 90 cm under SOK. Dette kan enten være et støpejernslokk eller et betonglokk.
- Rundt kummer under sporet er det forutsatt benyttet jordfuktig betong for å unngå setninger på sporet og stivhetsvariasjoner i underbygningen.

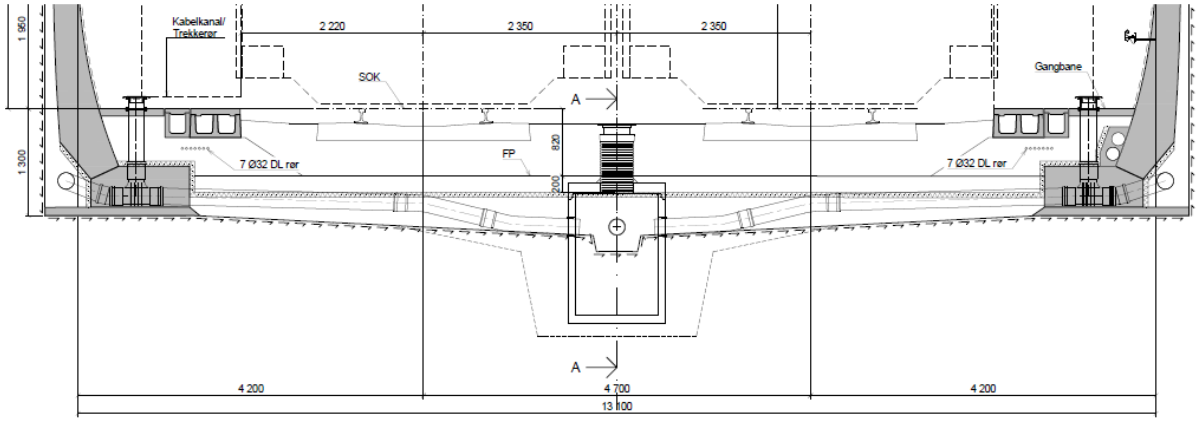



**Figur 3 Prinsipptegning for drenering i dobbeltsportunnel med kontaktstøp. Øverst er det vist inspeksjonskum med atkomst for inspeksjonskamera i begge retninger, samt eget stake/spylerør. Den nederste kummen viser sandfang hvor sugeledning føres inn og ned i sandfanget for sugemulighet. Atkomst til drensrøret som ligger bak kontaktstøp er tilgjengelig via egne stake/spylegren på begge sider. Spyling fra sandfang til oppstrøms inspeksjonskum kan gjøres ved eget atkomstrør for staking/spyling.**

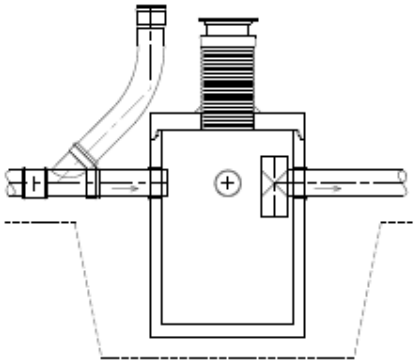
### 5.1.2 Sandfang og inspeksjonskummer mellom spor (alternativ 2)

Forslaget innebærer delvis tildekkede og midtstilte kummer for å unngå nisjer, som vist i Figur 4, Figur 5 og Figur 6. Midtstilt grøft vil være gunstig for å unngå at grøften skal ødelegge for fundamentene for kontaktstøpen. I tillegg vil løsningen medføre noe grunnere sprengning i sålen ved at denne utføres med omvendt takfall istedenfor ensidig tverrfall.

Sandfang utføres med ø400mm «hals», noe som brukes i Ulvintunnelen og i Jarlsbergtunnelen i Tønsberg. Inspeksjonskummer forutsettes utført som vist på tegning F-21074 med ø400mm plastkum.

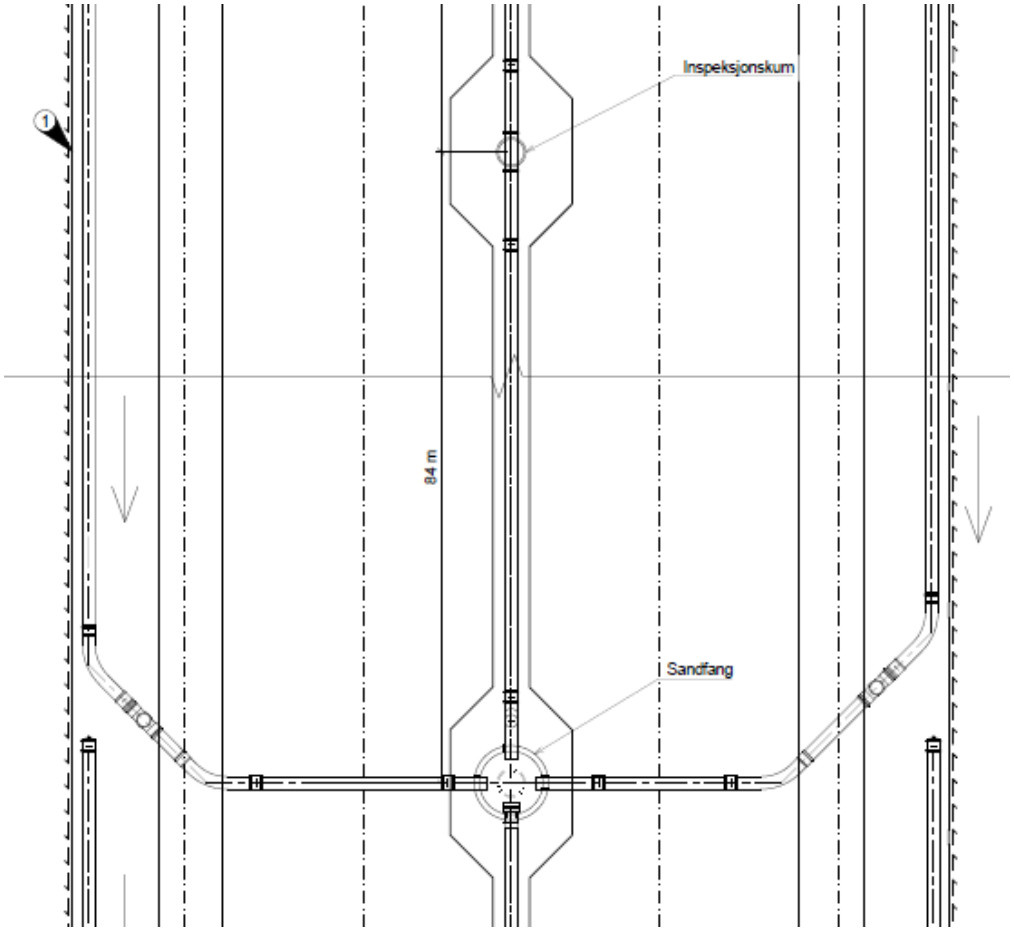



**Figur 4 Prinsipp for drenering i tunnel med dobbeltspor og kontaktstøp. Midtstilt grøft- og kumplassering.**



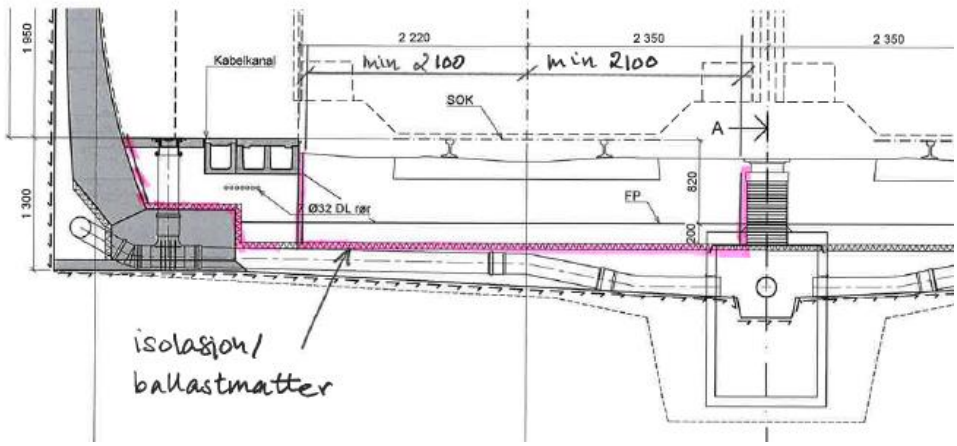
**Figur 5 Lengdesnitt gjennom sandfangskum ved midtstilt løsning.**

Tømming av sandfang vil skje via 400 mm oppstikk fra sandfangkummen plassert mellom sporene. Spyling og inspeksjon kan utføres via oppstikkende rør midt mellom sporene. Fri avstand fra spormidt til oppstikk fra sandfang vil være ca. 2,125 m (sporavstand 4,7 m).




**Figur 6 Planskisse for alternativ 2 med senterstilt sandfang og inspeksjonskum annenhver gang.**

Rundt sandfangskummene er det antatt behov for 50 mm isolasjon (XPS eller tilsvarende). Frostisolasjon av sålen (XPS) føres vanligvis helt ut mot tunnelvegg og tar således ikke opp plass i ballasttverrsnittet. Ved behov for støyisolasjon i form av mineralullmatter må disse leges på samme måte som frostisolasjonen. Typisk støyisolasjon av mineralull har tykkelse 50 – 85 mm. Dersom en ønsker å føre støyisolasjonen opp langs kabelkanalen for å spare mengde kan dette utføres som vist i Figur 7. Mål på figuren viser isolasjonstykkelse på 100 mm. Støyisolasjon med gummimatter (Sylodyn el. tilsvarende) kan være mer relevant der det kun er behov for støyisolasjon. Denne typen matter har typisk tykkelse 25 til 40 mm. Dersom det er ønskelig å føre støyisolasjon opp på vegg i kabelkanal, må denne understøpes for å feste ballastmattene.

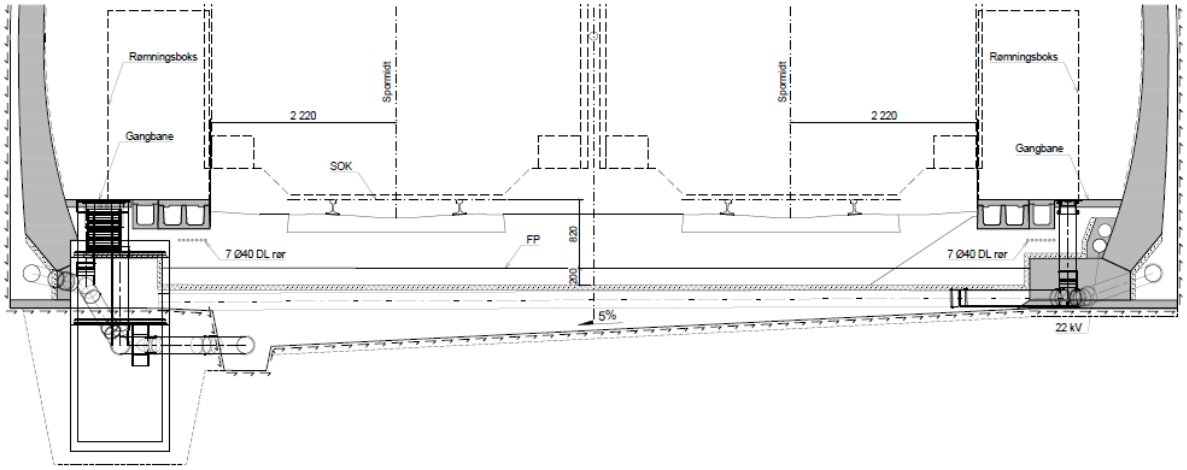



**Figur 7 Plassering av isolasjon/ballastmatter i profilet.**

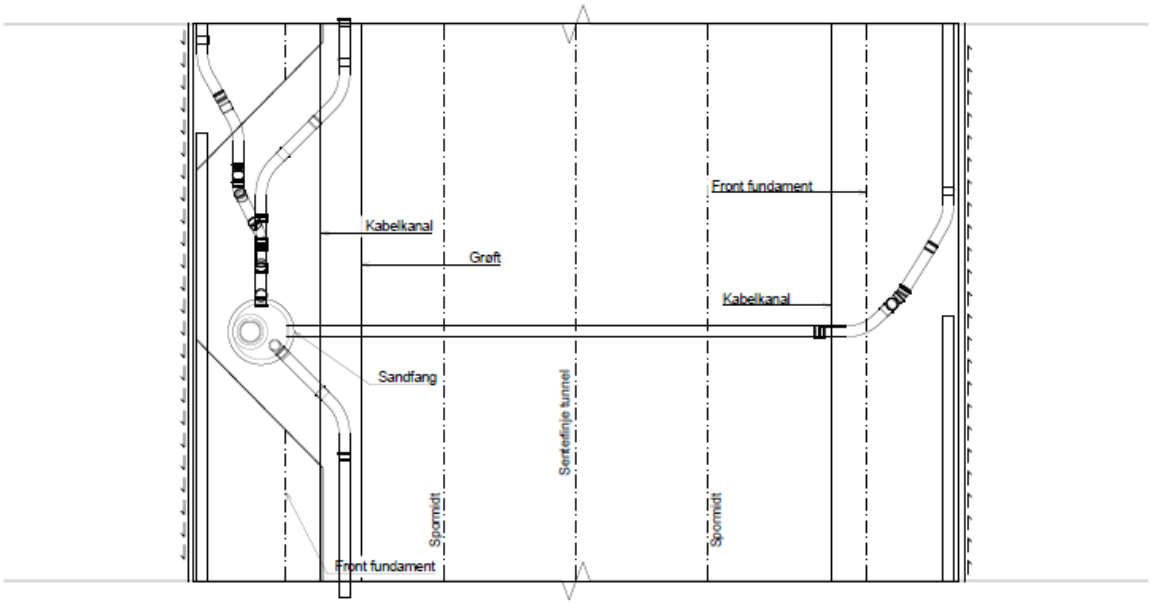
### 5.1.3 Sandfang og inspeksjonskummer under gangbane (alternativ 3)

Langsgående grøft for hoved-drensledning trekkes i dette alternativet inn mot spor slik at risiko for større utfall under hvelvfundament ved sprengning er redusert. Alle rør- og kumtopper plasseres i gangbanen på innsiden av kabelføringsveien. Drensledningen må utføres med bend som føres inn i kummene. Løsningen vil slik det fremgår av skissen i Figur 8 medføre en mindre utsparing for sandfangskummer og fjerning av fundament for hvelv over en ca. 7 m lang strekning i tilknytning til hvert sandfang.

Vedlikehold av drenssystemet vil foregå via stake-, spyle og inspeksjonsrør tilsvarende som for alternativ 2.




**Figur 8 Prinsipp for drenering i tunnel med dobbeltspor og kontaktstøp. Sidestilt grøft og kumplassering under gangbane.**




**Figur 9 Sandfang og inspeksjonskum mellom spor, plan**

## 5.2 RAM-analyse

Nedenfor er identifiserte forhold for de tre alternativene presentert. Rensing vil medføre restriksjoner på trafikk i nabospor for alle alternativer. Visuell kontroll av én kum tar kun noen minutter. Dette kan altså utføres effektivt i togfrie perioder for alle alternativer.

Basert på analysemøtets innspill vurderes det som svært lite sannsynlig at feil som krever akutt feilretting utenfor togfrie tider vil oppstå.

Forutsatt at det utføres jevnlig visuell kontroll vil det være mulig å planlegge når kummer og sandfang må tømmes, fordi de fylles gradvis over tid. Det estimeres at det er behov for å tømme sandfangene hver 62. måned, det vil si i gjennomsnitt en gang hvert 4. år. Inspeksjon utføres hver 24 måned, dvs. en gang hvert 2. år.

### 5.2.1 Alternativ 1 – under spor

For alternativ 1 ble følgende forhold identifisert:

Visuell inspeksjon
For å kunne utføre generisk vedlikehold med visuell inspeksjon vil det være nødvendig å bruke kamera som følge av at kum og sandfang vil være plassert under svillene. Det finnes ikke erfaring med dette fra lignende anlegg på jernbanen, men det finnes mange kameraløsninger på markedet. Bruk av kamera trenger nye vedlikeholdsrutiner og utstyr, og det forventes å ta noe lenger tid per kum sammenlignet med ordinær visuell inspeksjon (åpne kummen å kikke ned).

Som følge av at det ikke er mulig med visuell inspeksjon uten kamera vil det ikke være mulig å se om sandfanget er tomt etter spyling. Det vil være nødvendig å bruke kamera for å sjekke dette, noe som kan føre til at spylingen tar litt lenger tid sammenlignet med alternativer som muliggjør visuell inspeksjon. Løsningen krever altså mer utstyr og er mer tidkrevende enn tradisjonell visuell kontroll.

Staking, spyling og tømming
Staking, spyling og tømming av sandfang, vil skje via et dykket sugerør fra sandfangskum med atkomst via kum i gangbanen. Staking, spyling og inspeksjon er tilsvarende tilgjengelig via gangbanen. Dimensjonen på sugerørstilknytningen fra sandfang opp til gangbanen krever en annen type utstyr og tømming vil kreve en annen kompetanse sammenlignet med dagens metode. Det bør undersøkes om Jernbaneverket har / skal få kompetanse og utstyr til å gjennomføre det generiske vedlikeholdet, eller om vedlikeholdet må utføres av andre.

Tilkomst til kum/sandfang
Inspeksjonskummer og sandfang plasseres annenhver hver 84. meter. Dersom det er en fysisk feil på kum, sandfang eller rør og det er behov for tilkomst må sviller og pukk fjernes. Det forventes å være behov for dette svært sjelden. Dersom dette blir nødvendig vil det antas at en komplett operasjon med demontering av sville(r), fremgraving av kumtopp på 1 meters dybde, tømming av sandfang og tilbakelegging av pukk/komprimering og remontering av sville(r) vil ta ca 20 min[1].

Hastighet på nabospor
Med denne løsningen er det mulig å utføre visuell inspeksjon med drift i nabosporet siden kontrollen kan utføres på gangbanen og vedlikeholdstoget kan brukes som beskyttelse. Det vil imidlertid være nødvendig med redusert fart ved tømming av kummer og sandfang siden vedlikeholdstoget ikke er tilpasset for dette. Vedlikeholdstoget brukes for vedlikehold på spor [6].

[1] Muntlig kommunikasjon med NJD Railvac v/Gisle Hauk

### 5.2.2 Alternativ 2 – mellom spor

For alternativ 2 ble følgende forhold identifisert:

Visuell inspeksjon
Visuell inspeksjon kan utføres med de rutiner som brukes i dag.

Staking, spyling og tømming
Staking, spyling og tømming kan utføres via oppstikkende rør midt mellom sporene. Eksisterende utstyr for tømming kan benyttes.

Tilkomst til kum/sandfang
For å utføre reparasjoner/vedlikehold på selve kummen eller sandfangene må begge spor fjernes. Se for øvrig alternativ 1.

Hastighet i nabospor
Siden kum og sandfang er plassert mellom sporene vil det ikke være mulig med togtrafikk i tunnelen mens vedlikehold pågår.

I analysemøtet ble det poengtert at toleransen på hver side av sporet muligens er for liten for pukkrenseverk for dette alternativet. Det ble anbefalt å legge inn ytterligere avstand mellom kabelkanal og spor.

### 5.2.3 Alternativ 3 – under gangbane

For alternativ 3 ble følgende forhold identifisert:

Visuell inspeksjon
Visuell inspeksjon kan utføres fra gangbanen med samme utstyr som brukes i dag.

Staking, spyling og tømming
Staking, spyling og tømming kan utføres via kumhals i gangbanen. Eksisterende utstyr kan benyttes.

Tilkomst til kum/sandfang
Inspeksjonskummer og sandfang plasseres annenhver hver 84. meter. Det vil ikke være mulig å komme ned til kummer og sandfang uten omfattende arbeid med fjerning av kabelkanal og flytting av kabler. Basert på innspill i analysemøtet forventes det å være behov for dette svært sjelden.

Hastighet i nabospor
Tilsvarende som for alternativ 1

### 5.2.4 Oppsummering

I Tabell 3 er identifiserte RAM forhold for de forskjellige løsningene oppsummert.

**Tabell 3 Oppsummering RAM forhold**

| Forhold | Alt. 1 | Alt. 2 | Alt. 3 |
|---|---|---|---|
| Visuell inspeksjon | Inspeksjon må utføres med kamera og kan utføres fra gangbanen. Inspeksjonen vil ta noe lenger tid med kamera, og man har lite erfaring med bruk av kamera. Krever nye vedlikeholdsrutiner og utstyr. | Visuell inspeksjon kan utføres med de rutiner som brukes i dag via oppstikkende rør midt mellom sporene | Visuell inspeksjon kan utføres med de rutiner som brukes i dag fra gangbanen |
| Staking, spyling og tømming | Staking, spyling og tømming kan utføres via tilknytningsrør i gangbanen. Det vil trolig være behov for annet utstyr enn det som brukes i dag for tømming pga. rørdimensjonen på sugerørstilknytningen. | Staking, spyling og tømming kan utføres via oppstikkende rør midt mellom sporene. Eksisterende utstyr for tømming kan benyttes. | Staking, spyling og tømming kan utføres via kumhals i gangbanen. Eksisterende utstyr for tømming kan benyttes. |
| Hastighet på nabospor | Trenger sportilgang (enkeltspor) for inspeksjon, spyling og tømming. Ved inspeksjon kan vedlikeholdstoget brukes som skille og hastighet i nabospor kan opprettholdes. Ved spyling og tømming må hastigheten i nabosporet reduseres. | Trenger sportilgang (dobbeltspor) for inspeksjon, spyling og tømming. Ikke mulig med drift i nabospor. | Trenger sportilgang (enkeltspor) for inspeksjon, spyling og tømming. Ved inspeksjon kan vedlikeholdstoget brukes som skille og hastighet i nabospor kan opprettholdes. Ved spyling og tømming må hastigheten i nabosporet reduseres. |
| Tilkomst til kum | Sviller må tas opp, et spor stenges | Sviller må tas opp, begge spor stenges | Kabelkanal og kabler må fjernes. Ved behov for å dele og skjøte kabler må begge spor stenges. |

# 6 RESULTAT AV ANALYSEN

## 6.1 Vurdering av oppnåelse av RAM mål og -krav

Det er ikke noen av de tre alternativene som vurderes å føre til at oppetidsmålet ikke kan nås siden vedlikehold knyttet til kummer og sandfang kan utføres i togfrie tider. Sannsynligheten for at kummer eller sandfang fører til behov for akutt feilretting vurderes som svært liten siden det utføres visuell inspeksjon jevnlig. Dette framkom også i analysemøtet. Med hensyn på å nå oppetidsmålene er det derfor små forskjeller mellom de tre alternativene.

I Tabell 4 er krav til vedlikehold fra Konseptdokumentet oppsummert. Tabellen viser de forskjellige alternativene og hvorvidt de oppfyller kravene. I tabellen er hvert alternativ markert med en farge. Grønn markering viser at kravet i Konseptdokumentet er ivaretatt, gul markering viser at kravet er delvis ivaretatt og rød markering viser at kravet ikke er ivaretatt.

**Tabell 4 Krav til vedlikehold i Konseptdokumentet**

| Krav til vedlikehold | Alt. 1 | Alt. 2 | Alt. 3 |
|---|---|---|---|
| Vedlikehold, reparasjoner og fornyelser skal i størst mulig grad utføres uten at trafikken på sporet påvirkes. | Mulig med enkeltspordrift ved inspeksjon og spyling | Begge spor må stenges ved inspeksjon og spyling | Mulig med enkeltspordrift ved inspeksjon og spyling |
| Vedlikeholdsarbeid skal, så langt det lar seg gjøre, kunne utføres uten bruk av skinnegående materiell. | Inspeksjon kan skje fra gangbanen. For spyling er det nødvendig med skinnegående materiell. | Mulig å utføre inspeksjon uten skinnegående materiell. Skinnegående materiell nødvendig for spyling og tømming. | Inspeksjon kan skje fra gangbanen. For spyling er det nødvendig med skinnegående materiell. |
| Utstyr som krever vedlikehold skal ikke plasseres mellom sporene | Utstyr som krever vedlikehold plassert ved gangbane og under spor | Utstyr plassert mellom sporene | Utstyr som krever vedlikehold plassert ved kabelkanal og gangbane |
| Vedlikehold utføres primært under enkeltsporsdrift og sekundært på hvite tider med begge spor stengt | Mulig med enkeltspordrift ved inspeksjon og spyling | Begge spor må stenges ved inspeksjon og spyling. Kan gjennomføres på togfrie perioder. | Mulig med enkeltspordrift ved inspeksjon og spyling |
| Preventivt og korrektivt vedlikehold må kunne utføres raskt og effektivt slik at det har minimal påvirkning på rutekjøring. | Vedlikehold kan utføres i hvite tider. Sannsynligheten for korrektivt vedlikehold er svært liten. Behov for kamera ved inspeksjon medfører at dette blir noe mer tidkrevende. | Vedlikehold kan utføres i hvite tider. Sannsynligheten for korrektivt vedlikehold er svært liten | Vedlikehold kan utføres i hvite tider. Sannsynligheten for korrektivt vedlikehold er svært liten |
| Fornyelse skal i størst mulig grad kunne utføres med enkeltsporsdrift. | Ved fornying må sannsynligvis begge spor stenges/hele tunnelen stenges. Forholdet er ikke vurdert nærmere i denne analysen. | | |

Med hensyn til RAM-krav fra Konseptdokumentet vurderes alternativ 3 oppfylle kravene best. Dette som følge av følgende punkter:

- Vedlikehold kan utføres ved enkeltspordrift
- Det er mulig å utføre inspeksjon fra gangbanen. Vedlikeholdstoget kan brukes som beskyttelse slik at hastigheten kan opprettholdes i nabosporet
- Vedlikehold kan utføres raskt og effektivt. Dette gjelder framfor alt ved visuell inspeksjon siden det ikke er behov for bruk av kamera.

For alternativ 2 kan ikke visuell inspeksjon, staking, spyling eller tømming utføres uten at begge sporene må stenges som følge av at inspeksjonsrøret er plassert mellom sporene, dette bryter mot kravet i Konseptdokumentet om at utstyr ikke skal plasseres mellom spor. Eksisterende rutiner og utstyr kan imidlertid brukes.

Alternativ 1 oppfyller, som alternativ 3, flere av kravene ovenfor, men det er nødvendig å bruke kamera for visuell inspeksjon. Basert på analysemøtet medfører bruk av kamera at inspeksjon tar noe lengre tid og derfor kommer denne løsningen noe dårligere ut, sammenlignet med alternativ 2 og 3.

## 6.2 Usikkerhet ved analysen

Løsningene vurderes være detaljerte nok for å gi et tilfredsstillende grunnlag til analysen. Innspill er basert på analysedeltakernes kompetanse.

## 6.3 Konklusjon og anbefalinger

Som følge at av det er mulig å utføre vedlikehold i togfrie tider vurderes alle de tre alternativene å være tilfredsstillende med tanke på å nå oppetidsmålet. Men med hensyn til krav som stilles til vedlikehold i Konseptdokumentet for IC-strekningene kommer alternativ nummer 3, med drensledning under gangbanen, å være best sett fra et RAM-perspektiv.

# 7 DOKUMENTINFORMASJON

## 7.1 Dokumenthistorikk

| Rev. | Dokumenthistorikk |
|---|---|
| 00A | Første utgave. Dokument opprettet. |
| | |
| | |
| | |
| | |

## 7.2 Referanseliste

[1] Bane NOR, «RAMS-introduksjon og oversikt EN 50126 STY-603102,» Siste revisjon.

[2] Bane NOR, «ICP-00-A-00001 Konseptdokument for InterCity strekningene».

[3] Bane NOR, «Mal for RAM-analyse».

[4] Bane NOR, «Veiledning for gjennomføring av RAM-analyse».

[5] Bane NOR, «ICP-00-A-00004 Konseptdokument for InterCity strekningene, vedlegg 14».

[6] Jernbaneverket, «Vedlikeholdstoget, faktaark,» Jernbaneverket, [Internett]. Available: http://www.jernbaneverket.no/contentassets/95bf9e611b1e43178da16637d92f035a/faktark_vedlikeholdstoget.pdf. [Funnet 13 12 2016].

## 7.3 Vedlegg

1. Notat Tunneltverrsnitt IC

# VEDLEGG – NOTAT TUNNELTVERRSNITT IC

**Til:** Magnus Johnsen

**Fra:** Norconsult

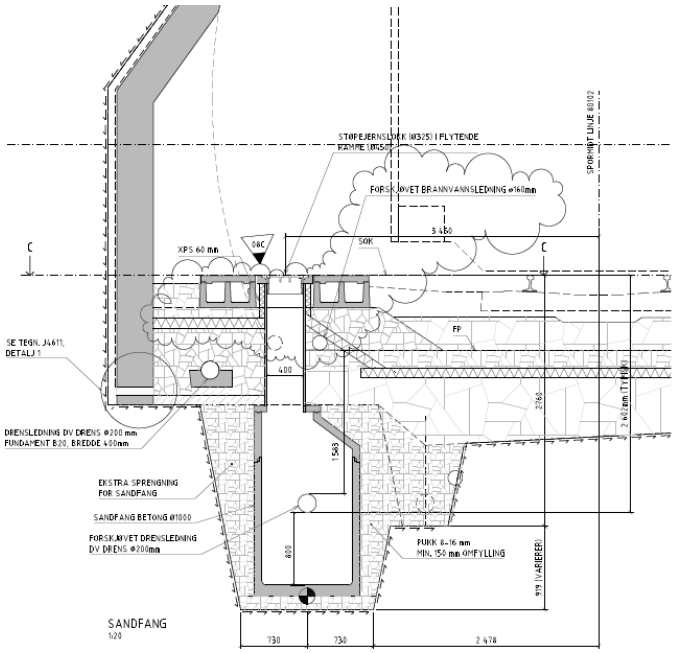
**Dato** 2016-09-07

# Tunneltverrsnitt IC

## 1. Bakgrunn

Dette notatet er utarbeidet som en del av grunnlaget for Temarapport «InterCity-Prosjektet Forslag til tunneltverrsnitt». Notatet vil være utgangspunkt for en RAMS-vurdering av alternative løsninger for drenering av tunneler.

I forbindelse med mottatte kommentarer og gjennomgang av høringsutkast til Temarapporten (2015-06-02) har det fremkommet ønske om å vurdere alternative løsninger med drensrør og kummer. Dette notatet skisserer ulike løsninger (kapittel 3 – 5). Hensikten med løsningene er å unngå nisjer eller utvidelser i tunneltverrsnittet for teknisk utstyr. «Nullalternativet» er løsningen fra Fellesprosjektet E6 - Dovrebanen, der sandfang og inspeksjonskummer medførte behov for egne nisjer, som vist på figur 1.




**Figur 1. Sandfang i nisje (utsnitt fra tegning UEH-24-G-40683)**

Plasseringen av grøft i tverrsnittet fra Fellesprosjektet medførte også at fundamentet for betonghvelvet ble undersprengt, noe som medførte betydelig arbeid med understøping av fundamentet for å erstatte

utsprengt berg opp til teoretisk profil. Understøping av fundamenter var nødvendig for å sikre statisk løsning for betonghvelvet.

I tillegg til kommentarer til utkastet til Temarapporten har JBV har i møte 01.12.2015 bedt om en vurdering vedrørende behov for drensledning i grøft og sandfang, blant annet basert på innhenting av erfaringer fra vedlikehold. I denne vurderingen angis det at de geologiske og hydrogeologiske forhold vil spille inn på et eventuelt valg om å utelate lukket drenering. Grøft uten drensledning og sandfang medfører bl.a. muligheter for tilslamming og avsetninger av mineraler og biologisk materiale. Det anbefales derfor en tunnelløsning med lukket drenssystem i tråd med bestemmelser i Teknisk regelverk.

## 2. Forutsetninger

I teknisk regelverk, Underbygning/Prosjektering og bygging/Drenering er det kapittel 7.1.3 kummer angitt følgende:

***7.1.3.1 Inspeksjonskummer***

*a) I lengre drensledninger skal det anlegges inspeksjonskummer, vanligvis med sandfang.*

1. *Utførelse: Avstanden mellom disse kummene kan variere, avhengig av geometri og stedlige forhold, men bør ligge på 50-100 m.*

*b) Det kan anvendes*

- *prefabrikerte kumelementer av betong som tilfredsstiller kravene i gjeldende norsk standard [NS 3139]*
- *prefabrikerte kumelementer av plastkummer som tilfredsstiller kravene til diameter og sandfangvolum.*

*c) Det kan anvendes*

- *prefabrikerte bunnseksjoner med tett bunn*
- *egne standardiserte sandfangkummer med dykker*
- *plass-støpt bunn med diameter ≥ 650 mm*

1. *Unntak: Sandfangseksjonen bør ved nyanlegg ha diameter ≥ 1000 mm.*

***7.1.3.2 Samlekummer***

*a) To eller flere drensledninger kan føres fram til et felles avløp fra en samlekum.*

1. *Utførelse: Kummene utføres med diameter ≥ 1000 mm.*

*b) Det kan anvendes*

- *prefabrikerte kumelementer med tett bunnseksjon*
- *plass-støpte kummer*

1. *Utførelse: Kummen bør utstyres med stige.*

Basert på Ulvintunnelen som eksempel foreslås det å plassere ut sandfang og inspeksjonskummer, annenhver gang, gjennom hele tunnelen. Avstand mellom kummene er valgt til 84 m.

Konseptet med drenert kontaktstøp med membran forutsetter at det etableres drenering bak støpen i form av drenerende fiberduk, eventuelt supplert med mer omfattende drenering i form av drensmatter, drensstriper, knotteplast eller tilsvarende for å unngå oppbygging av stort vanntrykk bak støpen. Drensvannet føres ned i langsgående drensrør bak foten av hvelvet, slik det fremgår av etterfølgende figurer. I tillegg til drenssystemet i tunnelsålen vil det også være behov for inspeksjon og eventuell spyling av de langsgående drensledningene bak hvelvet.

Sandfangskummer forutsettes utført med ø1000 mm bunnseksjon i henhold til regelverket.

Samlekummer, som angitt i avsnitt 7.1.3.2 plasseres fortrinnsvis utenfor tunnelen.

Den foreslåtte avstanden mellom kummer på 84 m er basert på at støping av hvelv vanligvis utføres i 12 m lange seksjoner. Eventuelle inngrep i form av gjennomføringer og utsparinger i fundamentene (og evt. hvelvet) vil dermed medføre at tiltakene plasseres på samme sted i støpeseksjonen hver gang.

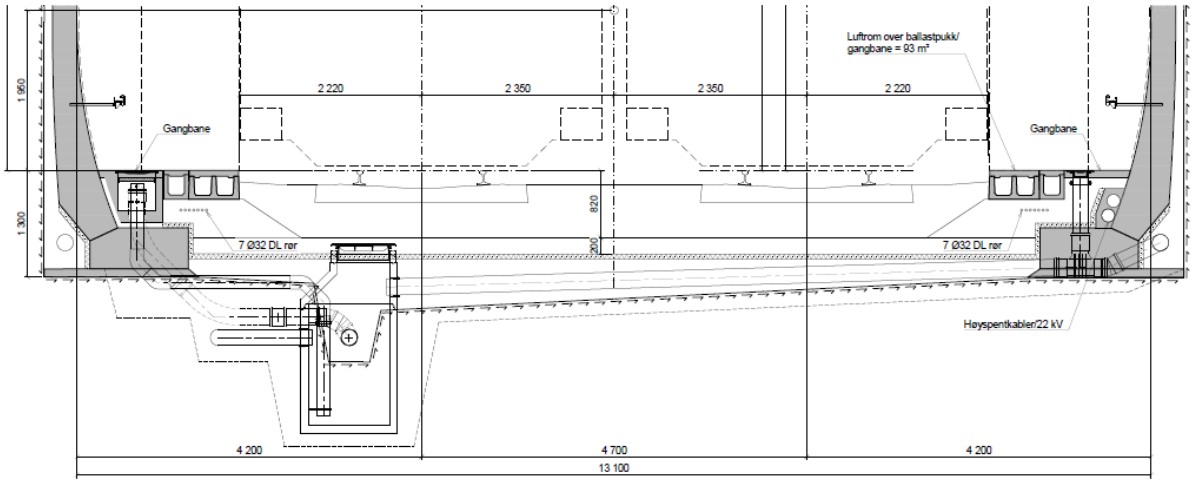
Høydebeliggenhet for den gjennomgående hoved-drensledningen er antatt til minst 1600 mm overkant rør under SOK for at drenering av trekkekummer for kabler kan foregå ved selvfall.

For alle løsningene forutsettes det at langsgående transport av lekkasjevann går i hoved-drensledningen. Denne må derfor dimensjoneres for dette. Vanlige dimensjoner vil være ø160 til ø250 mm. Ved lange tunneler og/eller tunneler med mye lekkasjevann som skal transporteres ut kan det være nødvendig med en overvannsledning i tillegg til drensledningen.

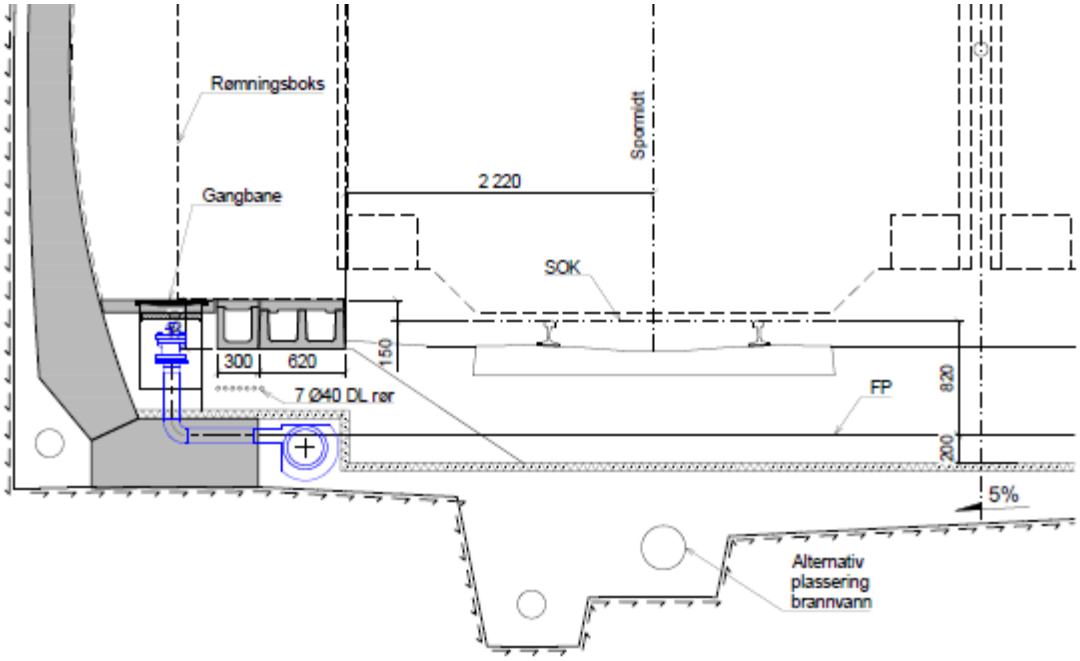
I forhold til tidsbruk for generisk vedlikehold i tunnel har vi ingen konkrete tall. Dette vil variere ut fra hvilken oppgave det er og hvor komplisert den er. Videoinspeksjon vil antakelig ta lengst tid på grunn av kjøretiden kameraet bruker gjennom ledningen. Tømming av sandfang går fort.

## 3. Sandfang og inspeksjonskummer under spor (alternativ 1)

Forslaget innebærer tildekkede og sideforskjøvne kummer for å unngå nisjer, som vist i figurene 2, 3 og 4. Plasseringen av grøften er valgt også for å unngå at denne skal ødelegge fundamentet for kontaktstøpen.




**Figur 2: Prinsipp for drenering i tunnel med dobbeltspor og kontaktstøp. Sidestilt grøft- og kumplassering under spor**.




**Figur 3. Mulig plassering av brannvannsledning med hydranter/brannkummer.**

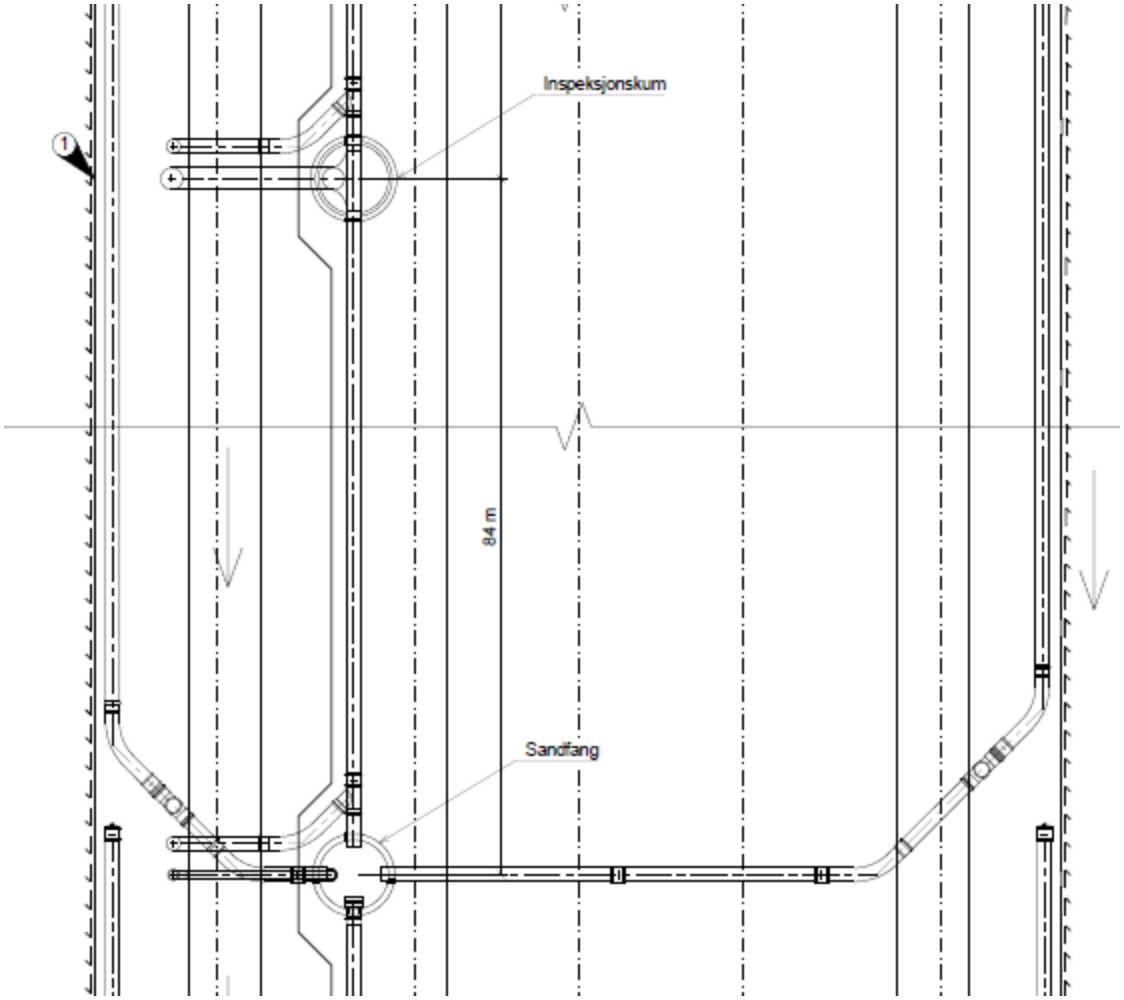
En eventuell brannvannsledning kan plasseres under gangbane/kabelkanal som vist på figur 3 med avgrening til hydranter eller brannventil i kum i gangbanen. Alternativt kan ledningen plasseres i samme grøft som den gjennomgående drensledningen (plassering antydet på figur).

Tømming av sandfang vil skje via et dykket sugerør fra sandfangskum, men med atkomst via kum i gangbanen. Staking, spyling og inspeksjon er tilsvarende tilgjengelig via gangbanen. Foreslått løsning med nedgravde kummer og atkomst til staking/spyling via sidestilte rør, er drøftet med driftspersonell. Det antas at vedlikeholdsbehovet for drenssystemet vil være lavt i nye tunneler og vurderingen er at en sidestilt løsning er tilfredsstillende.

Figur 2, 3 og 4 viser prinsippene for forslaget til drenssystem plassert under spor:

- Inspeksjonskummer og sandfang plasseres annenhver for hver 84 meter. Stake/spyle-mulighet tilknyttes oppstrøms kum ved grenløp i topp rør og ut til gangbane. Ved vanlig drift vil spyling skje ved at en spyleslange føres inn motstrøms (med dyse vendt medstrøms) og spyling skjer medstrøms. Gren for innføring av spyleslange monteres motstrøms. Grenrørstilknytning i toppen av røret er nødvendig for å unngå sedimentering i grenet som står motstrøms. Stakegrenet vil ikke kunne benyttes til inspeksjon grunnet fare for hekting av inspeksjonsbilen i grenrøret.
- Rettløpskummer med rettvinklet og buet stikkrenne er beregnet for atkomst for TV-inspeksjonsbil i begge retninger. Det er også en mulighet for spyling ved rettløpskummene.
- Sandfang kan tømmes ved sugerørstilknytning utført i stålrør via plasstøpt kum i gangbane. Sugeløsningen bør testes opp mot aktuelt vedlikeholdsutstyr med tanke på sugeevne før installasjon.
- Løsningen forutsetter et regelmessig vedlikehold. Det anbefales også bruk av kamera for observasjon før og etter spyling/suging etter behov. I tillegg vil det kunne være mulig å bruke eget ekstra utstyr for spyling.
- Topp kumlokk for kummer under jernbanespor skal legges 90 cm under SOK. Dette kan enten være et støpejernslokk eller et betonglokk.
- Rundt kummer under sporet er det forutsatt benyttet jordfuktig betong for å unngå setninger på sporet og stivhetsvariasjoner i underbygningen.

Redusert tilgjengelighet vil være en ulempe med den foreslåtte løsningen. For spesielle situasjoner, hvor man en sjelden gang må komme til i kummene, er det imidlertid relativt enkelt å demontere sviller og legge disse midlertidig til siden for å få atkomst til kumlokk som ligger i nivå med kabelfritt profil på 900 mm under SOK. I følge NJD Railvac v/Gisle Hauk antas det at en komplett operasjon med demontering av sville(r), fremgraving av kumtopp på 1 meters dybde, tømming av sandfang og tilbakelegging av pukk/komprimering og remontering av sville(r) vil ta maks 20 min.




**Figur 4: Prinsipptegning for drenering i dobbeltsportunnel med kontaktstøp. Øverst er det vist inspeksjonskum med atkomst for inspeksjonskamera i begge retninger, samt eget stake/spylerør. Den nederste kummen viser sandfang hvor sugeledning føres inn og ned i sandfanget for sugemulighet. Atkomst til drensrøret som ligger bak kontaktstøp er tilgjengelig via egne stake/spylegren på begge sider. Spyling fra sandfang til oppstrøms inspeksjonskum kan gjøres ved eget atkomstrør for staking/spyling.**

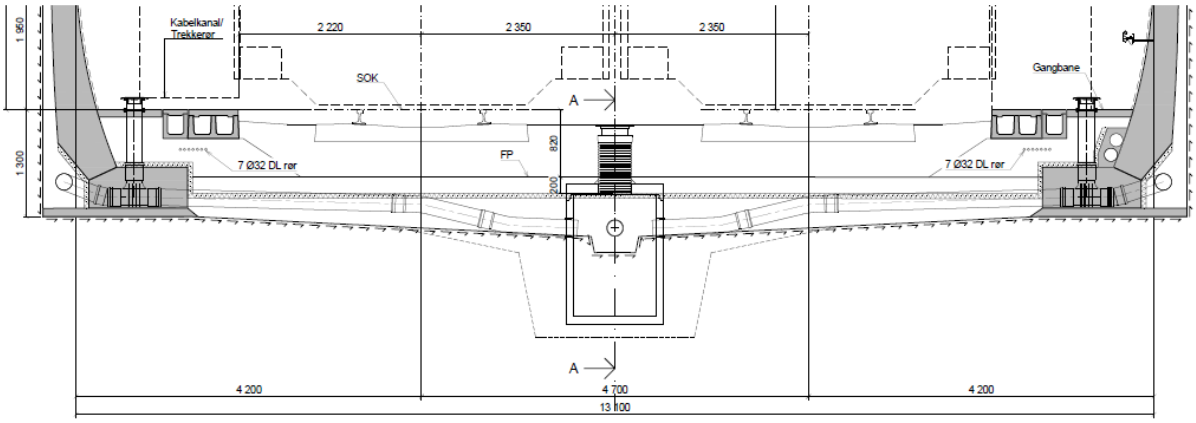
Det antas at løsningen vil kreve dispensasjon fra Teknisk regelverk.

Det vises til vedlagte tegninger ICP-32-F-21071 og tegning ICP-32-F-21072.

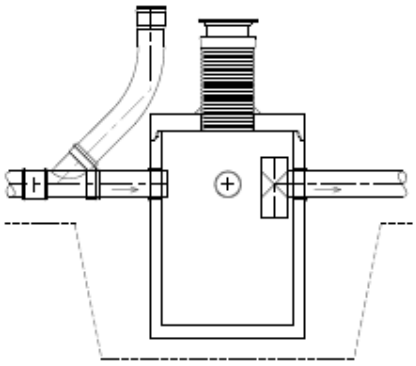
# 4. Sandfang og inspeksjonskummer mellom spor (alternativ 2)

Forslaget innebærer delvis tildekkede og midtstilte kummer for å unngå nisjer, som vist i figurene 5, 6 og 7. Midtstilt grøft vil være gunstig for å unngå at grøften skal ødelegge for fundamentene for kontaktstøpen. I tillegg vil løsningen medføre noe grunnere sprengning i sålen ved at denne utføres med omvendt takfall istedenfor ensidig tverrfall.

Sandfang utføres med ø400mm «hals» tilsvarende sandfangene i Ulvintunnelen. Løsningen er også brukt i Jarlsbergtunnelen i Tønsberg. Inspeksjonskummer forutsettes utført som vist på tegning F-21074 med ø400mm plastkum.  Det er uklart om løsningen krever dispensasjon fra Teknisk regelverk. I tidligere utgaver (< 2012) var det angitt at kan benyttes prefabrikkerte kumelementer av betong eller plastkummer og at minste diameter på slike kummer er 650 mm, men sandfangseksjonen bør ved nyanlegg ikke være mindre enn 1000 mm. I gjeldende bestemmelser, som angitt i under forutsetninger i kapittel 2, er det kun angitt krav til bunnbredde for plasstøpte kummer.



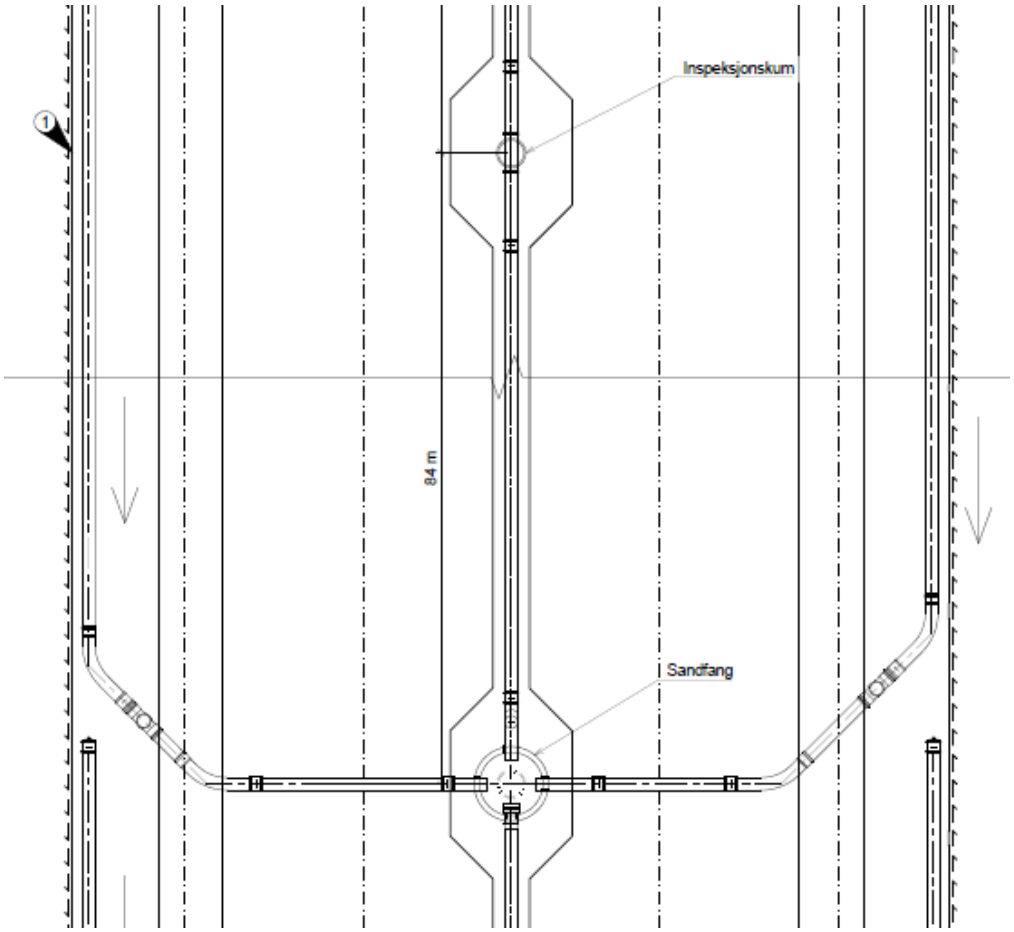

**Figur 5. Prinsipp for drenering i tunnel med dobbeltspor og kontaktstøp. Midtstilt grøft- og kumplassering.**



**Figur 6. Lengdesnitt gjennom sandfangskum ved midtstilt løsning.**

Tømming av sandfang vil skje via 400 mm oppstikk fra sandfangkummen plassert mellom sporene. Spyling og inspeksjon kan utføres via oppstikkende rør midt mellom sporene. Fri avstand fra spormidt til oppstikk fra sandfang vil være ca 2,125 m (sporavstand 4,7 m). Dette anses tilstrekkelig for kjøring av ballastrenseverk forbi oppstikkene. I følge JBV er det nødvendig med en fri bredde på ca. 2,2 m. Ved henvendelse til Baneservice (Daniel Hatcher) krever deres utstyr som nå benyttes for ballastrensing for JBV en bredde tilsvarende svillelengden (2,6 m) pluss 600 mm til hver side, dvs. 3,8 m. Dybden er 300 mm under uk sville, dvs. ca 70 cm under SOK. Plass til ballastrensing antas derfor å være tilfredsstillende. Ved nærmere undersøkelser og befaring av sporrensing har JBV angitt at

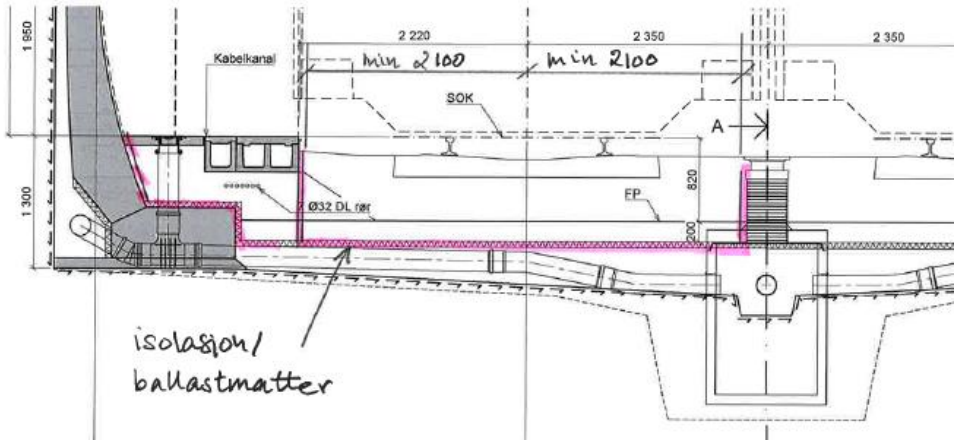
minste bredde (kniven) på renseverket i drift er 3,8 meter. Toleranse under drift er ca 50-100mm på hver side om kniven er 4,0m. I tillegg så må man ta hensyn til montering av kniv på renseverket ved montering/oppstart. Dette trenger plass/ toleranse på ca 200mm for å montere kniven, dvs 3,8 + minst 0,2m gir nødvendig plass på ca 4,1meter.




**Figur 7. Planskisse for alternativ 2 med senterstilt sandfang og inspeksjonskum annenhver gang.**

Det vises til vedlagte tegninger ICP-32-F-21073 og ICP-32-F-21074.

Som vist i figur x vil det selv ved behov for ballastmatter og/eller frostisolasjon være tilstrekkelig plass til å kjøre renseanlegg ved midtstilte sandfangskummer. Rundt sandfangskummene er det antatt behov for 50 mm isolasjon (XPS eller tilsvarende). Frostisolasjon av sålen (XPS) føres vanligvis helt ut mot tunnelvegg og tar således ikke opp plass i ballasttverrsnittet. Ved behov for støyisolasjon i form av mineralullmatter man disse leges på samme måte som frostisolasjonen. Typisk støyisolasjon av mineralull har tykkelse 50 – 85 mm (se utdrag fra NGI-rapport). Dersom en ønsker å føre støyisolasjonen opp langs kabelkanalen for å spare mengde kan dette utføres som vist på figuren. Mål på figuren viser isolasjonstykkelse på 100 mm. Støyisolasjon med gummimatter (Sylodyn el. tilsvarende) kan være mer relevant der det kun er behov for støyisolasjon. Denne typen matter har typisk tykkelse 25 til 40 mm. Dersom det er ønskelig å føre støyisolasjon opp på vegg i kabelkanal, må denne understøpes for å feste ballastmattene.



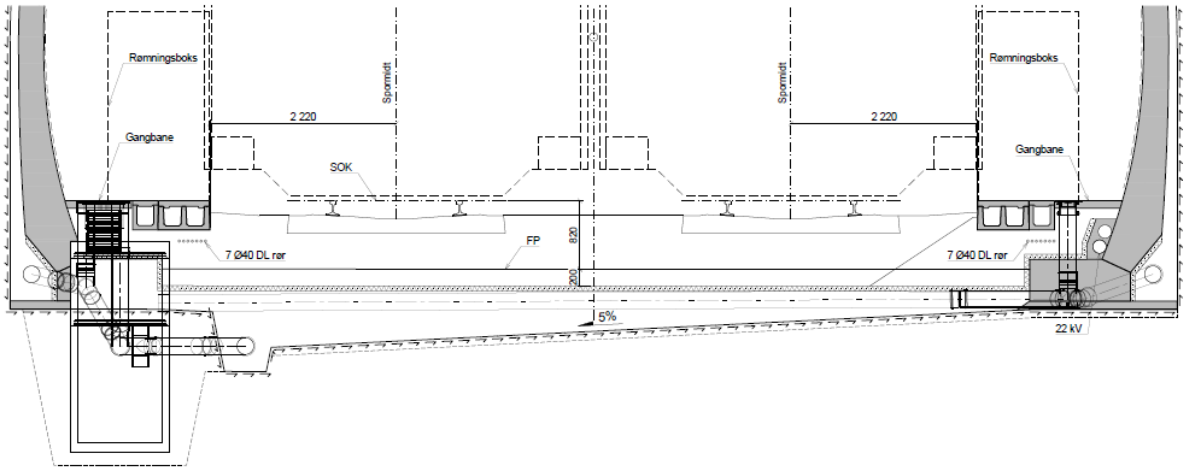

**Figur x. Plassering av isolasjon/ballastmatter i profilet.**

## 5. Sandfang og inspeksjonskummer under gangbane (alternativ 3)

Langsgående grøft for hoved-drensledning trekkes i dette alternativet inn mot spor slik at risiko for større utfall under hvelvfundament ved sprengning er redusert. Alle rør- og kumtopper plasseres i gangbanen på innsiden av kabelføringsveien. Drensledningen må utføres med bend som føres inn i kummene. Løsningen vil slik det fremgår av skissen i figur 8 medføre en mindre utsparing for sandfangskummer og fjerning av fundament for hvelv over en ca. 7 m lang strekning i tilknytning til hvert sandfang.

Det vises til vedlagte tegninger ICP-32-F-21075 og ICP-32-F-21076.

Vedlikehold av drenssystemet vil foregå via stake-, spyle og inspeksjonsrør tilsvarende som for alternativ 2.

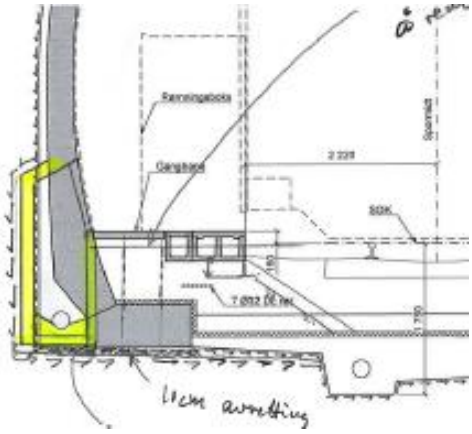



**Figur 8. Prinsipp for drenering i tunnel med dobbeltspor og kontaktstøp. Sidestilt grøft og kumplassering under gangbane.**

En variant av denne løsningen vil være å plassere kum ut mot spor og føre av kabelkanaler på innsiden. Grøft og kummer kan dermed trekkes noe lenger ut fra vegg og fundamenter, men retningsavvik på kablekanaler medfører mer spesialtilpasning. Inngrep i hvelvstøp og fundamenter vil bli redusert. Løsningen kan vanskelig kombineres med trekkerørspakke istedenfor kabelkanaler.

Alternativt kan inspeksjon- og spyle/sugerør erstattes med innstøpte drenskummer i vegg, tilsvarende drenskummene som er plassert i nisjer i Fellesprosjektet/Ulvintunnelen. Se figur 9. Kummen utføres

med rektangulær bunn med innvendig mål 600 x 1200 mm. Kumtypen kan også erstatte røroppstikk for inspeksjon og spyling i de foregående to alternativene.



**Figur 9. Alternativ utforming av stake-/spylekum istedenfor røroppstikk**

Løsningen i alternativ 3 bør bearbeides videre i detalj dersom denne blir aktuell. Omfang av inngrep i betonghvelv og fundament bør avveies i forhold til vedlikeholdbarhet. Endelig valg av løsning for kabelføring vil også ha betydning for utformingen.

# 6. Vurdering av løsninger

For de foreslåtte løsningene vil staking, spyling og inspeksjon utføres til dels gjennom røroppstikk. I alternativ 2 og 3 vil imidlertid sandfangene utstyres med ø400 mm «halser» som muliggjør visuell inspeksjon i tillegg til innføring spyle- og sugeslanger.

Stake- og spylepunkter for drensrør bak kontaktstøpt hvelv utføres i form av ø200 mm plastrør eller stålrør i alle tre alternativer. Løsningene er uavhengig om kabelføring utføres med kabelkanaler eller trekkerørskanaler. Alternativt kan det etableres innstøpte, rektangulære kummer, men dette krever utsparinger i nedre del av betonghvelvet.

Inspeksjon med videokamera, staking, spyling og tømming av sandfang vil i alle de tre viste løsninger kunne utføres i «hvite perioder». I Konseptdokumentet for InterCity (ICP-00-A-00004) er det imidlertid angitt at vedlikehold i størst mulig grad skal planlegges og gjennomføres uten at trafikken på sporet påvirkes, noe som innebærer utførelse primært under enkeltspordrift og sekundært på hvite tider med begge spor stengt. For løsningene med kummer under spor eller under gangbane (alternativ 1 og 3) vil det således være mulig med togpassering på det motstående sporet. Bestemmelsen i konseptdokumentet vil imidlertid sannsynligvis bli endret i senere utgave (september i år). Det vises til e-post fra JBV (Magnus Johnsen). Endringen vil innebære at vedlikehold i prinsipp skal utføres når det ikke er trafikk på banen, det vil si i «hvite perioder».

I alternativ 1 med kummer under spor vil det ved behov for tilgang til kummene være nødvendig å demontere sviller og legge disse midlertidig til siden for å få atkomst til kumlokk som ligger i nivå med kabelfritt profil på 900 mm under SOK. For denne løsningen vil det sannsynligvis være mulig med passering av tog på det andre sporet. Løsningen med midtstilte kummer vil medføre stengning av begge spor.

For løsning med kummer under gangbane (alternativ 3) vil det heller ikke være mulig å komme ned i sandfang uten omfattende arbeid med fjerning av kabelkanal og flytting av kabler.

Uavhengig av alternativ er det antatt behov for hyppigere vedlikehold av rør og kummer de første årene tunnelen er i drift.

Sannsynligheten for akutt korrektivt vedlikehold av rør og kummer vurderes som svært liten fordi rør og kummer tettes over lang tid. Dermed er ikke muligheten for trafikk i ett spor samtidig med vedlikehold av kummer og rør avgjørende for valg av løsning.

**Kostnader**

Det er ikke foretatt en egen kostnadsvurdering av alternativene. Forskjellene vil imidlertid være små, da antall kummer, røroppstikk og rørlengder vil være like.

Anleggsmessig vil alternativ 2 medføre minst inngrep i støpeprosessen for kontaktstøp. Plassering av kummer midt i tunnelprofilet vil imidlertid medføre noen ulemper for anleggsgjennomføringen, i det arbeider med kummer og oppstikk i stor grad vil stenge for annen anleggstrafikk. I alternativene 1 og 3 er det søkt å minimalisere mulighet for undersprengning og behov for understøp under fundamentene kontaktstøpen. Noen kostnader for understøp kan likevel påløpe ved unøyaktig sprengning av grøft. En eventuell inspeksjonskum som vist i figur 8 vil medføre noe ekstra kostnad, men vil medvirke til enklere inspeksjon ved at dette kan utføres visuelt istedenfor med videoutstyr.

Drenssystemet slik det er utformet i Ulvintunnelen er kostnadsberegnet til ca 2500 kr/løpemeter tunnel (entreprisekost inkl. rigg og drift). Kum for drensvann bak støp utgjør ca 13.000 kr/stk eller ca. 400 kr/m. Kostnad for nisje kommer i tillegg.

For alternativ 3 med sandfang og drenskummer/oppstikk i gangbanen vil medføre noen ekstra kostnader sammenlignet med alternativ 1 og 2. Utsparing i nedre del av tunnelvegg for sandfang og innstøping av drensrør i fundament anslås til ca 5000 kr/kum eller 30 kr/løpemeter tunnel. Drenskum istedenfor ø250 mm oppstikk for spyling/videoinspeksjon antas å koste noe mer enn drenskummene fra Ulvintunnelen. Tilleggspris, grovt anslått vil koste ca. 15.000 kr/stk eller noe under 200 kr/løpemeter tunnel.

Grovt sett kan det konkluderes med at investeringskostnadene i rør og kummer for alternativ 3 vil bli i størrelsesorden 10 % høyere enn alternaternativ 1 og 2, mens vedlikehold vil bli noe enklere.

# 7. Oppsummering av fordeler og ulemper ved alternativene

<u>Alternativ 1, kummer under spor</u>

Fordeler:

- Mulighet for togpassasje på det andre sporet ved vedlikehold av drensledning
- Liten risiko for undersprengning av hvelvfundament ved sprengning av grøft.
- Mindre påvirkning på øvrige arbeider i anleggsperioden

Ulemper

- Redusert tilgjengelighet for sandfang
- Visuell inspeksjon av kum ikke mulig
- Rørføring og sandfang vil kreve tiltak ved sprengning nær fundament for betonghvelv

<u>Alternativ 2, kummer og grøft mellom spor</u>

Fordeler:

- Mulighet for visuell inspeksjon via kumhalser for sandfang og inspeksjonskummer
- Svært liten risiko for påvirkning av fundament for betonghvelv ved sprengning for grøft og kummer

Ulemper

- Vedlikehold kan kun utføres ved togstans i begge spor
- Påvirker øvrig anleggstrafikk i anleggsperioden

Alternativ 3, kummer under gangbane

Fordeler:

- Mulighet for visuell inspeksjon via kumhalser for sandfang og inspeksjonskummer
- Mulighet for togpassasje på det andre sporet ved vedlikehold av drensledning
- Mindre påvirkning på øvrige arbeider i anleggsperioden

Ulemper:

- Rørføring og sandfang vil kreve tiltak ved sprengning nær fundament for betonghvelv
- Kummer krever tiltak (utsparinger) ved støp av betonghvelv og fundament