



Statens vegvesen

FAGRAPPOR

Løsmassetunnel



Rv. 41/ rv. 451 - Ny veg til Kristiansand lufthavn, Kjevik

Rev: 02	Dato: 2014-09-01	Beskrivelse: Endelig versjon med for- og bakside	Utarbeidet: TeFaa, JOB, EiM, AGK, GuH	Fagkontroll: GuH/ OE	Godkjent: TeFaa
---------	---------------------	---	--	-------------------------	--------------------

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. 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.

Innhold

1	Innledning	7
2	Overordnede krav	9
3	Veggeometri	11
4	Tunnel- og tunnelsikkerhet	13
4.1	Forutsetninger	13
4.2	Tunnelprofil	14
4.3	Havarinisjer	14
4.4	Rømningstunnel	14
4.5	Nødstasjon	14
4.6	Slokkevann	14
4.7	Ventilasjon, kabelbro og skilt	14
4.8	Alternativ løsning	15
5	Flysikkerhet	17
5.1	"Safety og Security"	17
5.2	Sikkerhetsområdet	17
5.3	Hinderflater	17
5.4	Adgangskontroll	17
5.5	krav til jevnhet	18
6	Konstruksjon	19
6.1	Generelt	19
6.2	Sirkulært tverrsnitt	19
6.3	Rektangulært tverrsnitt	20
6.4	Oppsummering	21
7	Grunnforhold	23
7.1	Nærmest Topdalselva	23
7.2	Under rulle- og taksebaner	23
7.3	Mot terminalen	23
7.4	Oppsummering	23
8	Drivemetoder for løsmassetunnel	25
8.1	Fra mottatt dokumentasjon	25
8.2	Multiconsult's rapport:	25

8.3	SINTEF's notat	26
8.4	Metode fra GEOCONSULT	27
8.5	Oppsummering mottatt dokumentasjon	28
9	Norconsults vurdering av drivemetoder	29
9.1	Grunnforsterkning generelt	29
9.2	Cut and Cover	30
9.3	Tunnel Bore Machine (TBM)	31
9.4	Pressing	32
9.5	NATM	32
9.6	Rømningsvei og Nisjer	32
10	Kostnader	35
11	Oppsummering	38

Vedlegg:

1. Oversikt over grunnforhold
2. Forslag til veggeometri, tegning nr. C6-B-C102-MP3

Sammendrag

Norconsult har utført en kvalitetssikring av dokumenter fra Multiconsult, SINTEF og GEOCONULT med hensyn på teknisk gjennomførbarhet av en mulig løsmassetunnel under rullebanen på Kjevik. Hensikten med vurderingen er å komme frem til om det finnes løsninger der man kan etablere en løsmassetunnel uten at rulle- og taksebaner stenges i anleggsperioden. Det er gjort en grov beregning av kostnader for mulig løsning, og sammenlignet disse med kostnader for alternativ C6K som går i kulvert rundt søndre del av rullebanen.

Det kan være teknisk mulig å etablere en løsmassetunnel under rullebanen på Kjevik. Aktuelle metoder som pressing, boring (TBM) og NATM representerer bruk av teknologi som ikke har vært utprøvd i Norge tidligere i tilsvarende grunnforhold og geometri.

Etablering av løsmassetunnel ved bruk av pressing eller NATM-metoden er vurdert å ikke være gjennomførbare metoder. Av de metodene som er vurdert, er derfor kun TBM vurdert å kunne være aktuell. Dersom det er kvikkleire i traseen, vil det kunne gjøre anvendelse av metoden svært krevende eller umulig. Eventuelt oppstikkende berg i traseen vil også gi store utfordringer. Det må derfor utføres detaljerte grunnundersøkelser for å få oversikt over dette. Lengde på mulig strekning sammen med stigningskrav til veien, gir liten overdekning. Dette er uheldig og øker risikoen for deformasjoner og skader på overflaten.

De vurderte metodene har i mer eller mindre grad behov for grunnforsterkning. Best egnet metode for grunnforsterkning er etter vår vurdering jet-peler. Dette er en kostbar metode.

Vår vurdering er at Cut and Cover kun er aktuell dersom man har mulighet til å stenge rullebanen i perioder.

Behov for separat rømningsvei og havarinisjer i hovedtunnel kompliserer og fordyrer en løsning med tunnel. Alternativt kan man ha to separate tunneler med tverrforbindelse.

Lengde og kostnader for alternativ med løsmassetunnel under rullebanen er sammenlignet med alternativ C6K. Sammenligningen viser at alternativet under rullebanen gir en strekning på 1100 meter og koster kr. 1006 mill NOK. Alternativ C6K gir en veistrekning på 1470 meter og koster 232 mill NOK. Dette er kostnader uten MVA og tekniske installasjoner.

Ønsker man en løsning med tunnel under rullebanen må man akseptere at flyplassen stenges i perioder, slik at det blir mulig å etablere tunnelen med mer konvensjonelle metoder som Cut and Cover eller spuntet byggegrop i korte seksjoner. Alle løsninger med tunnel under rullebanen vil gi deformasjoner på overflaten. Akseptabel størrelse på deformasjoner på rulle- og taksebaner bør avklares med luftfartsmyndighetene /AVINOR.

1 Innledning

Norconsult er av Statens Vegvesen Region Sør (SVRS) bedt om å utføre en kvalitetssikring av dokumentasjonen som er mottatt i forbindelse med vurderinger av mulig tunnel under rullebanen på Kjevik Lufthavn. Alternativet er i tidligere faser forkastet, og inngår ikke i de alternativene som skal vurderes og videreføres i KU / KDP.

Etter politisk initiativ ser man igjen på dette alternativet for å vurdere om det allikevel kan være aktuelt, siden det representerer den løsningen som gir kortest vei til Kjevik. Oppgaven er primært å vurdere mottatt dokumentasjon, supplert med egen kompetanse. Det er viktig å få avklart forhold som kan være avgjørende for gjennomførbarheten av et tunnelalternativ under rullebanen, og hvilke overordnede krav som vil gjelde for en slik løsning.

Mottatt dokumentasjon er:

- Rapport nr. 311507 av 2007-10-10 fra Multiconsult (MC), som har vurdert ulike traseer for ny vei til Kjevik.
- Notat utarbeidet av SINTEF, prosjekt nr. 3C0172 av 2007-09-17. Notatet er en oppsummering fra en idédugnad der man har vurdert mulige metoder for å føre frem løsmassetunnel under rullebanene på Kjevik og Sola.
- Diverse korrespondanse mellom SVRS og GEOCONSULT. Et østerriksk firma med spesialkompetanse på en metode kalt New Austrian Tunnel Method (NATM). De mener tunnel utført etter denne metoden er aktuell.

Etter avklaringer med SVRS er vi bedt om å se på en trasé som går direkte mot terminalbygget fra søndre kryssing av Topdalselva. Elvekryssingen er den samme som ligger til grunn for reguleringsplanen for flyplassen og tilsvarer alternativ 2a i MC's rapport.

Det er i første omgang utført en teknisk vurdering, for å se om en løsning med tunnel under rullebanen er gjennomførbar. Vurderingen ble presentert for SVRS i møte 2015-05-15. Da ble Norconsult bedt om å presentere kostnader for alternativ med løsmassetunnel på et grovt og overordnet nivå, og sammenligne disse med et av alternativene i KU. Lengde og kostnader er derfor sammenlignet med alternativ C6K, som går i kulvert rundt sørenden av rullebanen.

Vi har vurdert aktuelle fag som er avgjørende i en teknisk vurdering. Følgende fag er representert:

- Veiteknikk
- Flysikkerhet

- Tunnel og tunnelsikkerhet
- Konstruksjon
- Geoteknikk, inklusive løsmassetunnel

2 Overordnede krav

Basert på mottatt dokumentasjon og kommunikasjon med SVRS, gjelder følgende overordnede krav:

- Kjevik lufthavn skal være operativ i hele anleggsperioden
 - Dette betyr at det vil kun være korte tidsluker i løpet av et døgn hvor det er mulig å jobbe innenfor sikkerhetsområdet til flyplassen, noe som igjen medfører at en kryssing av rullebanen må utføres som en tunnel mens flytrafikken går som normalt.
- Etablering av tunnel skal ikke gi deformasjoner på rulle- og taksebaner, hverken i anleggsfasen eller på sikt. Ved kryssing av rulle- og taksebaner kan det ikke graves åpent.
- Løsningen må være tilpasset Masterplanen for Kjevik lufthavn

Det legges derfor til grunn at det kun er de løsningene som gir mulighet for normal drift på flyplassen som skal evalueres. Dette medfører at ikke annet enn tunnelalternativer innenfor sikkerhetsområdet er aktuelt, og det er bare disse som blir gjenstand for kvalitetssikring.

I mottatt dokumentasjon er også løsninger som Cut and Cover, som gir stengning av flyplassen i måneder, vurdert. Slike løsninger er ikke sett nærmere på i dette arbeidet. Vi viser ellers til oppsummering i kapittel 0.

3 Veggeometri

Vegen følger samme dimensjoneringsprinsipper som øvrige traséalternativer i C- og F-korridorene. Det innebærer dimensjoneringsklasse H1, 60 km/t, ÅDT 0-12.000, og normalprofil etter dimensjoneringsklasse H4, 10 meter.

Tunnelen kan etableres i ett løp med to kjørefelt: Tunnelverrsnittet skal tilfredsstillе tunnelprofil T10,5. Tunnelklasse D. Alternativt kan den etableres med to separate tunneler med et kjørefelt i hver. Se for øvrig kapittel 0 om tunnelsikkerhet.

Dimensjonerende $\text{ÅDT}_{2040} = 10.500$.

Vegtraséen følger alternativ C6 fra Hamre over Topdalselva. På nordsiden av elven går vegen i fall 7 % (se kapittel 4 Tunnel og tunnelsikkerhet) og under rullebanen. Avinor anbefaler lukket løsning i en avstand 105 meter fra CL rullebane. Dette tilsvarer profil 390. Av hensyn til flysikkerhet er det anbefalt å begynne lukket tverrsnitt ved profil 385. Lengden på tunnelen vil avhenge bl.a. av arealbruk og fremtidige krav. Det er i dette arbeidet ikke sett nærmere på utnyttelse av områdene, men veglinjen tar hensyn til hovedtrekkene i Masterplan fase 3 for Kjevik lufthavn. Det er forutsatt lukket løsning frem til profil 1100. Total tunnellengde blir på 715 meter.

Foreslått veigeometri er vist på Tegning nr. C6-B-103-MP3 i Vedlegg 2.

4 Tunnel- og tunnelsikkerhet

Dette er et tema som ikke er særlig berørt i mottatt dokumentasjon, men som vi har vurdert å ha betydning for gjennomførbarheten.

4.1 FORUTSETNINGER

Det er lagt til grunn av total lengde av kulvert/tunnel blir minimum 715 meter med dimensjonerende ÅDT(20 år) på 10 500 kjøretøy. Lengden er nærmere beskrevet i kapittel 0 om veggeometri. Med bakgrunn lengden og ÅDT gir figur 4.4 i håndbok 021 tunnelklasse D. Tunnelen må da oppfylle sikkerhetstiltak gitt i Statens Vegvesens Håndbok 021 (HB021), tabell 5.1, klasse D.

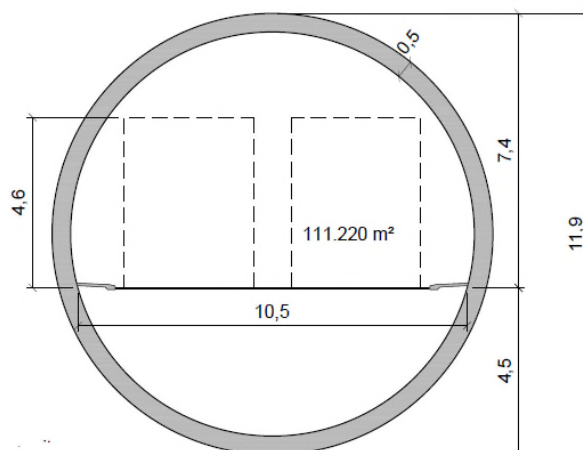
Vår tolkning av disse sikkerhetskravene er:

- Krav til havarinisje
- Krav til rømningstunnel med tverrforbindelse
- Krav til belysning, nødstrømsanlegg, ledelys, rømningsskilt, fjernstyrt bomanlegg og radio- og kringkastingsanlegg
- Krav til nødstasjoner for hver 125 meter
- Krav til slokkevann
- Ventilasjon: Siden tunnelen er under 1000 meter (HB021, kap. 10.4) er det i prinsippet ikke krav om ventilasjon, men med lavbrekk og uten fullverdige vind- og trekkstudier må det antas at tunnelen må utrustes med ventilasjonsvifter

Siden tunnelen har lavbrekk under kote 0, må tunnelen ha pumpestasjon. Tunnelen må kunne vaskes, og vaskevannet kan ikke slippes på fjorden uten rensing og sedimentering. Vi antar at det er akseptabelt å legge bassenget på terreng. Det er derfor ikke satt av plass til dette i selve tunnelen. Etter vasking pumpes det skitne vannet opp i dagsonebassenget, før det eventuelt har godkjent utslipp til fjorden/elva. Overflatevann som kommer inn gjennom portalmunninger må håndteres, og er forutsatt pumpet opp til basseng på terreng.

4.2 TUNNELPROFIL

Kravet til tunnelprofil er T10,5. Overført til en sirkulær tunnel tilsvarer dette ett tunnelprofil med innvendig diameter på 10,9 meter. Det antas en tykkelse på betongkonstruksjonen på 0,5 meter, som gir en ytre diameter i løsmasser på 11,9 meter.



Figur 1: Tunnelprofil T10,5 i sirkulært tverrsnitt

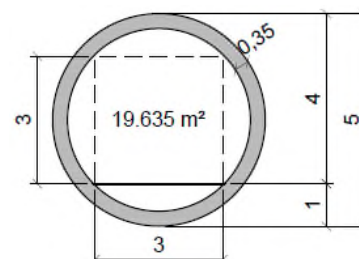
4.3 HAVARINISJER

Krav om havarinisje pr. 250 m, der plassering veksler mellom tunnelens to sider. Dette gir krav om til sammen 2 havarinisjer

4.4 RØMNINGSTUNNEL

Rømningstunnel med tverrforbindelser for hver 500 meter. Nødutgang kan da kombineres med en av havarinisjene. Rømningstunnelen skal i hht HB021 figur 4.6, ha ett rømningsareal på 3x3 meter. Overført til en sirkulær tunnel tilsvarer dette ett tunnelprofil med innvendig diameter på 4,3 meter. Det antas en tykkelse på betongkonstruksjonen på 0,35 meter, som gir en ytre diameter i løsmasser på 5 meter.

Utgangen i det fri for rømningstunnelen må få en slik utforming at den ikke kan få tilbakeslag av røygasser fra munningen av vegtunnelen



Figur 2: Rømningstunnel i sirkulært tverrsnitt

4.5 NØDSTASJON

Nødstasjoner for hver 125 meter. Fordeles som annen hver nødkiosk og nødskap. Nødkiosk plasseres i forbindelse med havarinisjer på begge sider av tunnel.

4.6 SLOKKEVANN

Uttak for slokkevann installeres for hver 250 meter i vegtunnel. Uttak og ventil plasseres i bankett

4.7 VENTILASJON, KABELBRO OG SKILT

Ved toveistraffikk og lavbrekk er det krav om ventilasjon. Det er antatt å bli behov for vifter med diameter på 500-700 mm. De bør monteres med en fri avstand på minimum 4,8 m over asfalt, for å hindre påkjørsler og skader. Dette gjelder også skiltplan og kabelbro for lysarmatur. Vi antar det er mulig å splitte skiltene, slik at de kan plasseres opp under taket. Uavhengig av plassering er det behov for tekniske rom. Det kan bli behov for trafo for å få nok strøm, dette må eventuelt vurderes nærmere senere. Vi har for denne vurderingen antatt at man klarer å få strømkabler til viftene inn fra tunnelmunningene.

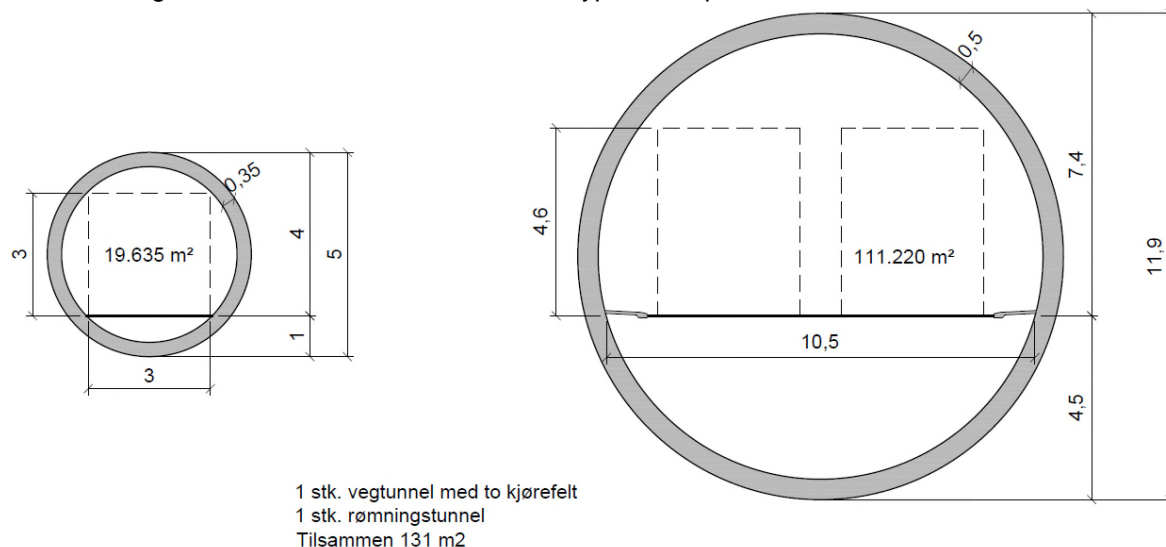
4.8 ALTERNATIV LØSNING

Vegtunnelens vertikalkurvatur har stigningsforhold opp mot 7%. Dette er over HB 021 sitt krav om maksimum 5% i vegtunneler, og fravik må derfor søkes. Kravet er satt ut ifra at vegtunnelen også skal fungere som rømningstunnel. Siden det i dette tilfelle må bygges en egen rømningstunnel ved siden er det imidlertid mulig å la denne ha en annen vertikalgeometri som ikke overstiger 5%.

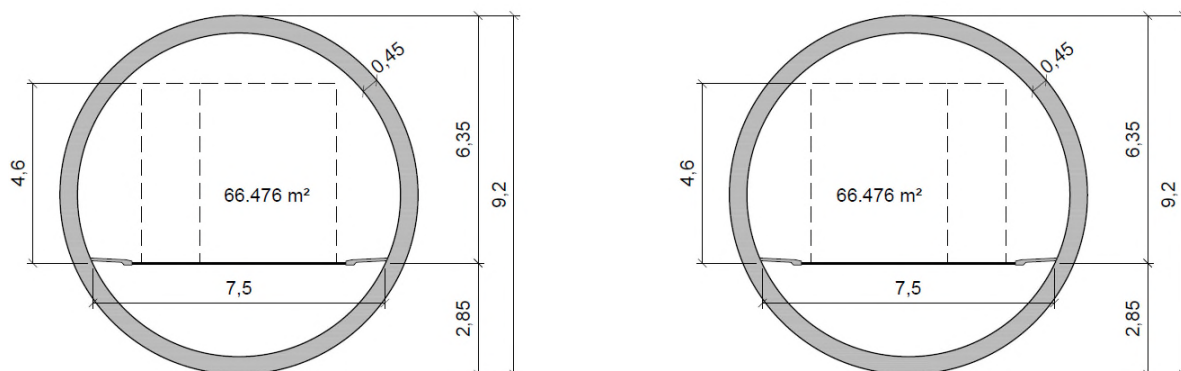
Om fravikssøknad for 7% ikke er mulig å få godkjent, og det ikke er praktisk mulig å forlenge vegtunnelen slik at makskravet om 5 % kan overholdes, kan en alternativ tunnelloøsning med to identiske vegtunneler være aktuelt. En slik løsning krever at lavbrekket heves.

Dette alternativet er basert på HB021, figur 4.7, tunnelprofil T7,5. En kjørefeltbredde på til sammen 5 meter gir mulighet for at redningskjøretøy kan passere. Selve kjørefeltet må ha en bredde på 3,5 meter, og legges eksentrisk i tverrsnittet med en avstand mellom kantsteinslinjene på 5,5 meter. Overført til en sirkulær tunnel tilsvarer dette ett tunnelprofil med innvendig diameter på 8,3 meter. Det antas en tykkelse på betongkonstruksjonen på 0,45 m, som gir en ytre diameter i løsmasser på 9,2 meter

Som vist under er det totale tunnelarealet for vegtunnel med egen separat rømningstunnel 131 m², men to identiske tunneler vil ha tilnærmet det samme totale tunnelarealet, 133 m². Det skiller kun 2 m². Det vil også være en fordel at det er kun én type tunnelprofil.



Figur 3: Vegtunnel med to kjørefelt og rømningstunnel



2 stk. vegtunnel med ett kjørefelt + havarifelt
Tilsammen 133 m²

Figur 4: To separate tunneler med ett felt i hver

Mellom de to identiske tunnelprofilene etableres det en tverrforbindelse for nødgjennomgang. Hver av vegtunnelene vil da fungere som rømningstunnel for det andre løpet.

HB021 benytter kun T7,5 tunnelprofilet ved av-, - og påkjøringer. HB021 omhandler ikke konkret to parallelle tunnellop med T7,5. Trafikken fordeles på to løp, den er derved halvert og hver av tunnelene kan om mulig betraktes som tunnelklasse C. Med ett kjørefelt kan det i hht tabell 4.5 og figur 5.2 også argumenteres for at kravet for havarinisjer er 750 meter. Det vil si omtrent som tunnelens lengde. Havarifeltet vil kunne fungere som en gjennomgående havarisone. Vi går ikke noe nærmere inn på dette, men vi anbefaler at det utføres en risikoanalyse for å få en avklaring om alternativ løsning ønskes videreført. Det kan ha betydning for gjennomførbarheten.

5

Flysikkerhet

5.1 "SAFETY OG SECURITY"

Alt arbeid som foregår på en lufthavn blir underlagt et omfattende system knyttet til "Safety og Security". Dette innebærer klare begrensinger knyttet til:

- Bevegelsesrestriksjoner
- Høyderestriksjoner
- Adgangskontroll

5.2 SIKKERHETSOMRÅDET

Sikkerhetsområdet på hver side av rullebanen er på 150 meter, som da får en total bredde på 300 meter. Sikkerhetsområdet er 2-delt. Planert del som går ut til 75 meter fra senterlinje rullebane og uplanert del, som fortsetter ut til 150 meter fra senterlinje rullebane.

Innenfor sikkerhetsområdets planerte del (2 x 75 meter) skal det ikke være anleggsaktivitet eller terrengendringer når det er flytrafikk. Maskiner og utstyr må evakueres ut til definerte evakueringsområder minimum 90 meter fra senterlinjen på rullebanen. Det er derfor tatt utgangspunkt i at det ikke skal være anleggsaktivitet av noe slag innenfor denne sonen.

Avinor anbefaler i notat datert 2014-03-31, at det benyttes en minimum kulvertlengde på 105 m på hver side av senterlinje rullebane. Dette får betydning mot øst, der lukket kulvert/tunnel må starte ved ca. profil 390. Med tilpasninger i endene og for å sikre helt lukket tverrsnitt fra profil 390, er det forutsatt kulvert/tunnel fra profil 385.

5.3 HINDERFLATER

I sidehinderplanet (overflyvningsområdet), som starter i ytterkant av uplanert del av sikkerhetsområdet (150 m fra senterlinje rullebane) er det ikke lov å penetrere "1:7-planet". Dette planet starter 3 meter over høyden ved senterlinje rullebane. Her er det ikke lov å ha midlertidig eller permanent utstyr ved en flybevegelse. Dersom en har midlertidig installasjoner som penetrerer dette sidehinderplanet, må disse være av en slik utforming at de enkelt kan flyttes eller legges ned senest 15 min før en flybevegelse. I praksis så betyr dette at arbeid i sidehinderplanet må utføres om natten.

5.4 ADGANGSKONTROLL

Arbeidene vil foregå en operativ lufthavn, noe som innebærer at personell som skal jobbe på innsiden av lufthavngjerdet må gjennomgå nødvendig opplæring for å få tilgang. Det skal i tillegg alltid være tett lufthavngjerde, så anleggstrafikk må gå via bemannede porter.

5.5 KRAV TIL JEVNHET

Etablering av en tunnel skal ikke gi deformasjoner på rulle- og taksebaner, hverken i anleggsfasen eller på sikt. Det formelle kravet er at maksimal ujevnhet ikke skal resultere i større krefter enn 0,45G på hovedhjul og/eller nesehjul.

ICAO Annex 14 (Fifth edition, July 2009) har innarbeidet anbefalte krav til maksimale ujevnheter som eksisterende/gamle dekker kan ha før utbedringer må gjennomføres. Avinor sin praksis er at ujevnheter på 3 m rettholt ikke skal overstige 20 mm, der hjulene trafikkerer, før tiltak iverksettes på rullebaner. Erfaring tyder også på at det veiledende kravet til 45 m rettholt på 80 mm også er fornuftig. Dette er krav til jevnhet som vil gjelde for driving av tunnelen under rullebanen.

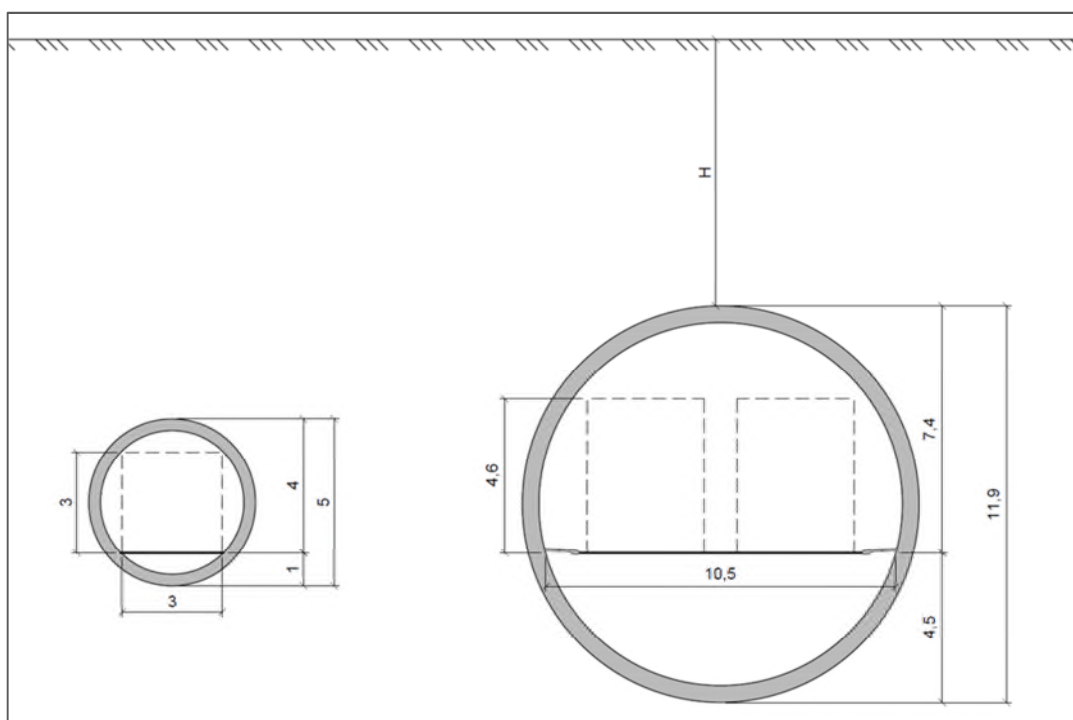
6 Konstruksjon

6.1 GENERELT

Statiske tverrsnitt og konstruksjonsmateriale vil i stor grad avhenge av drivemetoden. Betong vurderes å være det mest sannsynlige konstruksjonsmaterialet.

6.2 SIRKULÆRT TVERRSNITT

Sirkulære tverrsnitt kan benyttes ved tunnelboremaskin eller pressing:

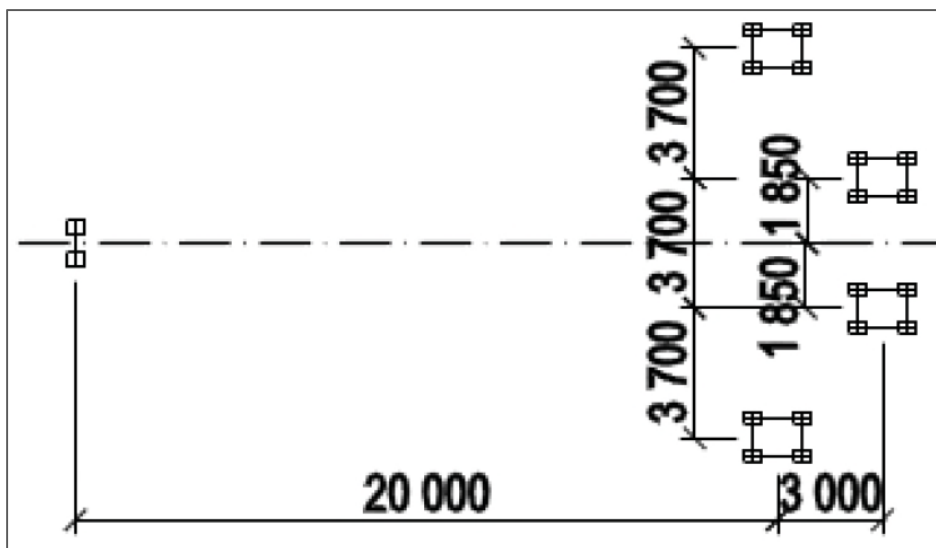


Figur 5: Eksempel på sirkulært tverrsnitt

Hvelvtykkelsen vil avhenge av drivemetoden. Ved tunnelboremaskin(TBM) bygges tverrsnittet opp av elementer med pakninger og momentfrie skjøter. Det store tverrsnittet til høyre i figuren over får hvelvtykkelse av størrelsesorden 0,5 meter, det lille 0,3 meter.

Ved pressing kan det også benyttes sirkulære tverrsnitt med elementer, men plasstøpt kontinuerlig tverrsnitt synes mer sannsynlig. Ved pressing er trolig rektangulært tverrsnitt som vist lenger ned mer aktuelt.

Nødvendig overdekning "H" avhenger av drivemetoden. TBM basert på elementer må ha en viss overdekning for å gi tilstrekkelig ringtrykk og tetthet. På flystripen opptrer store konsentrerte laster fra fly, noe som også er medvirkende til at en viss overdekning trengs. Konstruksjoner nylig bygget på Gardermoen er dimensjonert for 1400 kN fordelt på 4 hjul:



Figur 6: Laster fra flyhjul

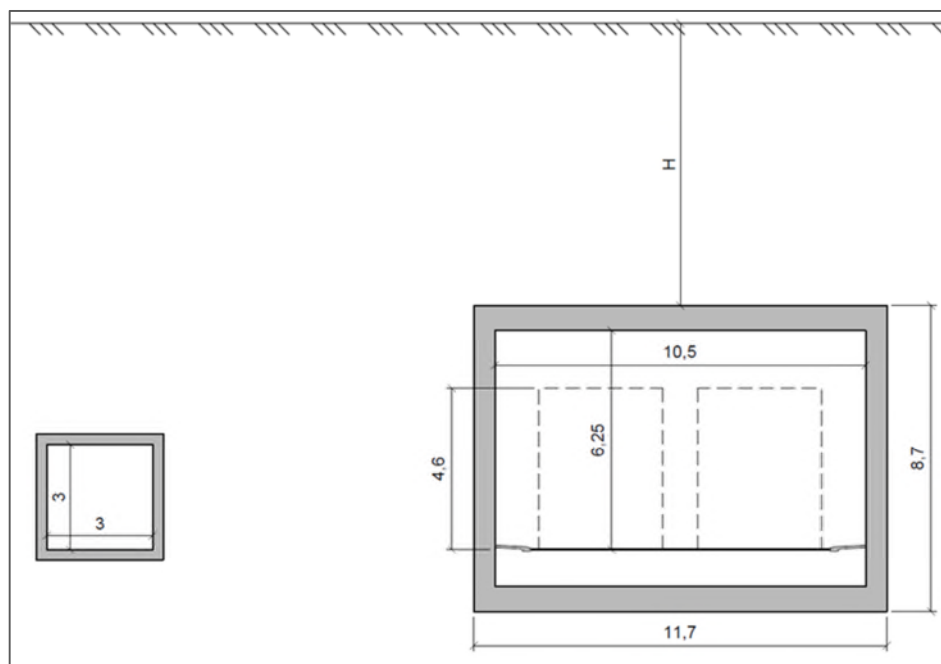
Hver av disse gruppene består altså av 1400 kN slik at totalvekten er 5600 kN. I tillegg kommer 890 kN ved nesehjulene.

En tommelfingerregel for TBM-tunneler er at overdekningen bør være av størrelsesorden én diameter eller mer. Foreløpige vegtegninger angir $H = 8$ meter – dvs. noe mindre enn én diameter. Med de store lastene fra fly virker det ikke sannsynlig at man kan gå grunnere enn 8 meter med en TBM-tunnel. Pressing basert på kontinuerlig tverrsnitt uten elementskjøter vil strukturelt sett kunne gå grunnere enn 8 meter. Hensynet til deformasjoner begrenser likevel hvor liten overdekningen kan være.

Et annet forhold som påvirker overdekningen er oppdriftsstabilitet, som er en relevant problemstilling med de grunnvannsforhold som gjelder. Av de sirkulære tverrsnittene over ser man at det er plass til mye ballastmasse i bunnen. Det betyr at oppdrift bare er et potensielt problem ved lav overdekning, som er lite aktuelt.

6.3 REKTANGULÆRT TVERRSNITT

Figuren nedenfor viser et rektangulært tverrsnitt som kan være aktuelt for en løsning med pressing. Om man bare tenker på konstruksjonens styrke, vil et rektangulært tverrsnitt kunne legges med null overdekning. Takplaten kan dimensjoneres til å tåle de store konsentrerte flylastene uten spredning i jorda. Krav til drivemetode og deformasjoner vil likevel begrense hvor grunt man kan gå med slike tverrsnitt.



Figur 7: Eksempel på rektangulært tverrsnitt

6.4 OPPSUMMERING

Oppsummert konstruksjon: Viste betongtverrsnitt vil ha styrke og tetthet som gjør de egnet for aktuelle laster så som flylast, vekt av jord, jordtrykk og vanntrykk. Detaljert utforming av tverrsnittene vil i stor grad bestemmes av byggemetoden. Hvor liten overdekning som kan benyttes bestemmes i stor grad av hensynet til deformasjoner/setninger.

7

Grunnforhold

Det er utført grunnundersøkelser i flere omganger, som gir en grov oversikt over grunnforholdene langs den aktuelle traseen. Vi viser til vedlegg 1, der resultater fra tidligere undersøkelser er presentert sammen med undersøkelser som er utført i forbindelse med KU-arbeidet. Områder der man har truffet på kvikkleire er vist på planen i vedlegg 1.

7.1 NÆRMEST TOPDALSELVA

Det er boret 30 meter uten å nå berg. Løsmassene består av lagdelt sand og silt over morene. Vi kjenner ikke til resultater fra måling av grunnvannstand, men antar at grunnvannet dreneres ut mot elva, fra et nivå som ligger 6 – 8 meter under terreng under rullebanen.

7.2 UNDER RULLE- OG TAKSEBANER

Det vi har av resultater fra tidligere grunnundersøkelser viser at det er boret 12 meter uten å nå berg. Vi kjenner derfor ikke til hvor dypt berget ligger. Vår vurdering er at det sannsynligvis ligger dypt, og trolig under en mulig løsmassetunnel under rullebanen. Løsmassene i de øvre lagene består av lagdelt sand, silt og leire, med innhold av humus i øvre 2 meterne. Vest for rullebanen er det registret grunnvann i to nivåer; et øvre nivå ca. 1 meter under terreng og et nedre nivå 6 – 8 meter under terreng. Det øvre nivået (hengende grunnvann) skyldes at lag med leire hindrer vannet å drenere ned til dypere lag.

7.3 MOT TERMINALEN

I dette området er det boret for en mulig plassering av ny avisningsplattform. Boringene viser varierende grunnforhold med lag av sand, silt og leire. Også her er det noe humus i det øverste laget. I ett av punktene i dette området er det registret kvikkleire fra 7 meter under terreng og videre nedover i dybden. Dette gjelder punkt 42 i vedlegg 1. Det er generelt boret 12 meter uten å nå berg, med unntak av boring i punkt 41 som er ført ned til 24 meter dybde der den er avsluttet i faste masser /stein. Nordøst for dette området har SVRS boret rundt 30 meter i løsmasser uten å nå berg. Grunnvannstanden i dette området er registrert å ligge 7 – 8 meter under terreng. Det er ikke observert en øvre grunnvannstand i dette området.

7.4 OPPSUMMERING

Dybdene til berg antas generelt å være store, og ligge under traseen for en mulig løsmassetunnel under rullebanen. Siden mange av de eksisterende boringene er avsluttet i 12 meter dybde, kan man ikke utelukke at det stikker berg opp i traséen. Løsmassene består av lagdelt sand, silt og leire med store lokale variasjoner og uryddig lagdeling. Det er påtruffet kvikkleire nært inntil traseen mot terminalen og også i søndre del av rullebaneområdet. Kvikkleire kan forekomme andre steder enn det som pr. i dag er kartlagt; også under rullebanen. Det er registrert morene/faste masser ned mot berg. I de øvre jordlagene er det en del humus.

Dersom det er aktuelt å gå videre med dette alternativet må det utføres supplerende grunnundersøkelser. Det er spesielt viktig å kontrollere dybdene til berg og omfang/beliggenhet av kvikkleire. Det er vurdert å ha avgjørende betydning for gjennomførbarheten av en mulig løsmassetunnel.

8

Drivemetoder for løsmassetunnel

8.1 FRA MOTTATT DOKUMENTASJON

Nedenfor er det gitt en kort oppsummering av de vurderingene Multiconsult og SINTEF har presentert i sine dokumenter (delvis sitat). Vi har for en stor del gjengitt det de har skrevet. Våre kommentarer og vurderinger er gitt i kap. 9 nedenfor. Direkte sitater er gitt i kursiv, og teksten er satt mellom "....".

8.2 MULTICONSULTS RAPPORT:

Boring med TBM:

"Foran sitter et borehode og et skjold, og etter hvert som maskinen presses og borer seg forover, etableres en permanent betongvegg av prefabrikerte elementer mot massene. I en periode sikrer imidlertid skjoldet mot at massene raser inn, og dette skjoldet har en diameter noe mindre enn kuttehodet. Dette kan føre til såkalt volumtap, det vil si at netto tverrsnitt på jordtunnelen blir noe mindre enn det utborede profilet. Forholdet vil variere med grunnforhold, men vil føre til setninger av terrengoverflaten."

Ulemper ved boring:

- o Tilsvarende ikke prøvd tidligere i Norge
- o Fare for innrasing av masser ved stuff og behov for sikring (frysing)
- o Deformasjoner på rullebanen
- o Fare for grunnvannssenkning
- o Høye kostnader og stor risiko

Pressing av tunnel:

Aktuelt tverrsnitt presses inn i løsmassene. Massene graves ut og konstruksjonen danner trykkring/sikring mot massene rundt. Metoden må kombineres med forsterkning/sikring av løsmasse for å hindre innrasing av massene på stuff.

Ulemper ved pressing

- o Behov for å sikre massene mot innrasing på stuff
- o Store konsekvenser ved eventuelle ras

- o Stor pressegrup og store jekkekrefter. utfordringer med å oppnå tilstrekkelig mothold.
- o Deformasjoner på rullebanen ut over krav fra AVINOR.

Forsterkning av løsmassene

Frysing er vurdert å være best egnet metode. Det er kommentert at det vil gi telehiv og fare for ising på rullebanen. Massene er vurdert være telefarlige.

New Austrian Tunnel Method (NATM)

"Denne metoden går ut på å drive tunnelen i mindre "buede" tverrsnitt, og benytte sprøytbetong som sikring. Metoden ble benyttet i forbindelse med Gardermobanen på Eidsvoll hvor grunnforholdene bl.a. besto av silt og finsand under grunnvannstand. Under gjennomføring oppsto et ras som ga store deformasjoner på overflaten, og som gjorde at arbeidsmetoden ble endret til åpen utgraving avstivet med spunt.

Metoden er benyttet på flere prosjekter internasjonalt, men da under bedre grunnforhold. Metoden krever stor innsats på undersøkelser og detaljprosjektering før man eventuelt kan dokumentere at den kan benyttes."

8.3 SINTEFS NOTAT

Deres rangering av alternativer som gir mulighet for dag-åpen rullebane:

1. PCC - Pile Cover and Cut
 - o En løsning der man rammer spunt om natten, legger en kraftig plate som hviler på spunten. Denne blir en del av OK rullebane
 - o Nevnte ulemper er nattarbeid, setninger og mulig GV-senkning
2. Tunnelboremaskin - EPB skjold/lukket skjold (Earth Pressure Balance)

Om tunnelboremaskin med lukket skjold:

"Tunnelboremaskiner av typen Earth Pressure Balance, EPB-skjold eller lukket skjold er benyttet tidligere for krysning av rullebaner og motorveien i drift, men ikke i Norge. Skjoldmaskinen kan tilpasses til å drive under ulike og vekslende grunnforhold, både berg- og løsmasser så lenge grunnforholdene er nøye kartlagt under forundersøkelsene. Tunneldrivingen skal helst foregå under grunnvann. Det trenges ingen for-forsterkning for å kunne bruke skjoldmaskinen. Det skal tas hensyn til at skjoldmaskinen er stor og nødvendig plass må derfor være tilstede ved begynnelsen av tunnelen. Det er nødvendig med nøye overvåking av kritisk mottrykk for å unngå setningsskader på overflatestrukturer, som for eksempel rullebanen."

Fordeler:

- Kan operere i kompliserte grunnforhold
- Ingen for-forsterkning (frysing, kalk-sement stabilisering) nødvendig

- Relativ lav risiko for innsenkning under drift (risikoen reduseres jo dypere tunnelen drives)
- Kan drives på døgnbasis mens flytrafikken går som normalt, unntatt når rullebanen krysses
- "Hyllevare", maskiner finnes i ulike tverrsnitt, 8m diameter er imidlertid en relativt stor maskin

Ulemper:

- Dyr, spesielt kostbar og omfattende mobilisering
- Kan stoppe opp hvis gjenstander blir påtruffet som ikke var indikert på grunnundersøkelsene, som større blokker og/eller gamle flyvrak
- Komplisert system
- Krever å ligge på et visst dyp for å ha kontroll med mottrykk til væsketrykket. Krever spesialisert mannskap

Risiko:

- Maskinhavari over lengre tid
- Andre grunnforhold enn det skjoldmaskinen er designet for
- Innsenkning som følge av piping
- Kan være lang leveringstid av maskin dersom et odde tverrsnitt velges

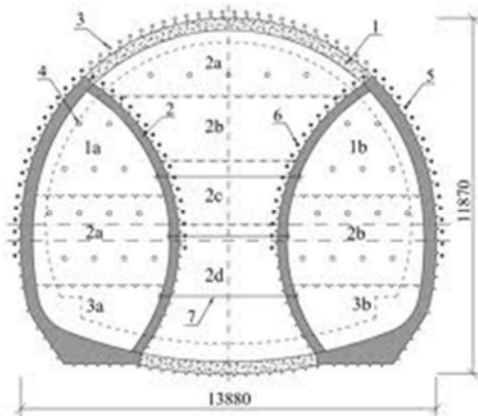
Begge disse metodene er totalt vurdert å ha høye kostnader, høy gjennomførbarhet og lav risiko.

8.4 METODE FRA GEOCONSULT

Dette er et firma fra Østerrike med spesialkompetanse på en metode som betegnes New Austrian Tunnel Method (NATM).

Beskrivelse av metoden:

Det totale tverrsnittet deles opp, og tunnelen drives i mindre "buede" tverrsnitt. På stuff sikres massene midlertidig med sprøytebetong og injiserte bolter. Bak stuff etableres betongelementer suksessivt som permanent konstruksjon. Prinsipp for oppdeling av tverrsnitt er vist på figuren under:



Figur 8-1 Oppdeling av tverrsnitt ved NATM

Metoden er vurdert å være en mulighet, men det er behov for omfattende grunnundersøkelser for å få dette bekreftet og eventuelt tilpasse metoden til de grunnforholdene man har på Kjevik.

8.5 OPPSUMMERING MOTTATT DOKUMENTASJON

Multiconsult:

Tunnelboremaskin (TBM) og pressing er vurdert å være teknisk mulige løsninger. Begge metoder vil gi behov for sikring av løsmassene ved stoff. Frysing er vurdert å være mest aktuell sikringsmetode. Ved rørpresseing kan ulike former for forsterkning være aktuelt; stålrør med betong, stålbolter og jetpeler. Begge disse prinsippene har høy risiko og kan ikke utføres uten stor sannsynlighet for deformasjoner på rullebanen ut over de krav som er satt fra AVINOR.

SINTEF:

Pile Cover and Cut (PCC) og TBM med Earth Pressure Balance er aktuelle metoder. PCC krever omfattende nattarbeid på rullebanen. TBM krever ikke forsterkning av løsmassene. Begge metoder er vurdert å ha høy gjennomførbarhet og lav risiko.

GEOCONSULT:

NATM vurdert å kunne være aktuell, men krever omfattende grunnundersøkelser for å få dette verifisert.

9 Norconsults vurdering av drivemetoder

Tunnelen/lukket del må ha en lengde på ca. 715 m. Trafikkarealet skal ha netto bredde på 10,5 meter og høyde på 4,6 meter. Krav om tunnelklasse og sikkerhetsnivå krever langsgående rømningstunnel med fri høyde og bredde på 3 m. Veitunnelen skal ha 2 havarinisjer med plass til nødstasjoner. I tillegg skal det være minimum én utgang til rømningsvei. Totalt vil det bli behov for 3 utvidelser av tverrsnittet. Tunnelsikkerhet er nærmere håndtert i kapittel 0.

Alternativt kan man ha to separate tunneler, hver med netto bredde på 7,5 meter og høyde på 4,6 meter. Da utgår krav om separat rømningstunnel, og det må være en tverrforbindelse mellom de to tunnelene. Krav om havarinisjer utgår for dette alternativet.

Vurderinger presentert nedenfor av drivemetoder gjelder derfor begge alternativer, da de ikke gir grunnlag for å komme med forskjellige konklusjoner.

Vi har primært vurdert mulige løsninger for driving av hovedtunnelen.

Vi har kommentert hver av de fire foreslåtte metodene i kapitlene under. Kostnader for den metoden som er vurdert å være mest aktuell, er gitt på et overordnet nivå i kapittel 0.

9.1 GRUNNFORSTERKNING GENERELT

Flere metoder kan være aktuelle: kalk-sementpeler, frysing og jetpeler.

Kalk-sementpeling går ut på å blande kalk og sement inn i leire. Metoden er kun egnet i leire og leirholdige masser og må utføres fra terreng med store og tunge beltegående maskiner. Metoden er vurdert å være lite aktuell, da den vil kreve tidvis stenging av rullebanen. Vår vurdering er at man ikke kan forutsette å kun installere kalk-sementpeler i korte perioder om natten.

Ved frysing etableres fryserør horisontalt (fra stuff), vannet i massene fryser, slik at fastheten øker. Denne metoden vil gi telehiv ved frysing, da massene er telefarlige. I tillegg vil det oppstå setninger ved opptining fordi strukturen i løsmassene til dels brytes ned. Vår vurdering er at denne metoden ikke er egnet på grunn av stor fare for deformasjoner, og den er svært krevende å etablere fra stuff.

Jetpeler kan settes både fra terreng og fra stuff. Jetpeling går ut på at løsmassene helt eller delvis fjernes med en høytrykks væskestråle, og erstattes med betong. Peler kan også etableres fra mindre rom som f.eks. pilottunneler. Kfr. rapport fra MC der metode for Norra Länken i Stockholm er beskrevet.

Vår vurdering er at jetpeler er den metoden som er mest aktuell. Den er fleksibel, kan tilpasses de fleste grunnforhold, gir høy styrke i materialet som forsterkes og vil kunne utformes slik at den fungerer som vanntetting.

9.2 CUT AND COVER

Metoden er nærmere beskrevet i notat fra SINTEF, og der betegnet Pile Cover and Cut. I prinsippet er de metodene som kalles Cut and Cover og Pile Cover and Cut, tilnærmet like. En kortversjon er gitt nedenfor:

For korte seksjoner, utført i løpet av en natt

- Rammer to parallelle spuntvegger
- Fjerner masser i øvre lag mellom spuntveggene
- Legger en kraftig plate som hviler på spuntveggene
- Jevner ut/reparerer overganger mellom rullebane og plater/spunt, slik at overflaten er klar for flytrafikk påfølgende dag

Når spunt med takplate er etablert over rulle- og taksebane, graves det ut mellom spuntveggene. Plata blir en permanent del av overflaten på rullebanen.

Vi ser flere utfordringer med denne metoden:

- Store utfordringer ved å etablere en seksjon av en viss lengde i løpet av en natts arbeid.
- Ramming av spunt og etablering av plate vil gi deformasjoner og ujevnheter på rullebanen, som vanskelig lar seg justere og rette opp slik at den er klar for flytrafikk påfølgende dag.
- Graving mellom rammet spunt vil gi deformasjoner av jorda på sidene. Flere midlertidige avstivningsnivåer vil bli nødvendig.
- Bredden på gropa vil bli stor, slik at det vil bli en utfordring å få nødvendig kapasitet i stiverne.
- Omfattende behov for grunnforsterkning for å hindre innrasing av masser, innsig av grunnvann og bunnoppressing.
- Forsterkningen må etableres parallelt med utgravingen under topp-plata mellom spunten.
- Massene må være mulig å grave ut etter at de er forsterket. Sementinnholdet i jetpelene som etableres må optimaliseres, slik at de har ønsket funksjon og er mulig å fjerne/grave ut.
- Det vil bli fare for setninger på grunn av grunnvannsenkning og utfordringer med ulik overflate og fundamentering av rullebanen på permanent basis.

Vår vurdering er at denne metoden ikke er egnet når det er krav om at rulle- og taksebaner skal være åpne på dagtid, og anleggsarbeidene fra terreng kun må skje på natten. Metoden representerer kjent teknologi, og er aktuell dersom man kan stenge rulle- og taksebanene i perioder.

9.3 TUNNEL BORE MACHINE (TBM)

Metoden går ut på å bore ut løsmassene som transporteres ut bakover i tunnelen. Det etableres tunneltverrsnitt av betongelementer etter hvert som man borer seg fremover. Innrasing på stuff hindres ved bruk av lukket front (borkrone) som presser mot løsmassene.

Grovt kan man si at overdekningen for denne metoden bør være minimum 1 x diameteren. Den er best egnet i homogene grunnforhold og der det ikke er for bløtt. Kvikkleire vil kunne skape spesielle problemer dersom den blir omrørt. Maskinen kan da synke, fordi den er for tung i forhold til den bæreevnen massene gir. Maskinene spesialdesignes for hvert enkelt prosjekt avhengig av geometri og grunnforhold.

Vi kan ikke se at denne metoden kan kombineres med grunnforsterkning fra stuff. Er det behov for forsterkning, må denne etableres fra terreng. Behovet for grunnforsterkning er vurdert å være begrenset, dersom det ikke er kvikkleire eller sensitiv leire i traseen.

Denne metoden er vurdert å kunne være aktuell. Dersom det er kvikkleire i traseen, vil det imidlertid gjøre anvendelse av metoden svært krevende eller umulig. I eventuelle områder med kvikkleire må løsmassene forsterkes. Dette må gjøres fra terreng i de tidsrommene rullebanene er tilgjengelig om natten. Ved bruk av jetpeler må disse designes slik at de har tilstrekkelig styrke, og samtidig kan fjernes med boremaskinen. I verste fall vil man ikke få til nødvendig forsterkning, som gjør at metoden ikke kan benyttes. Videre vil oppstikkende berg kreve at maskinen designes for å fjerne berg. Det må derfor utføres detaljerte grunnundersøkelser for å få oversikt over dette.

TBM-maskinen har litt større diameter enn betongtunnelen som etableres. Forskjellen i volum vil kunne gi deformasjoner på terreng, selv om det injiseres mellom betong og løsmasser i bakkant av TBM-maskinen.

Tilgjengelig plass og stigningskrav gir liten løsmasseoverdekning. Aktuell strekning der det er mulig å benytte TBM er mellom profil 385 og 900. Her er veglinja rett med jevn stigning. Dette er en strekning på 515 meter, som i praksis er for kort til at en slik løsning skal kunne være økonomisk realistisk.

Siden det er varierende grunnforhold vil det bli svært utfordrende å designe en maskin som er tilpasset alle forhold på den aktuelle strekningen. Dette gir økt risiko for uønskede hendelser som stopp i produksjonen, grunnvannsenkning og deformasjoner. Som nevnt over må det uansett forventes deformasjoner på rullebanen ved en slik metode.

For montering og rigging av maskinen trenger man en strekning på ca. 200 m. Dette er forutsatt gjort ved påhugg nærmest Topdalselva, og krever noe tilpasninger. For å oppnå tilstrekkelig lengde med akseptable stigningsforhold må det graves dypere i forkjæringen enn det ferdig vei krever og det må fylle sopp for deler av rundkjøringen. Ved mottak kreves liten plass for demontering. Her kan den fremste delen bestående av kutterhode og skjold løfts ut, mens resten av "Back-Up-systemet" kan dras tilbake i tunnelen og tas ut ved startpunktet.

9.4 PRESSING

Det har i de senere årene blitt mer vanlig å etablere løsmassetunneler, særlig kombinert med utstrakt bruk av grunnforsterkning. Det finnes eksempler på flere vellykkede prosjekt i Sør-Europa, der metoden har vært mer benyttet, bl.a. på motorveien fra Aosta gjennom Mont Blanc i Italia og Boston (nevnt i rapoorten fra MC). Prinsippet går ut på å forsterke området foran og ved tunnelfronten, slik at man senere kan fjerne løsmassene. Forsterkningen / hvelvet kan etableres inne fra tunnelen ved bruk av blant annet jetpeler, eller borede stålrør. Deretter presses betongelementer inn i massene parallelt med uttak av massene.

Metoden krever mothold for svært høye jekkekrefter og pressegrøp med stor plass.

Pressing med så store dimensjoner og lengde som er nødvendig på Kjevik har ikke vært prøvd i Norge tidligere. Erfaring med pressing av mindre rør, viser at metoden vil gi deformasjoner på terrenget. Metoden vil også gi fare for senkning av grunnvannstanden, med derpå følgende setninger. Den er derfor vurdert å ikke være aktuell.

9.5 NATM

Metoden er nærmere beskrevet i kapittel 0.

Etter det vi kjenner til er den primært benyttet ved bedre grunnforhold (fastere masser) enn det vi har på Kjevik.

Metode er svært krevende i silt/sand med grunnvann og er avhengig av godt fungerende drenering for ikke å få inntrengning av ustabile masser på stuff. Erfaring fra Eidsvolltunnelen på 1990-tallet viser dette. Der var det problemer med siltige masser og grunnvann. Tunnelen kollapset over en lang strekning på grunn av unøyaktig utførelse. Vi kjenner ikke til at metoden har vært utprøvd i bløt og sensitiv leire.

Teoretisk sett kan man forsterke massene foran stuff. Dette vil imidlertid bli så omfattende og komplisert, at det er vurdert å være urealistisk å utføre.

Metoden har etter vår vurdering alt for høy risiko i de grunnforholdene man har på Kjevik. Metoden anbefales ikke.

Norconsult har etterspurt konkret informasjon fra GeoConsult om erfaringer fra referanseprosjekter for tilsvarende grunnforhold som på Kjevik (silt/finsand under grunnvannstan og kvikkleire), og med liten løsmasseoverdekning. Dette er ved utsendelse av rapporten ikke mottatt.

9.6 RØMNINGSVEI OG NISJER

For alternativet med en separat rømningstunnel, ser vi for oss at denne etableres etter at hovedtunnelen er ferdig. Også for denne tunnelen er bruk av TBM vurdert å være den mest hensiktsmessige metoden, da tverrsnittet blir relativt stort. Dette vil gi de samme utfordringene som nevnt for hovedtunnel, men størrelse på og risiko for deformasjoner på rullebanen er mindre. Dette fordi tverrsnittet er mindre og overdekningen noe større. Nisjer må etableres i etterkant, fra

innsiden av hovedtunnelen. Grunnforsterkning med jetpeler før uttak av masser er vurdert å være en mulig løsning.

For alternativet med to løp vil det ikke bli krav om havarinisjer. Da kan nødstasjoner og nødkiosker plasseres i havarifeltet, og det blir kun krav om en tverrforbindelse. Denne kan etableres med jetpeler som beskrevet over.

10 Kostnader

Vi har sammenlignet kostnader for alternativ med løsmassetunnel under rullebanen med alt. C6K. Dette alternativet går fra vestsiden av Topdalselva frem til rundkjøringa ved terminalen, fra profil 280 til 1750, en strekning på 1470 m,. Geometri er vist i **Error! Reference source not found.** Kostnader er tatt fra anslagsprosessen, ref. dokument Kjevikveien C06-H14-Kulvert av 2014-05-22. Kostnadselementer referert til er vist i **Error! Reference source not found.**

Alternativet med tunnel under rullebanen er tilsvarende 1100 m, fra profil 200 til 1300. Geometri for dette alternativet kommer frem av vedlegg 2.

Kostnader for begge alternativer er angitt ekskl. tekniske installasjoner og MVA.

For alternativ C6K er beregnede kostnader:

Tabell 1: Kostnader alt C6K for sammenligning

Kostnadselement	Beskrivelse	Kostnad	Påslag RIGG 21 %	Totalt
H15	Veg 280 m	3 327 684	740 813	4 268 498
K14	Tillegg Kulvert 230 m	105 785 512	22 214 957	128 000 469
H14	Veg 1190 m	26 718 091	5 610 799	32 328 890
E1 - EMAS	Bremsematter Porøs betong	55 915 465	11 742 247	67 657 712
TOTALT				232 255 570

For alternativ med løsmassetunnel er de ulike delstrekningene grovt delt som vist under. Løpemetertpris benyttet i kostnadsberegningene er angitt. Merk at for alternativet med løsmassetunnel må man ha enten 2 separate løp, eller et felles løp og egen rømningstunnel.

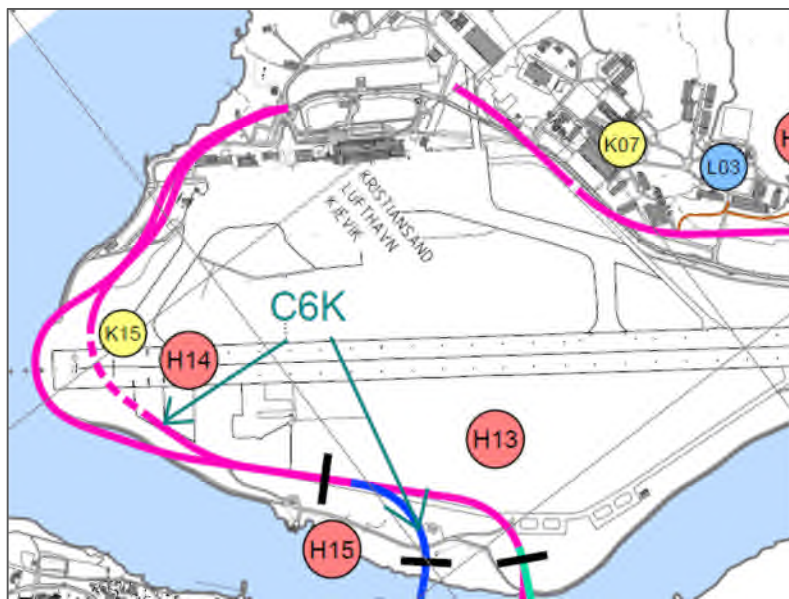
Overslagspris er gitt fra firmaet Basler & Hofman i Sveits. De anbefaler 2 separate løp, da det gir lavest pris og noe større overdekning. Dette er lagt til grunn for kostnadsberegningene. Det er benyttet skjønsmessig løpemetertpriser for strekninger der det ikke benyttes TBM. Disse er fremkommet basert på en harmonisering mellom enhetspriser fra anslagsprosessen og innspill fra Basler & Hofman. Enhetsprisene er inklusive RIGG, og det er ikke tatt med egen kolonne for disse i tabellen under.

Tabell 2: Kostnader for alternativ med løsmassetunnel for sammenligning

Beskrivelse	Antall/ enhet	Enhetspris	Total kostnad
Veg i skjæring, Profil 200 - 385	185 m	450 000 pr. lm	89 540 000
Løsmassetunnel, RIGG	1 stk	RS	366 575 000
Kontrollsender TBM	1 stk	RS	7 331 000
Løsmassetunnel, TBM 2 løp, Profil 385 - 900	2 x 515	352 000	362 560 000
Tillegg, tverrforbindelse	1 stk	5 000 000	5 000 000
Vei i kulvert, Profil 900 - 1100	200 m	750 000 pr. lm	150 000 000
Vei i skjæring, Profil 1100 – 1200	100 m	292 820 pr. lm	29 282 000
Vei i dagen, Profil 1200 - 1300	100 m	15 246 pr. lm	1 524 600
TOTALT			1 006 258 000

Vi poengterer at kostnadene er svært grove, men mener likevel at de gir en god pekepinn av størrelsesorden på prisforskjellene mellom alternativene.

For alternativet under rullebanen blir det høye kostnader for den delen som ikke etableres med TBM. Dette skyldes at store deler av veien må ligge i kulvert eller i dyp skjæring med støttekonstruksjoner, og det må etableres to parallelle løp.



Figur 9: Kostnadselementer tatt fra anslagsprosess



Figur 10: Geometri fortraséalternativ C6K

11 Oppsummering

Det kan være teknisk mulig å etablere en løsmassetunnel under rullebanen på Kjevik. Aktuelle metoder som pressing, boring (TBM) og NATM representerer bruk av teknologi som ikke har vært utprøvd i Norge tidligere i tilsvarende grunnforhold og tunneltversnitt.

Etablering av løsmassetunnel ved bruk av pressing eller NATM-metoden er vurdert å ikke være gjennomførbare metoder. Det er derfor kun TBM som er vurdert å kunne være aktuell. Dersom det er kvikkleire i traseen, vil det kunne gjøre anvendelse av metoden umulig. Eventuelt oppstikkende berg representerer også en usikkerhet, og en stor utfordring. Det må derfor utføres detaljerte grunnundersøkelser for å få informasjon om dette.

Vår vurdering er at Cut and Cover kun er aktuell dersom man har mulighet til å stenge rullebanen i perioder.

Metodene har i mer eller mindre grad behov for grunnforsterkning. Best egnet metode for grunnforsterkning er etter vår vurdering jetpeler.

Alle aktuelle metoder vil gi deformasjoner på rullebanen, har risiko med hensyn på gjennomførbarhet og har svært høye kostander.

Krav til sikkerhet gir behov for å etablere to tunneler; enten egen rømningstunnel kombinert med toløpstunnel, eller to separate tunneler med ett felt i hver. Sammen med krav om havarinisjer og tverrforbindelse, gjør dette tunnelalternativet svært komplisert og kostbart.

Sammenligningen viser at alternativet under rullebanen er 1100 m langt og kostnadsberegnet til 1006 mill NOK. Alternativet rundt rullebanen (C6K) er 1470 m langt og kostnadsberegnet til 232 mill NOK.

Ønsker man en løsning med tunnel under rullebanen er vår vurdering at man må akseptere at flyplassen stenges i perioder, slik at det blir mulig å etablere tunnelen ved mer konvensjonelle metoder som Cut and Cover eller spuntet byggegrop i korte seksjoner. Dette kan kombineres med prefabrikkerte betongelementer, slik at perioden for stenging gjøres kortest mulig.

Alle løsninger med tunnel under rullebanen vil gi deformasjoner på overflaten. Akseptabel størrelse på deformasjoner på rulle- og taksebaner bør avklares med luftfartsmyndighetene /AVINOR.



Statens vegvesen
Region sør

Postboks 723 Stoa 4808 ARENDAL
Tlf. (+47 915) 02030
firmapost-sor@vegvesen.no

vegvesen.no

Trygt fram sammen