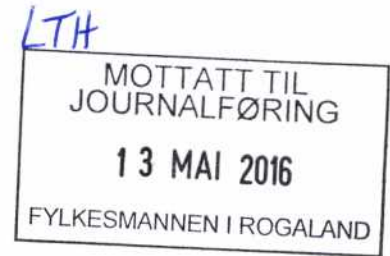




## Statens vegvesen

Fylkesmannen i Rogaland  
Postboks 59  
4001 STAVANGER



Behandlende enhet:  
Region vest

Saksbehandler/telefon:  
Merete Landsgård / 91688202

Vår referanse:  
16/71680-2

Deres referanse:

Vår dato:  
10.05.2016

### Utfyllingssøknad Randaberg, Mekjarvik – entreprise E11

Statens vegvesen søker om tillatelse til utfylling av tunnelmasser til sjø fra midlertidig tunneldriving av Rogfast sin entreprise E11, sidetunnel i Mekjarvik. Søknaden ligger vedlagt.

Prosjektavdelingen E39 Rogfast – prosjektet  
Med hilsen

Tor Geir Espedal  
prosjektleder

*Dokumentet er godkjent elektronisk og har derfor ingen håndskrevne signaturer.*

Postadresse  
Statens vegvesen  
Region vest  
Askedalen 4  
6863 LEIKANGER

Telefon: 02030  
firmapost@vegvesen.no  
Org.nr: 971032081

Kontoradresse  
Lagårdsveien 80  
4010 STAVANGER

Fakturaadresse  
Statens vegvesen  
Landsdekkende regnskap  
9815 Vadsø



**2. Beskrivelse av tiltaket ved mudring og/eller utfylling:**

a) Angi dybde på mudringsstedet/utfyllingsstedet: \_\_\_ inntil ca 15 \_\_\_ m.

b) Formål med tiltaket

Vedlikeholdsmudring (oppgi når det sist ble mudret) 1. gangsmudring Egen brygge/båtplass Brygge/småbåthavn for flere Infrastruktur/kaier/havner Legging av kabel Annet (forklar) 

Se egen søknad for punkt 2-5

c) Beregnet mengde masser som skal mudres og/eller utfylles:

\_\_\_ 130 000 \_\_\_ m<sup>3</sup>Anslå eventuell usikkerhet: \_\_\_ 30 000 \_\_\_ m<sup>3</sup>e) Beregnet areal som blir berørt: \_\_\_ 20 000 \_\_\_ m<sup>2</sup>Anslå eventuell usikkerhet: \_\_\_ 5 000 \_\_\_ m<sup>2</sup>

f) Hvor dypt skal det mudres: \_\_\_\_\_ m

g) Angi mudrings-/utfyllingsmetode, kort beskrivelse og begrunnelse:  
(f.eks. graving, gravemaskin, grabbmudring, sugemudring)

---



---



---



---

h) Planlagte avbøtende tiltak for å hindre/reducere partikkelspredning<sup>1</sup>:

---



---



---

<sup>1</sup> Avbøtende tiltak kan være bruk av siltgardin og/eller fiberduk med overdekking på sjøbunnen. Det må videre orienteres om hvordan overvåkingen skal foregå.

---



---



---



---



---



---

i) Angi et tidsintervall for når tiltaket planlegges gjennomført

---



---

j) Hvilke eiendommer kan bli berørt av mudringen/utfyllingen/dumpingen:

Eier:	Gnr.:	Bnr.:

*Dersom mudringen/dumpingen går inn på annen persons eiendom bør det vedlegges skriftlig godkjenning fra eieren om at arbeidet tillates utført.*

***Tilgrensende eiendommer regnes som berørte.***

### **3. Lokale forhold:**

Beskriv ( gjerne på et eget ark) forholdene på lokaliteten og områdene i nærheten mht. **Faglig dokumentasjon på naturtyper på land og i sjø for området kan kreves.**

- Naturforhold: bunnforhold, dybdeforhold, strøm og tidevann, biologi etc.
- Viktige områder for biologisk mangfold (kommunen har tilgjengelig informasjon), tilknytning til verneområde etc.
- Områdets og tiltakets betydning for rekreasjon/friluftssinteresser, kommersielt fiske, sportsfiske etc.
- Gyte- og oppvekstområder for fisk
- Eventuelle kjente kulturminner i området
- Er du kjent med om det ligger kjente rør, kabler eller andre konstruksjoner på bunnen i området? (Merk evt. av på kartet som legges ved.)

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



**4. Opplysninger om mulig fare for forurensning:**

- a) Beskriv lokaliteten/forholdene ved lokaliteten mht. forurensningstilstand samt aktive og/eller historiske forurensningskilder (f.eks. slipp, kommunalt avløp, småbåthavn, industrivirksomhet etc.).

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Beskrivelse av sedimentene:

---

---

---

- b) Foreligger analyser av miljøgifter i bunnsedimentene i nærområdet? (Legg ved eventuelle analyseresultater).

---

---

---

---

**5. Disponering av sedimentene/oppgravde masser:**

Hvordan skal sedimentene/massene (inkl. stein) disponeres:

Deponering i strandkantdeponi

Rensing/behandling

Godkjent avfallsdeponi på land

Annet (forklar)

---

---

Kort beskrivelse av planlagt disponeringsløsning (evt. på eget ark):

---

---

---

## **6. Behandling av andre myndigheter:**

**NB!**

**Vær oppmerksom på at denne typen saker er regulert av flere regelverk og myndigheter (se under). Disse må kontaktes på et tidlig tidspunkt for å avklare behov for eventuelle uttalelser eller tillatelser.**

Kystverket, Postboks 1502, 6025 Ålesund  
Til aktuell kommune v/plan- og bygningsmyndighet  
Til aktuell kommune v/havnemyndighet

**Fylkesmannen gir ikke tillatelser til arbeider i sjø før det avklart at tiltaket er innenfor rammen av gjeldende reguleringsbestemmelser.**

---

Sted og dato

---

Underskrift

Statens vegvesen Region Vest

# Utfyllingssøknad Randaberg, Mekjarvik - entreprise E11

Havne-/industriområde



03/09/2014 13:44

Oppdragsnr.: 5144240 Dokumentnr.: NO-050-YM Versjon: E05  
2016-05-04

**Oppdragsgiver:** Statens vegvesen Region Vest  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Merete Landsgård  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Bjørn A. Kleppestø  
**Fagansvarlig:** Bente Breyholtz  
**Andre nøkkelpersoner:** Gaute R. Salomonsen

E05	2016-05-04	For godkjenning hos myndigheter	BeBre	GRS	BjKle
D04	2016-03-18	Innarbeidet kommentarer fra SVV	BeBre	GRS	BjKle
D03	2016-03-02	For kommentar SVV, justert mht. SVV YMs kommentarer	BeBre	GRS	BjKle
C02	2016-02-16	Justering etter fagkontroll	BeBre	GRS	BjKle
A01	2016-01-13	For intern fagkontroll	BeBre	GRS	

Utgave	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
--------	------	-------------	------------	----------------	----------

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.

## Sammendrag

### **Statens vegvesen søker om tillatelse til utfylling av tunnelmasser til sjø fra midlertidig tunneldriving av Rogfast sin entreprise E11, sidetunnel i Mekjarvik.**

Entreprise E11 er en ca. 700 meter lang tunnel som skal drives fra strandsonen på eiendom 50/4 og vestover mot løpet for hovedtunnelen (Boknafjordtunnelen). Sidetunnelen etableres for å muliggjøre massetransport direkte ut til det regulerte utfyllingsområdet ved Mekjarvik fra drivingen av hovedtunnelen under Boknafjorden. Totalt skal det fylles ut inntil 3 500 000 m<sup>3</sup> tunnelmasser ut i utfyllingsområdet ved Mekjarvik fra drivingen av selve hovedtunnelen. Utfyllinger i sjø vil bli omsøkt i egen søknad for hver entreprise.

I entreprise E11 skal ca. 130 000 m<sup>3</sup> tunnelmasser ut til utfyllingsområdet. Utfyllingen i denne entreprisen vil foregå inntil land sør for kaiområdet til Camron. Utfyllingen er planlagt med et berørt sjøbunnsareal på ca. 20 000 m<sup>2</sup> på ca. -15 m og med et utfyllingsvolum på ca. 130 000 m<sup>3</sup>. Utfyllingen av tunnelstein i sjø vil foregå fra land (endetipp).

Etableringen av sidetunnelen E11 og hovedtunnelen vil medføre behov for håndtering av vann fra drivingen av tunnelen og vann fra anleggs- /og riggområder. Alt anleggsvann skal samles opp og renses i sedimenteringsbasseng med oljeavskiller før det slippes til sjø. Alle utslipp til sjø vil bli omsøkt i egen søknad for hver entreprise.

Grunnet vær og strømningsforhold ved utfyllingen vil det ikke være mulig å hindre partikkelspredning i utfyllingsperioden. Nord for utfyllingsområdet er det registrert en ålegrasseng som ligger beskyttet av en molo, samt et gyteområde for fisk i fjorden utenfor. Utfyllingen er på bakgrunn av modellering av strøm og partikkeltransport, ikke vurdert til å ha en uakseptabel miljøpåvirkning på disse marine naturverdiene.

IRIS (International Research Institute of Stavanger) har et inntakssystem for sjøvann ved Mekjarvik kai. Sjøvannet benyttes til ulike typer laboratorieforsøk på IRIS sitt laboratorium. Utfyllingen ved Mekjarvik medfører en risiko for slampartikler og annen påvirkning av IRIS sin inntaksledning. SVV har derfor inngått avtale med IRIS om flytting av inntaksledningen i forkant av utfyllingsarbeidene.

Før, i løpet av og etter utfyllingstiltaket vil det bli gjennomført et byggherre styrt overvåkningsprogram med fokus på de verdier (ålegrasseng, oppvekstområde for fisk og inntaksledningen til IRIS) som skal beskyttes mot uønsket påvirkning. Overvåkingen utføres ved turbiditetsmålinger og alarmgrenser settes slik at de gir handlingsrom for å iverksette tiltak før grenseverdien for negativ påvirkning nås.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Søknad om utfylling</b>	<b>6</b>
1.0	Om dokumentet	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1	Navn og adresse til søker	6
1.2	Søknaden gjelder – om prosjektet	6
1.3	Område	8
1.4	Ansvarlig entreprenør	8
1.5	Kart og fotografi	9
<b>2</b>	<b>Beskrivelse av tiltaket</b>	<b>10</b>
2.1	Dybde	10
2.2	Formålet med tiltaket	10
2.3	Volum utfyllingsmasser	10
2.4	Berørt areal	10
2.5	Utfyllingsmetode	10
2.6	Avbøtende tiltak	10
2.6.1	Tildekking av forurenset sediment	10
2.6.2	Linse og siltgardin	11
2.6.3	Plast i armeringsfiber, skyteledninger og tennere	11
2.7	Tidsintervall	11
2.8	Berørte eiendommer	11
<b>3</b>	<b>Lokale forhold</b>	<b>13</b>
3.1	Naturforhold	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2	Kulturminner	14
3.3	Eksisterende infrastruktur på sjøbunnen	14
3.4	IRIS sin inntaksledning	15
<b>4</b>	<b>Fare for forurensning</b>	<b>16</b>
4.1	Sediment	16
4.2	Tunnelmasser	16
4.2.1	Kilde	16
4.2.2	Partikkelspredning	16
4.2.3	Utlekking av arsen	18
4.2.4	Utfelling av arsen	18
4.3	Samlet vurdering	19
<b>5</b>	<b>Overvåkningsprogram</b>	<b>20</b>
5.1	Ålegrassengen	20
5.2	Oppvekstområde for fisk	20

5.3	Vanninntak IRIS	21
5.4	Rapportering og varsling	21
<b>6</b>	<b>Geoteknisk stabilitet</b>	<b>22</b>
	<b>Vedlegg</b>	<b>23</b>
	<b>Vedlegg 1</b>	<b>24</b>
	Utlekking av arsen	24
	Utfelling av arsen	25



# 1 Søknad om utfylling

Søknadsdokumentet er bygd opp på samme måte som punkt 1-4 i søknadsskjemaet *Søknad om mudring og utfylling*, Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvernavdelingen.

## 1.1 Navn og adresse til søker

Utbygger er Statens vegvesen region Vest. Kontaktinformasjonen til selskapet er vist nedenfor.

Organisasjon	Statens vegvesen Region vest
Organisasjonsnummer	971 032 081
Besøksadresse	Askedalen 4, 6863 Leikanger
Telefon	02030
Kontaktperson	Merete Landsgård
E-post	

## 1.2 Søknaden gjelder

Statens vegvesen Region vest (Sv) prosjekterer ny E39 i kommunene Randaberg, Kvitsøy og Bokn. E39 Rogfast inngår i fergefri forbindelse langs vestlandskysten og skal blant annet binde Nord- og Sør-Rogaland sammen. Hensikten med utbyggingen er å oppnå fergefri kryssing av Boknafjorden og å utvikle E 39 Kyststamvegen mellom Stavanger og Trondheim.

Rogfast (Rogaland fastlandsforbindelse) består av en 27 km toløps tunnel, Boknafjordtunnelen, fra Harestad til Laupland, samt en ca. 4 km lang tunnelarm til Kvitsøy. Det skal være dagsoner på Kvitsøy, ved Laupland og på Harestad. Det er lagt opp til utfyllingsområder i sjø, ved Mekjarvik, Arsvågen og på Kvitsøy.

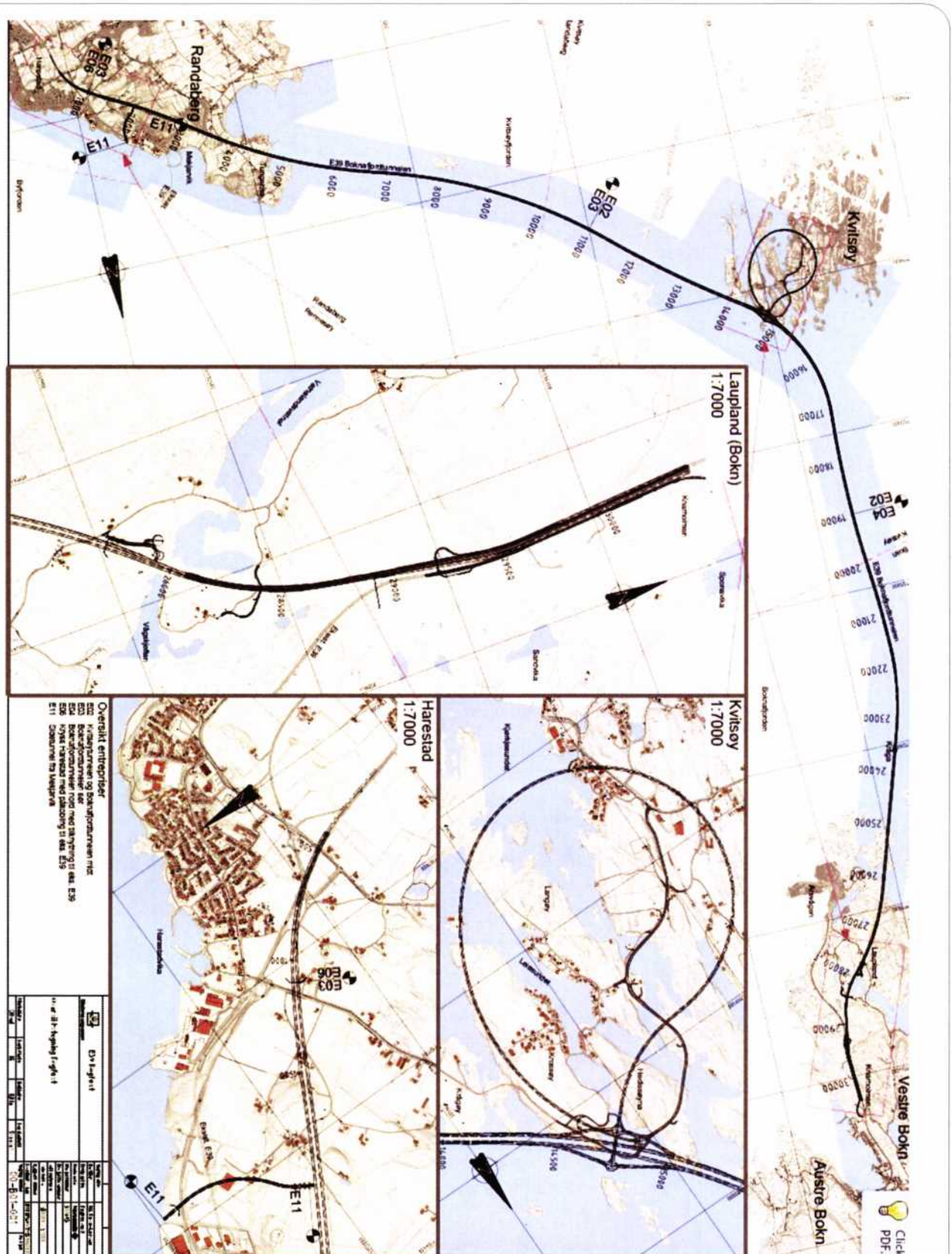
**Entreprise E11 sidetunnel/tverrslag ved Mekjarvik** er om lag 700 meter lang og skal drives fra strandsonen ved Mekjarvik vestover til løpet for hovedtunnelen (Boknafjordtunnelen). Sidetunnelen etableres for å lette massetransport til utfyllingsområdet ved Mekjarvik fra drivingen av Boknafjordtunnelen.

Etter anleggsfase er det planlagt utslipp av vaskevann fra Boknafjordtunnelen via sidetunnelen (E11) til sjø ved Mekjarvik. Renset tunnelvann og anleggsvann i forbindelse med driving av Boknafjordtunnelen vil bli ledet via tverrslaget og ut i sjø ved Mekjarvik. Det utarbeides egne søknader for utslipp av rensed anleggsvann og vann fra driftsfase i forbindelse med de gjeldende entrepriser (E11 Sidetunnel og E03 Hovedtunnel sør).

I henhold til kapittel 36 i Forurensningsforskriften, som stiller krav til behandling av tillatelser etter forurensningsloven, **søkes det her om tillatelse til utfylling av tunnelmasser til sjø fra etablering/driving av E39 Rogfast E11 Sidetunnel Mekjarvik.**

Søknad om tillatelse til utfylling av tunnelmasser til sjø ved Mekjarvik fra etablering/driving av E39 Rogfast E03 Hovedtunnel sør blir sendt inn separat.





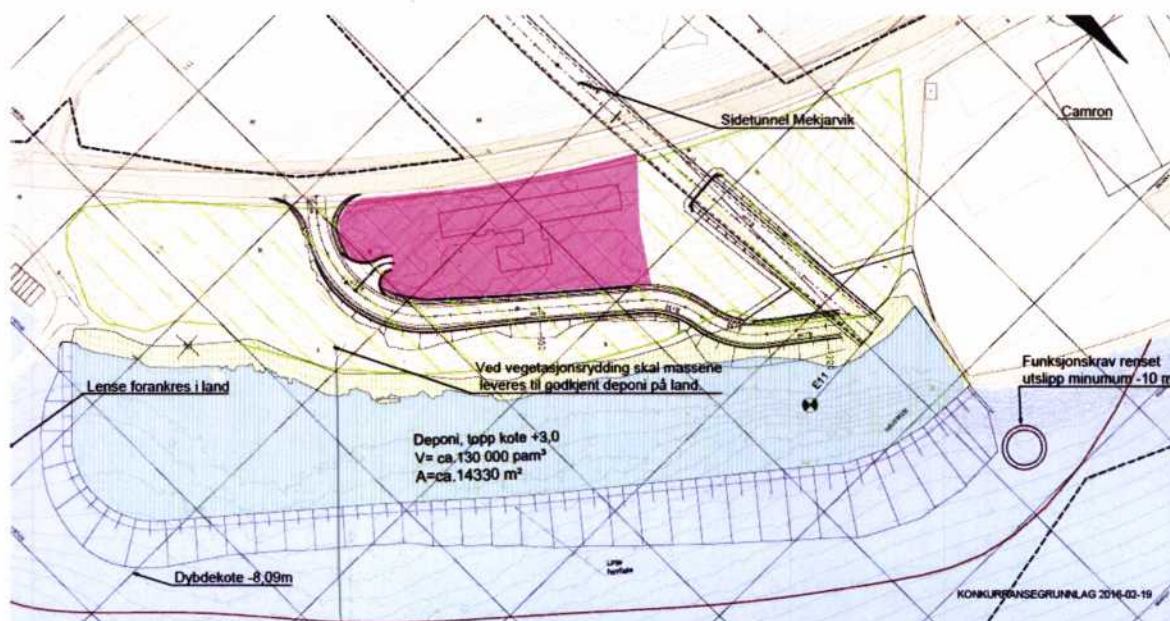
Figur 1 Oversiktsplan Rogfast med entrepriser (E11, E02, E03, E04 og E06). Søknaden gjelder E11. Figuren er også lagt ved som tegning.

### 1.3 Område

Omsøkte utfyllingsområde ligger mellom utfylte industriområder/kaiområder i nord og i sør.

Kommunedelplan for Randaberg kommune utpeker utfyllingsområdet som industriområde, kai og havn. Godkjent områderegulering for Mekjarvik sør, havne- og industriområde er vedlagt. Planid. 2010006.

Reguleringsplanen, inkl. KU, omhandler hovedutfyllingen på opptil 3 500 000 m<sup>3</sup> med utfyllingen på opptil 3 500 000 m<sup>3</sup> med tunnelstein. Utfyllingen er planlagt startet opp med utfylling av stein fra driving av sidetunnelen/tverrslaget E11 til hovedtunnelen. Denne første utfyllingen er på ca. 130 000 m<sup>3</sup> tunnelstein langs land i det nordlige delen av utfyllingsområdet, som vist på figur 1, samt i vedlagte tegninger.



Figur 2 Utsnitt fra z-tegning 11-Z01-310 (rigg- og marksikringsplan). Tunnelmunning og utfyllingsområde for tunnelmasser til sjø ved Mekjarvik.

### 1.4 Ansvarlig entreprenør

Ikke klart enda





## 2 Beskrivelse av tiltaket

### 2.1 Dybde

Inntil ca. -15 meter, se vedlagt tegning

### 2.2 Formålet med tiltaket

Formålet med utfyllingen er å legge til rette for utvidelse av næringsområdene ved Mekjarvik i Randaberg kommune. Området er regulert til havne- og industriområde. Behovet for havnearealer og sjørettete næringsarealer er økende. Mekjarvik er omtalt i forslag til Regionalplan for Jæren som et regionalt næringsområde for arealkrevende virksomheter, kategori III. En utfylling ved Mekjarvik er hjemlet i kommuneplanen.

E39 Rogfast medfører et totalt masseoverskudd på ca. 6 mill. uam<sup>3</sup>. Utfyllingsbehovet for masser fra Rogfast tatt ut ved Mekjarvik er beregnet å ligge mellom 2,4 – 3,0 mill. uam<sup>3</sup>. Det er et mål å få til en samfunnsmessig god utnyttelse av overskuddsmassene, og ved Mekjarvik vil det være mulig å få til en nyttig etterbruk samtidig som transportavstanden fra tunnel er kort. Foreliggende planprogram og varsel om planoppstart viser en mulighet for utfylling på inntil ca. 3,5 mill. uam<sup>3</sup> ved Mekjarvik. Dette tar også høyde for utfylling av masser sprengt ut lokalt ved Mekjarvik (inn mot Mekjarvikveien).

### 2.3 Volum utfyllingsmasser

I omsøkte entreprise E11 ca. 130 000 (+/-30 000) m<sup>3</sup>

### 2.4 Berørt areal

Berørt sjøbunnsareal/fotavtrykk av utfyllingen i E11: ca. 20 000 (+/- 5 000) m<sup>2</sup>

### 2.5 Utfyllingsmetode

Steinmasser fra driving av tverrslagstunnelen og utsprengning for riggområdet i entreprise E11, vil bli dumpet i sjø med lastebil/dumper fra endetipp i løpet av første halvår 2017. Det vil være kort veg fra påhugget for tverrslaget og ut til utfyllingsområdet.

### 2.6 Avbøtende tiltak

#### 2.6.1 Tildekking av forurenset sediment

Sedimentundersøkelser utført av Norconsult (*SHA/YM-084 Mekjarvik, sedimentundersøkelse*) viser at sedimentene i tiltaksområdet består av sandig fraksjon som ikke inneholder miljøgifter over normverdi. Det anses derfor ikke å være behov for tiltak for å begrense forurensingsspredning fra sjøbunnen for utfylling av stein.



## 2.6.2 Plast i armeringsfiber, skyteledninger og tennere

Ved etablering av undersjøisk tunnel har det vært vanlig å bruke plastfiber som armering av sprøytebetong idet man da unngår korrosjon fra salt innlekkasjevann. Ved drivingen blandes rester av plastfiber seg inn i tunnelmassene som dumpes i sjødeponier. Dette medfører at plastfiberen flyter opp i vannmassene og spres med vannstrømmene til strandsonen i flere miles omkrets. Rogfast-prosjektet, samt flere tilsvarende prosjekt på Øst- og Sørlandet, har hatt uheldige episoder med forurensning av plastfiber i marint miljø. Prosjektene har forsøkt ulike oppryddingsprosjekt uten særlig hell. Miljømyndighetene har nå stort fokus på denne forurensningen. Rogfast-prosjektet har derfor lagt ned mye tid og ressurser for å finne alternative produkter og dermed unngå bruk av plastfiber. Et nytt, mineralsk produkt (av basalt) skal være godt egnet som armering i sprøytebetong i undersjøiske tunneler. Vegdirektoratet har ikke landet på en avgjørelse om de vil tillate bruk av armeringsfiber av basalt mht. sikkerhet. Vegdirektoratet har nå godkjent bruk av stålfiber til armering i undersjøiske tunneler. Ett av de to sistnevnte alternativene vil bli benyttet i Rogfast. Forurensning av plastfiber fra armering av sprøytebetong vil derfor ikke være en aktuell problemstilling i Rogfast-prosjektet.

I tillegg er skyteledninger og tennere plastbelagte. Skyteledninger er en «sprengstoff-pølse» som produseres i en fast, oppkveilet lengde. Borhullene for disse ladningene er derimot av ulik lengde. Dermed kan det til tider være mye av skyteledningen som henger utenfor hullet og ikke blir sprengt i småbiter etter salven har gått. Grunnet sikkerhetsmessige forhold kan ikke skyteledningene kappes ved undersjøisk sprengning før salven skytes. Større og mindre biter av plast fra skyteledninger, i tillegg til enkelte restkveiler av skyteledninger blandes dermed med tunnelmassene som dumpes i sjødeponier. Dette medfører at også plast fra skyteledninger og tennere flyter opp i vannmassene og spres med vannstrømmene til strandsonen. Rogfast-prosjektet har nå sterkt fokus på å unngå bruk av plast i skyteledninger og tennere, men det er utfordrende å finne erstatningsprodukter uten plast. Prosjektet ser i tillegg på om ulike utfyllingsmetoder (fra lekter vs. endetipp) kan bidra til mer/mindre spredning av plast (samt partikler).

## 2.6.3 Lense og siltgardin

Denne delen av utfyllingen ved Mekjarvik vil bli utført på et relativt grunt sjøområde, -15 meter. Etablering av siltgardin for å hindre partikkelspredning, samt spredning av plast fra skyteledninger vil muligens fungere mht. vanndyp. Krefte fra vannbevegelsen i fjorden grunnet strømforhold, tidevann, skipstrafikk etc. er vurdert til å være såpass sterke at en siltgardin neppe vil holdes på plass og ha ønsket effekt.

Det skal legges ut en oljelense for å fange opp all plast fra sprengningsarbeidene som ligger i overflaten og entreprenøren pålegges oppsamling av plasten. Lensen er markert på z-tegningen.

Entreprenør vi ha ansvar for vedlikehold av plasseringen og kvaliteten av lense i anleggsperioden.

## 2.7 Tidsintervall

Oppstart på tverrslaget er planlagt til årsskiftet 2016/2017, og entreprisens varighet er planlagt til ca. ni måneder.

## 2.8 Berørte eiendommer

De største grunneierne i baseområdet er Stavangerregionen Havn IKS, IVAR IKS, Cameron Norge AS, Hemtoco Invest ANS – gnr/bnr 50/4 og Torleif Todnem deler av 50/4.

Eksisterende industriområde i Mekjarvik består i hovedsak av oljerelatert virksomhet i tillegg til blant annet IVAR IKS sitt biogassanlegg. Området kan egne seg spesielt for lokalisering av virksomhet med behov for nærhet til havn og dypvannskai.

Det ligger en hytteeiendom (gnr/bnr 50/24) i området, men ellers er nærmeste bolig anslått til å være 300 m fra tiltaksområdet. Tverrslaget drives under boliger og gårder, men disse berøres ikke direkte.



## 3 Lokale forhold

### 3.1 Vannforekomsten

Utslippsområdet er en del av resipient Byfjorden-Åmøyfjorden (vann-nett.no). Vannforekomsten er i hovedsak antatt påvirket av forurensing fra industri i Dusavika og Mekjarvik.

Påvirkningsgrad er ifølge vann-nett vurdert til «middels». Økologisk tilstand er vurdert som «god». For kjemisk tilstand er det angitt «oppnår ikke god», noe som vil si at i arbeidet med vandirektivet er det ikke sannsynlig at resipienten oppnår målet om god miljøtilstand innen fristen.

Vannforekomsten har god vannutskifting.

IRIS gjennomførte i 2011 og 2012 resipientundersøkelse i resipienter ved Stavangerhavløya på oppdrag fra Stavanger kommune, IVAR og Jæren vannområde (IRIS, 2012). En samlet vurdering av vannforekomst Byfjorden-Åmøyfjorden gis her God økologisk tilstand. En samlet vurdering av den kjemiske tilstanden i vannforekomsten Byfjorden-Åmøyfjorden er beskrevet som «dårlig», med høye verdier av PAH og kvikksølv i sedimentet. Det er ikke registrert miljøgifter i biota.

### 3.2 Naturforhold

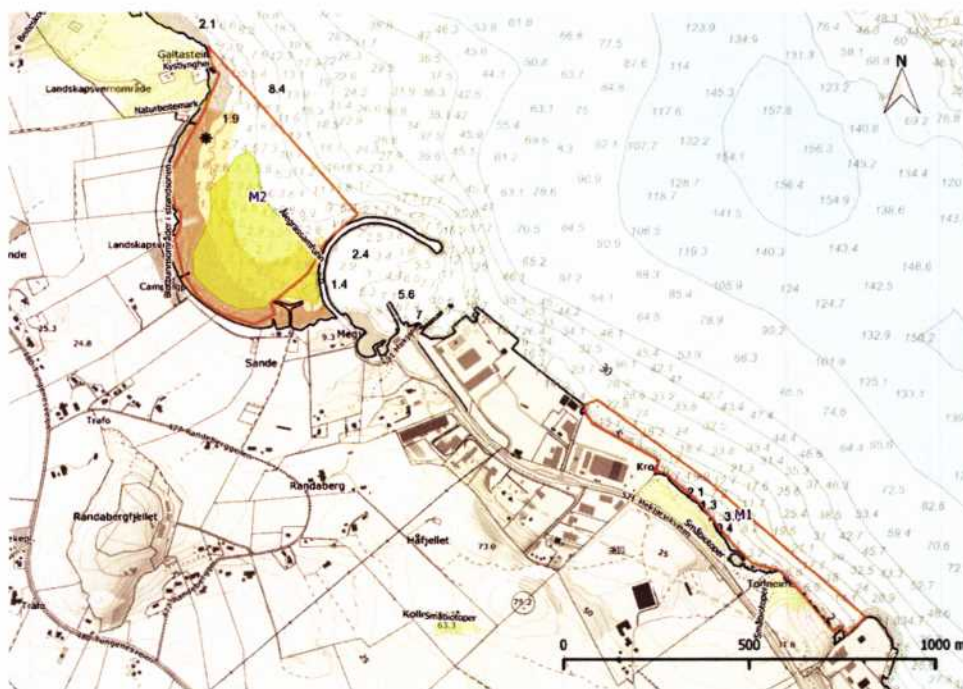
Norconsult gjennomførte feltundersøkelser av marint naturmiljø i områder som vil bli berørt av planlagte tiltak (*NO-030-YM Marint naturmiljø E39 Rogfast - Utfylling Mekjarvik D05*). Feltundersøkelsene hadde som overordnet mål å skaffe tilveie en generell oversikt over marint naturmiljø.

Åmøyfjorden er registrert som gytefelt for torsk. Fjorden oppgis å ha lav retensjonsgrad og konsentrasjonen av egg er også lav, noe som tilsier at området kan være av lokal betydning, men regionalt mindre viktig for torskebestanden. Feltet er stort, og en svært liten del ligger innenfor sannsynlig influensområde. Det er lite sannsynlig at tiltaket vil påvirke Åmøyfjorden som gytefelt eller låssettingsplassene, og omfanget av skade på funksjonsområdet og ressursgrunnet for marin næring antas her å bli lite til ubetydelig i alle faser.

I Randbergbukta, like nord for utslippsområdet, er det registrert ålegras (M2 i figur 3). Bukta er svært beskyttet av en molo. Naturområdene er vurdert å ha stor verdi for marint biologisk mangfold, mens områder sør for moloen ble vurdert å ha middels verdi.

Omfanget av sannsynlig skade på naturverdier er generelt vurdert som lite i alle faser, med unntak av i tang- og tareområder innen og i nær tilgrensing til utfyllingsområdet (M1 i figur 3), som forventes å påvirkes negativt i middels omfang i anleggsfasen.

På bakgrunn av dette vurderes gjennomføring av tiltaket å kunne ha middels negativ konsekvens for marint naturmiljø (tareskog) i anleggsfasen, og liten til ubetydelig konsekvens i driftsfasen.



Figur 3 Oversikt over undersøkte områder ved Mekjarvik (oransje omriss), samt data om naturtyper registrert i Naturbase (grønt i sjø – ålegraseng, oransje i sjø – bløtbunnsområde i strandsonen). Kilde: Norconsult, 2015

- Vedlegg 3 Områdereguleringssdokument
  - RAP\_911\_Konsekvensutredning\_Mekjarvik\_20140202
- Vedlegg 4 Miljørapporter
  - SHAYM-084 Mekjarvik, sedimentundersøkelse, Norconsult 2014
  - NO-030-YM Marint naturmiljø E39 Rogfast - Utfylling Mekjarvik D05, Norconsult 2015
  - NIVA-rapport 6856-2015 Modellering av strøm og partikkeltransport i Mekjarvik
- Vedlegg 5 Grunnundersøkelser
  - E39 Rogfast. Massedeponi Mekjarvik, Sjøfylling. Stabilitet. Beregningsrapport, Multiconsultrapport 215943-RIG-RAP-005\_rev00
  - E39 Rogfast - Geologisk vurdering av tverrslag og bergskjæringer i fm. planlagt utvidelse av industriområde ved massedeponi i Mekjarvik. SVV notat 2013/038327-003

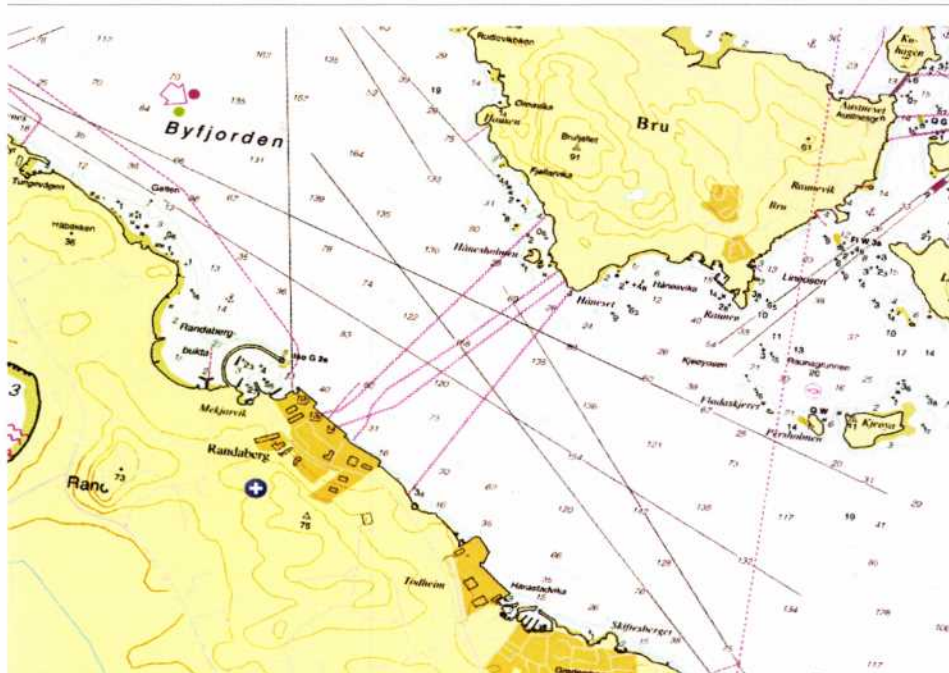
### 3.3 Kulturminner

I tiltaksområdet til entreprise E11 er det ingen registrerte kulturminner som blir berørt.

### 3.4 Eksisterende infrastruktur på sjøbunnen

Det er registrert en kabel i sjø innenfor tiltaksområdet som vist i figurene nedenfor. SVV har sjekket ut at det kun dreier seg om en nedlagt telekabel.





Figur 4 Sjøkart med eksisterende infrastruktur ved tiltaksområdet. [www.norgeskart.no](http://www.norgeskart.no)

### 3.5 IRIS sin inntaksledning

IRIS (International Research Institute of Stavanger) har et inntakssystem for sjøvann ved Mekjarvik kai i Randaberg kommune. Sjøvannet benyttes til ulike typer laboratorieforsøk på IRIS sitt laboratorium, som er lokalisert i Mekjarvik 12 i Randaberg kommune. Inntakspunktet for sjøvann er i dag plassert ca. 500 m nordvest for planlagt utfyllingsområde. Utfyllingen utenfor Mekjarvik medfører derfor en risiko for at slampartikler og annen forurensning vil følge med sjøvannet til IRIS sin inntaksledning. Dette betyr at dagens løsning må endres for å kunne gi sjøvannet den renhet og kvalitet som IRIS trenger i sine forsøk før arbeidende med utfyllingen starter. SVV har derfor inngått avtale med IRIS om flytting av inntaksledningen i forkant av utfyllingsarbeidene. Dette arbeidet utføres i eget prosjekt.

## 4 Fare for forurensning

### 4.1 Sediment

Norconsult gjennomførte undersøkelser av forurensningstilstand i sedimentene i utfyllingsområdet ved Mekjarvik i 2014. Undersøkelsen dekker hele reguleringsområdet.

Massene består i stor grad av grovere materiale, dvs. sand eller grovere, med et lavt innhold av organisk materiale. Det ble påvist overskridelser av grenseverdier for en PAH-forbindelse i en prøve og av TBT i to andre prøver. Konsentrasjonen av TBT er likevel under grenseverdien på 35 µg/kg for trinn 1. Konsentrasjonen av PAH- forbindelsen antracen overskrider ikke grensen mellom klasse III og IV.

Området kan friskmeldes mht. forurensning, etter kriteriene i risikoveiledningen. Tiltak i sedimentet vil derfor ikke kreve en miljørettet risikovurdering eller påfølgende tiltaksplan mht. forurensning i sedimentet på sjøbunn.

Informasjon om forurensede sedimenter er vist i

- *SHA/YM-084 Mekjarvik, sedimentundersøkelse, Norconsult 2014*

### 4.2 Tunnelmasser

#### 4.2.1 Kilde

Omsøkt utfylling vil bestå av tunnelstein/-masser fra driving av sidetunnelen/tverrslaget (entreprise E11) til Boknafjordtunnelen i Rogfast-prosjektet.

Bergarten i sidetunnelen består av fyllitt. Fyllitt inneholder naturlig relativt høye konsentrasjoner av arsen, men er ikke reaktiv.

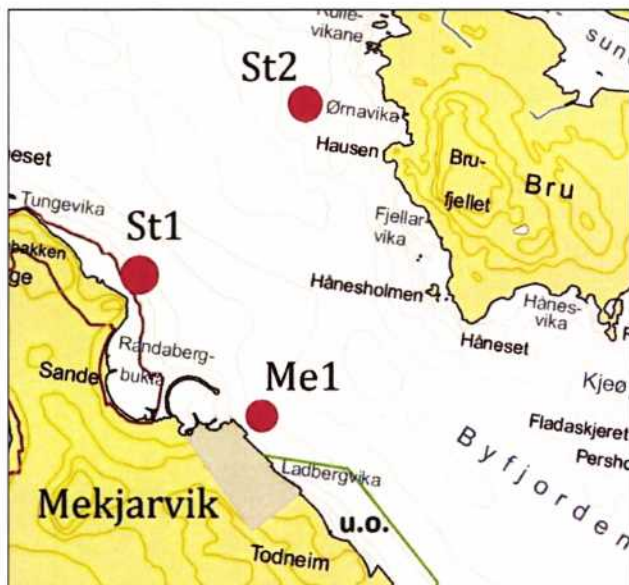
I forbindelse med utfyllingen på Buøy ble det utført en analyse på fyllitten som viste en konsentrasjon av arsen på 26,9 mg/kg. Dette er over normverdi for rene masser på land (20 mg/kg) og innenfor tilstandsklasse II for marine sedimenter (20 - 52 mg/kg). Vi har i beregningene benyttet denne konsentrasjonen for å se om det er sannsynlig at det er knyttet miljørisiko til arsen i utfyllingen.

I Rogfast-prosjektet er det gjennomført analyse mht. metaller på nedknust materiale i de ulike bergartene fra hele tunneltraséen. I tillegg er det utført utlekkingsstest på de samme massene mht. metaller for å få et bilde på utlekkingspotensialet fra de massene som blir fylt ut i sjø. Prøven av fyllitt hentet fra dagberg ved Mekjarvik viste en arsenkonsentrasjon på 13,2 mg/kg, tilsvarende rene masser på land og tilstandsklasse I for marine sedimenter.

#### 4.2.2 Partikkelspredning

Utfyllingen vil medføre partikkelspredning fra utfyllingsområdet i hele vannsøylen fra overflaten og ned til ca. 15 meters vandndyp. Det vil ikke være mulig å hindre partikkelspredning (og vann løste stoffer) fra tiltaket.

Prosjektet har fått modellert partikkelspredning (NIVA 2015 rapport 6846) basert på den totale utfyllingen på inntil 3,5 mill m<sup>3</sup>. Inputdataene til modellen er satt konservativt høy med hensyn til mengde finstoff og mengde som dumpes per lass.

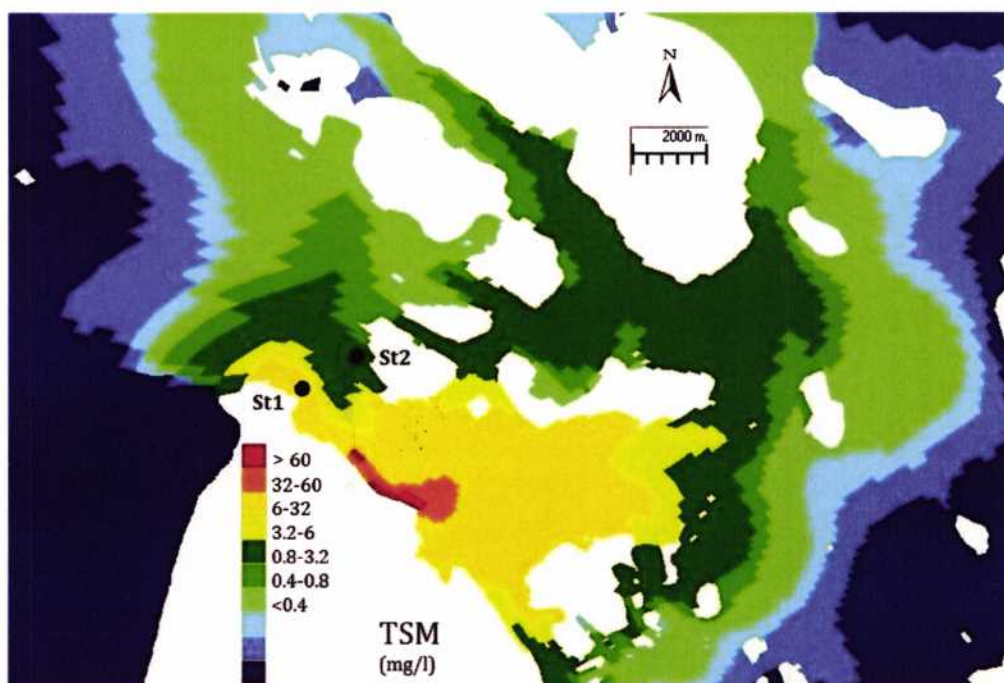


Figur 5 Kartutsnitt fra NIVA 2015 rapport 6846 med prøvestasjoner. Omtrentlig plassering av utfyllingsområdet (u.o.) er markert med grønne streker.

Vi anser at stasjon «ST 1» i modelleringen vil være representativ for ålegrassområdet (se figur 5). Ved de vanddyp hvor ålegrasset lever, forventes akseptable partikkelkonsentrasjoner (50 mg/l) med korte episoder med noe høyere innhold av partikler. Dypere på denne stasjonen forventet høyere innhold av partikler. På stasjon «ST 2» (Planlagt nytt inntak av vann til IRIS) forventes betydelig lavere mengde med partikler i de dype vannmassene med mindre enn 6 mg/l (59 % av tiden).

Modelleringen viser stor partikkelspredning i et relativt stort område, hovedsakelig på samme side av fjorden som utfyllingen foregår (figur 6). Det er vist en worst case-scenario i figur 6.





Figur 6 Kartutsnitt fra NIVA 2015 rapport 6846 med prøvestasjoner og horisontalutbredelse av partikler fra utfyllingen ved Mekjarvik.

#### 4.2.3 Utlekking av arsen

Det er gjennomført en grovberegning av utlekkingspotensialet for arsen fra utfyllingen. Klif veileder TA2802-2011 *Risikovurdering av forurenset sediment* er brukt som utgangspunkt.

Mobiliteten til arsen i tunnelmasser henger sammen med fraksjonsfordelingen. Fint materiale med høyt overflateareal gir høyere utlekkingspotensial enn store blokker (Klif veileder TA2863/2011 *Områder i Norge med naturlig høyt bakgrunnsnivå – betydning for disponering av masser*).

Selve utregningen er vist i vedlegg 1. Basert på typiske fraksjonsfordelinger i tunnelmasseutfyllinger, og ratio mellom overflateareal og volum for de forskjellige fraksjonene, er det totale utlekkingspotensialet for arsen i fyllingen beregnet til 3,5 kg arsen. Utlekkingsperioden – det vil si tiden det tar før alt potensielt arsen har lekket ut fra utfyllingen – er satt til 50 år. Det er forutsatt jevn utlekking etter at utfyllingen er etablert. I selve utfyllingsperioden kan en forvente at utlekkingsraten er høyere.

Beregnet utlekking fra utfyllingen er 1,6 µg/l. PNEC-verdien for arsen i sjøvann er 4,8 µg/l. Konklusjonen blir dermed at utlekking av arsen fra fyllingen ikke vil medføre uakseptabel miljørisiko, verken i utfyllingsperioden eller i permanent fase.

#### 4.2.4 Utfelling av arsen

Det er gjennomført en enkel beregning av potensialet for at arsen fra fyllingen kan forurense sedimentene i nærheten. Denne grovberegningen gir et mye høyere arseninnhold i omliggende sediment enn det som blir den faktiske situasjonen, og er kun gjort for å synliggjøre at risikoen er liten.

Selve utregningen er vist i vedlegg 1. Forutsatt at alt arsenet blir utfelt av vannet i løpet av de første 50 m fra fyllingen, og at denne utfellingen er jevnt fordelt, samt at den ender opp i de øverste 1 cm av sedimentet.

Konsentrasjon arsen i sediment som følge av utfelling fra vannfasen er beregnet til 6,9 mg/kg. Fyllittpartikler som spres fra utfyllingsmassen vil ha en konsentrasjon på ca. 26,9 mg/kg (analysen av fyllittprøven) og selv om disse konsentrasjonene legges sammen blir konsentrasjonen under grenseverdi for sediment. Grenseverdi for god økologisk sedimentkvalitet (Klif's TA2802 Risikovurdering av forurenset sediment, faktaboks 3) er 52 mg/kg. Konklusjonen blir dermed at utfelling av arsen fra fyllingen ikke vil medføre uakseptabel miljørisiko.

#### 4.3 Samlet vurdering

Utfyllingen medfører stor spredning av partikler fra utfyllingsmassen og fra bunnsedimentet (rene partikler). Undersøkelser og modelleringer viser at det ikke er forventet at partikkelspredningen skal føre til uakseptabel miljørisiko for Ålegrasengen eller gyteområdet for fisk. Likevel skal det gjennomføres en overvåking av turbiditet ved disse verdiene i tiltaksfasen (se kap. 5).

De lave konsentrasjonene av forurensning knyttet til tunnelmasser, samt fortykning i sjø gjør at det ikke er forventet uakseptabel miljørisiko knyttet til rester av sprengstoff og olje som måtte komme med sprengsteinsmassene. Videre vil ikke arseninnholdet i fyllitten (tunnelmassene) føre til konsentrasjoner i vann eller sediment over gjeldene grenseverdier for økologisk risiko.

Med bakgrunn i de ovenfor nevnte vurderingene, samt de fysiske forhold med mye vær, bølger og strømninger ved de gitte dybdeforhold, er det ikke foreslått tiltak i form av siltgardin mot partikkelspredning under utfylling. Det vil være vanskelig å få en siltgardin til å ligge på plass i slike forhold. Erfaringer viser at den vil bli dratt avgårde og ikke vil fungere slik den er ment.

Prosjektet vil ha stor fokus på å begrense bruken av plast fra sprengningsarbeidene, samt oppsamling av plast som havner i sjø. Noe spredning vil likevel kunne forekomme.

Overvåkingen i sjø (kap. 5) skal være byggherrestyrt og skal ha fokus på å kontrollere at naturverdiene og nytt vanninntak til IRIS (som flyttes lengre ut i fjorden) ikke blir negativt påvirket.



## 5 Overvåkningsprogram

Det vil ikke være mulig å hindre spredning av partikler eller vannløste stoffer fra tiltaket. Plassering av overvåkningsstasjoner utenfor selve utfyllingsområdet vil være krevende. Dette fordi utfyllingsområdet er stort, utfyllingen vil foregå på forskjellige streder og at strømretningen i fjorden ikke vil være konstant. Det er derfor ikke mulig å plassere overvåkningsstasjonen som med sikkerhet fanger opp partikkelspredningen.

I stedet for skal det derfor overvåkes mht. de naturverdiene/kommersielle verdiene som skal beskyttes

1. Ålegrasseng
2. Oppvekstområde for fisk
3. Vanninntaket til IRIS

Overvåkningsprogrammet skal være byggherrestyrt.

### 5.1 Ålegrassengen

Overvåkingen skal gjennomføres mens utfyllingen pågår vha. liten båt for å kjøre transekter gjennom området som kartlegges med vannkikket.

Undersøkelsen skal utføres:

- Før tiltaket starter
- Mens tiltaket foregår
- Året etter at hovedutfyllingen er avsluttet

Det skal plasseres to sedimentfeller på sjøbunnen i ålegrasengen som tømmes to ganger innenfor tiltaksperioden i E11. Påvist sedimentasjon skal beregnes og rapporteres.

Ved påvist forringelse eller sedimentasjon over 0,2 mm/dag (grenseverdi 0,3 mm/dag, Länsstyrelsen Vestra Götaland 2009) skal årsak identifiseres og om nødvendig tiltak iverksettes og/eller overvåkingsprogrammet justeres.

### 5.2 Oppvekstområde for fisk

I gyteområdet for fisk skal det etableres én stasjon som måler turbiditet. Stasjonen skal fange opp representative verdier for bunnvannet i fjorden utenfor utfyllingsområdet. Turbiditetsmåleren skal stå 10 meter over bunnen.

Det skal settes en alarmgrense på 15 mg/l, omregnet til turbiditet ca. 21 FTU (NGI, 2011, Kvantifisering av miljøgiftspredning ved hjelp av on-line overvåkning). Dette er gir handlingsrom til å iverksette tiltak før grenseverdien på 20 mg/l nås.

Ved påvist turbiditet på 21 FTU over en tid på 30 minutter (minimum 3 målinger) skal årsak identifiseres og om nødvendig tiltak iverksettes, og/eller overvåkingsprogrammet justeres.

### 5.3 Vanninntak IRIS

Ved det nye vanninntaket til IRIS, skal det etableres en stasjon som måler turbiditet på samme dyp som selve vanninntaket. I tillegg skal det etableres en referansestasjon lengre ut i fjorden på samme vanddyb.

Alarmgrense skal settes i dialog med IRIS, men skal settes slik at den gir handlingsrom til å iverksette tiltak før grenseverdien for negativ effekt nås.

### 5.4 Rapportering og varsling

Ved behov for å undersøke årsak og vurdere behov for tiltak skal Fylkesmannen i Rogaland varsels så raskt som mulig.

Alle dataene skal rapporteres i en sluttrapport etter tiltakets ferdigstillelse.

Endelig måleprogram for overvåkingen oversendes Fylkesmannen i Rogaland senest 2 uker før oppstart av tiltaket for godkjenning.

## 6 Geoteknisk stabilitet

Multiconsult AS, for SVV, har utført vurderinger av stabilitetsforholdene av den totale utfyllingen ved Mekjarvik. Rapporten er lagt ved i Vedlegg 5.

I tillegg har Norconsult utført en stabilitetsvurdering av utfyllingsfasen som utføres i denne omsøkte entreprisen (E11). Rapporten (GEO-N-01 E11 Utfylling Mekjarvik) er lagt ved i Vedlegg 5



## Vedlegg

1. Beregninger utlekking og utfelling av arsen
2. Tegninger og illustrasjoner
  - Tegninger
    - 11-H01-310 Fylling i Sjø Mekjarvik E11 (SVV/ Norconsult)
    - 11-V06-310 Fylling i sjøen, prinsippsnitt (Fyllingsfot) (SVV/ Norconsult)
    - 11-Z01-301 z-tegning (Rigg og marksikringsplan), Fylling i Sjø Mekjarvik E11 (SVV/ Norconsult)
3. Områderuleringsdokument (SVV/ COWI)
  - RAP\_911 Konsekvensutredning Mekjarvik sør (2013)
  - RAP\_912 Planbeskrivelse Mekjarvik sør (2014)
  - RAP\_913 Reguleringsplanbestemmelser Mekjarvik sør (2014)
4. Miljørapporter (Norconsult)
  - *SHA\_YM-084 Mekjarvik sedimentundersøkelse, Norconsult 2014*
  - *NO-030-YM Marint naturmiljø E39 Rogfast - Utfylling Mekjarvik D05, Norconsult 2015*
  - *NIVA-rapport 6856-2015 Modellering av strøm og partikkeltransport i Mekjarvik*
5. Geotekniske rapporter
  - GEO-015 Massedeponi Mekjarvik (Norconsult, 2014)
  - 215943-RIG-RAP-005 Sjøfylling Stabilitet Beregningsrapport Mekjarvik (Multiconsult, 2013)

## Vedlegg 1

### Utlekking av arsen

Det er gjennomført en grovberegning av utlekkingspotensialet for arsen fra utfyllingen. Klif veileder TA2802-2011 *Risikovurdering av forurenset sediment* er brukt som utgangspunkt.

Mobiliteten til arsen i tunnelmasser henger sammen med fraksjonsfordelingen. Fint materiale med høyt overflateareal gir høyere utlekkingspotensial enn store blokker (Klif veileder TA2863/2011 *Områder i Norge med naturlig høyt bakgrunnsnivå – betydning for disponering av masser*).

Basert på typiske fraksjonsfordelinger i tunnelmasseutfyllinger, og ratio mellom overflateareal og volum for de forskjellige fraksjonene, er det totale utlekkingspotensialet for arsen i fyllingen beregnet til 2,2 kg arsen.

$$P_{\text{tot}} = 2,2 \text{ kg}$$

Utlekkingsperioden – det vil si tiden det tar før alt potensielt arsen har lekket ut fra utfyllingen – er satt til 50 år.

$$t_{\text{tot}} = 50 \text{ år}$$

Det er forutsatt jevn utlekking etter at utfyllingen er etablert. Total miljøgifttransport ut av utfyllingsområdet blir da

$$F_t = P_{\text{tot}} / t_{\text{tot}} = 3,5 \text{ kg} / 50 \text{ år} = \text{ca. } 70 \text{ 000 mg/år}$$

Det er ikke utført oseanografiske målinger, men vann-nett.no opplyser om ukers oppholdstid for vannet i vannforekomsten Årdalsfjorden Ytra. Det er benyttet ca. 2 uker i beregningene:

$$t_r = 0,04 \text{ år} = \text{ca } 2 \text{ uker.}$$

Utfyllingen i denne entreprisen (E11) skal etableres til ca. kote -15. Eksponeringsflaten for vannet blir avgrenset til fyllingsfoten. Fyllingsfoten blir etablert med ca. 50 graders vinkel, er omtrent 13 m høy og 17 m lang (konservativ høye verdier, maksimal verdier). Lengde på fyllingsfoten er omtrent 400 m. Vannvolum over fyllingen:

$$V_{\text{sjø}} = (h_{\text{fot}} \times l_{\text{fot}}) / 2 \times b_{\text{fot}} = \text{ca } 28 \text{ 300 m}^3$$

Fra *faktaboks 9* i TA2802 får vi:

$$C_{\text{sv}} = F_t \times t_r / V_{\text{sjø}} = 28 \text{ 300} \times 0,04 / 70 \text{ 000} = 0,16 \text{ µg/l}$$

I selve utfyllingsperioden kan en forvente at utlekkingsraten er høyere. Om vi legger til grunn en skjønsmessig vurdering kan vi si at utlekkingsraten blir 100 ganger så høy i denne perioden.

$$U_{\text{utfylling}} = 100$$

$$C_{\text{sv\_utfylling}} = C_{\text{sv}} \times U_{\text{utfylling}} = 0,16 \text{ µg/l} \times 100 = 1,6 \text{ µg/l}$$

PNEC-verdien for arsen i sjøvann er 4,8 µg/l.

$$C_{\text{PNEC}} = 4,8 \text{ µg/l} > C_{\text{sv\_utfylling}}$$

Det kan derfor konkluderes at utlekking av arsen fra fyllingen ikke vil medføre uakseptabel miljørisiko, verken i utfyllingsperioden eller i permanent fase.

### Utfelling av arsen

Det er gjort en enkel beregning av potensialet for at arsen fra fyllingen kan forurense sedimentene i nærheten. Denne grovberegningen gir et mye høyere arseninnhold i omliggende sediment enn det som blir den faktiske situasjonen, og er kun gjort for å synliggjøre at risikoen er liten.

Forutsatt at alt arsenet blir utfelt av vannet i løpet av de første 50 m fra fyllingen, og at denne utfellingen er jevnt fordelt, samt at den ender opp i de øverste 1 cm av sedimentet.

$$D_{\text{sed}} = 0,01 \text{ m}$$

Bulkdensitet til sediment er gitt i TA2802 som

$$g_{\text{sed}} = 1600 \text{ kg/m}^3$$

Bredden på fyllingen er ca. 400 m. Vi forutsetter at arsen lekker ut i en retning (dette gir en høyere konsentrasjon enn den reelle situasjonen). Areal sediment som blir påvirket av utfelling blir da:

$$A_{\text{sed}} = 400 \text{ m} \times 50 \text{ m} = 20\,000 \text{ m}^2$$

$$M_{\text{sed}} = A_{\text{sed}} \times D_{\text{sed}} \times g_{\text{sed}} = 20\,000 \text{ m}^2 \times 0,01 \text{ m} \times 1600 \text{ kg/m}^3 = 320\,000 \text{ kg}$$

Det totale utlekkingspotensialet i fyllingen

$$P_{\text{tot}} = 2,2 \text{ kg} = 2\,200\,000 \text{ mg}$$

Forventet tilførsel av arsen til sediment

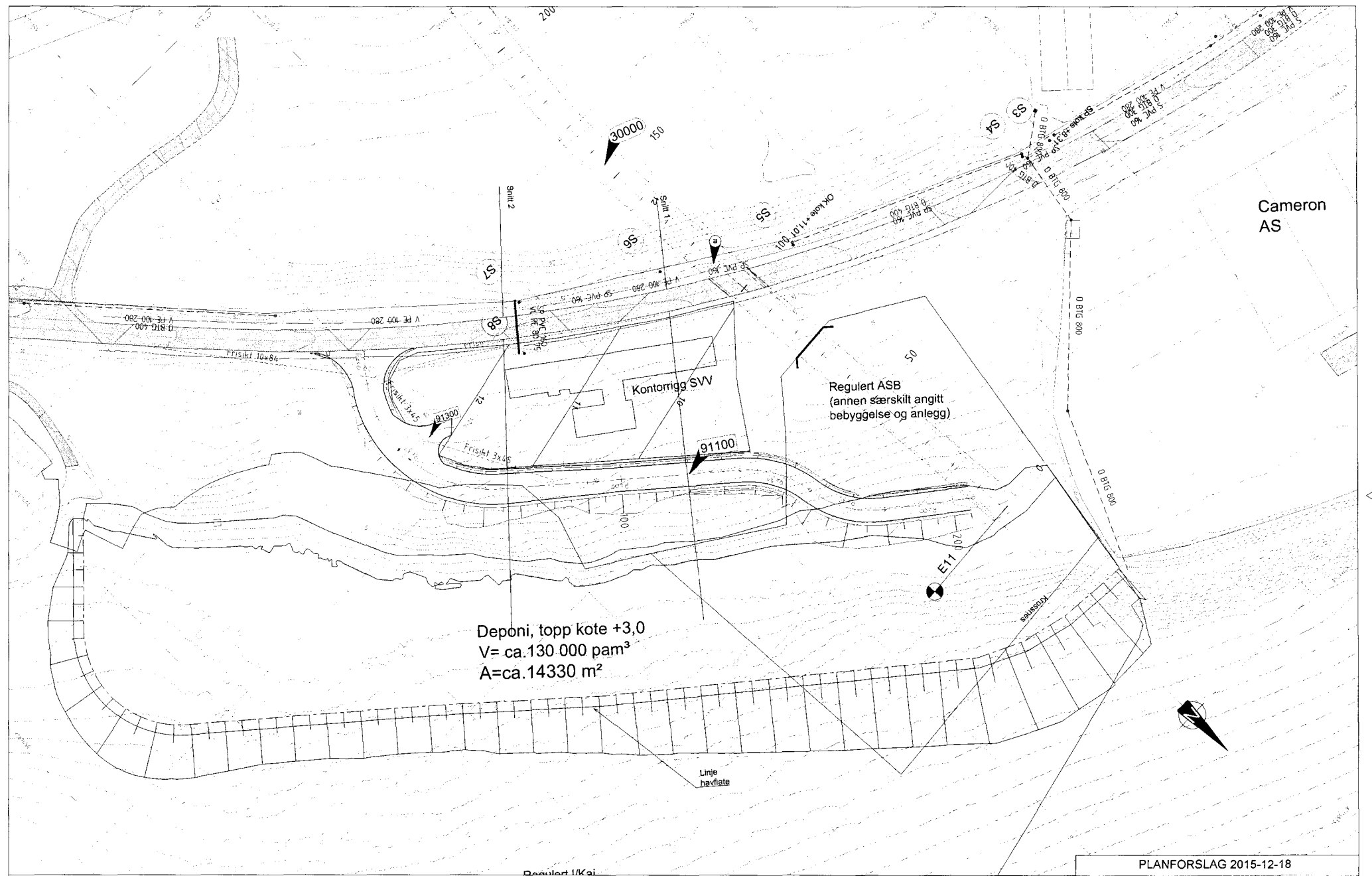
$$C_{\text{sed}} = P_{\text{tot}} / M_{\text{sed}} = 2\,200\,000 \text{ mg} / 320\,000 \text{ kg} = \underline{6,9 \text{ mg/kg}}$$

Grenseverdi for god økologisk sedimentkvalitet (TA2802, faktaboks 3) er 52 mg/kg.

$$C_{\text{sed\_økologisk}} = 52 \text{ mg/kg} > C_{\text{sed}}$$

Partikler som spres fra utfyllingsmassen vil ha en konsentrasjon på ca. 26,9 mg/kg (hentet fra analysen av fyllittprøven) og selv om disse konsentrasjonene legges sammen blir konsentrasjonen under grenseverdi for sediment.

Det kan derfor konkluderes at utfelling av arsen fra fyllingen ikke vil medføre uakseptabel miljørisiko.



**Tegnforklaring**

- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| <b>Eksisterende</b> | <b>Prosjektert</b> |
| — Eiendomsgrænse    | — Spillvann        |
| — Vann              | — Vann             |
| --- Overvann        | --- Overvann       |
| • Kum               | • Kum              |

**Merknader:**

- a: Ny SP forutsettes lagt grunt med preisolerte rør for å redusere arbeidet i grunnen over ny tunnel.

**Henvisninger**

**PLANFORSLAG 2015-12-18**

<b>E39 Rogfast</b>		Prosjekt: H. 2015-10-15 Beskrivelse: H. 2015-10-15 Prosjektleder: <b>Norconsult</b>
<b>ENTRERELSE I S DETURVÆL FRA NÆRSJØEN</b> <b>VA-ledninger</b> Høirendepunkt: A u. Brukshend Rør: 1000 Entreprenør: [ ]		Prosjekt: H. 2015-10-15 Beskrivelse: H. 2015-10-15 Prosjektleder: <b>Norconsult</b> Tegning: 11-H01-310

X:\prosjekt









---

# Rapport\_

## Statens vegvesen Region Vest

---

### OPPDRA

E39 Rogfast. Massedeponi Mekjarvik

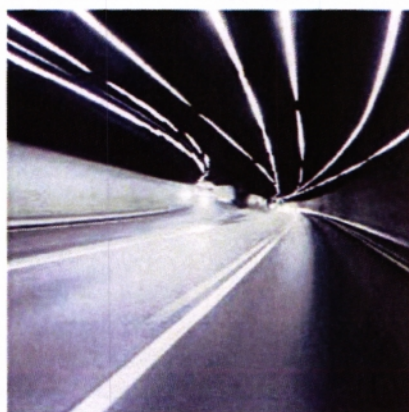
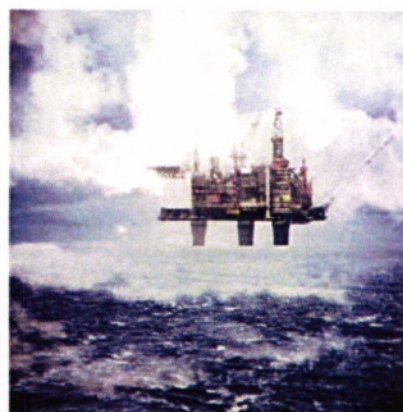
### EMNE

Sjøfylling. Stabilitet. Beregningsrapport

### DOKUMENTKODE

215943-RIG-RAP-005\_rev00

---





**Utfyllingsområdet Mekjarvik**

Med mindre annet er skriftlig avtalt, tilhører alle rettigheter til dette dokument Multiconsult.

Innholdet – eller deler av det – må ikke benyttes til andre formål eller av andre enn det som fremgår av avtalen. Multiconsult har intet ansvar hvis dokumentet benyttes i strid med forutsetningene. Med mindre det er avtalt at dokumentet kan kopieres, kan dokumentet ikke kopieres uten tillatelse fra Multiconsult.



**RAPPORT**

OPPDRAAG	<b>E39 Rogfast. Massedeponi Mekjarvik</b>	DOKUMENTKODE	215943-RIG-RAP-005_rev00
EMNE	Sjøfylling. Stabilitet. Beregningsrapport	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	<b>Statens vegvesen Region Vest</b>	ANSVARLIG ENHET	2112 Stavanger Geoteknikk
KONTAKTPERSON	Øystein Holstad		Marina Saga

**Sammendrag**

Beregningene viser tilfredstillende stabilitetsforhold i permanenttilstanden dersom fyllingen legges med planlagt skråning på 1:1.75 (med unntak av profilene nr. 1 og 2).

Med utvikling av poreovertrykk i løs silt viser beregningene at sikkerheten reduseres betraktelig. Det anbefales derfor å legge fyllingen med skråningshelning på 1:2 i syd, hvor sjøbunn er brattest og løsmassemekktigheten er størst (profiler 1-3).

Det forutsettes at fyllingen utlegges lagvis over flere måneder slik at undergrunnen får tid til i betydelig grad å konsolidere for hvert enkelt lagutlegg.

Vedlegg til rapport: EV 39 Rogfast, Seismikk Mekjarvik, GeoPhysix AS

00	15.10.13	Stabilitetsberegninger Mekjarvik	marms	ach	ach
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Grunnforhold .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Geoteknisk prosjektering .....</b>	<b>7</b>
3.1	Regelverk.....	7
3.2	Krav til prosjektering-geoteknisk kategori .....	7
3.3	Konsekvensklasse/pålitelighetsklasse .....	8
3.4	Kvalitetssystem .....	8
3.5	Prosjekterings- og utførelseskontroll .....	8
3.6	Lastforutsetninger.....	8
3.6.1	Trafikk- og terrenglaster.....	8
3.6.2	Jordskjelvlaster.....	8
3.6.3	Grunnvann-poretrykk.....	9
3.7	Dimensjoneringsmetode.....	9
3.8	Grensetilstander og partialfaktorer .....	9
3.8.1	Grensetilstander.....	9
3.8.2	Partialfaktorer for geotekniske parametere/jordparametere .....	10
3.8.3	Partialfaktorer for påvirkninger.....	10
3.8.4	Partialfaktor for motstand .....	10
<b>4</b>	<b>Stabilitetsanalyser- generelle forutsetninger og valg.....</b>	<b>10</b>
4.1	Grunnlag.....	10
4.1	Beregningsprofiler.....	10
4.2	Lagdelinger.....	11
4.3	Jordparametere .....	15
4.3.1	Fylling .....	15
4.3.2	Skjellsand .....	15
4.3.3	Meget løs skjellsand .....	15
4.3.4	Løs silt/sand .....	15
4.3.5	Fast silt/sand .....	15
4.3.6	Morene.....	15
4.3.7	Oppsummering jordparametere .....	16
4.4	Poretrykk/grunnvann .....	16
4.5	Laster.....	16
<b>5</b>	<b>Stabilitetsanalyser - analysemetoder .....</b>	<b>16</b>
5.1	Analysemetoder og glideflater.....	16
<b>6</b>	<b>Stabilitetsanalyser - beregninger og resultater .....</b>	<b>18</b>
6.1	Resultater beregningsprofil 1.....	18
6.2	Resultater beregningsprofil 2.....	19
6.3	Resultater beregningsprofil 3.....	20
6.4	Resultater beregningsprofil 4.....	21
6.5	Resultater beregningsprofil 5.....	22
6.6	Resultater beregningsprofil 6.....	22
6.7	Resultater beregningsprofil 7.....	23
6.8	Resultater beregningsprofil 8.....	23
6.9	Resultater beregningsprofil 9.....	24
6.10	Resultater beregningsprofil 10.....	24
6.11	Resultater beregningsprofil 11.....	25
<b>7</b>	<b>Beregning av fylling med slakere skråningshelning (1:2), i syd.....</b>	<b>26</b>
7.1	Resultater beregningsprofil 1.....	26
7.2	Resultater beregningsprofil 2.....	27
7.3	Resultater beregningsprofil 3.....	28
<b>8</b>	<b>Oppsummering av beregningsresultater .....</b>	<b>29</b>
<b>9</b>	<b>Geoteknisk vurdering.....</b>	<b>30</b>
9.1	Fyllingsarbeider generelt.....	30
9.2	Viktige og kritiske momenter .....	30
9.3	Egensetninger i fylling .....	30
9.4	Fundamentering på fylling .....	30
<b>10</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>32</b>



## 1 Innledning

I forbindelse med reguleringsplan for E39 Rogfast vurderes det en utvidelse av industriområdet i Mekjarvik i Randaberg kommune. Industriområdet og planlagt ny kai skal etableres på sjøfylling fra tunnelmasser.

Denne rapporten inneholder resultatene av stabilitetsberegningene for den aktuelle fyllingen.

## 2 Grunnforhold

Generelt refereres det til rapport nr. 215943-1 av 17.02.12 for detaljert beskrivelse av grunnforholdene på området. Sammendraget i rapporten sier følgende, kfr. også utsnitt av borplanen, figur 1 på neste side:

*Antatt fjell er påtruffet i 16 av de 45 borpunktene og generelt i de innerste boringene i hvert profil (med unntak av i profil A). Fjelloverflaten er i disse registrert på kote minus 14.0 (pkt. nr. 33 i profil I) til minus 37.6 (pkt. nr. 20 i profil F) under 2.8-24.6 m løsmasse. Løsmassemektighetene øker utover i fjorden. Med unntak av i det nordre profilet K, hvor antatt fjell er påtruffet i alle de fire borpunktene (på kote minus 25.2-51.1 under 7.4-17.6 m løsmasser), er antatt fjell påtruffet i kun tre av de nest innerste boringene i de øvrige profilene. De fleste av boringene er således avsluttet i faste løsmasser på kote minus 50-65, etter ca. 10-30 m nedboring i løsmasser under sjøbunnen.*

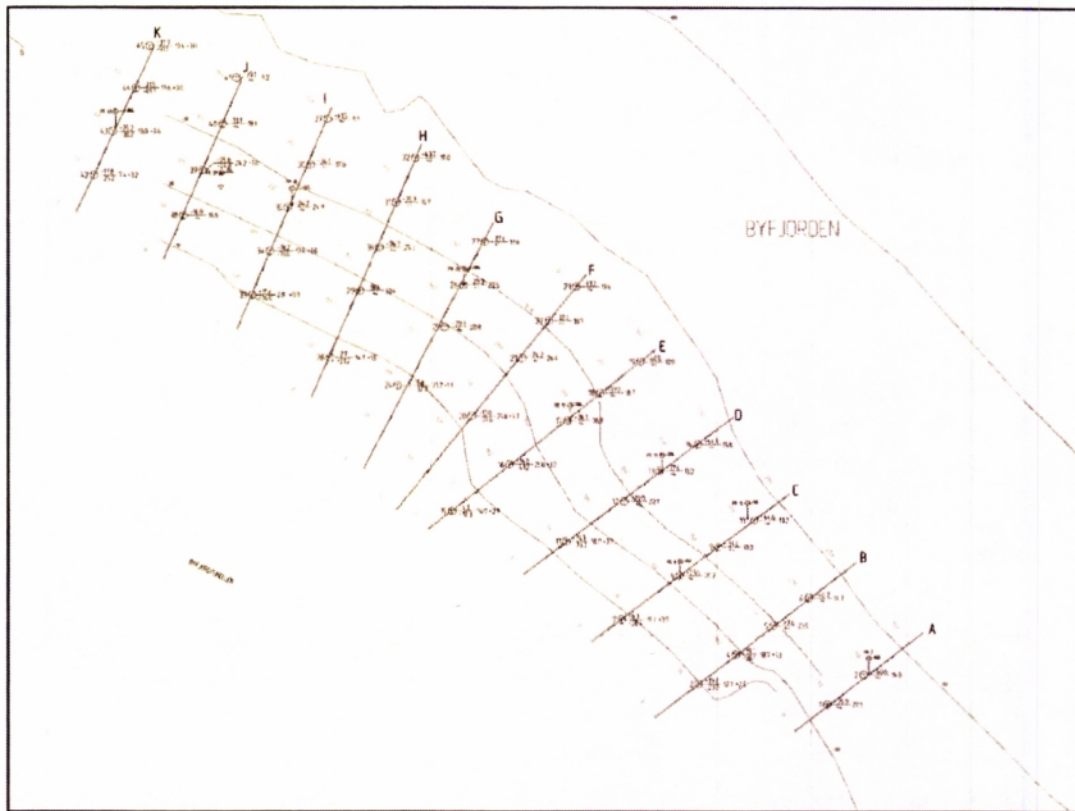
*Sonderingene viser at grunnen generelt består et øvre, løst lag med tykkelse 0.3-5.7 m, mektigst lengst syd. Videre i dybden er det påtruffet relativt faste lagrede masser, og det har i all hovedsak vært nødvendig å benytte både vannspyling og slag for å penetrere massene. Enkelte steiner og blokker er også registrert i dybden.*

*Løsmassene i området antas å bestå av støtsidemorene fra siste istid. I utgangspunktet forventes massene således å være velgraderte, finstoffholdige og relativt godt pakket. Prøvetakingene viser at massene består av et øvre lag av sand med tykkelse på ca. 1-2 m. Derunder er det hovedsakelig registrert siltig og sandig materiale og sandig silt ned til 2.6-6.3 m dybde. De øvre prøvene inneholder mye skjellrester, målt til mellom 5 og 35 % ved laboratorietesting med saltsyre på 7 prøver.*

*Videre nedover i dybden antas grunnen hovedsakelig å bestå av siltig morene, men det er også registrert lag av antatt mer ensgraderte og til dels siltige sandmasser.*

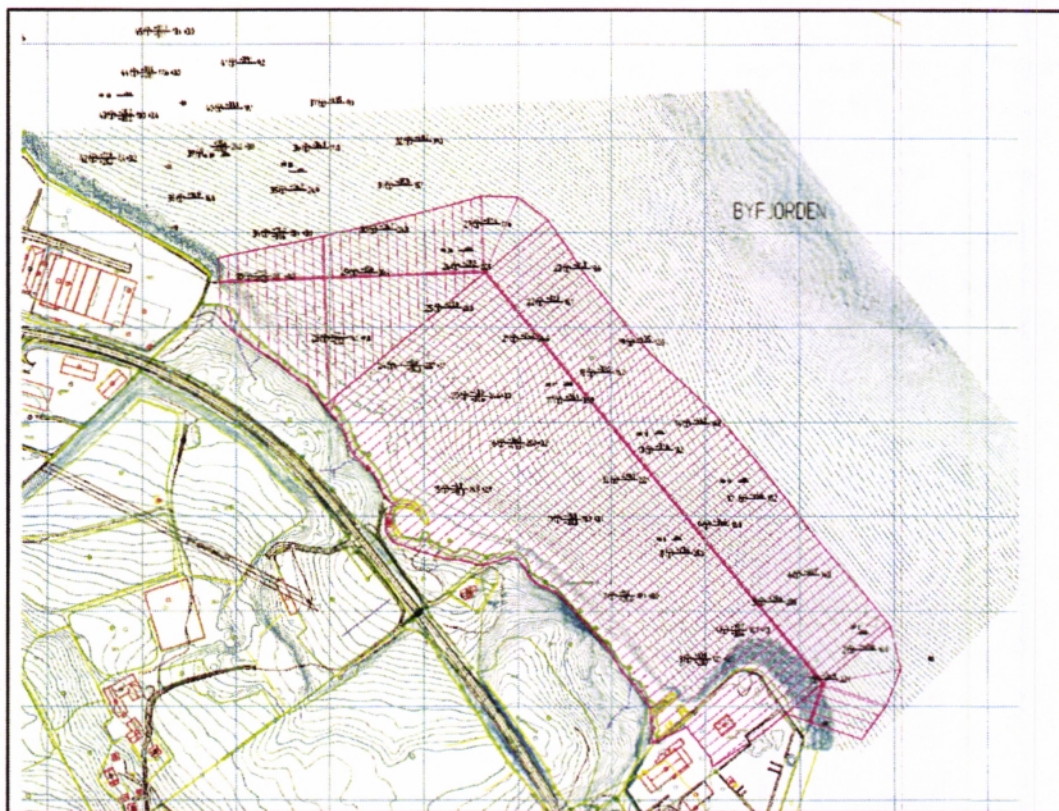
*Aktuelle deponiplaner innebærer at fyllingsfoten kan bli liggende utenfor ytterste boring i profilene. For å verifisere at grunnen her består av samme type masser anbefales det å utføre seismiske undersøkelser fra land og minst ut til 50 m utenfor mulig ytterste fyllingsfot. Ved å korrelere de seismiske resultatene mot resultatene av grunnundersøkelsene vil en da kunne vurdere om det kan bli nødvendig med supplerende grunnundersøkelser på større vanndybder.*





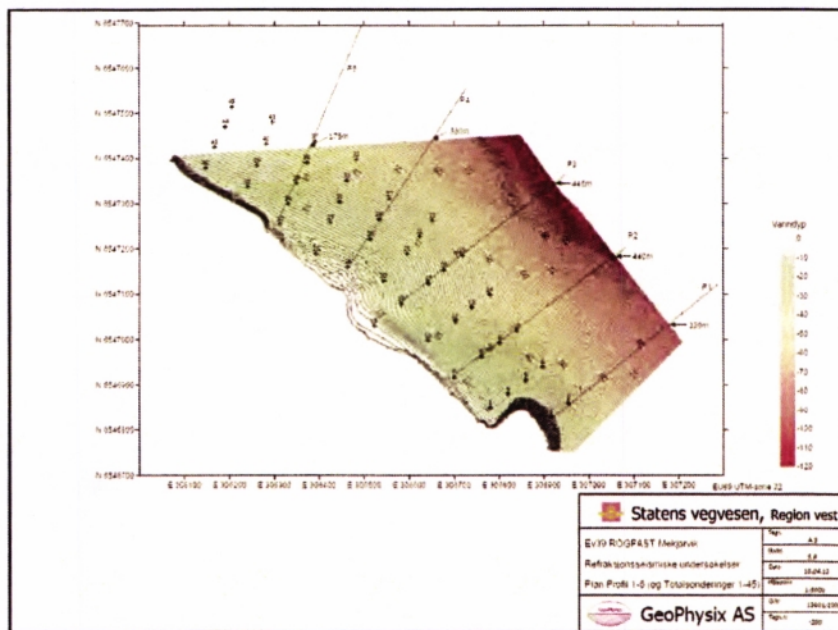
Figur 1: Borplan, kfr. rapport nr. 215943-1

Aktuell utforming av deponiet er vist i utsnitt av fyllingsplanen, figur 2.



Figur 2: Aktuell fyllingsplan

Aktuelle deponiplaner innebærer at fyllingsfot blir liggende utenfor våre borer. Det er derfor, etter vår anbefaling i rapport nr. 215943-1, utført seismiske undersøkelser i 5 profiler kfr. figur 3.



Figur 3: Seismiske undersøkelser utført av GeoPhysics AS

Med grunnlag i resultatene av undersøkelsene og de mottatte seismikkprofilene, og den nå aktuelle utformingen av deponiet, har vi etablert 11 typiske fyllingsprofiler, med beliggenhet som vist på figur 4 i kapittel 4.1. Disse profilene danner grunnlaget for våre beregninger av stabilitetsforholdene.

Vi har benyttet digitalt kartgrunnlag C1\_Mejkarvik\_NN54.sos, Todneim\_sosi40.sos og T\_Deponi\_3D mottatt fra Cowi AS ved utarbeidelsen av beregningsprofilene. I mottatte filer er det angitt at sjøbunnskotene er referert til NN 1954.

### 3 Geoteknisk prosjektering

#### 3.1 Regelverk

Prosjektering skal følge Statens vegvesens krav, gitt gjennom Statens vegvesens håndbøker og regelverk. Statens vegvesens håndbok 016 er bygget opp for å tilfredsstille kravene i NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 (Eurokode 7) og NS-EN 1990-1:2002+NA:2008 (Eurokode 0).

#### 3.2 Krav til prosjektering-geoteknisk kategori

NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 stiller krav til prosjektering ut fra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 "Krav til prosjekteringen".

Prosjektet innebærer utfylling i sjø.

Det er utført undersøkelser i form av totalsonderinger, prøvetakinger og trykksondering.

Kjente grunnforhold tilsier at utfyllingsprosjektet kan klassifiseres i geoteknisk kategori 2 som omfatter konvensjonelle arbeider uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- eller belastningsforhold.



Dette innebærer at prosjekteringen bør omfatte kvantitative geotekniske data og analyser for å sikre at de grunnleggende kravene blir oppfylt. Rutinemessige prosedyrer for felt- og laboratorieprøving og for prosjektering og utførelse kan da benyttes for prosjekteringen.

### 3.3 Konsekvensklasse/pålitelighetsklasse

NS-EN 1990:2002+NA:2008 definerer byggverks plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/CR). Konsekvensklasser er behandlet i standardens tillegg B (informativt), mens veiledende eksempler på klassifisering av byggverk i pålitelighetsklasser er vist i nasjonalt tillegg NA (informativt), tabell NA.A1 (901).

Geoteknisk kan prosjektet plasseres i pålitelighetsklasse (CC/RC) 2 (kfr. også figurene 0.1 og 0.7 i håndbok 016).

### 3.4 Kvalitetssystem

NS-EN 1990:2002+NA:2008 krever at ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal et kvalitetssystem være tilgjengelig, og at dette systemet skal tilfredsstillere NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Multiconsult AS sitt system tilfredsstiller sistnevnte, og kravet er ivaretatt også for konsekvensklasse 2.

### 3.5 Prosjekterings- og utførelseskontroll

NS-EN 1990:2002+NA:2008 gir føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse.

I henhold til tabell NA.A1 (902) og NA.A1 (903) i NS-EN 1990-1:2002+NA:2008 legges kontrollklasse N (Normal) til grunn for geotekniske arbeider i pålitelighetsklasse 2.

Normal prosjekteringskontroll innebærer at det utføres grunnleggende kontroll og i tillegg kollegakontroll.

Normal utførelseskontroll innebærer at det skal utføres basiskontroll og intern systematisk kontroll.

### 3.6 Lastforutsetninger

#### 3.6.1 Trafikk- og terrenglast

Karakteristiske trafikk- og terrenglaster velges i henhold til håndbok 016, underkapittel 0.3.5.

For terreng uten vegtrafikk benyttes en jevnt fordelt last  $F_{rep}$  på 5 kPa hvis ugunstig (0 hvis gunstig), som skal dekke mulig belastning fra jordbruksrelaterte aktiviteter, snølast og lignende.

I møte med Statens vegvesen 13.08.13 ble det avtalt at det skulle gjøres beregninger med en karakteristisk overflatelast (konstruksjonslast) på 10 tonn/m<sup>2</sup> for hele industriområdet.

#### 3.6.2 Jordskjelvlaster

I henhold til underkapittel 4.3.7 under kapittel 4 «Stabilitet» i håndbok 016 vil treghetsinduserte horisontalkrefter måtte tas hensyn til ved stabilitetsberegninger.

NS-EN 1998-5:2004+NA:2008 (Eurokode 8-5) omfatter konstruksjoner. I henhold til punkt 4.1.3.1 (1)P i denne kreves det utført stabilitetsanalyser hvor jordskjelvlaster må hensyntas dersom det skal oppføres konstruksjoner i eller nær skråninger. Slike analyser skal sikre at sikkerheten og/eller konstruksjonenes funksjonalitet er ivaretatt.



Dette innebærer at om skråningens stabilitet har innvirkning på konstruksjoner, stiller standarden krav til at tilstrekkelig sikkerhet og/eller funksjonalitet under seismisk påvirkning skal dokumenteres med beregninger.

Hittil er dette tolket slik at jordskjelvvurderinger utelates dersom skråningen ikke påvirker konstruksjoner. Det er således pr. i dag ikke vanlig praksis å ta hensyn til jordskjelvlaster ved beregninger av skråningsstabilitet.

### 3.6.3 Grunnvann-poretrykk

Ved beregningene er laveste lavvann (dvs. kote minus 0.85 NN54) benyttet som referanse for hydrostatisk poretrykk.

Når et mettett jordmateriale belastes med en tilleggslast  $q$  (i dette tilfellet vekt fra fyllmasser og eventuelle overflatelaster), oppstår spenningsforandringer i jorda. Dersom pålastningen  $q$  skjer på sand, blir lasten direkte opptatt av kornskjelettet, som får en effektiv spenningsøkning  $\Delta\sigma' = q$  (porevannet presses ut etter hvert slik at setningene  $\delta$  kommer i takt med pålastningen). Setningene er i store trekk utviklet når pålastningen er avsluttet.

Dersom pålastningen skjer på mettett silt/leire, vil tilleggslasten  $q$  i første omgang i stor grad bæres av økt poretrykk  $\Delta u$ . Praktisk sett gjør dette silten/leiren svakere, og sikkerheten mot grunnbrudd reduseres. Det oppståtte poreovertrykket  $\Delta u$  medfører en gradvis utpressing av porevann, og kornskjelettet presses sammen. Denne dreneringen gjør at poreovertrykket  $\Delta u$  gradvis avtar igjen, med det resultat at lasten  $q$  gradvis overføres til kornskjelettet, med gradvis økt effektivspenning  $\Delta\sigma'$  til følge. Dette betyr at silten/leiren vil få tilbake sin opprinnelige styrke, men dette er normalt en tidkrevende prosess. Denne tar i størrelsesorden måneder til mange år - avhengig av tykkelsen på silt-/leirlaget og av hvor tett silten/leiren er.

## 3.7 Dimensjoneringsmetode

NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 angir tre ulike dimensjoneringsmetoder i geoteknikk, dvs. tre ulike metoder for hvordan forholdet mellom dimensjonerende lastvirkning og dimensjonerende motstand skal avveies. Ved geoteknisk prosjektering benyttes i Norge dimensjoneringsmetode 3 i henhold til NS-EN 1997-1:2004+NA:2008, med unntak av for peler der det benyttes dimensjoneringsmetode 2.

For fyllingsarbeidene benyttes derfor dimensjoneringsmetode 3.

I denne metoden benyttes partialfaktorer på påvirkninger eller på lastvirkninger fra konstruksjonen og på grunnens fasthetsparametere.

Det skal påvises at en grensetilstand for brudd eller for stor deformasjon ikke vil oppstå hvis følgende kombinasjon av sett med partialfaktorer er brukt:

Kombinasjon: (A1\* eller A2\*\*) "+" M2 "+" R3"

\* På konstruksjonslaster

\*\* På geotekniske laster

## 3.8 Grensetilstander og partialfaktorer

### 3.8.1 Grensetilstander

I stabilitetsberegningene er bruddgrensetilstanden dimensjonerende.

### 3.8.2 *Partialfaktorer for geotekniske parametere/jordparametere*

Et eventuelt brudd i fyllingen kan karakteriseres som «nøytralt brudd».

Krav til partialfaktor ( $M_2$ ) for dette prosjektet kan da fastlegges til  $\gamma_m \geq 1.4$  med hensyn på effektivspenningsanalyser (kfr. figur 0.3 i håndbok 016).

Størrelsen på partialfaktoren  $\gamma_m$  viser om det er nok sikkerhet mot brudd.

### 3.8.3 *Partialfaktorer for påvirkninger*

Aktuelle laster defineres som trafikklaste og konstruksjonslaste (kai).

I henhold til håndbok 016, underkapittel 0.3.5, skal det ved stabilitetsberegninger benyttes en partialfaktor ( $A_2$ ) for trafikklast på  $\gamma_F = \gamma_Q = 1.3$  (eller 0 hvis lasten har gunstig virkning) i henhold til dimensjoneringsmetode 3. For konstruksjonslaste benyttes  $\gamma_F = \gamma_Q = 1.5$ .

### 3.8.4 *Partialfaktor for motstand*

Partialfaktor ( $R_3$ ) for motstand,  $\gamma_R$ , bestemmes ut fra tabell NA.A.14 i NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 (for skråninger og områdestabilitet). Tabellen gir  $\gamma_{R,e} = 1.0$ .

Dette betyr at motstanden i løsmassene ikke skal reduseres utover det som framkommer ved å legge partialfaktor på geotekniske parametere.

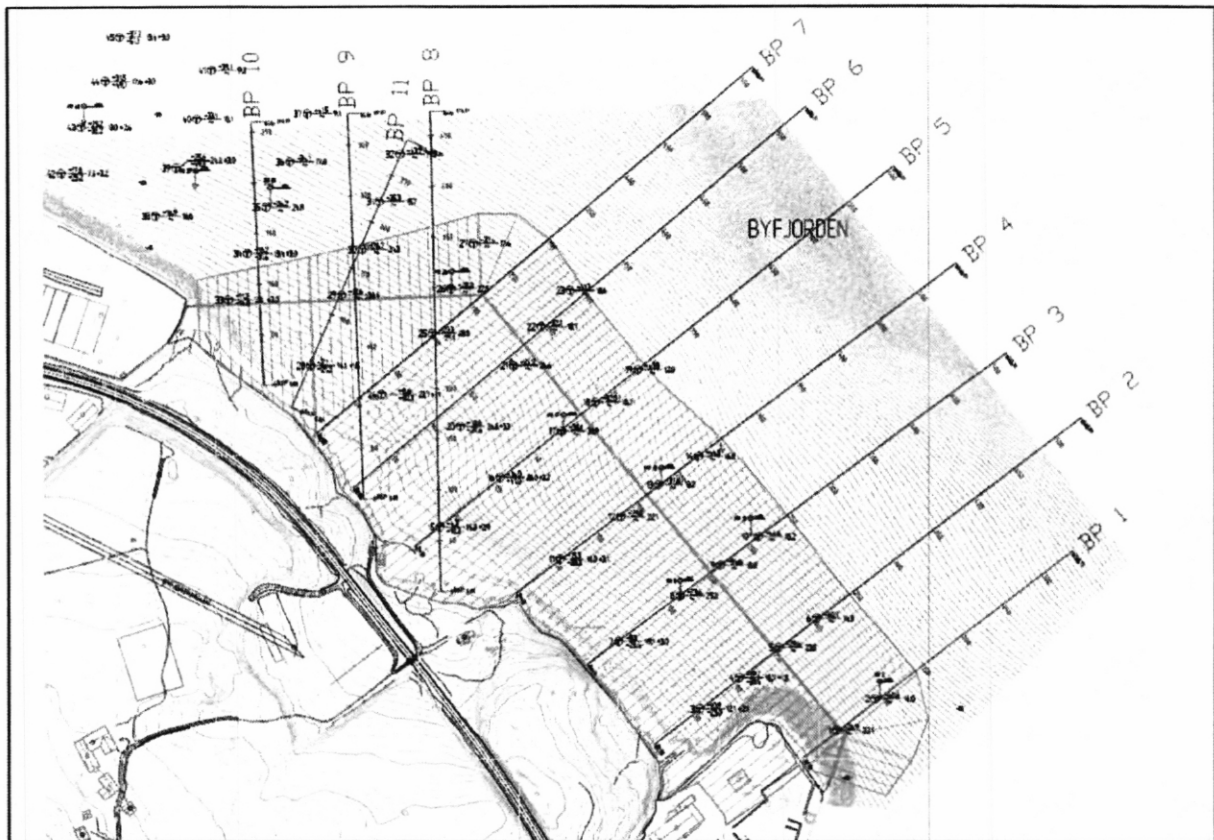
## 4 Stabilitetsanalyser- generelle forutsetninger og valg

### 4.1 Grunnlag

Fyllingsområdet og beliggenheten av beregningsprofilene er vist på figur 4. Profilenes plassering er valgt ved å vektlegge grunnforhold hvor massene er løst lagret og/eller hvor løsmassemektigheten er stor, samt fyllingens beliggenhet og utforming.

### 4.1 Beregningsprofiler

Beregningsprofilene er laget på bakgrunn av fyllingsplan vist på figur 4. I det digitale grunnlaget for fyllingsplanen er det lagt inn en helning på fyllingen på ca. 1:1.75. For å sjekke stabilitetsforholdene er det gjort beregninger i totalt 11 profiler. Disse er generert ut fra mottatte kartgrunnlag. Laginndelinger i grunnen er vist i profilene i kap. 4.2. Planlagt topp fylling er på kote pluss 3.0.



Figur 4: Oversikt beregningsprofiler nr. 1-11.

#### 4.2 Lagdelinger

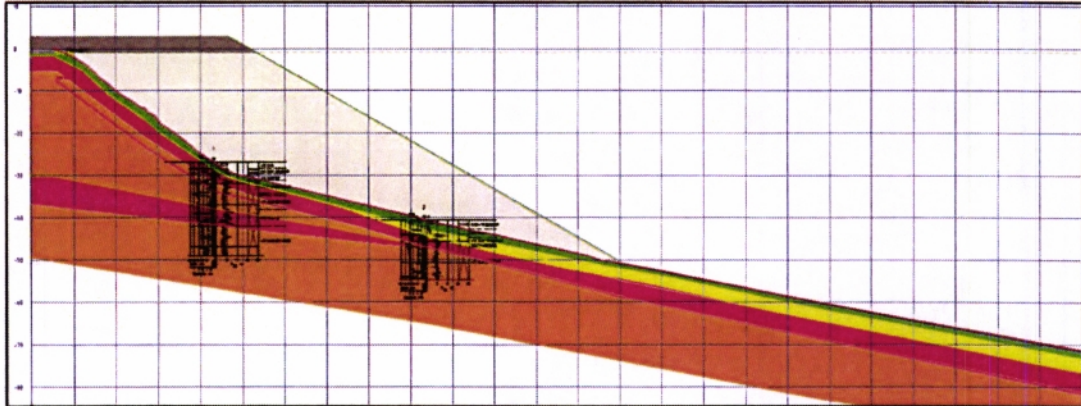
Med basis i utførte grunnundersøkelser i området er følgende generelle lag lagt til grunn for stabilitetsanalysene:

Lag	Farge
Fylling over kote minus 0.85	Sort
Fylling under kote minus 0.85	Lys grå
Skjellsand	Grønn
Meget løs skjellsand	Rød
Løs silt/sand	Gul
Fast silt/sand	Lilla
Sand/morene	Orange

Tabell 1: Fargekoder lagdelinger

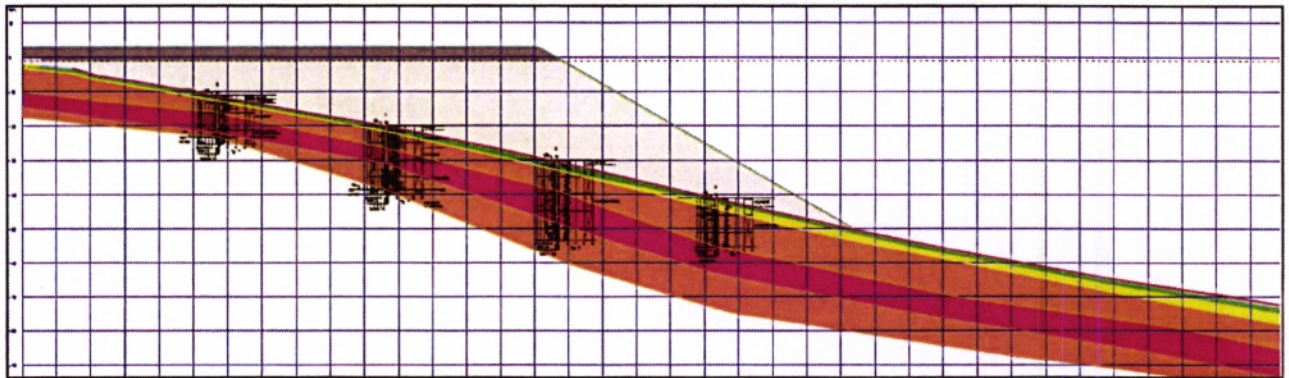


**Beregningsprofil 1**



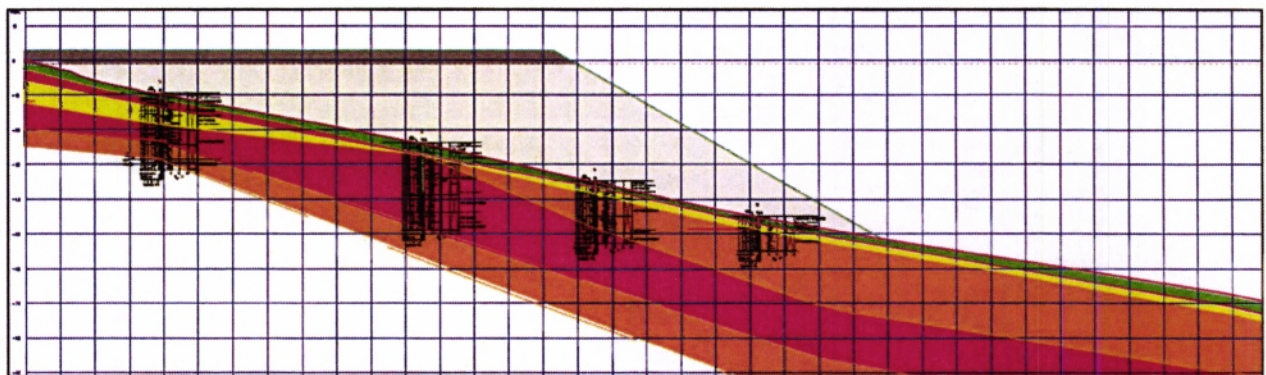
*Figur 5: Beregningsprofil 1*

**Beregningsprofil 2**



*Figur 6: Beregningsprofil 2*

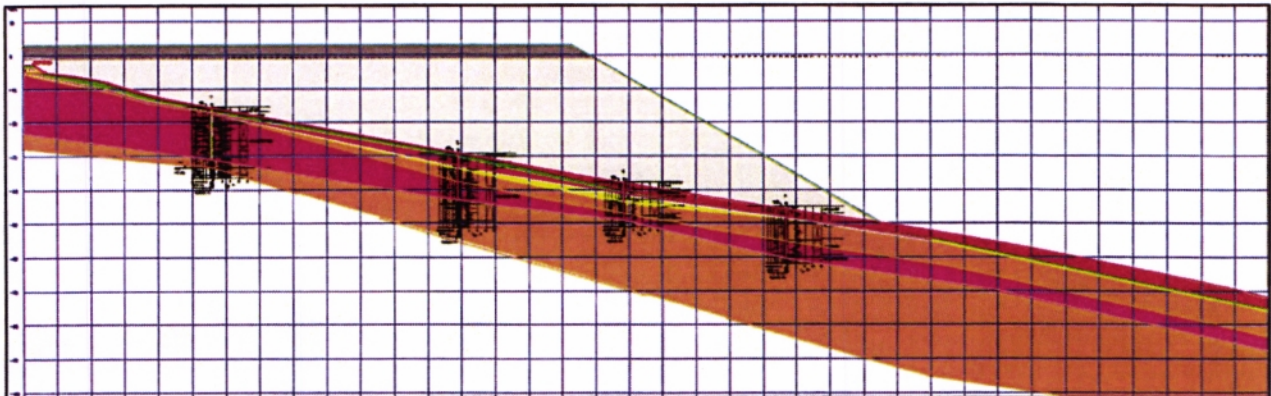
**Beregningsprofil 3**



*Figur 7: Beregningsprofil 3*

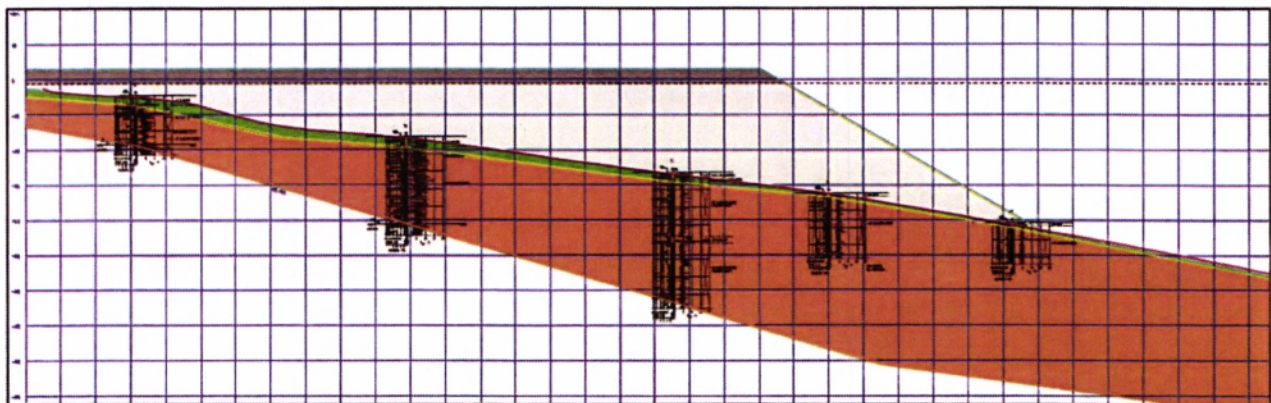


Beregningsprofil 4



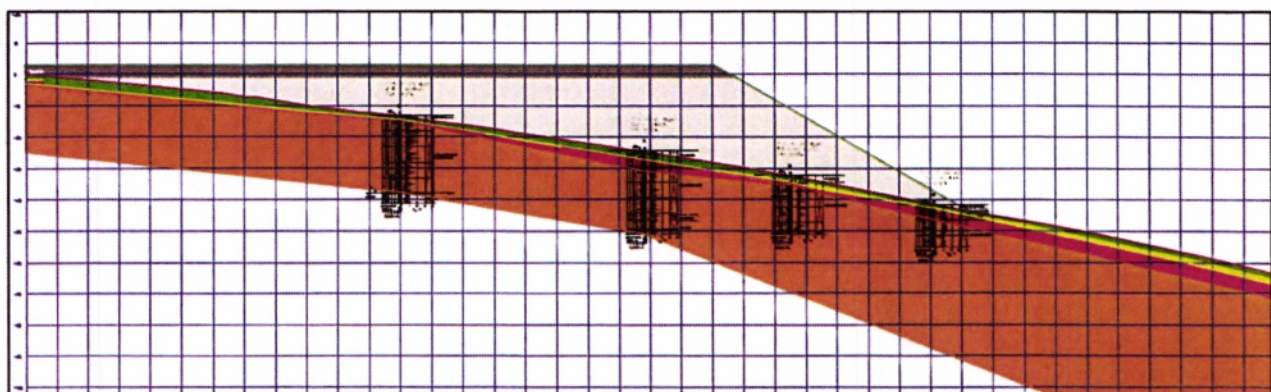
Figur 8: Beregningsprofil 4

Beregningsprofil 5



Figur 9: Beregningsprofil 5

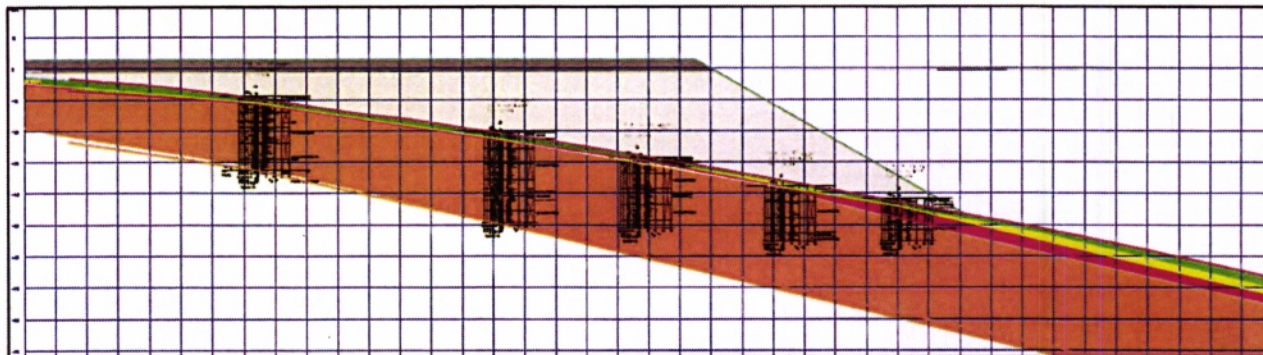
Beregningsprofil 6



Figur 10: Beregningsprofil 6

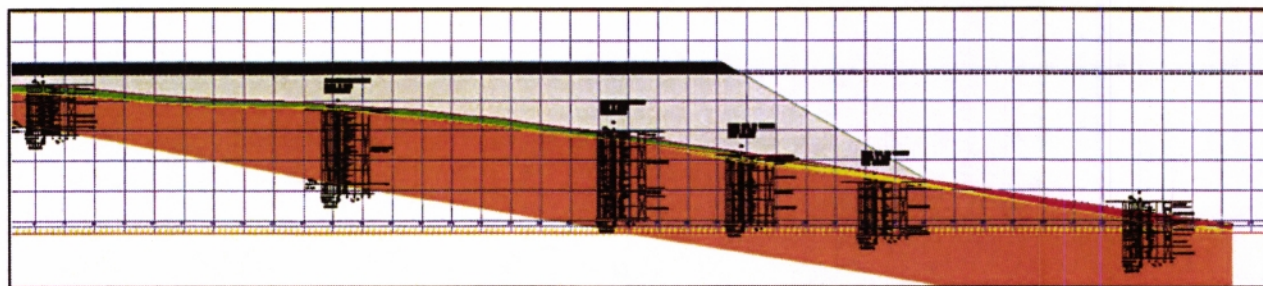


**Beregningsprofil 7**



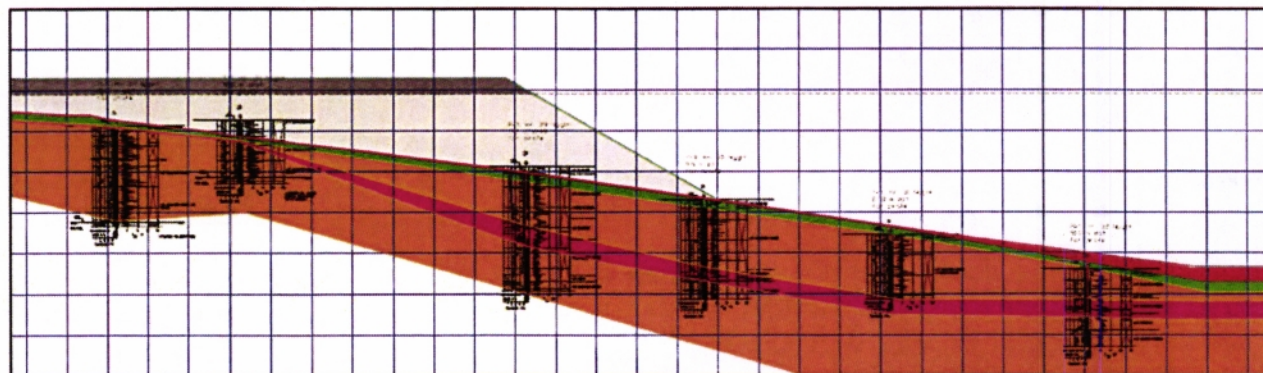
Figur 11: Beregningsprofil 7

**Beregningsprofil 8**



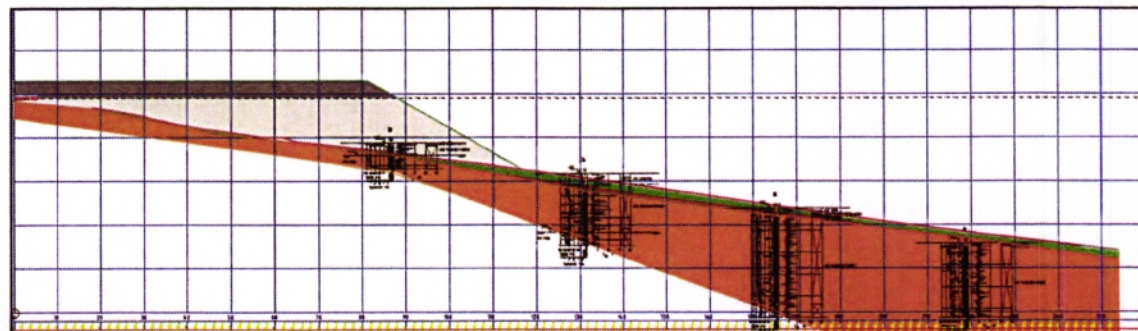
Figur 12: Beregningsprofil 8

**Beregningsprofil 9**



Figur 13: Beregningsprofil 9

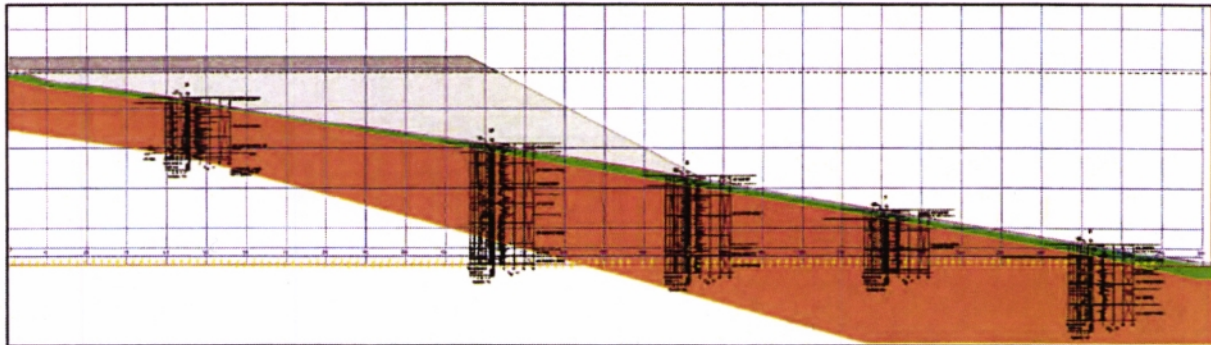
**Beregningsprofil 10**



Figur 14: Beregningsprofil 10



## Beregningsprofil 11



Figur 15: Beregningsprofil 11

### 4.3 Jordparametere

#### 4.3.1 Fylling

De geotekniske parametrene for fyllmassene er vurdert til karakteristisk friksjonsvinkel  $\phi' = 40^\circ$ , tyngdetetthet  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ , attraksjon  $a' = 0 \text{ kPa}$  (under vann) og  $5 \text{ kPa}$  over vann (godkjent i e- post av 31.05.13 fra Statens vegvesen Region vest).

#### 4.3.2 Skjellsand

Parametere for skjellsanden er valgt med grunnlag i erfaringer. Det er således benyttet karakteristisk friksjonsvinkel  $\phi' = 32^\circ$ , tyngdetetthet  $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$  og attraksjon  $a' = 0 \text{ kPa}$ .

#### 4.3.3 Meget løs skjellsand

Parametere for skjellsanden er valgt med grunnlag i erfaringer. Det er således benyttet karakteristisk friksjonsvinkel  $\phi' = 30^\circ$ , tyngdetetthet  $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$  og attraksjon  $a' = 0 \text{ kPa}$ .

#### 4.3.4 Løs silt/sand

Parametere for sanden er valgt med grunnlag i erfaringer og forslag til slike gitt i figur 2.39 i Statens Vegvesens håndbok 016. Det er således benyttet karakteristisk friksjonsvinkel  $\phi' = 31^\circ$ , tyngdetetthet  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  og attraksjon  $a' = 0 \text{ kPa}$ .

#### 4.3.5 Fast silt/sand

Parametere for sanden er valgt med grunnlag i erfaringer og forslag til slike gitt i figur 2.39 i Statens Vegvesens håndbok 016. Det er således benyttet karakteristisk friksjonsvinkel  $\phi' = 34^\circ$ , tyngdetetthet  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$  og attraksjon  $a' = 0 \text{ kPa}$ .

#### 4.3.6 Morene

Parametere for sanden er valgt med grunnlag i erfaringer og forslag til slike gitt i figur 2.39 i Statens Vegvesens håndbok 016. Det er således benyttet karakteristisk friksjonsvinkel  $\phi' = 37^\circ$ , tyngdetetthet  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$  og attraksjon  $a' = 0 \text{ kPa}$ .

#### 4.3.7 Oppsummering jordparametere

Parameter Jordart	Friksjons- vinkel $\phi'$ [°]	Attraksjon $a'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Tyngdetetthet $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
Fylling over kote -0.85	40	5	19
Fylling under kote -0.85	40	0	19
Skjellsand	32	0	17
Meget løs skjellsand	30	0	17
Løs silt/sand	31	0	18
Fast silt/sand	34	0	19
Morene/sand/grus	37	0	19

Tabell 2: Jordparametre

#### 4.4 Poretrykk/grunnvann

Laveste lavvann (LLV) i Stavanger er benyttet som ytre vannstand ved stabilitetsberegningene. Poretrykk er regnet hydrostatisk fra kote minus 0.85.

#### 4.5 Laster

I møte med Statens vegvesen 13.08.13 ble det avtalt at det skulle gjøres beregninger med en karakteristisk overflatelast på 10 tonn/m<sup>2</sup> for hele industriområdet. Denne lasten er ført ut til 15 m fra topp fyllingskant.

Det er i beregningene benyttet en jevnt fordelt last på  $100 \text{ kPa} \cdot 1.5 = 150 \text{ kPa}$ .

På ytre del av fyllingen i en 15 m bred sone fra topp fyllingskant er det benyttet en jevnt fordelt last på  $5 \text{ kPa} \cdot 1.3 \approx 7 \text{ kPa}$  (G/S- vei).

### 5 Stabilitetsanalyser - analysemetoder

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet GeoSuite Stabilitet versjon 5.0.7 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetoden, og den anvender en versjon av lamellemetoden som tilfredsstiller både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Videre kan egne, sammensatte, ikke sirkulærsylindriske glideflater defineres i programmet.

#### 5.1 Analysemetoder og glideflater

I stabilitetsvurderingen av utfyllingen er det to forhold som er undersøkt:

- Stabilitet i utfyllingsfasen (med poreovertrykkoppbygging i eventuell silt)
- Stabilitet i permanenttilstanden (uten poreovertrykkoppbygging i eventuell silt/etter utdrenering av et eventuelt poreovertrykk i silt)

Analysemetoder og typer glideflater er vist i tabellene 3 og 4.

### Analysemetoder

- |    |   |
|----|---|
| I  | Korttid, $a-\phi$ - effektivspenningsanalyse med poreovertrykk i eventuell silt tilsvarende 20 % av effektiv fyllingsvekt |
| II | Langtid, $a-\phi$ - effektivspenningsanalyse med <u>drenert (D)</u> tilstand for eventuell silt                           |

Tabell 3: Analysemetoder

### Glideflater

- |    |  |
|----|--|
| i  | Sirkulærsylindriske selvøkende glideflater |
| ii | Dyptgående manuelt innlagte glideflater    |

Tabell 4: Glideflater

Som vist i tabell 4, er det beregnet partialfaktorer for to typer glideflater. Glideflate type (i) er en sirkulærsylindrisk glideflate for skråningsfronten ned mot sjøbunnen, mens glideflate type (ii) er sammensatte, lengre og dyperegående glideflater.



## 6 Stabilitetsanalyser - beregninger og resultater

Det er utført beregninger i alle 11 profiler.

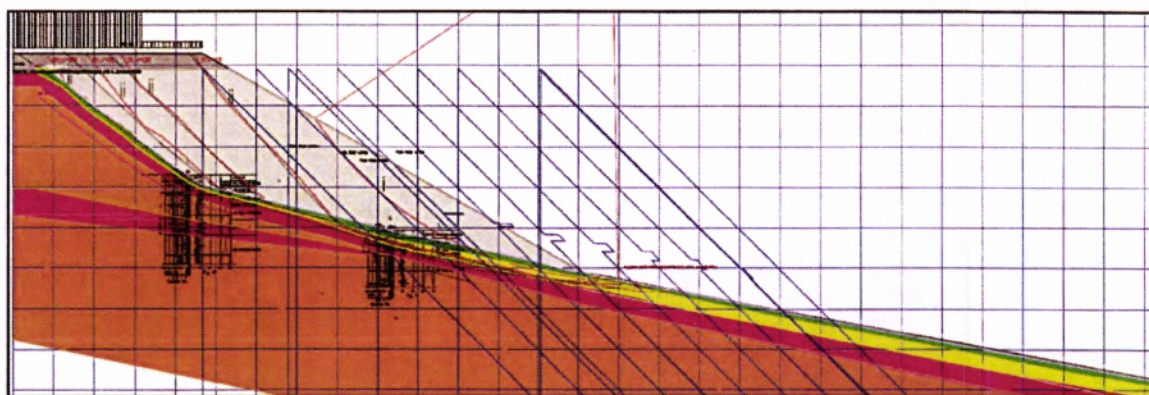
Resultater av utregnet partialfaktor  $\gamma_m$  i GeoSuite Stabilitet er oppsummert i tabellene i kapitler 6.1-6.11.

Lengst syd (profilene nr. 1-4), hvor terrenget er brattest, og antatt siltmektighet størst, er det regnet med poreovertrykk i antatt løst siltlag tilsvarende 20 % av effektiv fyllingsvekt.

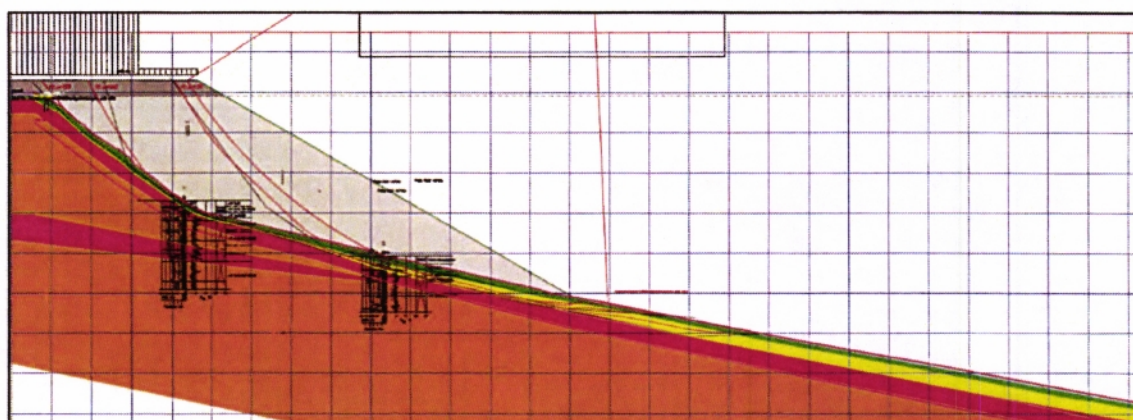
### 6.1 Resultater beregningsprofil 1

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
I ( $a-\varphi$ , $\Delta u=20\%$ )	1.19	1.19
II ( $a-\varphi$ , $\Delta u=0\%$ )	1.39	1.39

Tabell 5: Resultater beregningsprofil 1



Figur 16: Analysemetode I, korttid  $a-\varphi$ ,  $\Delta u=20\%$



Figur 17: Analysemetode II, langtid  $a-\varphi$ ,  $\Delta u=0\%$

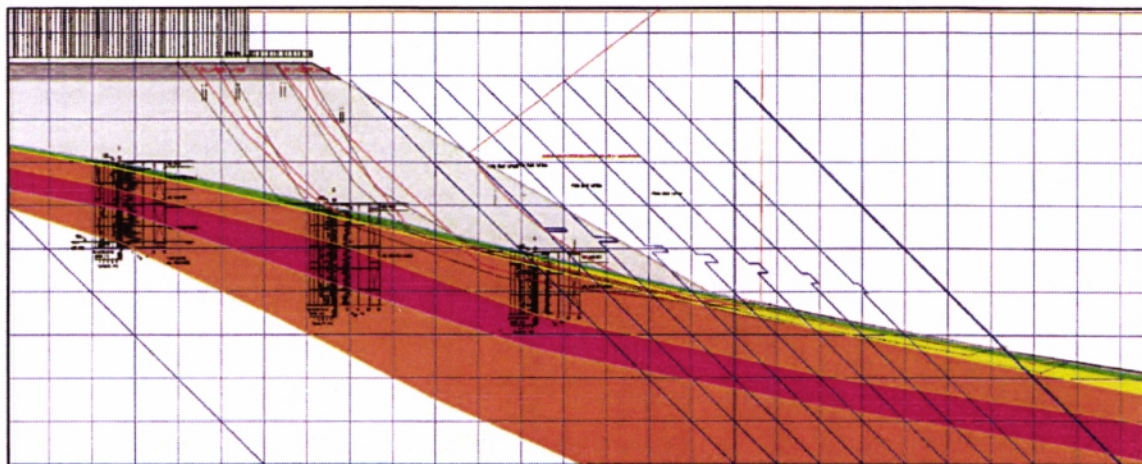
**Beregningene i profil 1 viser at fyllingens planlagte skråningshelning (1:1.75) gir for lav partialfaktor, dvs. ikke tilfredsstillende sikkerhet mot brudd, både i korttidstilstanden (utfyllingsfasen) og i permanenttilstanden.**



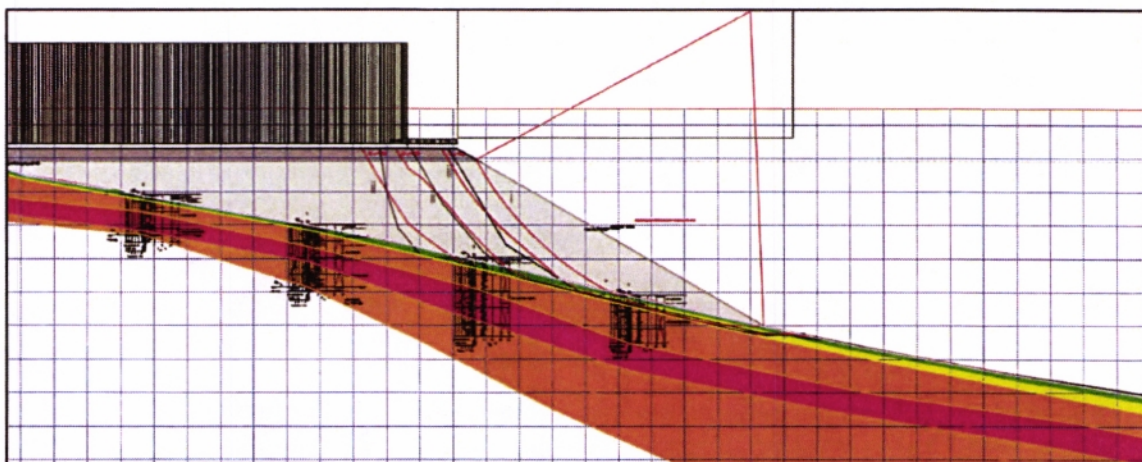
## 6.2 Resultater beregningsprofil 2

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
I ( $a-\varphi$ , $\Delta u=20\%$ )	1.11	1.18
II ( $a-\varphi$ , $\Delta u=0\%$ )	1.43	1.37

Tabell 6: Resultater beregningsprofil 2



Figur 18: Analysemetode I, korttid  $a-\varphi$ ,  $\Delta u=20\%$



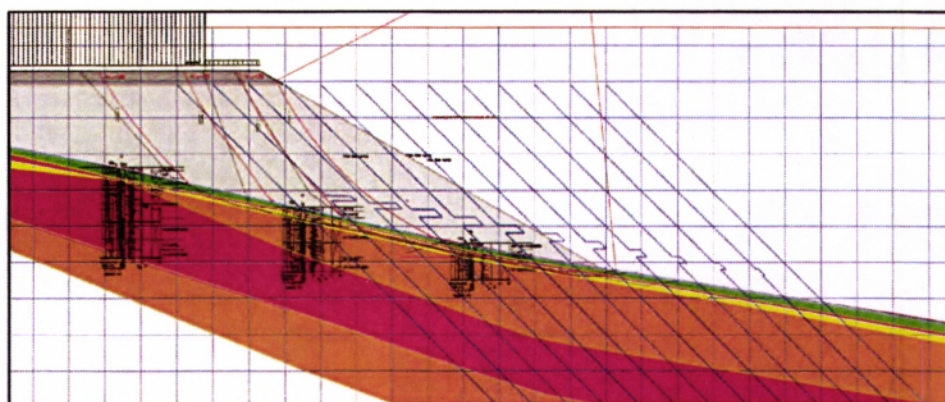
Figur 19: Analysemetode II, langtid  $a-\varphi$ ,  $\Delta u=20\%$

**Beregningene i profil 2 viser at fyllingens planlagte skråningshelning (1:1.75) gir for lav partialfaktor, dvs. ikke tilfredsstillende sikkerhet mot brudd, både i korttidstilstanden (utfyllingsfasen) og permanenttilstanden.**

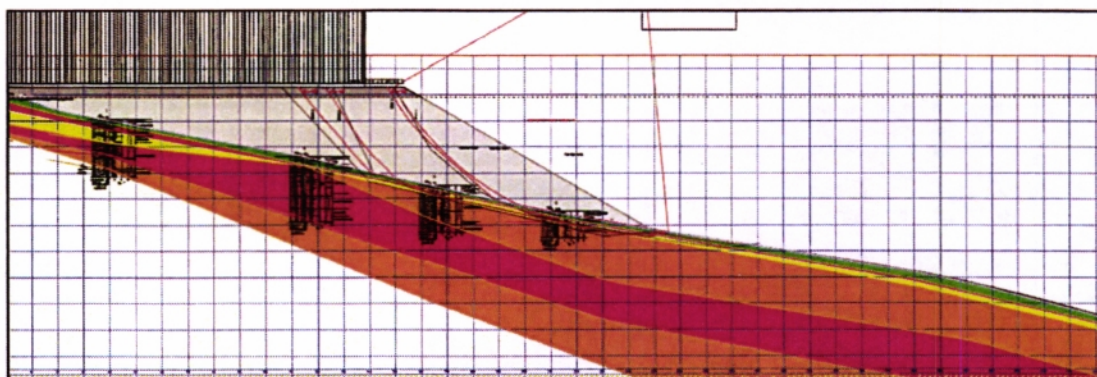
### 6.3 Resultater beregningsprofil 3

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
I (a-φ, Δu=20 %)	1.23	1.27
II (a-φ, Δu=0 %)	1.44	1.42

Tabell 7: Resultater beregningsprofil 3



Figur 20: Analysemetode I, korttid a-φ, Δu=20 %



Figur 21: Analysemetode II, langtid a-φ

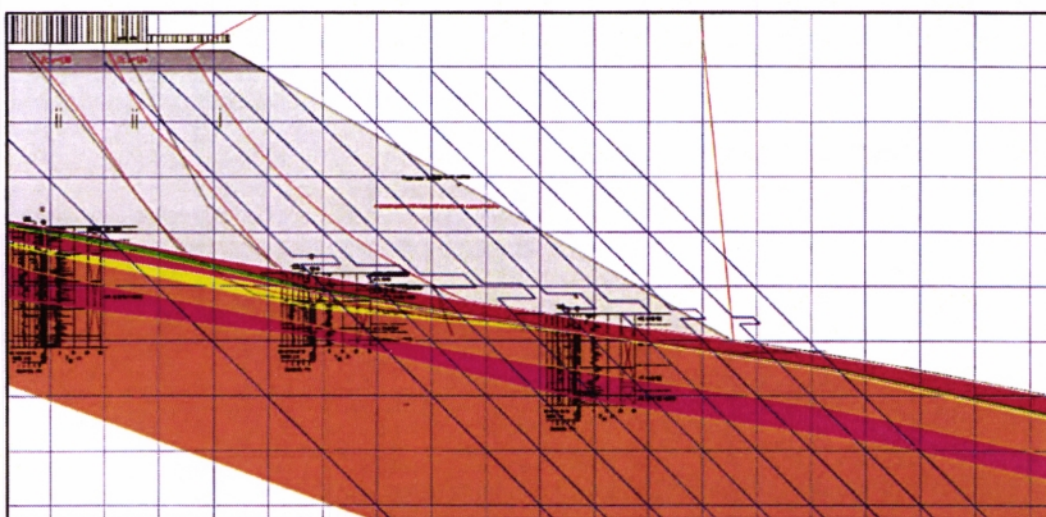
**Beregningene i profil 3 viser at fyllingens planlagte skråningshelning (1:1.75) gir for lav partialfaktor, dvs. ikke tilfredsstillende sikkerhet i korttidstilstanden (utfyllingsfasen).**



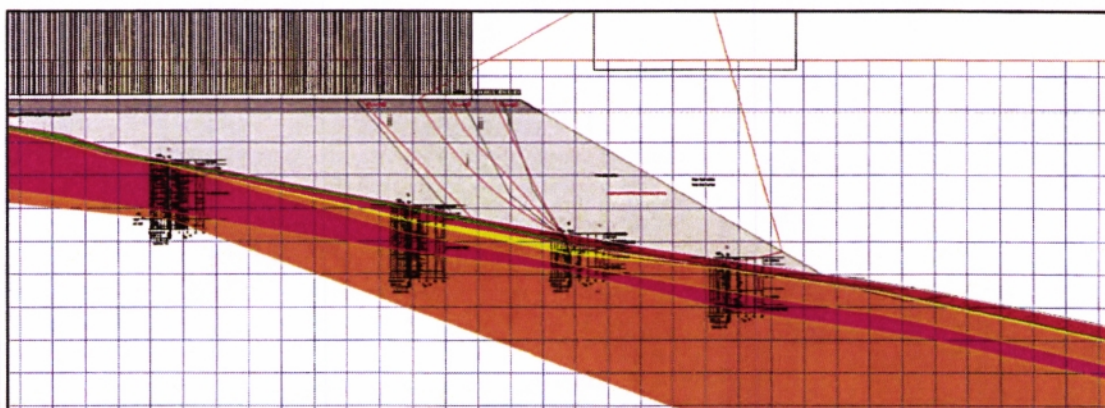
#### 6.4 Resultater beregningsprofil 4

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
I ( $\alpha$ - $\phi$ , $\Delta u=20$ %)	1.45	<b>1.34</b>
II ( $\alpha$ - $\phi$ , $\Delta u=0$ %)	1.68	1.49

Tabell 8: Resultater beregningsprofil 4



Figur 22: Analysemetode I, korttid  $\alpha$ - $\phi$ ,  $\Delta u=20$  %



Figur 23: Analysemetode II, langtid  $\alpha$ - $\phi$

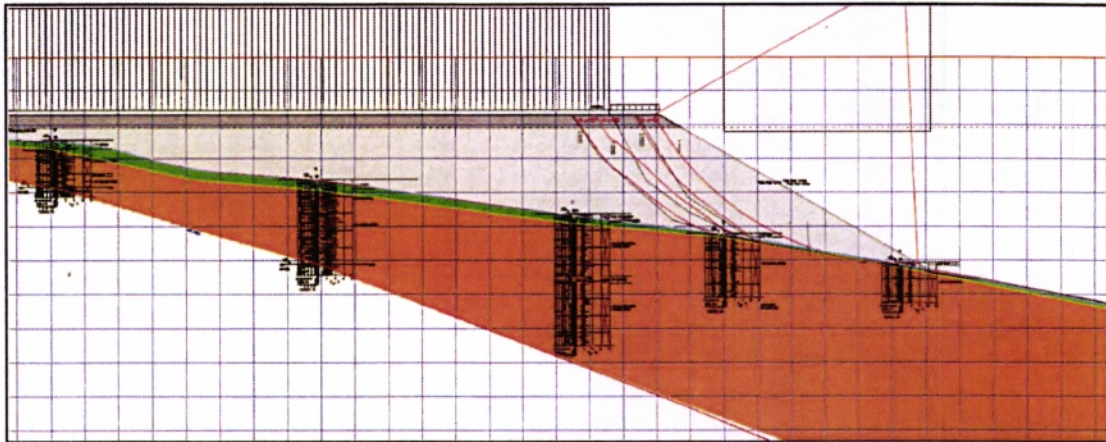
Beregningene i profil 4 viser at fyllingen med skråningshelning 1:1.75 gir tilfredsstillende partialfaktor, dvs. tilfredsstillende sikkerhet mot brudd i permanenttilstanden. Partialfaktoren i utfyllingsfasen er 1.34. Dette regnes som tilfredsstillende dersom utfyllingsarbeidene utføres i henhold til beskrivelse i kap. 9.



### 6.5 Resultater beregningsprofil 5

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
II (a-φ, Δu=0 %)	1.53	1.50

Tabell 9: Resultater beregningsprofil 5



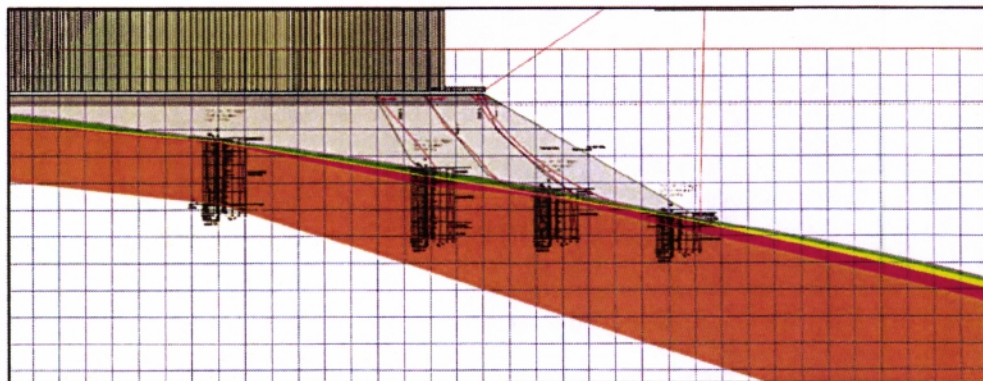
Figur 24: Analysemetode II, langtid a-φ

Beregningene i profil 5 viser at fyllingens planlagte skråningshelning (1:1.75) gir tilfredsstillende partialfaktor, dvs. tilfredsstillende sikkerhet mot brudd i permanenttilstanden.

### 6.6 Resultater beregningsprofil 6

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
II (a-φ, Δu=0 %)	1.46	1.41

Tabell 10: Resultater beregningsprofil 6



Figur 25: Analysemetode II, langtid a-φ

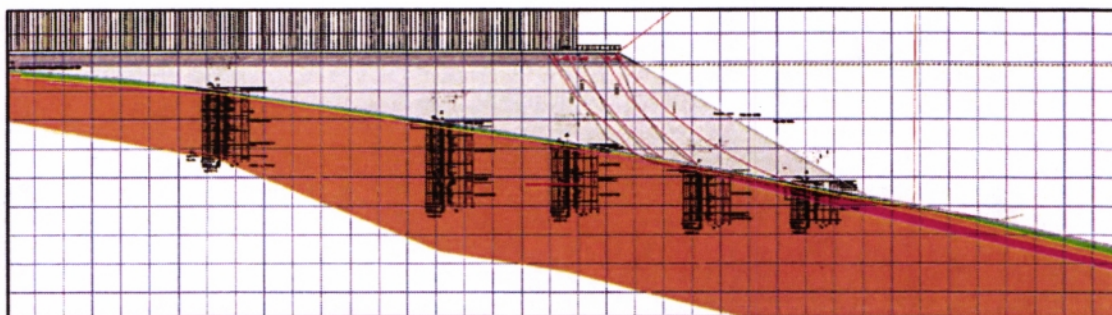
Beregningene i profil 6 viser at fyllingens planlagte skråningshelning (1:1.75) gir tilfredsstillende partialfaktor, dvs. tilfredsstillende sikkerhet mot brudd i permanenttilstanden.



### 6.7 Resultater beregningsprofil 7

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
II (a- $\phi$ , $\Delta u=0$ %)	1.47	1.45

Tabell 11: Resultater beregningsprofil 7



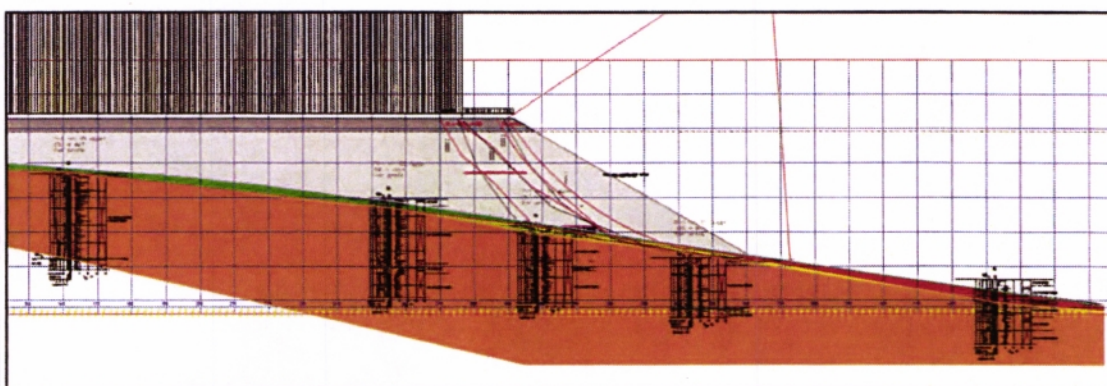
Figur 26: Analysemetode II, langtid a- $\phi$

Beregningene i profil 7 viser at fyllingens planlagte skråningshelning (1:1.75) gir tilfredsstillende partialfaktor, dvs. tilfredsstillende sikkerhet mot brudd i permanenttilstanden.

### 6.8 Resultater beregningsprofil 8

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
II (a- $\phi$ , $\Delta u=0$ %)	1.46	1.44

Tabell 12: Resultater beregningsprofil 8



Figur 27: Analysemetode II, langtid a- $\phi$

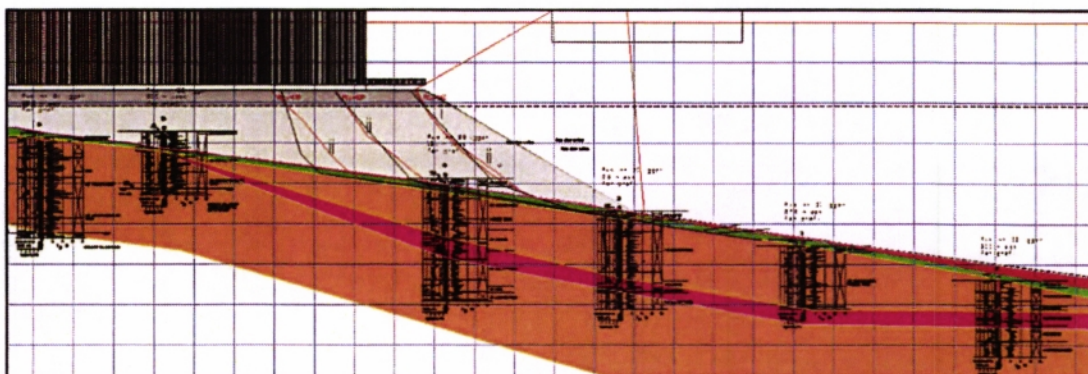
Beregningene i profil 8 viser at fyllingens planlagte skråningshelning (1:1.75) gir tilfredsstillende partialfaktor, dvs. tilfredsstillende sikkerhet mot brudd i permanenttilstanden.



### 6.9 Resultater beregningsprofil 9

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
II (a- $\phi$ , $\Delta u=0$ %)	1.47	1.42

Tabell 13: Resultater beregningsprofil 9



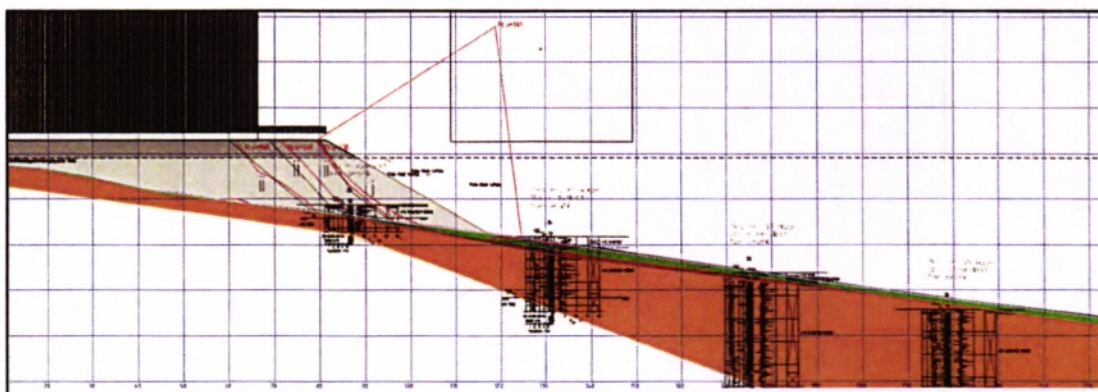
Figur 28: Analysemetode II, langtid a- $\phi$

Beregningene i profil 9 viser at fyllingens planlagte skråningshelning (1:1.75) gir tilfredsstillende partialfaktor, dvs. tilfredsstillende sikkerhet mot brudd i permanenttilstanden.

### 6.10 Resultater beregningsprofil 10

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
II (a- $\phi$ , $\Delta u=0$ %)	1.41	1.38

Tabell 14: Resultater beregningsprofil 10



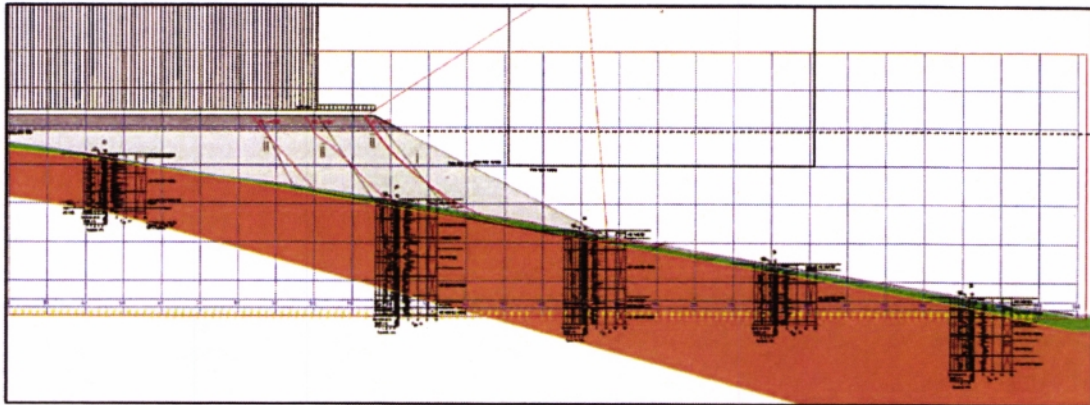
Figur 29: Analysemetode II, langtid a- $\phi$

Beregningene i profil 10 viser at fyllingens planlagte skråningshelning (1:1.75) gir tilfredsstillende partialfaktor, dvs. tilfredsstillende sikkerhet mot brudd i permanenttilstanden.

### 6.11 Resultater beregningsprofil 11

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
II ( $\alpha$ - $\phi$ , $\Delta u=0$ %)	1.55	1.53

Tabell 15: Resultater beregningsprofil 11



Figur 30: Analysemetode II, langtid  $\alpha$ - $\phi$

Beregningene i profil 11 viser at fyllingens planlagte skråningshelning gir tilfredsstillende partialfaktor, dvs. tilfredsstillende sikkerhet mot brudd i permanenttilstanden.



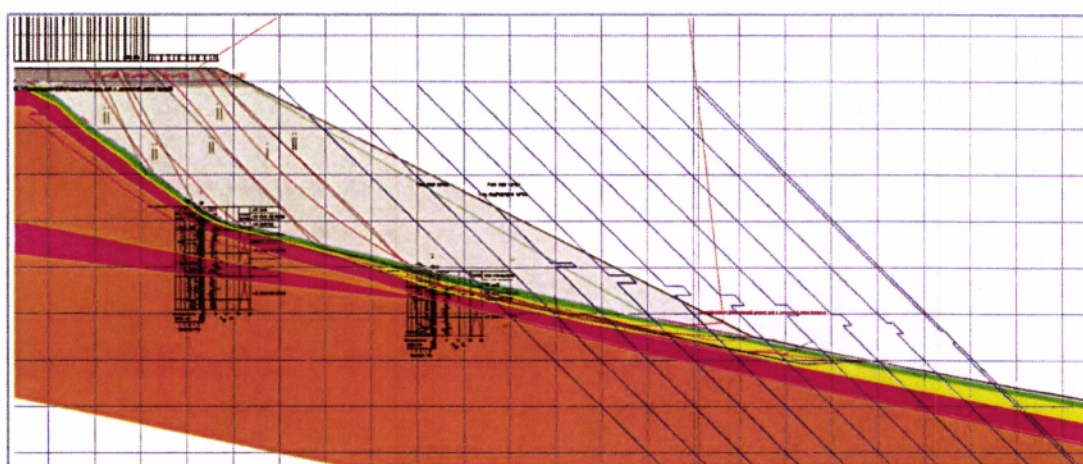
## 7 Beregning av fylling med slakere skråningshelning (1:2), i syd

I profilene nr. 1-3 hvor beregningene viser for lav partialfaktor  $\gamma_m$  ved skråningshelning 1:1.75 er det gjort beregning med slakere skråningshelning (1:2).

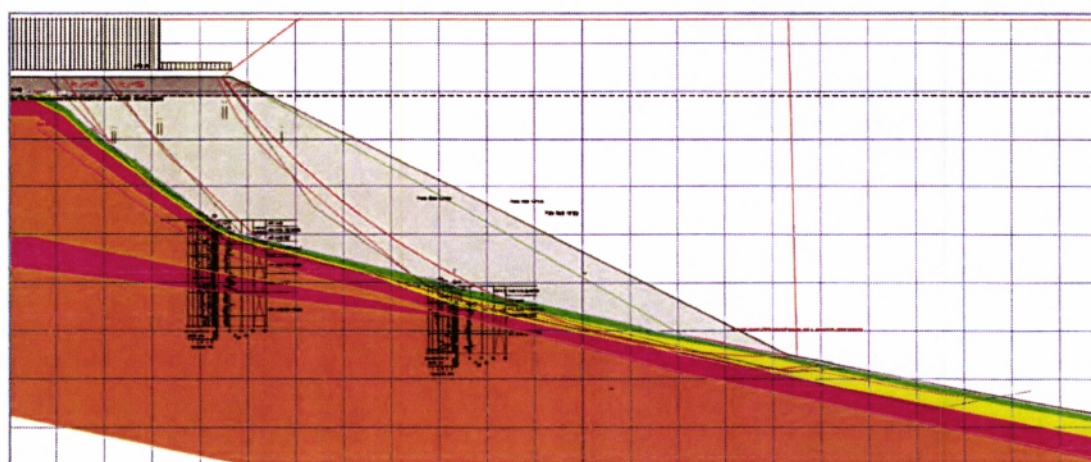
### 7.1 Resultater beregningsprofil 1

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
I (a- $\phi$ , $\Delta u=20\%$ )	1.41	1.30
II (a- $\phi$ , $\Delta u=0\%$ )	1.56	1.52

Tabell 16: Resultater beregningsprofil 1



Figur 31: Analysemetode I, korttid a- $\phi$ ,  $\Delta u=20\%$



Figur 32: Analysemetode II, langtid a- $\phi$ ,  $\Delta u=0\%$

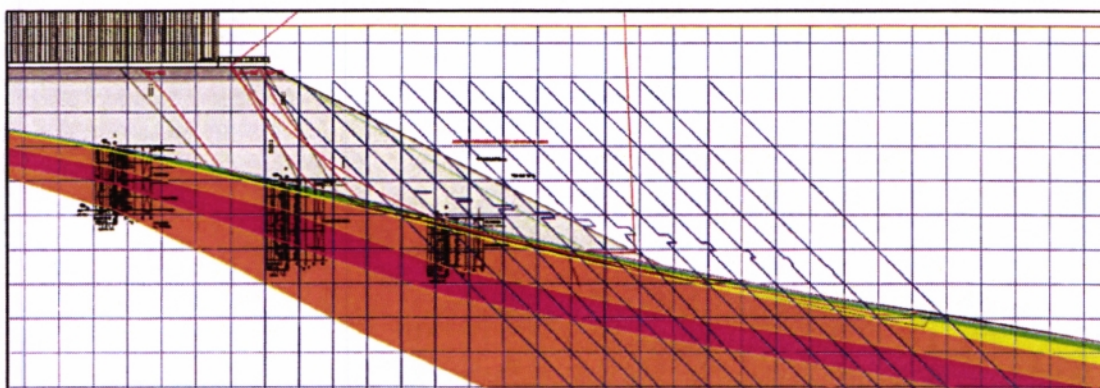
Beregningene i profil 1 viser at fyllingen med skråningshelning 1:2 gir tilfredsstillende partialfaktor, dvs. tilfredsstillende sikkerhet mot brudd i permanenttilstanden. Partialfaktoren i utfyllingsfasen har økt fra 1.19 til 1.30. Dette regnes som tilfredsstillende dersom utfyllingsarbeidene utføres i henhold til beskrivelse i kap. 9.



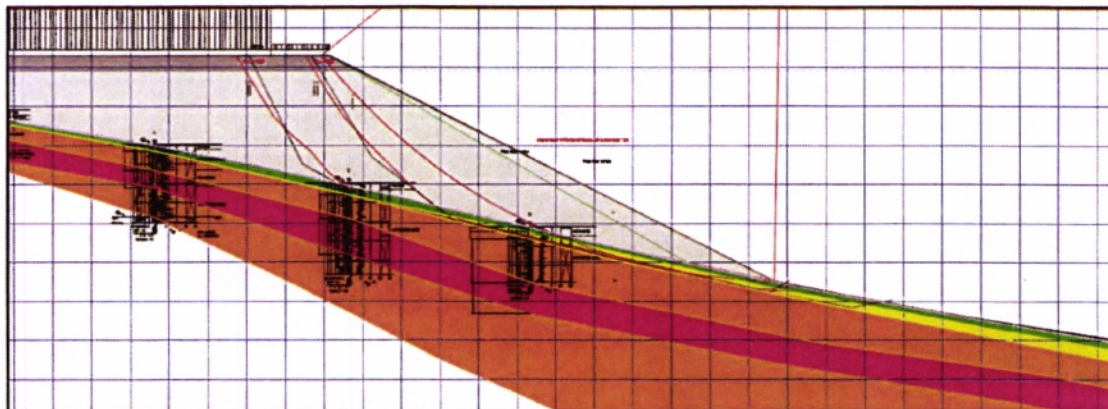
## 7.2 Resultater beregningsprofil 2

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
I ( $\alpha$ - $\varphi$ , $\Delta u=20\%$ )	1.45	1.30
II ( $\alpha$ - $\varphi$ , $\Delta u=0\%$ )	1.55	1.52

Tabell 17: Resultater beregningsprofil 2



Figur 33: Analysemetode I, korttid  $\alpha$ - $\varphi$ ,  $\Delta u=20\%$



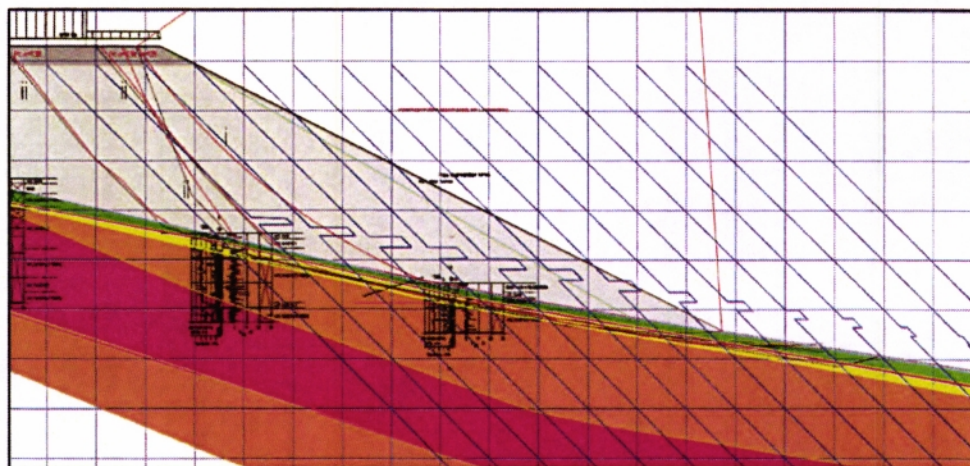
Figur 34: Analysemetode II, langtid  $\alpha$ - $\varphi$ ,  $\Delta u=0\%$

Beregningene i profil 2 viser at fyllingen med skråningshelning 1:2 gir tilfredsstillende partialfaktor, dvs. tilfredsstillende sikkerhet mot brudd i permanenttilstanden. Partialfaktoren i utfyllingsfasen har økt fra 1.18 til 1.30. Dette regnes som tilfredsstillende dersom utfyllingsarbeidene utføres i henhold til beskrivelse i kap. 9.

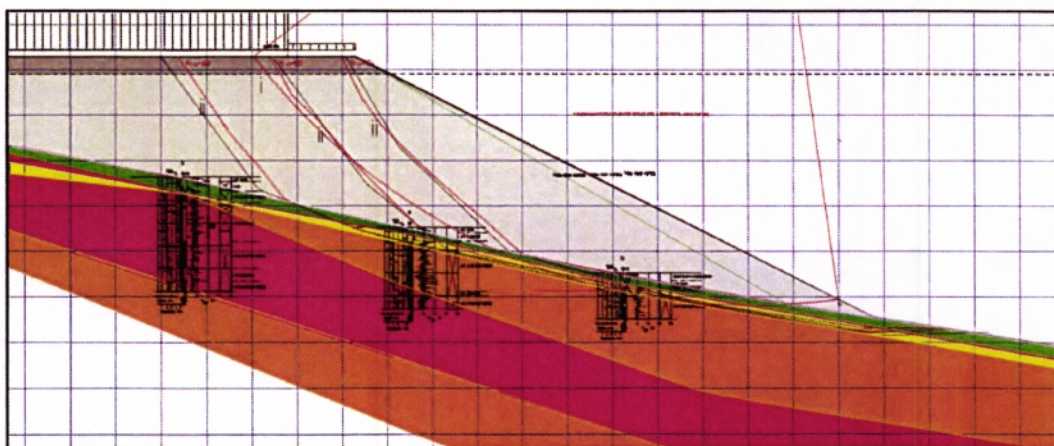
### 7.3 Resultater beregningsprofil 3

Analysemetode	Partialfaktor	
	i	ii
I (a- $\phi$ , $\Delta u=20\%$ )	1.43	1.34
II (a- $\phi$ , $\Delta u=0\%$ )	1.65	1.56

Tabell 18: Resultater beregningsprofil 3



Figur 35: Analysemetode I, korttid a- $\phi$ ,  $\Delta u=20\%$



Figur 36: Analysemetode II, langtid a- $\phi$ ,  $\Delta u=0\%$

Beregningene i profil 3 viser at fyllingen med skråningshelning 1:2 gir tilfredsstillende partialfaktor, dvs. tilfredsstillende sikkerhet mot brudd i permanenttilstanden. Partialfaktoren i utfyllingsfasen har økt fra 1.23 til 1.34. Dette regnes som tilfredsstillende dersom utfyllingsarbeidene utføres i henhold til beskrivelse i kap. 9.



## 8 Oppsummering av beregningsresultater

Tabell nr. 19 viser beregningsresultatene av fylling med skråningshelning 1:1.75. Tabell nr. 20 viser beregningsresultatene av fylling med skråningshelning 1:2 (krav  $\gamma_m \geq 1.4$ ).

Beregningsprofil	Korttidstilstand (poreovertrykk i silt) $\gamma_m$	Permanenttilstand $\gamma_m$	Kommentar
1	1.19	1.39	Ikke tilfredsstillende
2	1.18	1.37	Ikke tilfredsstillende
3	1.23	1.42	Ikke tilfredsstillende
4	1.34*	1.49	Tilfredsstillende*
5	-	1.50	Tilfredsstillende
6	-	1.44	Tilfredsstillende
7	-	1.45	Tilfredsstillende
8	-	1.44	Tilfredsstillende
9	-	1.48	Tilfredsstillende
10	-	1.38	Tilfredsstillende
11	-	1.53	Tilfredsstillende

Tabell 19: Beregningsresultater for fylling med skråningshelning 1:1.75

Beregningsprofil	Korttidstilstand (poreovertrykk i silt) $\gamma_m$	Permanenttilstand $\gamma_m$	Kommentar
1	1.30*	1.52	Tilfredsstillende*
2	1.30*	1.52	Tilfredsstillende*
3	1.34*	1.56	Tilfredsstillende*

Tabell 20: Beregningsresultater for fylling med skråningshelning 1:2

\*Tilfredsstillende hvis prosedyre i kap. 9 følges.



## 9 Geoteknisk vurdering

### 9.1 Fyllingsarbeider generelt

Utfyllingsarbeidene må utføres på en slik måte at risiko for mannskap og utstyr begrenses til et minimum. Utfylling med lekter opp til et høvest mulig/praktisk nivå er da et vesentlig element. Vi ser for oss at utfyllingsarbeidene utføres lagvis, fra laveste nivå i utfyllingsområdet. Lagtykkelsen tilpasses aktuelt lekterutstyr, men bør være i størrelsesorden 2-3 m.

Vi har antatt at arbeidene vil strekke seg over adskillige måneder/år og at hvert lag fullføres over hele området før neste påfylling, slik at undergrunnen får tid til i betydelig grad å konsolidere for hvert enkelt lagutlegg.

### 9.2 Viktige og kritiske momenter

De utførte undersøkelsene gir begrensede opplysninger om siltens dreneringsegenskaper, dvs. i hvor stor grad poreovertrykk utvikles som følge av tilleggsbelastninger fra oppfylling, og hvor lang tid det vil ta å konsolidere grunnen for de aktuelle lastene.

Dette er hensyntatt i beregningene, ved at det er lagt til grunn et poreovertrykk (20 % av effektiv fyllingsvekt) kan tillates å oppstå under utfyllingsarbeidene.

Beregningsresultatene viser imidlertid at utfyllingsarbeidene ikke kan utføres ukritisk, og skråningshelninger må etableres som forutsatt.

Det forutsettes at utfyllingsarbeidene følges opp nøye med gjentatte mengde- og nivåkontroller. Vi ser for oss at det utarbeides loddeprofiler/loddekart for kontroll av at hvert lag i hele området er etablert som forutsatt, før utleggingen av neste lag igangsettes. Det bør derfor utarbeides detaljerte planer for utfyllingsarbeidene, som deretter bør følges opp av kvalifisert personell.

### 9.3 Egensetninger i fylling

Størrelsen på egensetninger i fyllingen vil avhenge av dens sammensetning og i hvilken grad den blir komprimert under fylling. Ved fylling i sjø lar det seg normalt ikke gjøre å komprimere massene under sjøvannstanden utover den dybdeeffekten som kan oppnås ved å benytte tungt komprimeringsutstyr i overflaten når fyllingen har kommet opp i vann- nivå.

Normalt vil egensetningene i en ukomprimert sjøfylling bli i størrelsesorden 1-2 % av fyllingsmektigheten, hvorav noe vil bli utviklet i fyllingsperioden og det resterende i løpet av 1-2 år etter avsluttet fylling. Over vann, hvor fyllingen kan legges ut og komprimeres lagvis, kan det påregnes å bli utviklet setninger på i størrelsesorden 0.25-0.5 %.

I dette tilfellet, med fyllingsmektigheter på inntil 40 m i vann, innebærer dette at det må forventes å bli utviklet egensetninger i fyllingen på i størrelsesorden 40-80 cm. Utfyllingsarbeidene forventes å ville pågå i over lang tid/flere år. Egensetningene vil således i praksis resultere i et merforbruk av masser i fyllingen utover teoretisk volum, og registrerte setninger i overflaten (i løpet av de første 1-2 årene etter at fyllingen er avsluttet) vil bli mindre synlige.

### 9.4 Fundamentering på fylling

Dersom det skal oppføres byggverk på fyllingen, vil disse bli utsatt for setninger som følge av at fyllmassene vil sette seg for tilleggslastene de påføres. Ved ytterligere tilleggslast fra bygget kan disse setningene bli store og skadelige for byggverkene.

Tiltak kan da være enten å pele byggene eller å dypkomprimere de delene av fyllingen som ønskes bebygget. Det antas at fyllmassene vil inneholde noe stor stein og blokk, slik at ramming av

konvensjonelle betongpeler vil bli vanskelig/umulig. For bygg med begrenset grunnflate kan rammede stålrørspeler (avhengig av innholdet av stor stein/blokk) være aktuelt, eventuelt kan borede stålrør/stålkjernepeler til fjell være et alternativ.

Ved bygging av slike større fyllinger i kystnære strøk er ofte direktefundamentering etter forutgående dypkomprimering et godt alternativ både teknisk og økonomisk. Metoden medfører at fyllingens fasthets- og setningsegenskaper forbedres vesentlig.

Dynamisk dypkomprimering med fall- lodd går i korthet ut på å slippe et tungt lodd fra stor høyde ned på terrenget i et rutemønster, og deretter gjenta prosessen til komprimeringskravet er oppfylt. Metoden er benyttet for fyllingsmektigheter opp til 40 m. Normalt oppnås en volumreduksjon av fyllingen på i størrelsesorden 5-10 %, og forventede setninger reduseres til 20-30 % av hva de ville ha blitt uten dypkomprimering.

Det forventes at eventuelle langtidssetninger i underliggende siltlag blir begrenset, og at de i overflaten vil framstå som relativt jevne, fyllingstykkelsen tatt i betraktning.

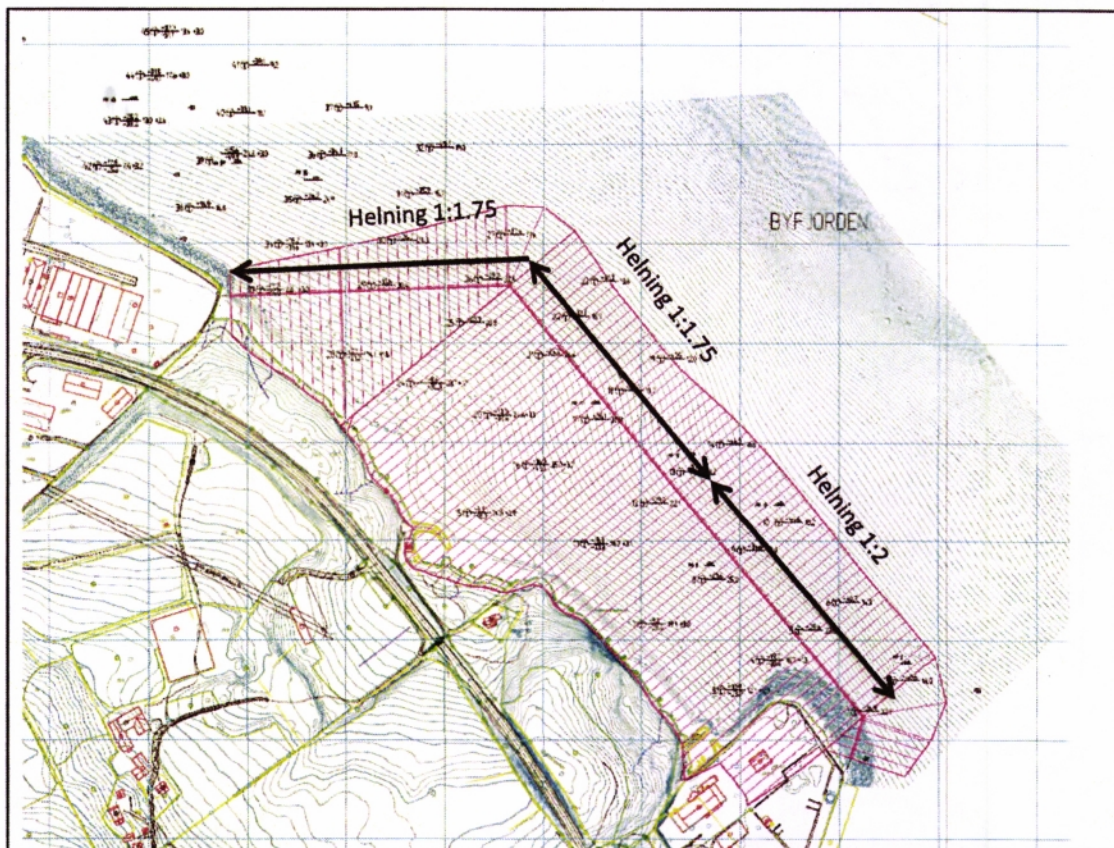
Metoden har sine begrensninger ved at den kan påføre eventuelle nabokonstruksjoner vibrasjoner og deformasjoner, samt at den ikke gir tilstrekkelig stor effekt i sonene av fyllingen med skråning. Metoden egner seg godt over store flater.

## 10 Konklusjon

Beregningene viser tilfredsstillende stabilitetsforhold i permanenttilstanden dersom fyllingen legges med planlagt skråning på 1:1.75 (med unntak av profilene nr. 1 og 2).

Med utvikling av poreovertrykk i løs silt viser beregningene at sikkerheten reduseres betraktelig. Det anbefales derfor å legge fyllingen med skråningshelning på 1:2 i syd, hvor sjøbunn er brattest og løsmassemektingheten er størst (profiler 1-3).

Det forutsettes at fyllingen utlegges lagvis over flere måneder slik at undergrunnen får tid til i betydelig grad å konsolidere for hvert enkelt lagtegg.



Figur 37: Oversikt grenser for skråningshelninger