

Oppdragsgiver:

**Skanska Norge AS**

Prosjekt:

**Kulimport Stavanger**

Rapport:

**Fylling i sjø,  
geoteknisk vurdering**

Dokument nr.:

**ATK-2019-006-02**

0	Svein Torsøe	14.03.2019	Simon Hansson	14.03.2019
<b>Rev.</b>	<b>Utført av:</b>	<b>Dato:</b>	<b>Kontrollert av:</b>	<b>Dato:</b>

Oppdragsgiver: Skanska	Side : 2
Prosjekt: 19006	Dato: 14.03.19
Dok.nummer: ATK2019-006-01	

## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	1
2	Topografi og grunnforhold .....	1
2.1	Bruddmekanismer i jord og valg av materialfaktor .....	1
3	Kontroll av geotekniske parametre .....	2
4	Fylling .....	3
5	Plan for fyllingsarbeider .....	11

## 1 Innledning

I forbindelse med at Skanska skal bygge på Kulimporthavna i Stavanger er det planlagt riving av eksisterende kai og oppfylling og utvidelse av fylling. Denne fyllinga er prosjektert og dokumentert i rapport 1, mens denne rapporten omhandler geotekniske vurderinger i forbindelse med utførelse.

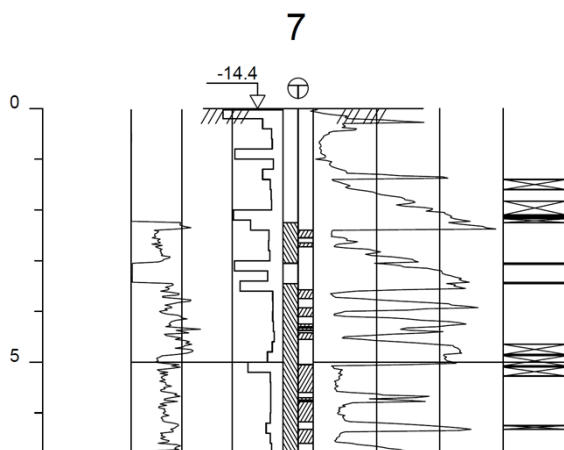


Figur 1 illustrasjon

## 2 Kontroll av geotekniske parametre

Parametre er vurdert ut fra totalsonderingene. Det er ikke utført laboratorieundersøkelser som gir parametre direkte, og det er derfor benyttet antatt konservative verdier på disse.

Sjøbunn er sand over gytje med total mektighet opptil 2 meter. Ved påfylling av masser over dette laget forventes relativt store deformasjoner i bløte lag slik at styrkeparametrene i laget økes. Det forventes at sprengsteinen vil trenge gjennom de bløte massene slik at man vil få en blanding av gytje og sprengstein. Dette må også verifiseres med totalsonderinger eller lignende, for å sikre at man ikke har et bløtt glidelag i fyllingen.



Figur 2 Totalsondering 7 fra Grunnteknikks geotekniske rapport. Dette er det punktet med antatt bløtest sjøbunn

Oppdragsgiver: Skanska	Side : 2
Prosjekt: 19006	Dato: 14.03.19
Dok.nummer: ATK2019-006-01	

Sonderingen i punkt 7 kan vises som en typisk jordprofil. Det vises til geoteknisk rapport for fullstendig dokumentasjon av grunnforholdene.

	sjøbunn	Sjøbunn under fylling	fyllmasser	stedlige masser under sjøbunn
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	15	18	19	19
$\phi$ [°]	22	36	41	35
c [kPa]	1	6	3	5

Økning av styrke og tyngdetetthet av sjøbunn til det vi i tabellen over har kalt sjøbunn over fylling, er ganske stor; fra 22° til 36°. Nå er sjøbunnen vurdert meget konservativt både med hensyn på lagtykkelse og styrkeparametre, der mektigheten av bløt sjøbunn ikke er registrert tykkere enn ca 1 meter i de 6 totalsonderingene vi har. For å sikkert verifisere stabilitet anbefales en kontroll med total-sonderinger i fyllinga. For å komme langt nok ut for å kontrollere sjøbunn der dette er av betydning for stabiliteten anbefales at det bores i profil 50, 100 og 150 og at det bores min 5 meter forbi prosjektet fylling. Med borelengde 15 meter kan dette kontrolleres. Dersom en etter at sjøbunnen er pålastet med flere meter fylling ikke ser økning i styrke og densitet som forventet skal motfyllingene forlenges slik at stabiliteten forbedres ihht gjeldende krav.

### 3 Fylling



Figur 3 Snitt

Det er utført vurderinger av stabilitet for fyllinga. Selv om denne er tilstrekkelig kan den i midlertidige faser være lav dersom skråningen helt eller stedvis ikke er tilstrekkelig slak. Det skal derfor kontinuerlig følges med på skråningen og sørge for at denne er stabil ved fyllingsarbeider fra land. Det forutsettes at det lages en prosedyre for kontroll av helning og valg av tiltak for å oppnå

Oppdragsgiver: Skanska	Side : 3
Prosjekt: 19006	Dato: 14.03.19
Dok.nummer: ATK2019-006-01	

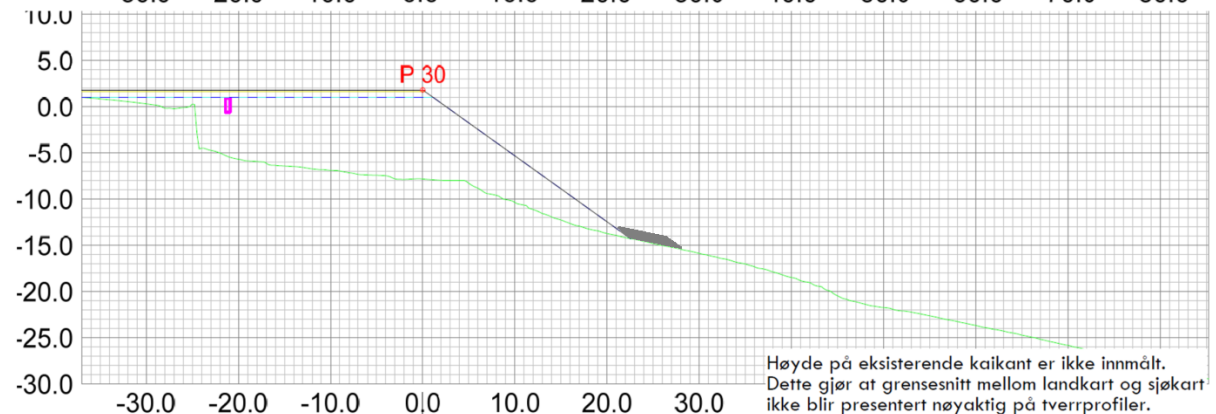
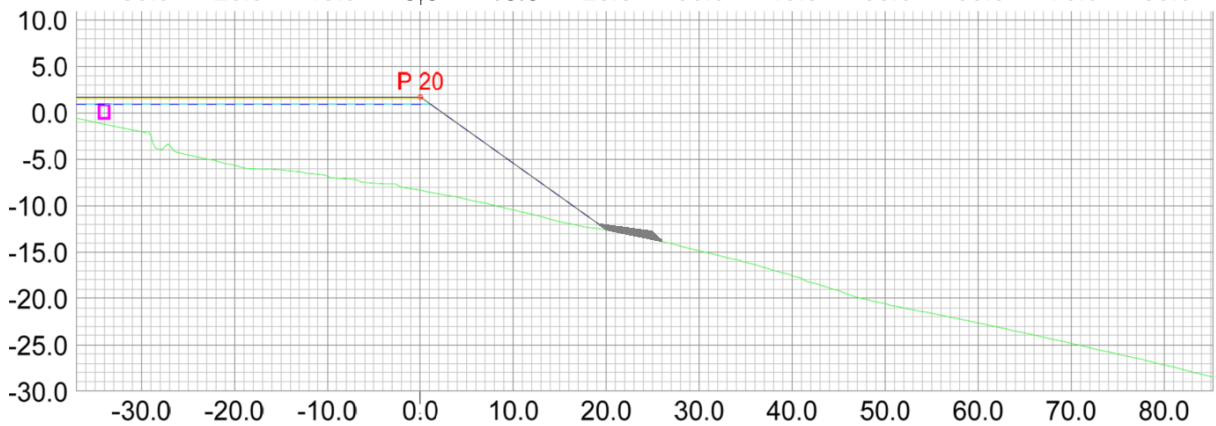
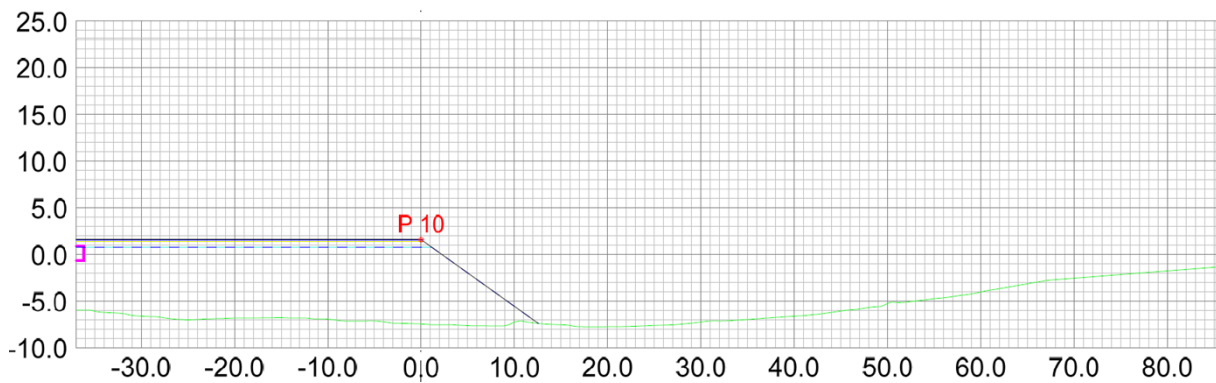
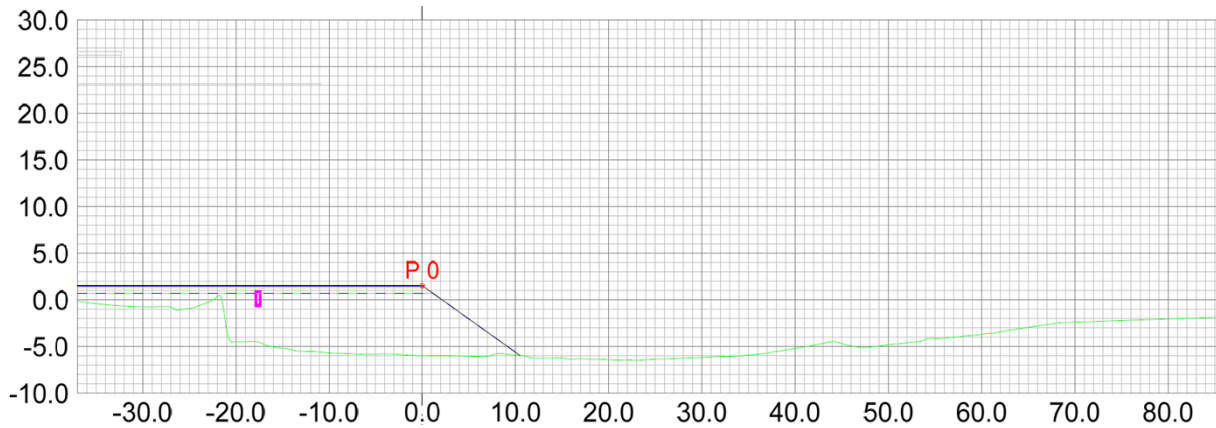
dette. Dersom det velges å fylle opp fylling fra lekter reduseres kravene da man kan starte fyllingsarbeidene i skråningsfoten.

Ved utfylling med egnede steinmasser vil disse presses ned i eksisterende sjøbunn og delvis fortrenge det bløte laget. Det er en forutsetning at forurensede masser ikke spres ut i sjøen og det skal derfor legges ut sand under fyllingsfot som vil ha som funksjon å tette over eksisterende masser uten å trenge ned i disse og tillate spredning av masser. Lenger inn i fyllinga vil det bli brukt grøvre masser siden disse skal overfylles med flere meter steinmasser.



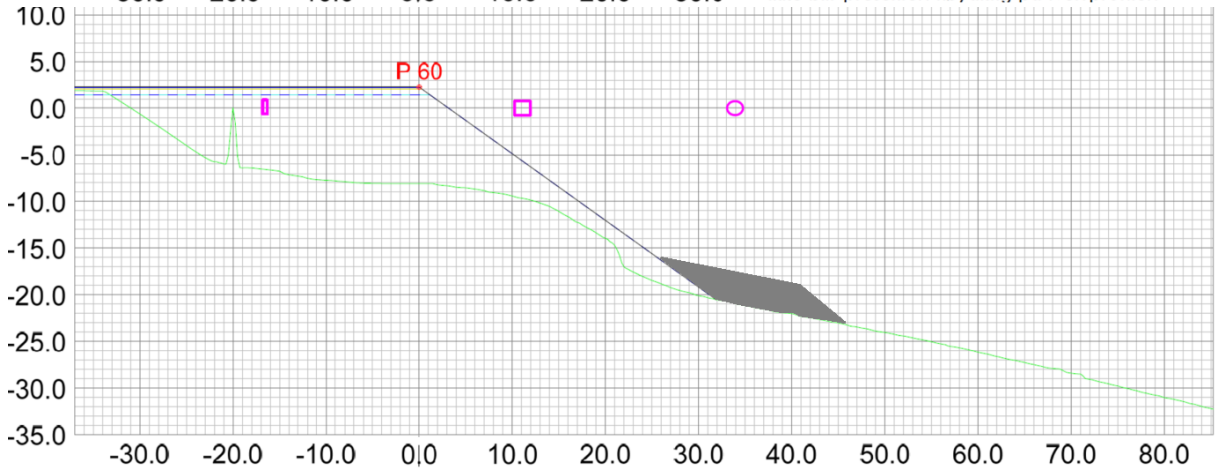
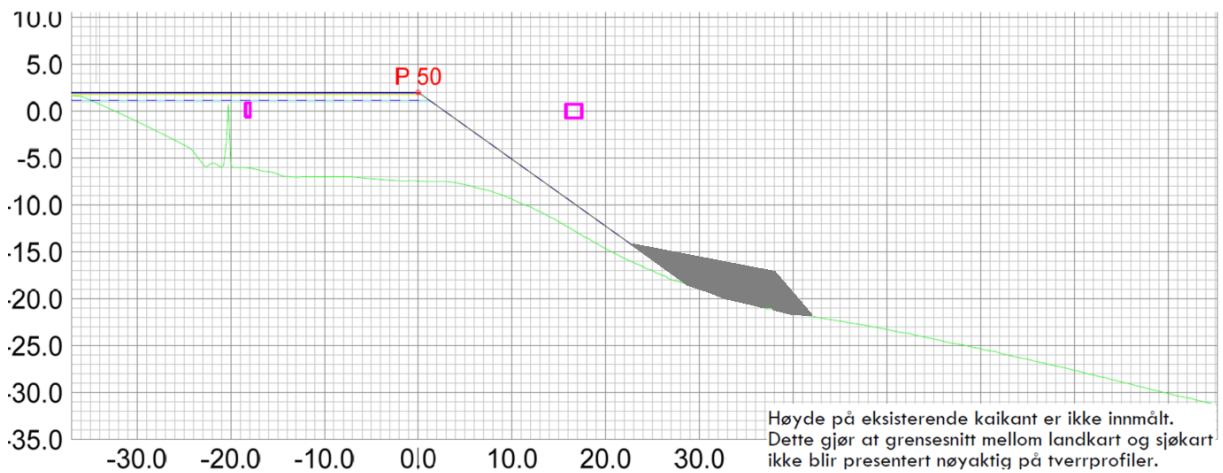
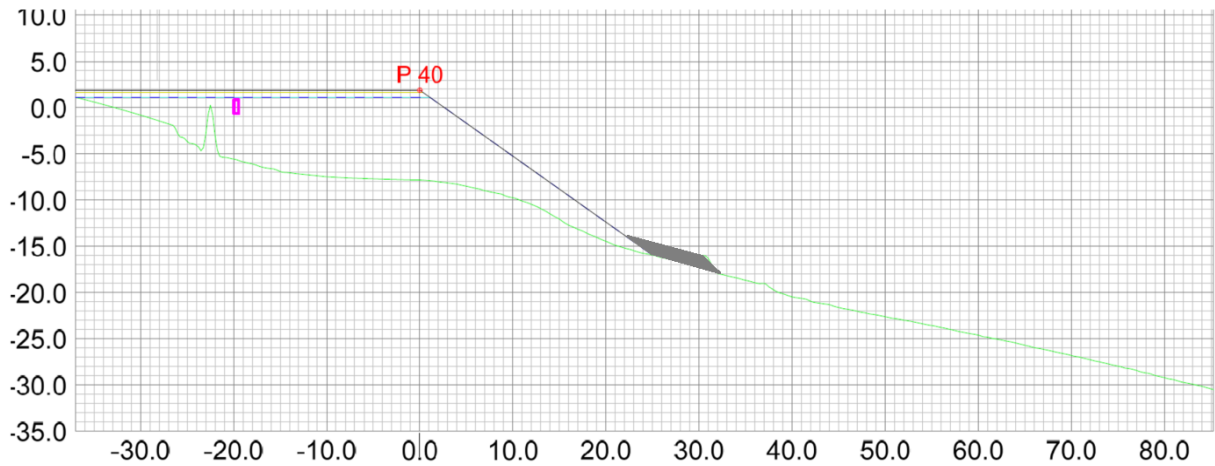
Figur 4 Fylling og motfylling er skissert på plantegning. Detaljer vises på snitt under

Oppdragsgiver: Skanska	Side : 4
Prosjekt: 19006	Dato: 14.03.19
Dok.nummer: ATK2019-006-01	

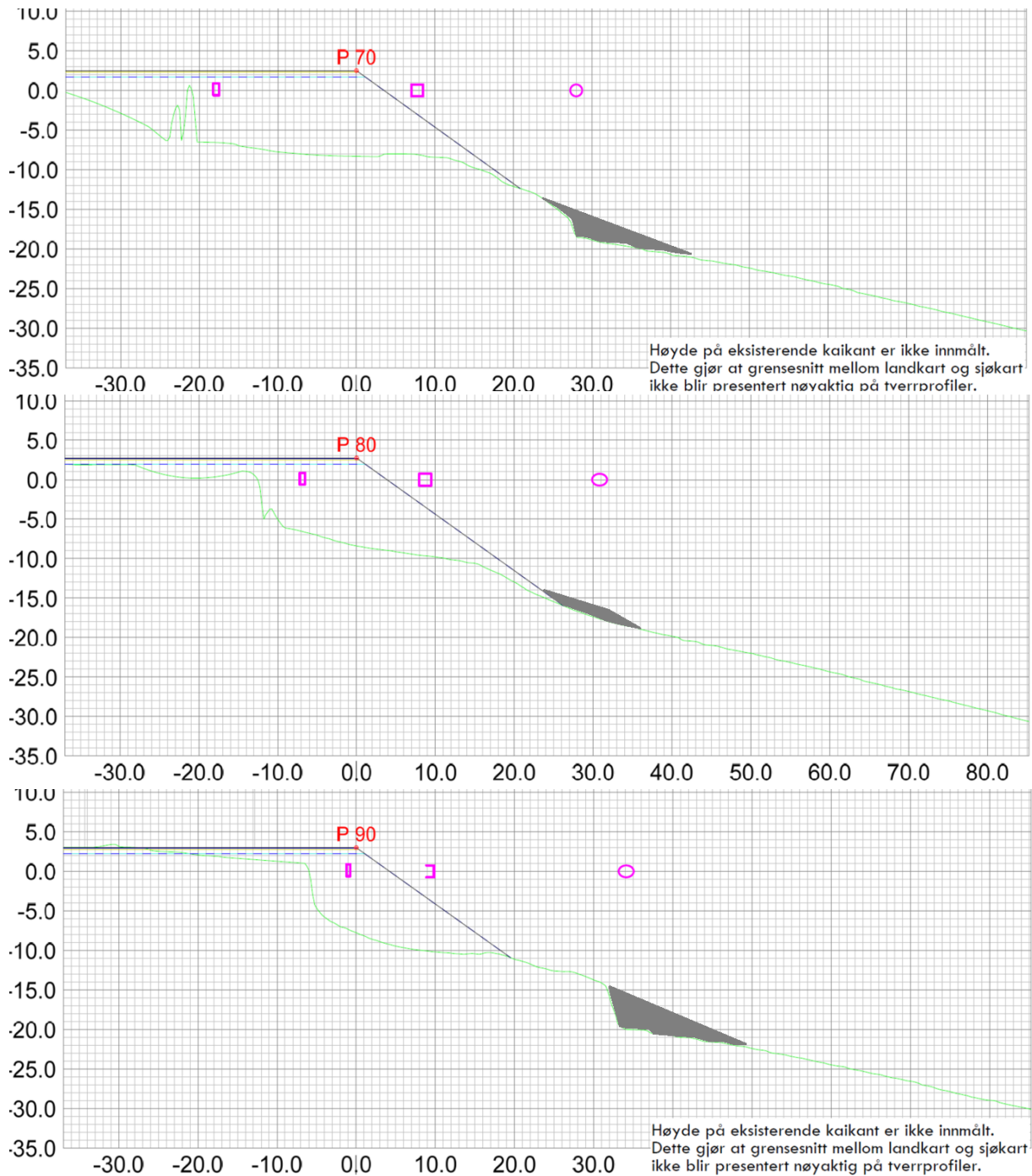


Høyde på eksisterende kaikant er ikke innmålt.  
Dette gjør at grensesnitt mellom landkart og sjøkart  
ikke blir presentert nøyaktig på tverrprofiler.

Oppdragsgiver: Skanska	Side : 5
Prosjekt: 19006	Dato: 14.03.19
Dok.nummer: ATK2019-006-01	

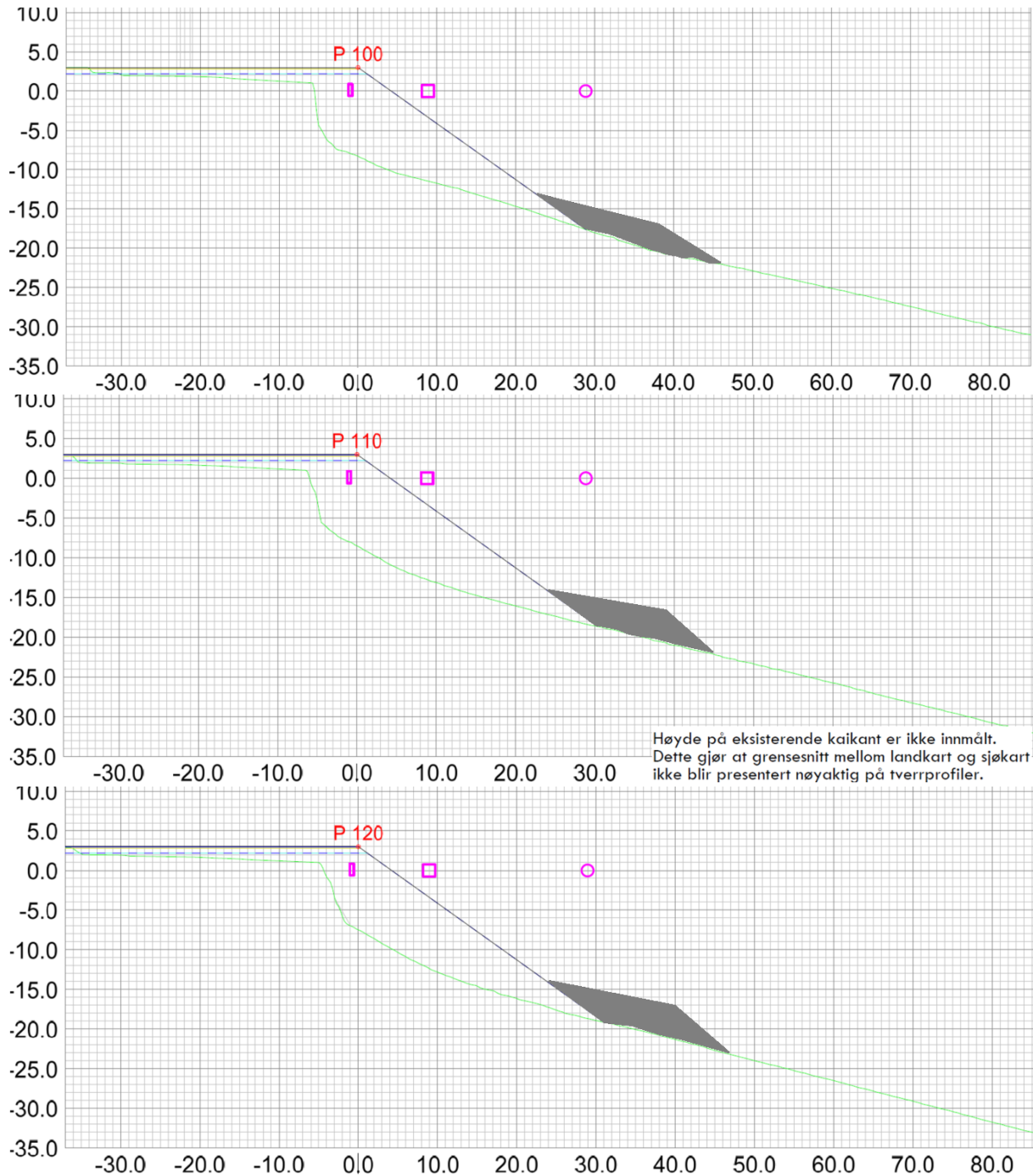


Oppdragsgiver: Skanska	Side : 6
Prosjekt: 19006	Dato: 14.03.19
Dok.nummer: ATK2019-006-01	

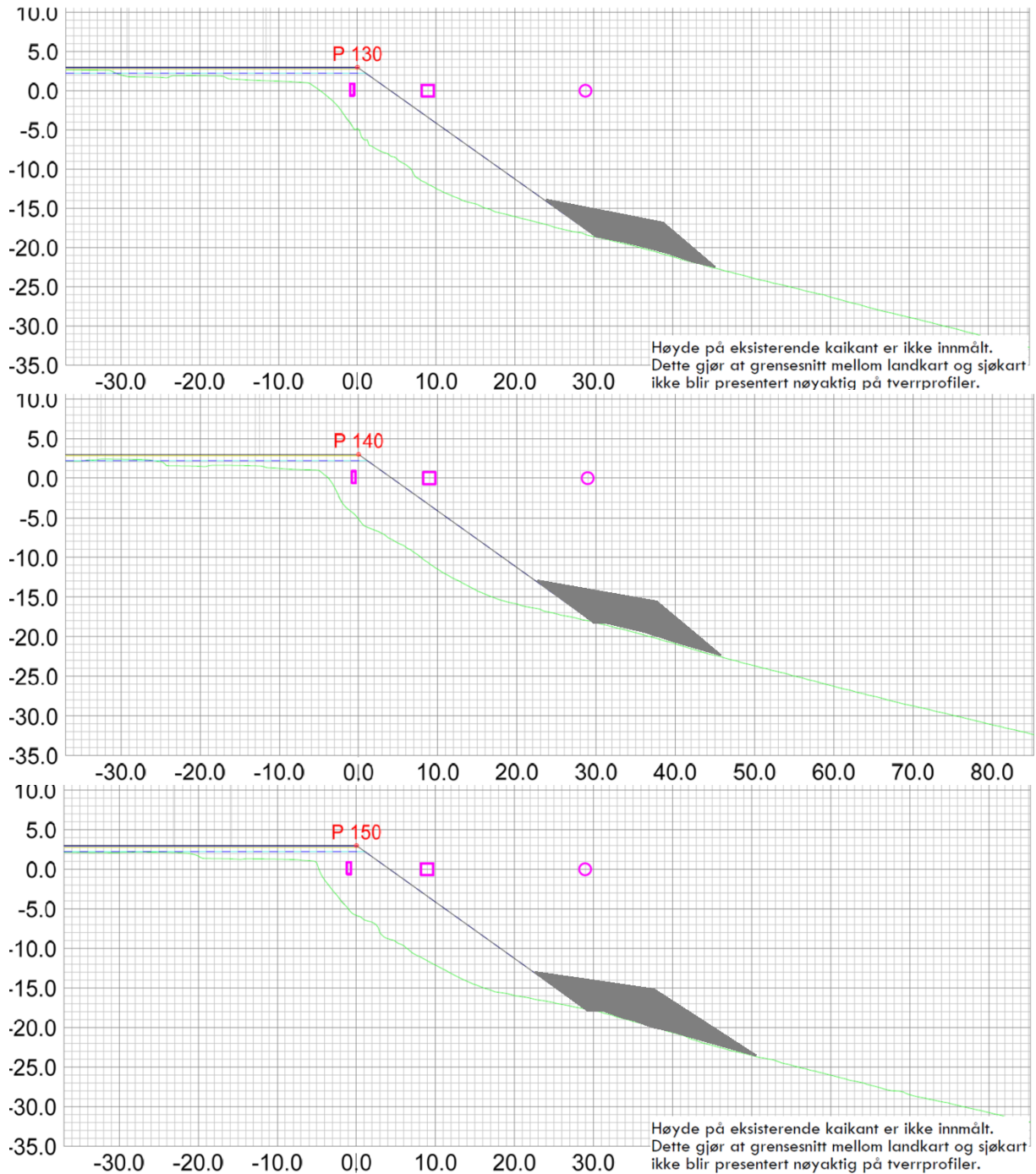




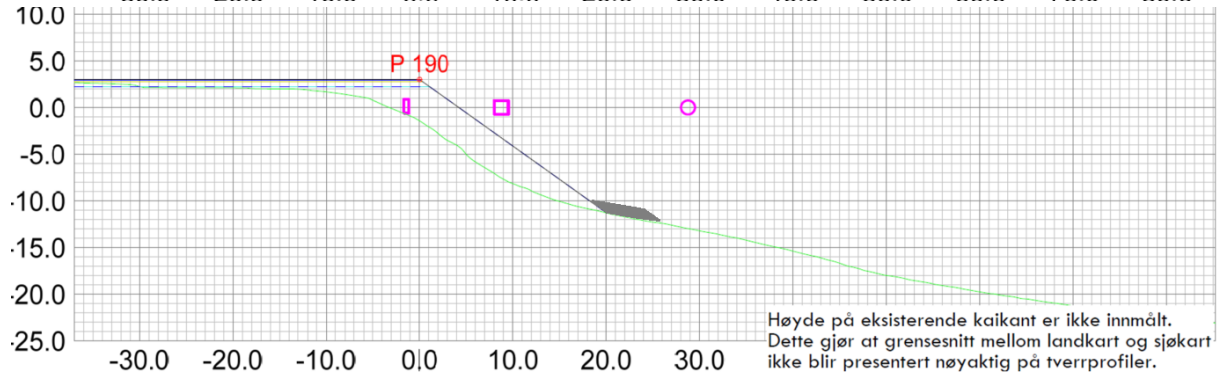
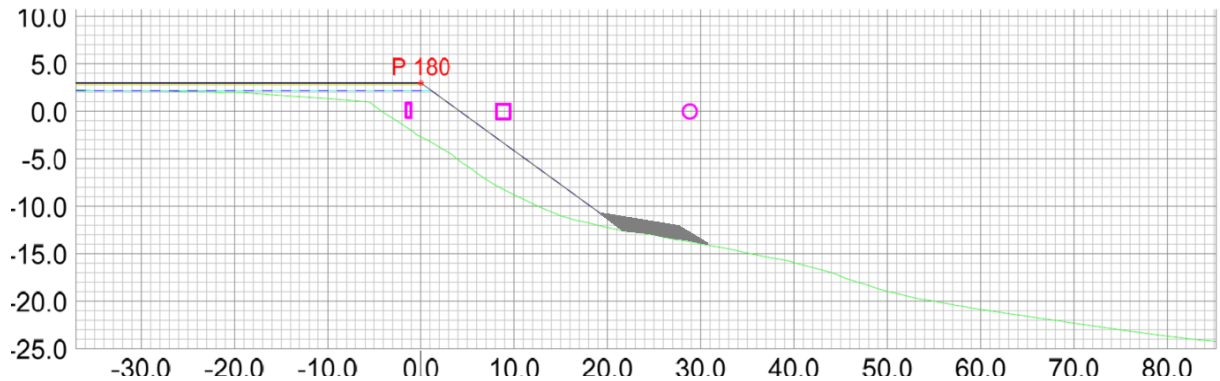
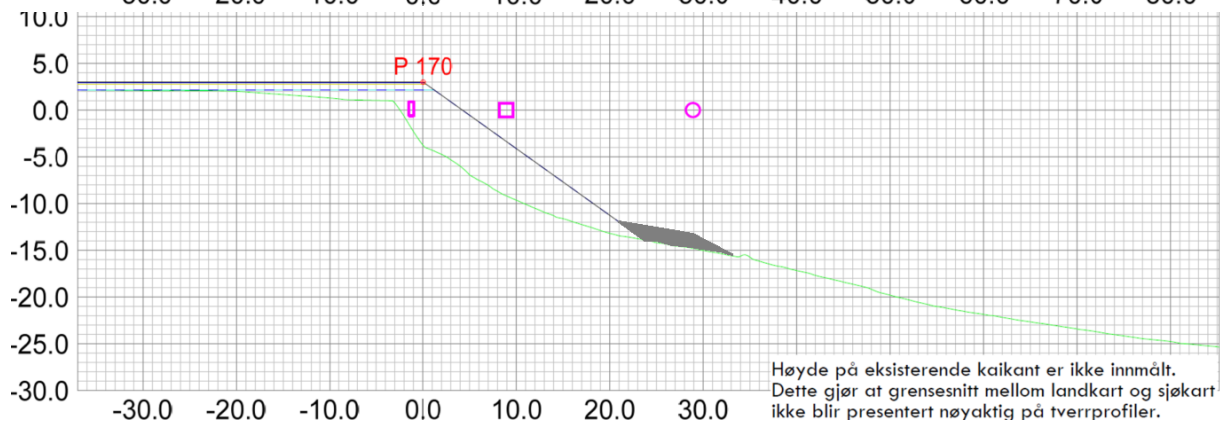
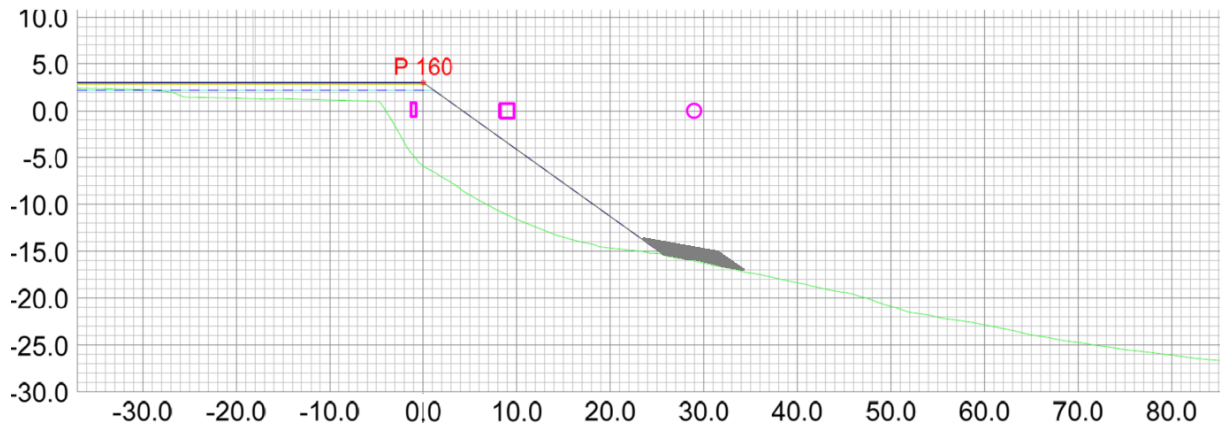
Oppdragsgiver: Skanska	Side : 7
Prosjekt: 19006	Dato: 14.03.19
Dok.nummer: ATK2019-006-01	



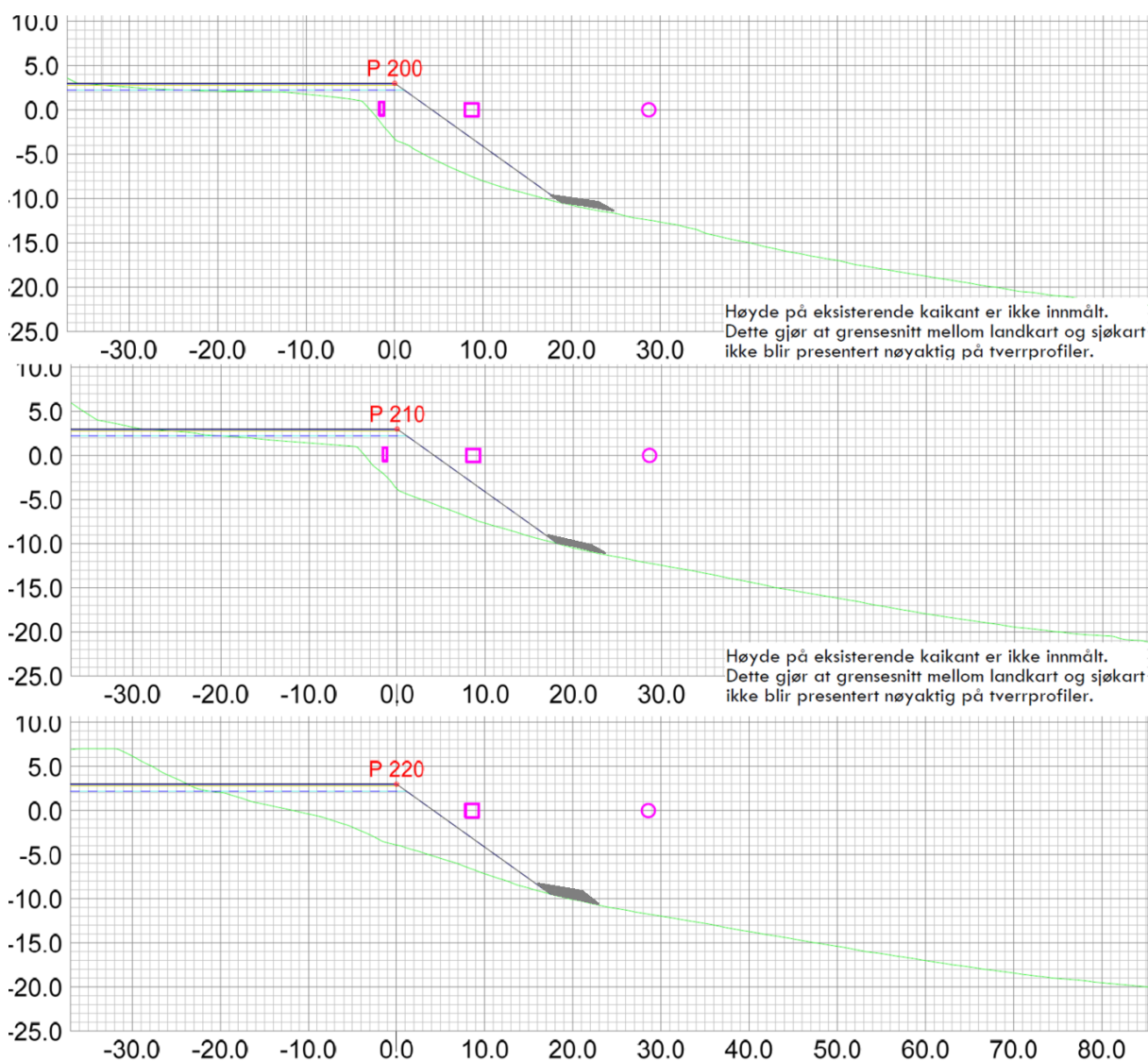
Oppdragsgiver: Skanska	Side : 8
Prosjekt: 19006	Dato: 14.03.19
Dok.nummer: ATK2019-006-01	



Oppdragsgiver: Skanska	Side : 9
Prosjekt: 19006	Dato: 14.03.19
Dok.nummer: ATK2019-006-01	



Oppdragsgiver: Skanska	Side : 10
Prosjekt: 19006	Dato: 14.03.19
Dok.nummer: ATK2019-006-01	



Snittene viser fylling og varierende størrelse på motfylling som er beregnet for tilstrekkelig stabilitet. For profil 70 og 90, i den grad dette stemmer med virkeligheten, skal motfylling som tilpassing av lokalt bratt terreng foran fylling fylles med sandmasser som dekker over sjøbunn uten å trenge seg ned unødvendig i massene. Snittene er foreløpig vist som enkle skisser. Ingen skråninger skal bygges opp brattere enn 1:1,4.

Det skal generelt fylles sand i et lag ytterst på fylling for å redusere utslipp av stedlig forurensede masser i sjøen. Dette laget legges i front fylling, mens det i profil 100-150 trekkes ut til forkant motfylling.

Mens det er ønskelig å benytte grov stein for oppbygging av fyllinga, settes det ikke de samme krav til motfyllingene. Disse kan med fordel bygges opp med masser som ikke trenger ned i sjøbunnen men dekker over. Funksjonen til motfylling er å tilføre tyngde slik at hovedfyllingen oppnår bedre stabilitet.

Oppdragsgiver: Skanska	Side : 11
Prosjekt: 19006	Dato: 14.03.19
Dok.nummer: ATK2019-006-01	

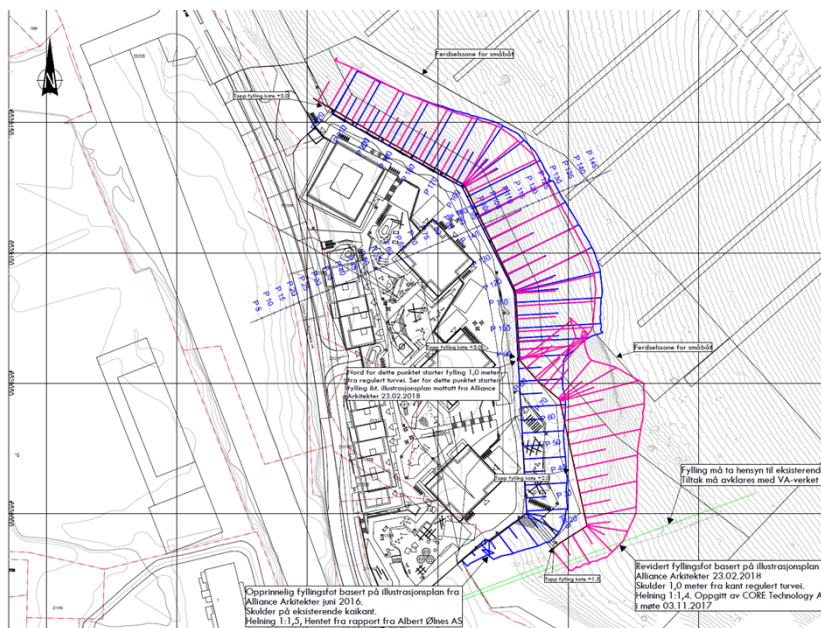
## 4 Plan for fyllingsarbeider

Forberedende arbeider er i hovedsak miljøtekniske forberedelser. Disse nevnes her, men det forutsettes at spesifikke miljøtekniske krav og grenseverdier oppgis av miljøgeolog senere.

Fjerning av jernskrap og større avfall i området der fyllinga skal legges utføres først.

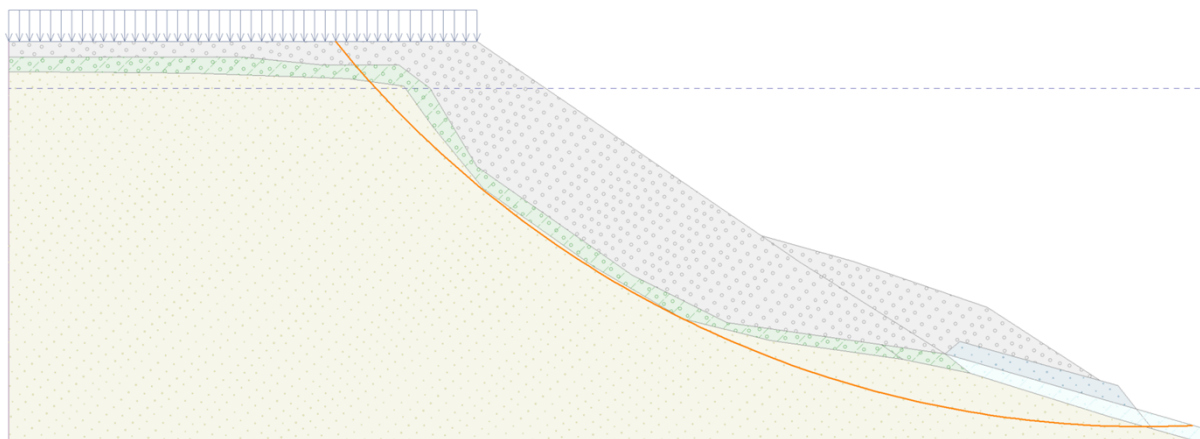
Siltskjerm etableres med kontinuerlig tilpasset skjerm av fiberduk som har et flyteelement i topp og senkeelement i bunn samt lengde på duken som sørger for at funksjonen, som er å forhindre lekkasje av finstoff fra arbeidssone ut i havet, opprettholdes for både flo og fjære.

Turbiditetsmålinger skal tas i vannet utenfor siltskjermen. Grenseverdier og eventuelle restriksjoner forutsettes gitt av miljøgeolog.



Etter at alle forberedende miljøtekniske arbeider som vist over er utført kan ytre del av området dekkes med sand. Dette laget legges ut med anslagsvis 10 meter bredde og 0,5 meter tykkelse for hele fyllingsfoten der det er forurensede masser som skal tildekkes. For en ca 250 meter lang fylling blir dette omtrent 1300m<sup>3</sup> sand. Det kan med fordel brukes grusig sand, mens masser som inneholder silt ikke kan benyttes da de fineste partiklene kan vaskes ut i sjøen.

Oppdragsgiver: Skanska	Side : 12
Prosjekt: 19006	Dato: 14.03.19
Dok.nummer: ATK2019-006-01	



Figur 5 Skjermdump fra stabilitetsberegning i Geo5

Sandlaget er vist med blå farge over lyseblått lag. I denne figuren er motfylling utformet noe annerledes enn vist i tidligere i rapporten. Vi forutsetter at endelig utforming kontrolleres når vi kjenner utstyr og metode som ønskes benyttet.

Sanden legger seg som et tett lag over bløte masser og er derfor bedre egnet enn grove steinmasser som kan trenge seg ned i bløte masser.

Det er ikke geoteknisk satt krav til bruk av lekter for sikker utførelse av utfyllingsarbeidene. Men Skanska vil vurdere å bruke lekter for utfylling av sjeté / motfyllinger og over nevnte sandlag da det vanskelig oppnås slakere skråninger eller motfyllinger uten bruk av lekter.

Sjetéen, i praksis motfylling og eventuelt deler av hovedfylling, legges slik at skråningen fra ytterkant terreng ned til skråningsfot får helning 1:1,4 eller slakere, dette gir tilstrekkelig god stabilitet med motfyllinger i varierende størrelser, se snitt over.

Ved utlegging av sjeté over sand vil det være en begrenset fyllingshøyde her som ikke gir store deformasjoner. Fyllingshøyden øker suksessivt innover mot land, siden fyllingen øker i mektighet fra fyllingsfot og innover, og vil føre til nedpressing i eksisterende masser. Det forventes derfor at det ikke vil være igjen noen lag med bløte eller masser som geoteknisk sett har svake styrkeparametre, og at fyllinga forbedrer massenes styrkeparametre. Det antas også at den samme fortrenghingen av masser fører til at krypdeformasjoner reduseres slik at det forventes lite setninger på terreng etter at fyllinga er ferdig oppfylt og komprimert i toppen.

Det må kontinuerlig følges med på helningsfront mellom midlertidig ytterkant terreng og fyllingsfot. Det er her en fare for at det kan oppstå helninger som er for bratte og dermed ustabile. Løsningen er enkel; utfyllingen må fortsette for å oppnå helning 1:1,4 eller slakere. Konsekvensen kan være at ytre del av terreng er ustabil med fare for utrasing. Ved å bruke gravemaskin med ekstra stor rekkevidde til utlastning vil vi øke sikkerheten ytterligere i forhold til utfylling med doser og kontroll av helning.

Oppdragsgiver: Skanska	Side : 13
Prosjekt: 19006	Dato: 14.03.19
Dok.nummer: ATK2019-006-01	

Steinmassene som skal benyttes skal kontrolleres for geoteknisk og miljøteknisk egnethet. Vi benytter i hovedsak sprengstein, men det skal i størst mulig grad benyttes stor stein i det laget som legges direkte på eksisterende sjøbunn. Innhold av finstoff og subbus skal være minst mulig her.

Komprimering av massene utføres først når fyllinga er minimum 1 meter over sjønivå. Det skal lages en prosedyre for dette for å sikre at det oppnås god komprimeringsdybde og minst mulig egensetninger i fyllinga etter ferdigstilling, og mest av alt sikker utførelse for å unngå skader.

Når fyllinga er kontrollert å ha stabil form som prosjektert kan siltgardin fjernes.

Sandlaget, motfyllinger og hovedfylling dokumenteres med innmåling. For alle innmålinger i sjø for midlertidig kontroll av stabilitet og dokumentasjon av permanent fylling i sjø vil en benytte multistråle ekkolodd.

Det er registrert opptil 2 meter mektighet av sjøbunn med bløte masser som løst lagret sand eller gytje. Hele dette laget forventes fortrent i anleggsperioden, og setninger etter kryp og egensetninger, kan her forventes i størrelsesorden 10-20cm.

Byggene er planlagt fundamentert med peler til berg og vil dermed ikke føre til belastning av fylling eller redusert stabilitet, og på grunn av pelefundamentering vil heller ikke setninger være et stort problem. Trafikklast med mer er tatt med i stabilitetsberegningene.

Måling av setninger på ferdig oppfylt og komprimert fylling anbefales. Vi kan for eksempel installere målere, min tre stk helt ytterst ved profil 50, 100 og 150. Instrumenteringen kan være så enkel som 500mm Ø25mm kamstål som sveises fast til ei plate 300x300x10mm som plasseres i passende dybde under terrengnivå mens topp stang slipes rund slik at det enkelt måles på topp av stang. Ved å ha opplysninger om setninger kan vi bruke dette for dokumentasjon i forhold til stabilitet, og påhengskrefter på peler i tillegg til generell informasjon om setningene.