
RAPPORT

Furuhaugen massedeponi

OPPDRAKSGIVER

Søbstad AS

EMNE

Geoteknisk vurdering

DATO / REVISJON: 2018-06-13 / 00

DOKUMENTKODE: 10203429-RIG-RAP-002



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAG	Furuhaugen massedeponi			DOKUMENTKODE	10203429-RIG-RAP-002
EMNE	Geoteknisk vurdering			TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Søbstad AS			OPPDRAGSLEDER	Arne Vik
KONTAKTPERSON	Dag Søbstad			UTARBEIDET AV	Jo Forseth Indgaard
KOORDINATER	SONE: 32V	ØST: 5708	NORD: 7016492	ANSVARLIG ENHET	Multiconsult Norge AS
GNR./BNR./SNR.	-				

SAMMENDRAG

Søbstad AS planlegger å utvide masseuttaks- og deponiområdet på Furuhaugen i Klæbu kommune. Multiconsult Norge AS er engasjert for å utføre grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger for prosjektet.

Stabilitetsberegninger viser at det er stabilitetsmessig akseptabelt å foreta oppfylling av deponiet som planlagt, med tanke på dyperegående utglidninger.

Internstabiliteten for selve fyllingen vil være avhengig av hvilke løsmasser som legges ut i deponiet. Dette vil derfor være styrende for hvilke skråningshelninger som kan benyttes ved avslutning av deponiet. Det tilrås i utgangspunktet at fyllingsfronten anlegges med helning 1:3 eller slakere. Dersom det ønskes bratte skråningsavslutninger for å øke deponikapasiteten ytterligere, kan det være aktuelt å etablere steinsjeteer ut mot ytterkantene av deponiet.

Det må sørges for tilstrekkelig drenering gjennom hele oppfyllingen, både for å hindre oppbygging av poretrykk i de oppfylte massene samt av anleggstekniske årsaker.

Grunnundersøkelsene har påvist at original grunn i hovedsak består av velgraderte masser av sand og grus, med noe silt.

00	2018-06-13	Geoteknisk vurdering	Jo Forseth Indgaard	Arne Vik	Arne Vik
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn.....	5
1.2	Grunnlag	5
1.3	Områdebeskrivelse	5
2	Planlagt utbygging	5
3	Grunnforhold	6
3.1	Dybde til berg	6
3.2	Løsmasser	6
3.3	Grunnvann	7
4	Sikkerhetsprinsipper	7
5	Geoteknisk vurdering.....	7
5.1	Geotekniske problemstillinger	7
5.2	Stabilitet.....	7
5.2.1	Forutsetninger	7
5.3	Utforming deponi	8
5.4	Kvalitet på løsmasser	8
6	Sluttkommentar	9
7	Referanser	9

TEGNINGER

10203429-RIG-TEG	-000	Oversiktskart
	-002	Borplan
	-800	Profil D-D Stabilitetsberegning, drenert $\alpha\phi$ -analyse

VEDLEGG

Vedlegg A - Sikkerhetsprinsipper

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Søbstad AS skal utvide masseuttaks- og deponiområdet sitt på Furuhaugen i Klæbu kommune. Multiconsult Norge AS er engasjert for å utføre grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger for prosjektet. Det er ønsket også å undersøke kvaliteten på løsmassene under det planlagte deponiet.

1.2 Grunnlag

I februar 2018 utførte Multiconsult grunnundersøkelser på området. Resultatene fra disse undersøkelsene er å finne i datarapport 10203429-RIG-RAP-001 datert 2018-05-18 [1].

Feltundersøkelsene omfattet 6 totalsonderinger, 1 poretrykkmåling og opptak av poseprøver i 2 borpunkt.

Rambøll gjennomført grunnundersøkelser på deler av området i 2008. Disse grunnundersøkelsene omfatter 5 totalsonderinger og 1 prøveserie og er å finne i *Notat for Søbstad AS - Vedlegg 6.2*, datert 2008-05-30 [2].

1.3 Områdebeskrivelse

Furuhaugen massedeponi ligger ved foten av Vassfjellet, langs Vassfjellvegen, en sideveg fra Brøttemsvegen i Klæbu kommune, se Figur 1. Terrenget i området for grunnundersøkelsen er relativt kupert fra kote +158 til +186.



Figur 1 Oversiktskart med omtrentlig markering av massedeponiet [3]

2 Planlagt utbygging

Det skisserte deponiet er delt i to av Vassfjellvegen som sett på Figur 2, med volum på henholdsvis 4,7 og 0,4 millioner kubikkmeter deponikapasitet. Disse tallene vil bli større om de underliggende

Løsmassene viser seg å være kvalitetsmasser og det er aktuelt å etablere et massetak før deponering av masser.

Det planlagte massedeponiet strekker seg ca. 600 meter nord-sør og ca. 900 meter øst-vest. Det høyeste punktet er skissert å være i nord på kote +219 m, mens det i bunn lengst i sørøst vil ligge på kote +158 m. Avslutning av deponiet er planlagt med skråninger med helning på 1:2, mens det på toppen er skissert en sørlig helning på ca. 1:25. Den høyeste skråningskanten, på 49 meter, vil være i sørøst der deponiet er planlagt å strekke seg fra kote +207 til +158.



Figur 2: Illustrasjon av masseuttaks- og deponiområde.

3 Grunnforhold

3.1 Dybde til berg

Registrert dybde til antatt berg varierer mellom ca. 4-29 m under terreng. To av totalsonderingene ble avsluttet i løsmasser på 30 m dybde under terreng uten at berg ble påtruffet. Bergoverflatens forløp mellom borpunktene må påregnes å variere utover det som er avdekket ved utførte grunnundersøkelser.

3.2 Løsmasser

Utførte sonderinger og prøvetaking viser at løsmassene generelt består av faste masser med høy sonderingsmotstand. Opptegnet sonderingsmotstand er forenelig med typiske motstandsprofiler fra friksjonsmasser (sand/grus/stein) før antatt berg. Basert på prøveseriene i BP. 2 og 4 er løsmassene klassifisert som sandig, grusig, siltig materiale. Løsmassene har et gjennomsnittlig naturlig vanninnhold på ca. 10 %.

3.3 Grunnvann

Grunnvannet ligger i BP. 2 lavere enn 6 m under terreng. Dette punktet ligger ca. midt i undersøkelsesområdet. I sørvest går det en bekk og det er grunn til å tro at grunnvannet ligger nærmere terrenget i denne delen av området.

4 Sikkerhetsprinsipper

Prosjektet er vurdert iht. Teknisk forskrift (TEK 17) [4], Byggesaksforskriften (SAK10) [5], Eurokode 0 [6] og Eurokode 7, del 1 [7] og del 2 [8] til:

- Geoteknisk kategori **2**
- Konsekvens- og pålitelighetsklasse (CC/RC) **2**
- Kontrollklasse «**PKK2**» for prosjektering og «**UKK2**» for utførelse
- Tiltaksklasse **2** for prosjektering og **3** for utførelse iht. SAK10 § 9-4

Nærmere begrunnelse for klassifisering av prosjektet er gitt i Vedlegg A.

5 Geoteknisk vurdering

5.1 Geotekniske problemstillinger

Geotekniske problemstillinger for utbyggingen i nåværende fase er hovedsakelig relatert til:

- Områdestabilitet
- Utforming deponi (lokal stabilitet)
- Kvalitet på løsmasser

5.2 Stabilitet

Vi anser de utførte grunnundersøkelsene til å gi en god oversikt over grunnforholdene i området som planlegges oppfylt. Ettersom grunnundersøkelsene har påvist at grunnen består av faste friksjonsmasser vurderes stabiliteten i området å være god.

Det er utført en stabilitetsberegning for en oppfylling av området med høyde opptil 50 m som planlagt. Stabilitetsberegningen er gjennomført med konservative valg av materialparametere for grunnen. Resultatene, presentert i 10203429-RIG-TEG-800, viser at stabiliteten til oppfyllingen er tilfredsstillende med tanke på utglidning av undergrunnen. Internstabiliteten for selve fyllingen vil være avhengig av hvilke løsmasser som legges ut i deponiet. Dette vil derfor være styrende for hvilke skråningshelninger som kan benyttes ved avslutning av deponiet.

5.2.1 Forutsetninger

Valg av materialparametere

Materialparametere for friksjonsmassene er valgt med utgangspunkt i verdier fra «Figur 2.39 Anbefalte jordparametere ved dimensjonering av landkar og støttemurer» fra Statens Vegvesens Håndbok V220 «Geoteknikk i vegbygging» [9].

Fyllmassens materialparametere er valgt ut i fra erfaringsbaserte data på bløt, trøndersk leire.

Valg av skråning

Den aktuelle skråningen ble valgt fordi det er profilet med den største totale skråningshøyden i forslaget på utformingen av deponiet fra arkitekten. Deponiet er skissert med en skråningshelning på 1:2 rundt hele deponiet med en nesten flat topp (helning på ca. 1:25). Dette gjør at den totale høydeforskjellen er størst i sørvest der terrenget ellers er lavest.

Beregningsmetode

Beregningene ble gjort med Geosuite Stability BEAST 2003. For å beregne stabiliteten til de underliggende massene ble glideflaten begrenset til å gå igjennom friksjonsmassene så langt under skråningsfoten at den dominerende delen av glideflaten går gjennom disse massene.

5.3 Utforming deponi

Geoteknisk sett er det hensiktsmessig å starte oppfyllingen i bunn av området ved Vulubekken, men vi anser det som et tilnærmet likestilt alternativ å begynne oppfyllingen fra øvre del av området ved Vassfjellvegen. Fyllingsfronten på alle seksjoner må bygges opp med slak helning for å sikre egenstabiliteten til oppfyllingen. Vi anbefaler at fyllingsfronten anlegges med helning 1:3 eller slakere, avhengig av hvilke type masser som blir deponert. Om det ønskes brattere helning kan det etableres en steinsjete for å øke oppfyllingsmengden mens stabiliteten av fyllingen fortsatt er sikret.

Det må sørges for tilstrekkelig drenering gjennom hele oppfyllingen. Det kan være aktuelt å legge inn drenerende lag i selve fyllingen for å hindre oppbygging av poretrykk i de oppfylte massene samt av anleggstekniske årsaker.

5.4 Kvalitet på løsmasser

Kvaliteten på løsmassene i øvre løsmasselag er vurdert ved hjelp av 5 korngraderingsanalyser i to ulike borpunkt. Som sett i Tabell 1 viser analysene velgraderte ($C_u > 15$) løsmasser bestående av i hovedsak sand og grus, men også noe silt.

Tabell 1 Resultat fra korngraderingsanalysene. D_x henviser til kornstørrelsen som x % er mindre enn. C_u er et mål på hvor velgradert massene er.

Prøve [m]	D_{10} [mm]	D_{30} [mm]	D_{50} [mm]	D_{60} [mm]	$C_u [D_{60}/D_{10}]$	Jordartens betegnelse
BP2: 1-2	0,0113	0,0934	0,5113	1,7476	155	Grusig, sandig, siltig, leirfattig
BP2: 2-3,5	0,0169	0,0652	0,3639	1,0773	64	Sandig, grusig, siltig
BP4: 1-2	-	1,0356	3,2678	5,8250	-	Grusig, sandig
BP4: 2-3	0,0143	0,2087	1,4053	2,7589	192	Grusig, sandig, siltig
BP4: 3-4	-	0,1720	0,8439	1,8235		Sandig, grusig

Basert på sonderingsresultatene ser det ut til at korngraderingsanalysene bør være representative for løsmassene på dypere dybder.

Oppsummert består løsmassene av velgraderte masser i silt-, sand- og grusfraksjon.

Kornfordelingsanalysene viser at løsmassene i de opptatte prøvene havner i telegruppe T3.

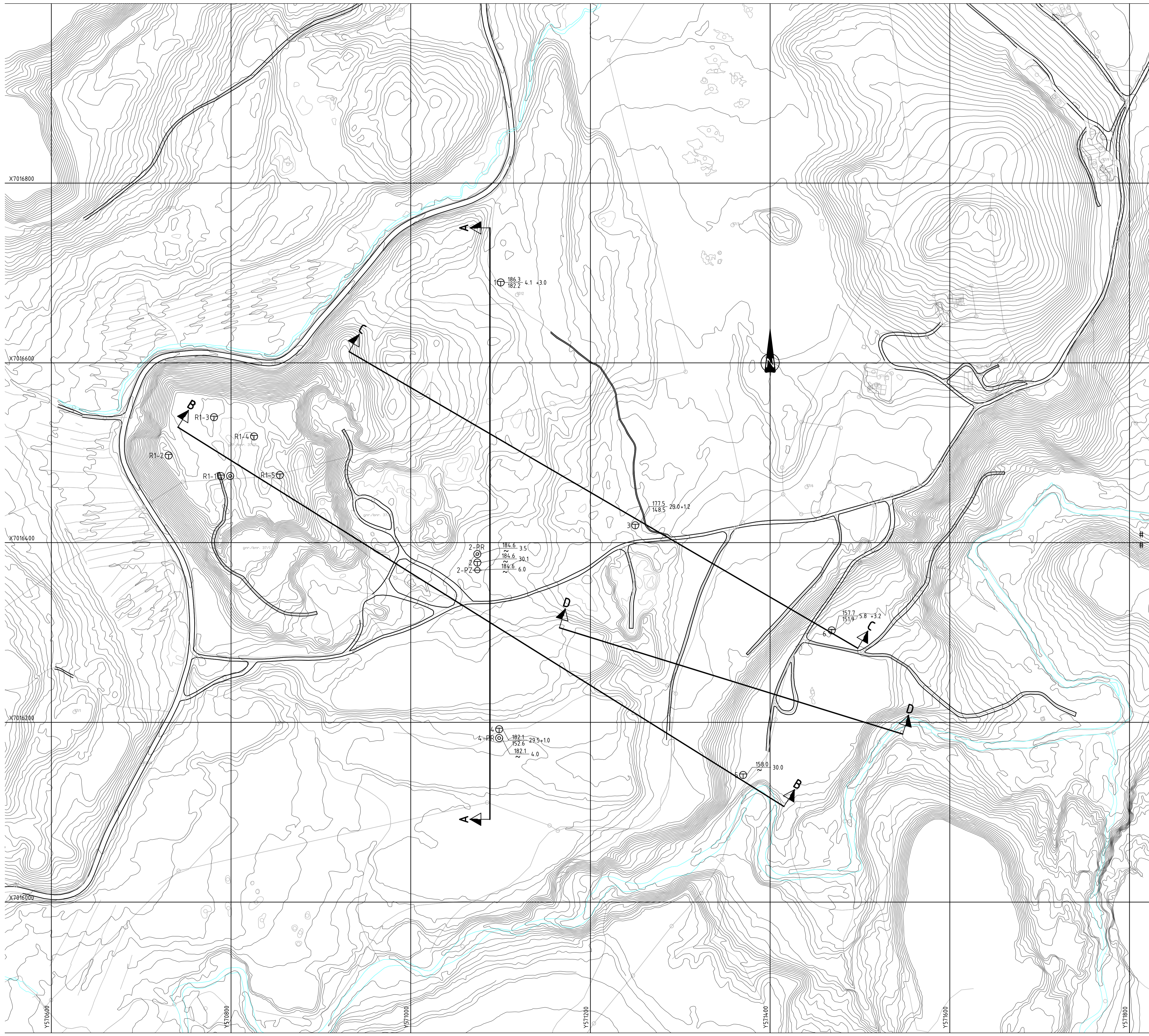
Det kan ikke utelukkes at det finnes partier i området med andre typer løsmasser selv om det ikke er avdekket ved grunnundersøkelsene.

6 Sluttkommentar

Det er behov for videre medvirkning fra geotekniker i forbindelse med detaljering av planene for massedeponeringen. Dette gjelder spesielt helning på skråningsavslutningene og ev. utforming av sjeteer, samt bestemmelse av høydeforskjeller for lagvis utlegging av massene i deponiet.

7 Referanser

- [1] Multiconsult AS, «10203429-RIG-RAP-001 Datarapport geotekniske undersøkelser,» 2018-05-18.
- [2] Rambøll Norge AS, «Notat for Sjøbstad AS - Vedlegg 6.2,» 2008-05-30.
- [3] Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) , *atlas.nve.no*.
- [4] Direktoratet for byggkvalitet, «Veiledning om tekniske krav til byggverk (TEK17),» Oslo, 2017.
- [5] Direktoratet for byggkvalitet, «HO-1/2011 Byggesaksforskriften (SAK 10),» 2016-08-04.
- [6] Standard Norge, «Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016),» 2016.
- [7] Standard Norge, «Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler (NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016),» 2016.
- [8] Standard Norge, «Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver (NS-EN 1997-2:2007+NA:2008),» 2008.
- [9] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Geoteknikk i vegbygging (Håndbok V220),» Oslo, Juni 2010.



TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- ⬇️ DREITRYKSONDERING
- ⊗ SKRUPLATEFORSØK
- + VINGEBORING
- ⊕ PORETRYKTMÅLING
- ⊗ KJERNEBORING
- ⊗ FJELLKONTROLLBORING
- ⊗ BERG I DAGEN

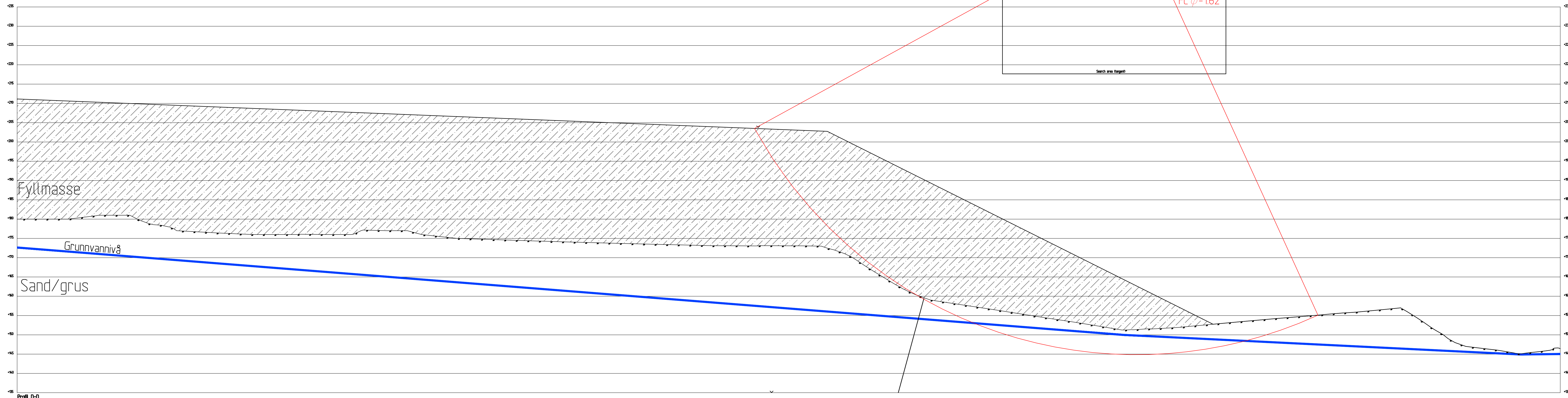
KARTGRUNNLAG: Digitalt kart1 NN 54
 KOORDINATSYSTEM: UTM Sone 32V
 HØYDEREFERANSE: NN 54
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: GPS GLONAS CPDS
 BORER NR: Digital
 LAB BOK NR: Digital

Eksempel: TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
 BP 1 ⊕ 430
 282 — 14.8+2.4 — BORET DYBDE • BORET I BERG
 ANTATT BERGKOTE

TIDLIGERE BORINGER:
 Tidligere boringer er opplyst fra scannet kopi og kan ha noe avvik.
 Tidligere boringer er angitt med indekser foran boringsnr.
 R1-X BORINGER FRA RAMBØLL, Notat (2008)

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Søbstad AS		F39		A1
	Furuhaugen massedeponi	2018-06-12			
	Borplan				1:2000

Multiconsult www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Oppdragsnr: 10203429	JOFI	ARV	ARV
Tegningsnr: RIG-TEG-002		Rev: 00		



Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'
Fyllmasse	20.00	10.00	25.0	5.0
Sand/grus	18.00	8.00	33.0	1.0

Rev		Beskrivelse		Date	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Søbstad AS			Fag		Format
		Furuhaugen massedeponi			Geoteknikk		A3L
		Profil D-D			Date		2018-06-12
		Stabilitetsberegning			Format/Målestokk:		1:4.00
		Drenert αφ-analyse					
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Rev.	
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	JOFI	ARV	ARV		
		10203429	Tegningsnr.	RIG-TEG-800		00	

Vedlegg A

A Sikkerhetsprinsipper

A.1 Normativt grunnlag for geoteknisk vurdering

Gjeldende regelverk legges til grunn for prosjektering, og for geoteknisk prosjektering gjelder:

- Teknisk forskrift, TEK 17 § 7 og § 10 [4]
- Byggesaksforskriften, SAK10 § 9-4 [5]
- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0) [6]
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7, del 1) [7]
- NS-EN 1997-2:2007+NA:2008 (Eurokode 7, del 2) [8]

A.2 Geotekniske problemstillinger

Geotekniske problemstillinger for utbygginga i nåværende fase er relatert til:

- Områdestabilitet
- Utforming deponi (lokal stabilitet)
- Kvalitet av løsmasser

A.3 TEK 17 § 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK 17 § 7.2 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

A.4 TEK 17 § 10, Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 § 10.1 vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (Eurokoder).

TEK 17 § 10.2 angir følgende:

Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter Norsk Standard NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.

I veiledningen til TEK 17 står det:

Forskriftens krav er oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard. Korrekt bruk av prosjekteringsstandardene gir samlet det nivået som tilsvarer det sikkerhetsnivået som er akseptert av myndighetene.

Ved å benytte standarder (Eurokoder) som angitt i pkt. A.1, vil TEK 17 § 10 dermed være ivaretatt.

A.5 Geoteknisk kategori

Eurokode 7 stiller krav til prosjektering ut ifra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «Krav til prosjektering» [7].

Prosjektet omfatter konvensjonell type konstruksjon og fundamenter uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- og belastningsforhold. Med dette som grunnlag velges overordnet krav til prosjektering iht. Geoteknisk kategori 2.

A.6 Konsekvensklasse/pålitelighetsklasse (CC/CR)

Eurokode 0 [6] 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).

Prosjektet, herunder planlagte bygg, vurderes å falle under kategorien: «Industrianlegg» i Tabell NA.A1 (901). Prosjektet plasseres derfor i konsekvens- og pålitelighetsklasse CC/RC 2.

Konsekvensklasse CC 2 blir i Tabell B1 [6] beskrevet som «*Middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv eller betydelige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser*».

A.7 Kvalitetssystem

Eurokode 0 krever at det ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal være et kvalitetssystem tilgjengelig, og at dette systemet skal tilfredsstillere NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Multiconsults systemer tilfredsstiller også sistnevnte krav, og kravet for kvalitetssystem er således ivaretatt også for pålitelighetsklasse 2.

A.8 Prosjekterings- og utførelseskontroll

Eurokode 0 gir videre føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse.

I samsvar med tabell NA.A1(902) og NA.A1(903) i Eurokode 0 blir prosjekteringskontroll og utførelseskontroll av geotekniske arbeid satt til kontrollklasse PKK2 og UKK2 henholdsvis.

For prosjektering er det da krav om grunnleggende kontroll (egenkontroll), intern systematisk kontroll og utvidet kontroll. I henhold til NA.A1(903.4) kan utvidet kontroll i PKK2 begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematiske kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket.

For utføring er det da krav om grunnleggende kontroll (egenkontroll), intern systematisk kontroll og utvidet kontroll. I henhold til NA.A1(904.4) kan utvidet kontroll i UKK2 begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematiske kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket.

A.9 SAK10 § 9-4, Tiltaksklasse

Byggesaksforskriften (SAK10) § 9-4 [5] definerer tre tiltaksklasser (1-3) for at oppgaven skal kunne ansvarsbelegges med rett kompetanse.

Planlagt massedeponi plasseres i pålitelighetsklasse 2 etter Eurokode 0, og havner således i tiltaksklasse 2 for prosjektering.

For utførelse havner massedeponiet i tiltaksklasse 3 ettersom oppfyllingen av løsmasser overstiger 5 m.

A.10 Krav til sikkerhetsnivå

Eurokode 7 [7] stiller krav om en beregningsmessig partialkoeffisient $\gamma_M \geq 1,25$ for effektivspenningsanalyse (drenert $\alpha\phi$ -analyse).

A.11 Bruddgrensetilstander

Følgende bruddgrensetilstander er aktuelle for geoteknisk design i prosjektet [6]:

- GEO: *Svikt eller for stor deformasjon i grunnen, der fastheten av jord eller berg gir et betydelig bidrag til motstanden.*

$$Ed \leq Rd$$

Eurokoden åpner for bruk av både strengere og mildere verdier for partialfaktorer enn de som er anbefalt i tillegg A eller nasjonalt tillegg.

A.12 Dimensjoneringsmetode (STR og GEO)

Dimensjoneringsmetode 3 blir benyttet for all annen geoteknisk prosjektering enn peler. Følgende sett av partialfaktorer blir benyttet for denne dimensjoneringsmetoden (2.4.7.3.4.4, ref. [8] og NA.A1.3.1(5) ref. [6]):

Påvirkninger / lastvirkninger: A2 (geotekniske laster)

Grunnens egenskaper: M2

Motstand: R3

A.13 Partialfaktorer påvirkninger/lastvirkninger (A)

For geotekniske laster benyttes lastfaktor 1,0 for permanente laster og 1,3 for variable laster (Tabell NA.A1.2(C), ref. [6]).

For gunstige lastvirkninger, og for beregninger i ulykkesgrensetilstand, regnes det med partialfaktor 1,0 på lasten.