

# NOTAT

Dato 05.11.2019

Oppdrag Børøya Industriområde E3  
Kunde Hadsel Kommune  
Notat nr. G-not-001-1350035036  
Til Hans Christian Haakonsen Hadsel kommune

Rambøll  
Kobbes gate 2  
P.b. 9420 Torgarden  
NO-7493 TRONDHEIM

T +47 73 84 10 00  
www.ramboll.no

Vår ref. 1350035036/NAZA

Fra Navid Zamani Rambøll Norge AS, avd. Trondheim  
Kopi

## Børøya Industriområde E3, Geoteknisk vurdering

### 1. Bakgrunn og hensikt

Hadsel kommune planlegger utfylling i sjø for å etablere et større industriområde nordøst på Børøya i Hadsel kommune. Utfyllingen skal tilrettelegges for bygging av nytt gassanlegg og tilhørende kai for å kunne ta imot større skip.

Rambøll er engasjert for å utføre en generell geoteknisk vurdering for fyllingen og i dette notatet vurderes stabilitet av fyllingen. Vi gjør oppmerksom på at øvrige momenter i henhold til TEK17 § 7-1 må vurderes i forbindelse med tiltaksområdet før en starter å fylle i sjøen. Dette for å sikre at fyllingen står på riktig nivå og at området er byggbart etter at fyllingen er etablert.

Som grunnlag for nødvendige vurderinger ble det utført grunnundersøkelse av Rambøll i sjøområdet. Det er utarbeidet en datarapport ref. /1/. Grunnundersøkelser er hovedsakelig utført for å kartlegge grunnforholdene i tiltaksområdet og danne grunnlag for beregning av stabilitet av fyllingen.

Foreliggende notat gir en oppsummering av grunn- og geotekniske forhold på og omkring planområdet.

### 2. Topografi og terrengforhold

Digital 3D-kart over området, mottatt fra oppdragsgiver, samt registreringer utført i forbindelse med utførte grunnundersøkelser, viser at sjøbunnen ligger generelt veldig slak. Gjennomsnittlig helning av sjøbunn ligger slakere enn 1:20.

### 3. Grunnforhold

Det er påvist generelt lite løsmasse i borpunktene. I utgangspunktet 0-5 m til bergoverflate, ca 8 m i et punkt. Sonderinger og opptatte prøver viser løsmasser av sand, silt og grus med enkelte tynne leirlag og innslag av skjellrester. Dybde til berg er i borepunktene målt til 0,2 – 7,8 meter (kote -3,5 – -23,0). Det er boret opp til 2 meter i berg for kontroll.

For nærmere detaljer rundt grunnforholdene vises det til vår datarapport ref. /1/.

### 4. Vurdering av myndighetskrav

#### Geoteknisk kategori

Eurokode 7 stiller krav til prosjektering ut fra tre geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «Krav til prosjektering». Krav til prosjektering er vurdert til å være iht. geoteknisk kategori 2.

### Pålitelighetsklasse (CC/RC)

Eurokode 0 tabell NA.A1(901) gir veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler. Tabellen er delt inn i pålitelighetsklasser (CC/RC) fra 1 til 4. Grunn- og fundamenteringsarbeider for fylling i sjø vurderes å falle under kategorien «Kai- og havnearlegg». Prosjektet plasseres derfor i pålitelighetsklasse (CC/RC) 2.

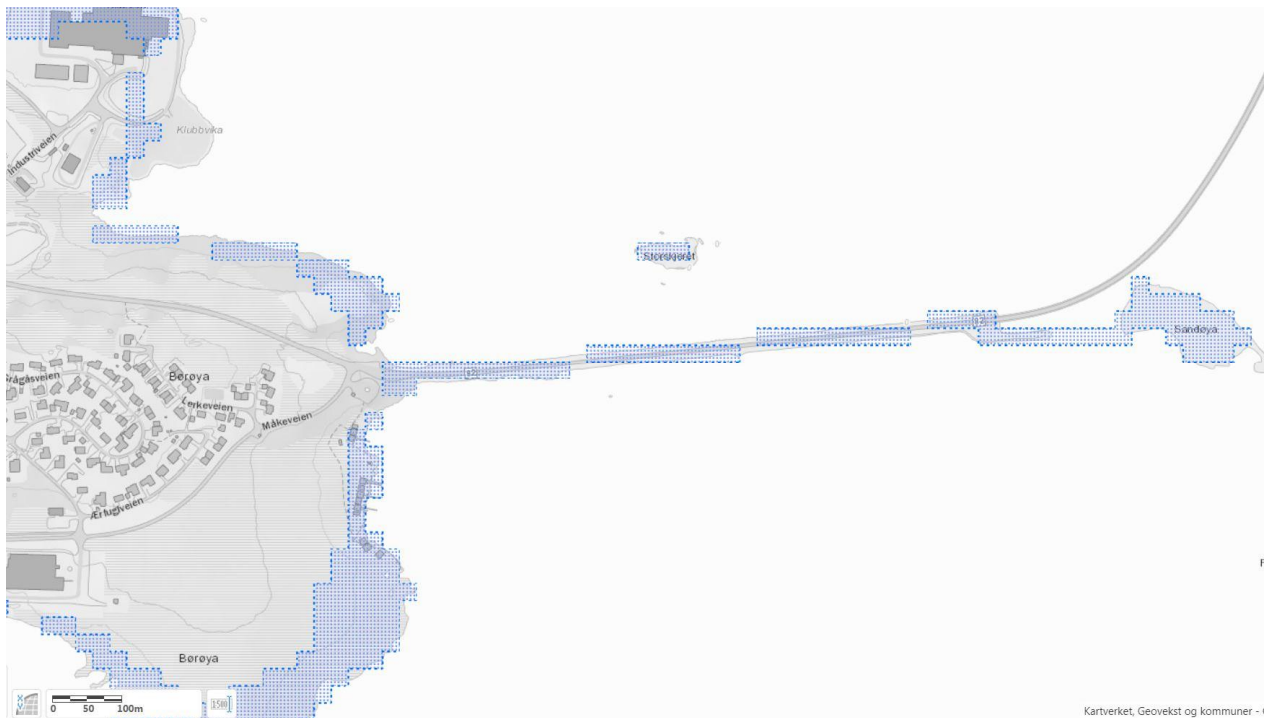
### Tiltaksklasse iht. SAK 10

I henhold til tabell 2 «kriterier for tiltaksklasseplassering for prosjektering» i «veiledning om byggesak» (SAK10 §9-4), vurderes prosjektet å kunne plasseres i tiltaksklasse 2 på grunn av valgt pålitelighetsklasse.

### Flom- og skredfare

I henhold til TEK17 § 7-1 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

I følge NVE's karttjeneste atlas.nve.no ligger tiltaksområdet innenfor et område som er markert som aktsomhetsområde for flom, se figur 1. Ferdigstilt fyllingsnivå skal iht. dsb (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap) stå minimum på kote +2,7 som er dimensjonerende for stormflo i området. Det er vanlig praktisk at overkant gulv for konstruksjoner ligger minimum 0,5 m over det dimensjonerende nivået.



Figur 1: Aktsomhetskart over området (www.atlas.nve.no).

### Seismisk dimensjonering

Seismisk dimensjonering må utføres iht. Eurokode 8. For prosjektering av fremtidige bygg og konstruksjoner må grunntype vurderes for hvert enkelt tilfelle ut ifra plassering og kompleksiteten av konstruksjonen. Ut ifra dagens situasjon kan grunntype A legges i grunn for selve fyllingen.

Vurdering av behovet for seismisk dimensjonering for fremtidige konstruksjoner er ikke vurdert i dette notatet. Dette må vurderes for hvert enkelt bygg når en konkret plan foreligger.

### Kontrollklasse og utførelseskontroll

Bestemmelse av kontrollklasse og utførelseskontroll er utført i henhold til Eurokode 0, tabell NA. A1 (902) og NA. A1 (903). For pålitelighetsklasse 2, gjelder prosjekteringskontrollklasse PKK2 og utførelseskontrollklasse UKK2. For prosjektering og utførelse er det dermed krav til egen-, intern systematisk - og utvidet kontroll.

Regler om uavhengig kontroll er også gitt i plan- og bygningsloven (pbl.) kap. 24 og byggesaksforskriften (SAK 10) kap. 14. For geoteknikk i tiltaksklasse 2 og 3 skal det utføres uavhengig kontroll både av prosjektering og utførelse.

#### 5. Skredfare globalt

Planområdet er vurdert som sikkert mot skredhendelser som involverer kvikkleire. Det er ikke påtruffet kvikkleire eller sprøbruddmateriale i nærliggende områder. Området ligger heller ikke i utløpssonen for kvikkleireområder, prosjektet er således ikke utsatt for global skredfare.

#### 6. Skredfare lokalt

For å sikre at områdestabiliteten ikke påvirkes av tiltaket har vi regnet stabilitet i 4 forskjellige profiler etter utfylling, se tegning 1002-1005. Det er utført beregning i total- og effektivspenningsanalyse avhengig av løsmassetypen.

### Anisotropi og tøyningskompatibilitet

I beregningene tas det hensyn til spenningsanisotropi i leira, dvs. at udrenert skjærfasthet varierer med hovedspenningsretningene (ADP-analyse). Utgangspunktet er udrenert aktiv skjærfasthet  $c_{uA}$ .

For ikke-sensitiv leire er aktiv, direkte og passiv skjærfasthet beregnet ut fra følgende sammenheng:

$$c_{uA} = 1,0 c_{uA} \quad (\text{fasthet der glideflaten ligger i aktiv sone})$$

$$c_{uD} = 0,63 c_{uA} \quad (\text{fasthet for den tilnærmet horisontale delen av glideflaten})$$

$$c_{uP} = 0,35 c_{uA} \quad (\text{fasthet der glideflaten ligger i passiv sone})$$

Vi har også konservativt valgt friksjonsvinkel ut fra erfaringstall og Statens vegvesen håndbok V220. Utførte effektivspenningsanalyser er valgt utført med følgende parametere, se tabell 1:

Tabell 1

Lag	$\phi$ [grader]	a[Attraksjon]	c' [kPa]
Sprengstein(fylling)	45	0	0
Sand	33	0	0
Grus	36	0	0
Leire	24	10	4,5

Tolket lagdeling for valgte profiler er vist på tegning 1002 - 1005.

### Stabilitetsberegninger

Stabilitetsberegningene er utført ved hjelp av dataprogrammet *GeoSuite Stability*. Det er utført totalspennings- og effektivspenningsanalyse med terreng etter fylling. Effektivspenningsanalyse er utført i alle profilene, mens totalspenningsanalyse er utført bare i profil D hvor det har vært relevant. De valgte beregningsprofilene vurderes som representative for å vurdere sikkerhet mot utglidninger under og etter fylling.

Totalspenningsanalysen vurderes som kritisk ved de opptredende grunnforhold med leire, for å ta hensyn til en potensiell situasjon med udrenerte spenningsendringer i grunnen. Effektivspenningsanalysen vurderes som representativ for langtidssituasjonen.

Profilenes plassering og beregningsresultatene er vist på tegning 1001-1005.

#### Poretrykk

Det er ikke installert poretrykksmålere i området, men vi har konservativt valgt grunnvannsnivå langs profilet for en mest mulig ugunstig situasjon som representerer årstidsvariasjonene. Grunnvannstanden er i beregningene modellert med hydrostatisk trykk fra en grunnvannslinje.

#### Beregningsresultater

Beregninger, forutsetninger og resultater for tiltaket er vist på tegning 1002-1005. I stabilitetsberegningene er det lagt til grunn fylling til kote +3. Oppnådde beregningsresultater er vist i tabell 2.

I et av beregningsprofilene oppnås sikkerhetsfaktor som er lavere enn det som er kravet iht. Eurokode. Dette vil medføre at deler av området må fylles etter spesielle utførelsesmetoder for å kunne få nok stabilitet i fyllingen.

Dersom tiltaket utføres iht. dette notatet og begrenses innen grensene som er vist i tegning 1001, vil det oppnås tilfredsstillende sikkerhetsfaktor iht. Eurokode.

Tabell 2

	Totalspenning	Effektivspenning
Profil A – Med fylling. Teg.1002	Ikke relevant	1,57
Profil B – Med fylling. Teg.1003	Ikke relevant	1,49
Profil C – Med fylling. Teg.1004	Ikke relevant	1,47
Profil D – Med fylling. Teg.1005	1,03	1,5

Beregningene viser at det er effektivspenningsanalysen er representativ for terrenget i profil A, B og C. For profil D er totalspenningsanalysen representativ for terrenget, som gir lavest sikkerhetsfaktor.

## 7. Geoteknisk vurdering

### Materiale og Utførelse

Selv om enkelte målinger viser lave konustall, anser vi ikke det som en god begrunnelse for å kalle jordarten for kvikkleire/sprøbruddmateriale. Prøvene er tatt opp fra 0-2 meter under havbunnen og massene inneholder derfor mye vann. Dette er godt synlig i den lave tyngdetettheten som materialet har. I tillegg er det registrert mye skjellrester og en del gruskorn i opptatte prøve, noe som igjen motsier at materialet er ren leire.

Etter vår vurdering er det ikke nødvendig å benytte kvikkleireveilederen i dette prosjektet da grunnforholdene ikke er kvikkleire og området ikke kan klassifiseres som et kvikkleireområde.

Det tynne leirlaget vil medfører til at deler av tiltaket må enten utføres med restriksjoner eller spesielle utførelsesmetoder. Fylling i området A1 (Vist på tegning nr. 1001) vil ikke skape noe problem da løsmassene registrert i disse områdene ikke ser ut til å være leire. Her kan dermed tipping gjøres fra land opp til ca. kote +0,5 med lagvis utlegging og komprimering videre opp til kt. +3,0. Største steinstørrelse må ikke overstige 60 % av lagtykkelsen. Det bør heller ikke benyttes for store steinblokker under middelvann, da dette kan medføre større fare for erosjon i fyllingen. Plastring i fyllingsfronten må påberegnes fra et stykke under LAT og opp til topp fylling. Fyllingen skal ha en helning på 1:1,5 ned mot tilstøtende sjøbunnen.

Det er forutsatt fylling med sprengstein på fyllingsområdet. Fyllingsmassene kan legges ut lagvis med gravemaskin og komprimeres iht. NS3458. Fylling må utføres systematisk slik at en oppnår en tilfredsstillende oppbygging med tanke på stabiliteten av fyllingsfronten under utførelse og for evt.

senere bruk av området. Fyllingsarbeidet utføres først til ca. kote +0,5 og fylling legges over hele fyllingsområdet. Når dette trinnet er ferdigstilt kan neste trinn startes ved videre oppfylling til anlegget er ferdigstilt.

Dersom fyllingsområdet skal utvides over A2, må tiltaket utføres etter spesielle metoder som egner seg til grunnforholdene og følges opp tettere på anleggsplassen da uaktsomhet kan medføre store konsekvenser.

Bløte leirmasser fjernes enten ved mudring eller fortrenses med sprengning.

Ved å sprengne har man bedre kontroll på massefortrengningen. Slike arbeider kan utføres iht. Statens vegvesens handbok V221 "Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger".

Prosedyren for sprengning må tilpasses prosjektet ved at en prøver seg frem for å oppnå ønsket effekt. Fortrengning oppnås ved en kombinasjon av massenes vekt og sprengning i løsmassene ved fyllingsfot. Der man skal fortrenge masse legges det opp med en meters overhøyde. En oppnår da noe større belastningen under den delen hvor en ønsker å fortrenge massene i sjøbunn.

Etter sprengning vil de bløte leirholdige massene bli fortrenget og resultere i at fyllinga synker sammen, dvs. at bløte løsmasser fortrenses og resulterer sig i fyllinga. Den delen av fyllinga som har sunket sammen er antatt å være stabil i og med at mektigheten av det bløte laget er begrenset og mesteparten av de bløte massene vil være presset ut foran eller til siden for fyllinga.

I dette tilfellet er mektigheten av det bløte løsmassene begrenset (opptil ca. 2 meter i borpunktene), men det kan selvfølgelig forekomme lokale områder hvor mektigheten av disse løsmassene kan være større. Det kan ikke utelukkes i dette tilfellet og derfor kan en forvente å få større nedsynkninger.

Sprengning utføres ved å legge ut 3 – 4 "rettede ladninger" i sjøbunn, inntil foten av fyllinga. Avstanden mellom ladningene bør være ca. 5 meter. Størrelsen på ladningene bør avklares med sprengningsbas, men ligger vanligvis i størrelsesorden 3-5 kg. Ladningene senkes ned fra båt og trekkes inn til fyllingsfoten ved hjelp av tau fra fyllinga. Bruk av dykker ved plassering av ladningene frarådes på grunn av faren for utrasing i fyllingsskråningen. Avstanden mellom to sprengninger bør ikke overstige 5m i fyllingsretningen.

For å oppnå best mulig resultat av massefortrengningen og også sikkerhet under arbeidet, må en utføre fylling på høyvann og sprengning på lavvann.

Det er en forutsetning at en venter noe før en gjenopptar fyllingsarbeidet etter sprengning. Det kan ta relativt lang tid før ettervirkningene etter sprengning opphører (~0,5 time). Maskiner og mannskap må stå i trygg avstand til fyllingsfronten før og etter sprengning.

Fisk er generelt følsom for sprengning i vann. Det er viktig å avklare hvorvidt det er anlegg med fiskeoppdrett i sjøen som kan ta skade som følge av arbeidene.

### Setning

En fylling som etableres på løsmasser, vil medføre setninger. I dette tilfellet kan disse deles inn i 3 deler.

1. Setninger i opprinnelige sjøbunn
2. Egensetning i utfylling
3. Nedtrengning av masser i sjøbunnen

Tilleggsbelastning på opprinnelig sjøbunn, som følge av last fra fylling, vil gi setninger i sjøbunnensmassene. Størrelsen og tidsforløpet til disse setningene vil avhenge av mektighet og sammensetning på løsmassene. Leirmasser gir normalt sett større setninger, som også kan pågå over lengre tid, sammenlignet med sand masser der setningene forventes mindre og hurtigere.

Det vil også oppstå egensetninger i selve fyllingen. Størrelsen på disse vil i hovedsak være avhengig av mektigheten høyden på fyllinga.

Nedtrengning av masser i sjøbunnen gir også setning eller deformasjon. Dette oppstår ved at fyllmassene trenger ned i sjøbunnen, og sjøbunnsmassene fyller hulrom i fyllmassene. Størrelsen på disse setningene vil da avhenge av både fyllmassene og sjøbunnsmassene sin beskaffenhet.

Med de registrerte grunnforholdene vil det forventes en del setninger under og etter utlegging av fylling. En del av disse setningene vil forløpe under fyllingsperioden og vil ikke være merkbare for fremtidig terrengnivå, infrastruktur og bygninger, men resten av setningene vil komme i ettertid og løpe over lenger tid. Det er ikke utført setningsberegninger, men vi anbefaler at en måler setningene over en periode etter at fyllingen er lagt ut, og at endelig nivå av fyllingen justeres etter at setningskurven har begynt å slake ut.

#### Fundamentering av fremtidige kai, bygg og konstruksjoner

Fundamenteringsforholdene for fermtidlige bygg og konstruksjon må vurderes nærmere ved byggeplan. Vi ser for oss at lettere bygg med mindre last kan fundamenteres på banketter og enkeltfundamenter direkte i kvalitetsmasser, men større bygg med store last samt planlagt kai må eventuelt vurderes med andre fundamenteringsmetoder som for eksempel å pele ned til berg.

#### Erosjonssikring av fylling

Signifikant bølgehøyde legges til grunn for dimensjonering av blokkstørrelse av plastringsstein på utsiden av fyllingen, og er beregnet ut ifra vindretning og topografi (strøklengde) med forutsetninger som vist i tabell 3.

Tabell 3

Strøklengde	2,7 km
Dimensjonerende vindhastighet	25 m/s
Signifikant bølgehøyde, $H_s$	1,27 m
Helningsvinkel	1:1,5

Med utgangspunkt i Hudson's formel er middel blokkvekt for plastringsstein beregnet til  $W_{50}=1,2$  kN. Det forutsettes at plastringslaget, som består av sprengstein, er lagt ut ordnet med en makshelling på ca. 1:1,5.

## 8. Kontrollplan utførelse

Momenter som bør kontrolleres under utførelsen er vist i liste under:

- Utfylling innenfor den allerede bestemte grensen.
- Fyllingshøyde maks til kote +3.
- Fyllingen skal ha en helning på 1:1,5 ned mot tilstøtende terreng.

## 9. Konklusjon

Planlagte prosjekt med fylling i sjøområdet på Børøya vil være utførbar dersom tiltaket utføres iht beskrivelse i dette notatet. Det forutsettes egen geoteknisk detaljprosjektering for fremtidige kai, bygg og konstruksjoner.

Setninger skal måles over en periode etter at fyllingen er lagt ut og endelig nivå av fyllingen justeres etter at setningskurven har begynt å slake ut. Det skal ikke bygges på fyllingen før setningshastigheten har avtatt og fremtidig estimerte setninger er akseptable.

Behovet for seismisk dimensjonering for fremtidige bygg er ikke vurdert i dette notatet. Dette må vurderes for hvert enkelt bygg når en detaljert plan for plassering og størrelse av byggene foreligger.

Med vennlig hilsen  
Ramboll Norge AS

*Navid Zamani*

**Navid Zamani**  
Geotekniker

M 906 15 065  
Navid.Zamani@ramboll.no

Kvalitetskontroll

*Oddbjørn Lefstad*

**Oddbjørn Lefstad**  
Seniorrådgiver geoteknikk

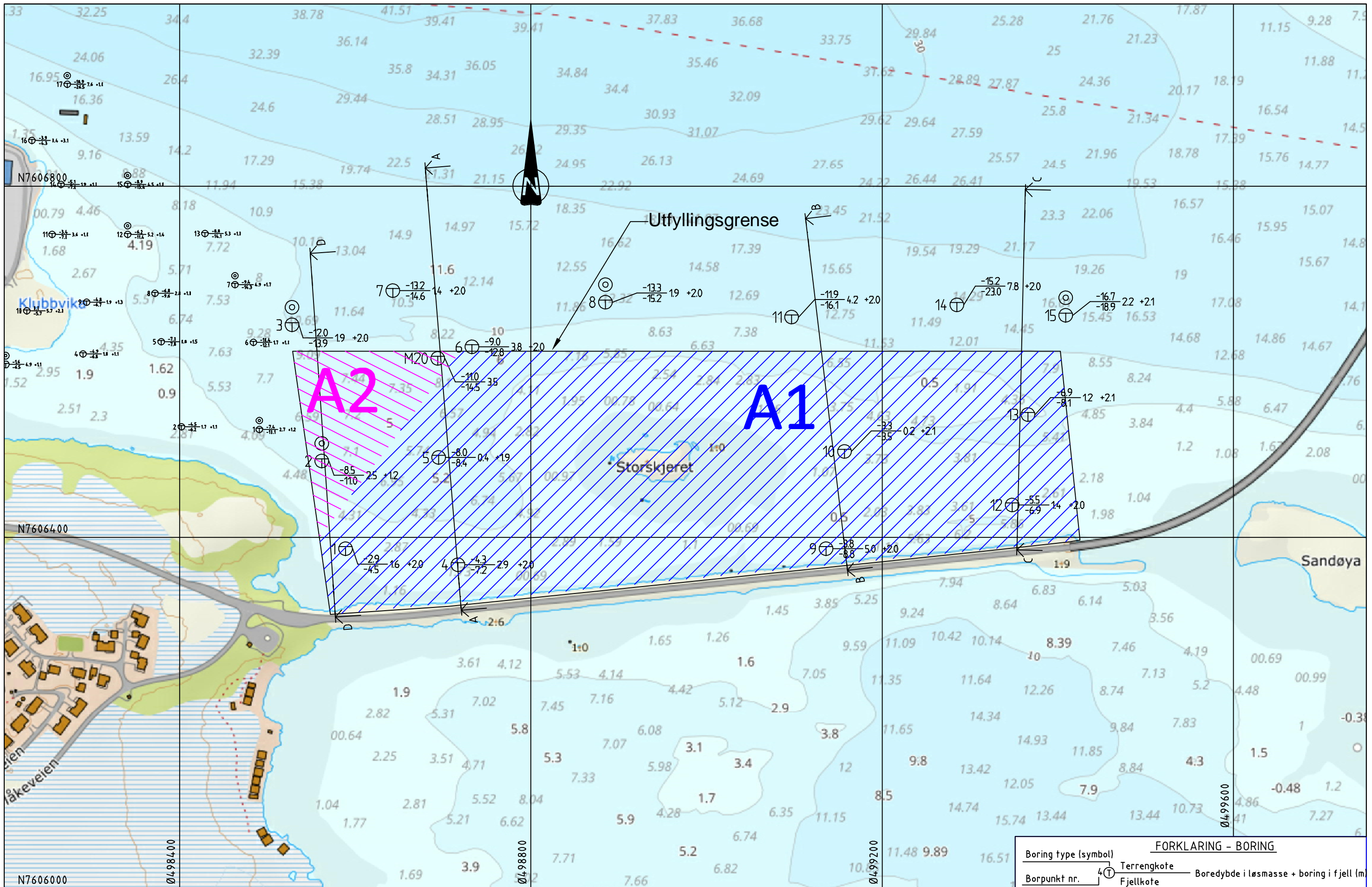
M 915 12 879  
oddbjorn.lefstad@ramboll.no

**Referanser:**

1: G-rap-001 1350035036 "Børøya Industriområde E3"

**Tegninger:**

- 1001, Situasjonsplan
- 1002, Profil A \_ Utfylt situasjon – Effektivspenningsanalyse
- 1003, Profil B \_ Utfylt situasjon – Effektivspenningsanalyse
- 1004, Profil C \_ Utfylt situasjon – Effektivspenningsanalyse
- 1005, Profil D \_ Utfylt situasjon – Totalspenningsanalyse og Effektivspenningsanalyse



FORKLARING - BORING	
Boring type (symbol)	Terrengekote
Borpunkt nr.	Fjellkote
	Boreddybde i løsmasse + boring i fjell (m)

OO	05.11.2019		NAZA	NAZA	OLD
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

**RAMBOLL**  
 Ramboll Norge AS  
 P.b. 9420 Torgarden  
 7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
**Børøya Industriområde E3**

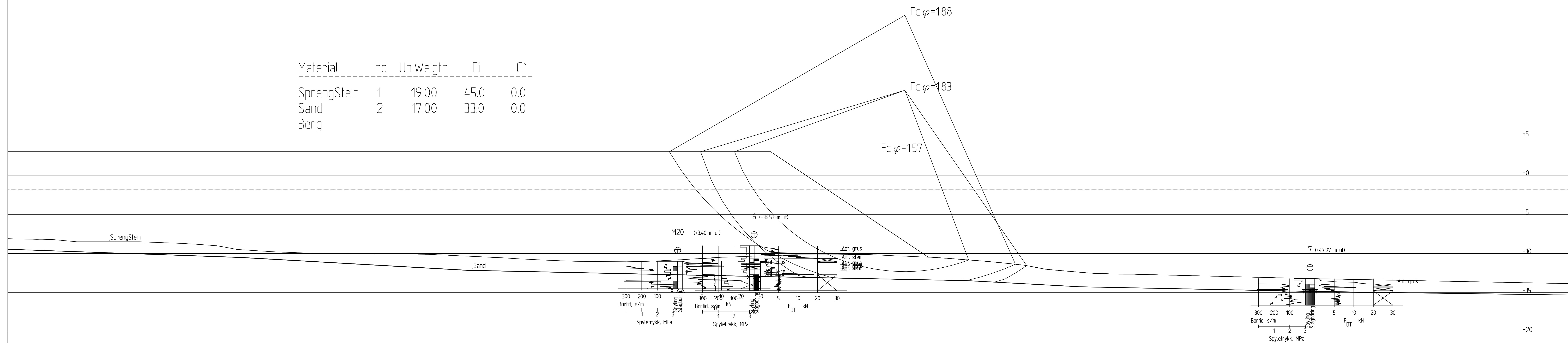
OPPDRAGSGIVER  
**Hadsel kommune**

INNHOOLD  
**SITUASJONSPLAN**  
 ⊕ Totalsondering  
 ⊙ Prøveserie

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
1350035036	1:4000	01	01
TEGNING NR.			REV.
1001			0



Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
SprengStein	1	19.00	45.0	0.0
Sand	2	17.00	33.0	0.0
Berg				



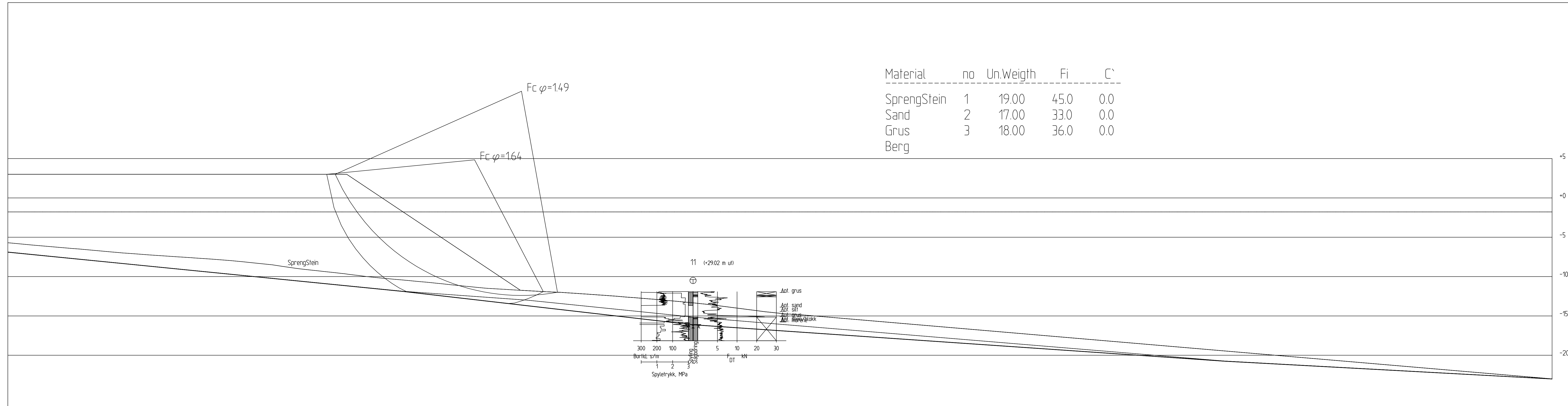
REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
05.11.2019			NAZA	NAZA	OLD
TEGNINGSSTATUS					

**RAMBOLL**  
 Ramboll Norge AS  
 P.O. 9420 Torshov  
 7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00  
 www.ramboll.no

OPPDRAAG: Børøya Industriområde E3  
 OPPDRAGSGIVER: Hadsel kommune

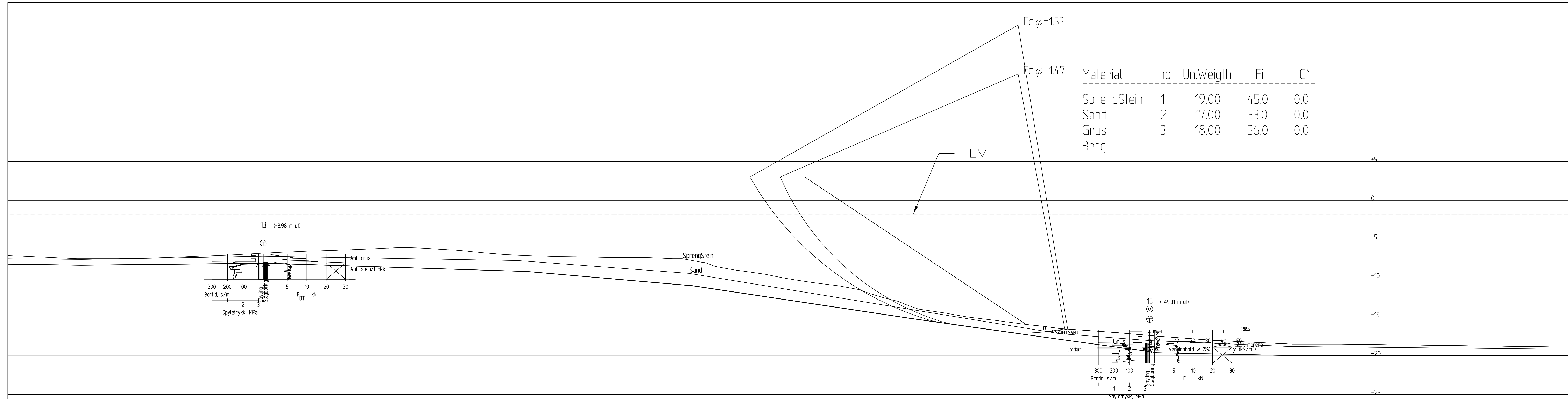
INNHOLD: Stabilitetsberegning  
 Profil A  
 Utfylt situasjon  
 Effektivspenningsanalyse

OPPDRAAG NR. 1350035036	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 1002			REV.



Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
Sprengstein	1	19.00	45.0	0.0
Sand	2	17.00	33.0	0.0
Grus	3	18.00	36.0	0.0
Berg				

05.11.2019 REV. DATE ENDRING		NAZA NAZA OLD TEGN KONTR GODKJ		<b>RAMBOLL</b> Ramboll Norge AS P.O. 9420 Torshov 7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 www.ramboll.no		OPPDRAG <b>Børøya Industriområde E3</b> OPPDRAGSGIVER <b>Hadsel kommune</b>		INNHOLD <b>Stabilitetsberegning</b> Profil B Utfylt situasjon Effektivspenningsanalyse		OPPDRAG NR. 1350035036	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR. 01	AV 01	TEGNING NR. 1003	REV.
---------------------------------	--	-----------------------------------	--	---	--	--	--	--	--	---------------------------	--------------------	----------------	----------	---------------------	------



05.11.2019	NAZA	NAZA	OLD
REV.	DATE	ENDING	TEGN. KONTR. GODK.
TEGNINGSSTATUS			

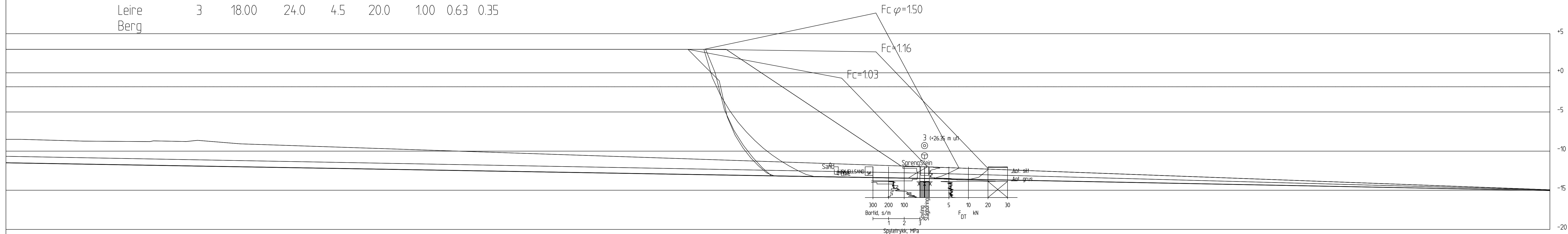
**RAMBOLL**  
 Ramboll Norge AS  
 P.O. 9420 Torshov  
 7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
**Børøya Industriområde E3**  
 OPPDRAGSGIVER  
**Hadsel kommune**

INNHOLD  
**Stabilitetsberegning**  
 Profil C  
 Utfylt situasjon  
 Effektivspenningsanalyse

OPPDRAG NR. 1350035036	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 1004			REV.

Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	1	19.00	45.0	0.0				
Sand	2	17.00	33.0	0.0				
Leire	3	18.00	24.0	4.5	20.0	1.00	0.63	0.35
Berg								



REV.	05.11.2019	NAZA	NAZA	OLD
TEGNING NR.		TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS				

**RAMBOLL**  
 Ramboll Norge AS  
 P.O. 9420 Torshov  
 7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00  
 www.ramboll.no

OPPDAG: Børøya Industriområde E3  
 OPPDRAGSGIVER: Hadsel kommune

INNHOLD: Stabilitetsberegning  
 Profil D  
 Utfylt situasjon  
 Effektivspenningsanalyse

OPPDAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
1350035036	1:200	01	01
TEGNING NR.			REV.
1005			