

NOTAT

OPPDRAAG	Raudsand- Utfylling i sjø	DOKUMENTKODE	617153-RIG-NOT-002
EMNE	Stabilitetsvurderinger	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Veidekke Entreprenør AS	OPPDRAAGSLEDER	Anne Birgitte Roe
KONTAKTPERSON	Erland Bygnes/Stig Mork	SAKSBEHANDLER	Anne Birgitte Roe
KOPI		ANSVARLIG ENHET	2212 Bergen Geoteknikk

SAMMENDRAG

Notatet vurderer stabilitetsforholdene for en fylling i forbindelse med det planlagte mottaksanlegget for farlig avfall på Raudsand.

Resultat fra refraksjonsseismiske undersøkelser, viser at i den nordvestlige delen av planlagt utfyllingsområde er det registrert et lag med faste masser tolket som morene, mens i den sørøstlige delen av området er det funnet et topplag som kan bestå av leire. Informasjon fra ROV undersøkelser, samt prøveresultat fra miljøundersøkelser, viser et antatt tynt topplaget av humusholdig sandig silt og siltig dy i hele området.

For stabilitetsberegningene har vi antatt at laget med siltig dy har en mektighet på maks 1, og at det er mulig å få fortrenget dette laget. Med denne forutsetningen er stabiliteten til den nordvestlige delen av planlagt utfylling ivarettatt. Mens når det gjelder området mot sørøst, vil det være behov for geotekniske grunnundersøkelser før det kan utføres stabilitetsvurderinger. Ut fra resultatene fra refraksjonsseismikken er det imidlertid mye som tyder på at det ikke vil la seg gjøre å legge ut en stabil fylling i dette området.

Vi har registrert at det omtalte slamlaget på sjøbunnen er forurensset. Dette laget må fjernes for å sikre at det ikke blir liggende et glidesjikt mellom steinmasser og morene. Dette laget kan fortrenkes under utfylling, men en er da avhengig at dette er forsvarlig av miljømessige hensyn og at miljøvernmyndighetene godtar det.

For å kunne utføre stabilitetsberegninger på prosjekteringsnivå vil det være behov for å utføre geotekniske grunnundersøkelser, som totalsonderinger og prøvetaking. Våre borefartøy kan utføre undersøkelser ned til en dybde på maks. 30-40 m. For større dyp vil det være behov for grunnundersøkelser som normalt utføres for offshore installasjoner med rigger på sjøbunnen.

00	31.5.2017	Klar til utsendelse	Anne Birgitte Roe	Runar Tyssebotn	Anne Birgitte Roe
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	3
2	Lokalitet.....	3
3	Bunntopografi og fyllingsgeometri.....	3
4	Grunnforhold	4
4.1	Utglijning av sjøfylling i 1975.....	4
4.2	Kartlegging utført med ROV	4
4.3	Miljøgeologiske undersøkelser.....	5
4.4	Seismiske undersøkelser	5
4.5	Geotekniske parametre.....	5
7	Oppsummering av stabilitetsforhold og vurdering av behov for supplerende grunnundersøkelser.....	6
8	Setninger	7
9	Plastring.....	7
10	Risikovurderinger.....	7
11	Referanser	7

Tegninger

RIG-TEG-001	Planlagt fylling
RIG-TEG -010	Geotekniske data SED_3
RIG-TEG -011	Geotekniske data SED_5
RIG-TEG -012	Geotekniske data SED_10
RIG-TEG-060	Korngradering SED_3, 5 og 10
RIG-TEG-500	Stabilitetsberegninger snitt 3
RIG-TEG-501	Stabilitetsberegninger snitt 4

Vedlegg

Rapport fra GeoPhysix
Prøvetakingsplan

1 Innledning

I forbindelse med planlegging av nasjonalt anlegg for mottak av farlig avfall på Raudsand skal det legges ut en sjøfylling som skal konsekvensutredes. Sjøfyllingen er planlagt ned til store vanddyp på ca. kote minus 170.

Prosjektet er i en tidlig fase, slik at omfanget og vurderingene er på et overordnet nivå. Det vil være behov for supplerende grunnundersøkelser for å kunne prosjektere denne utfyllingen.

På dette planstadiet har vi utført en vurdering av grunnforholdene på bakgrunn av refraksjonsseismiske undersøkelser og overflateprøver tatt i forbindelse med miljøundersøkelser. Foreliggende notat gir en overordnet vurdering av stabilitetsforholdene.

I forkant av de seismiske undersøkelsene ble det utført en stabilitetsvurdering ut i fra en antagelse om gode grunnforhold, disse er presentert i 617153-RIG-NOT-001 (1).

Vi har også utført miljøgeologiske undersøkelser for planlagt utfylling, disse blir presentert i egen rapport 617153-RIGm-RAP-001.

2 Lokalitet

Raudsand ligger i Nesset kommune ved det nedlagte gruveområdet. Aktuell område for utfylling er vist på kartusnittet i Figur 1 (www.norgeskart.no).



Figur 1: Aktuell utfyllingsområde

3 Bunntopografi og fyllingsgeometri

Sjøbunnen i det aktuelle området for utfylling er kartlagt av Abyss Subsea AS, og resultater er presentert i rapport nr. ABAS-IR-10155-01-Raudsand rev. 02 (2). Bunnkartleggingen viser i grove trekk at sjøbunnen ligger med helning rundt 1:2,0 i øvre del og 1:1,9 under ca. kote minus 100 til 130. Det vises til bunnkotekartet med innlagt fylling på tegning G1.

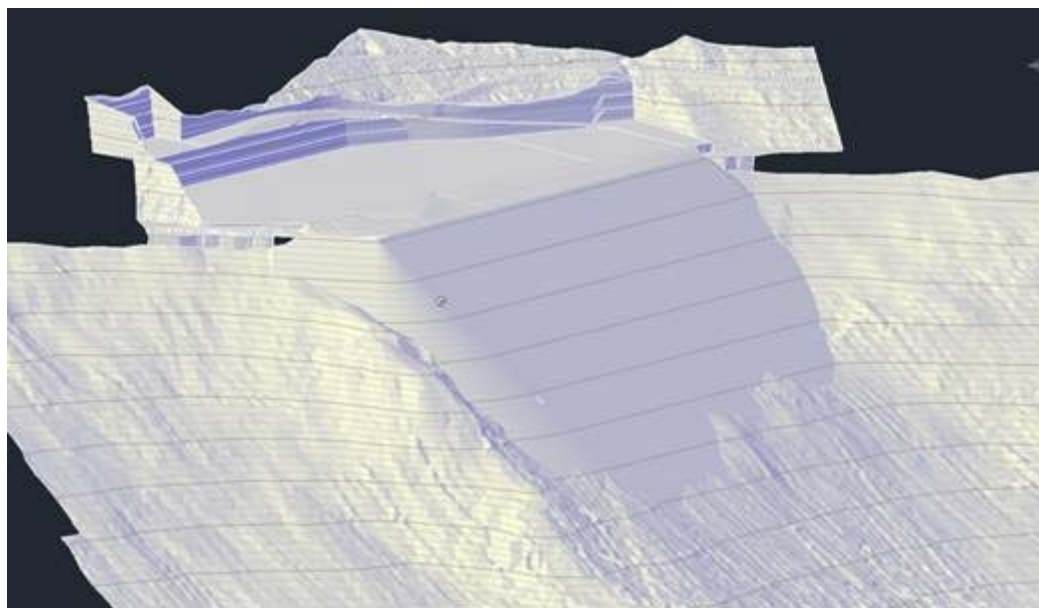
Veidekke har beregnet volumet i fyllingen til 3,22 mill. am^3 (3). Det er da ikke tatt hensyn til svinn ved utfylling, noe som normalt er betydelig i sjøfyllinger. Sprengsteinen skal tas ut fra planlagte fjellhaller og et område som skal sprenges ut på land.

Fyllingen er i utgangspunktet lagt med helning 1:1,5 i fronten slik at overflatestabiliteten skal være tilfredsstillende. Vi har ikke vist profiler under dette kapitlet, men viser til kapittel 6 som gir resultater av beregningene der to profiler er vist.

Fyllingstopp er lagt på kote 8.

Lengden av fyllingsfronten er tilpasset tilgjengelig volum. I tillegg har vi kontrollert at fyllingsfoten mot sørøst kommer nord for den undersjøiske ryggen som ligger like sørøst for viste fyllingsfot, se Figur 2, der fyllingen er illustrert, og tegning G1.

Fyllingen er prosjektert i kartgrunnlag med høydereferanse NN1954.



Figur 2: Relieff av fylling, utsprengt areal og sjøbunn

4 Grunnforhold

4.1 Utglidning av sjøfylling i 1975

I 1975 raste en sjøfylling ut ved Raudsand. Fyllingen ble lagt med en høyde på 6-8 m over sjønivå og området ble benyttet som et lagerområde for pukkmasser der det ble lagret store hauger med pukk helt ut på kanten av det oppfylte området. Utrasingen av sjøfyllingen var trolig forårsaket av stor belastning ved fyllingsfront eventuelt kombinert med for bratt helling på fyllingen.

Dette samsvarer med at bunnkotekartet, se tegning G1, hovedsakelig viser jevne bunnkoter (med unntak av en undersjøiske rygg.) Vi har ikke klart å lokalisere noen utglidninger ut i fra disse kotene. Kotekartet starter på kote minus 11, slik at det mangler informasjon om de grunne områdene.

I følge Vidar Aarvold var denne utrasingen lokalisert sør for den undersjøiske ryggen vist på tegning G1, dvs utenfor området som nå er planlagt utfyllt.

4.2 Kartlegging utført med ROV

Abyss har utført bunnkotekartlegging, inspisert med ROV samt tatt bilder av sjøbunnen (2).

I rapporten fra Abyss står det at steiner etc. ser ut til å være dumpet fra land og er å finne i varierende mengder helt ned til ca. 30 m dypde. Hele bunnen ser ut til å være dekket av fint melaktig støv/slam og det var ikke mulig å fastslå mektigheten på støvet/slammet.

4.3 Miljøgeologiske undersøkelser

De forbindelse med de miljøgeologiske undersøkelser har vi tatt opp overflateprøver i flere punkter, se vedlagt prøveplan. Det ble tatt prøver i samtlige prøvepunkt. På bakgrunn av en visuell vurdering av prøvene, ble det valgt tre prøver der det ble utført geotekniske laboratorieundersøkelser. Resultatene er presentert som geotekniske data på tegningene RIG-TEG-010-012 og som korngradering på RIG-TEG-060.

Undersøkelsene viser at materialet består av svært løst lagret materiale av humusholdig sandig silt og siltig dy. I forbindelse med ROV-undersøkelser er det registrert en mektigheten på dette laget på minimum 1 m. Resultatene indikerer et økende innhold av humus med økende vandybde.

4.4 Seismiske undersøkelser

Rapporten for de seismiske undersøkelser er vedlagt dette notatet. Plan for de seismiske profilene er vist på tegning G1.

I profil A-A, som går langs strandkanten, er det hovedsakelig registrert en seismisk hastighet på 2200 m/s på løsmassene, noe som kan tolkes som morenemateriale. Et unntak er den sørøstlige delen av profilet, mellom profil 440 og 585, der det er registrert et topplag på 3-4 m med en seismisk hastighet på 1500m/s. Dette materialet kan består av leire.

Profil B-B er lagt vinkelrett på strandlinjen. I dette profilet viser undersøkelsene at massene hovedsakelig består av løsmasser med en seismisk hastighet på 2100 m/s, noe som kan tolkes som morene. Et unntak er den indre delen av profilet fra profil 0-90 der det er registrert et lag på omtrent en meters tykkelse der seismisk hastighet er 1800 m/s, denne typen materiale kan tolkes som sand og grus.

4.5 Geotekniske parametre

Laget med siltig dy er ifølge de seismiske undersøkelser, ikke registrert i den nordlige delen av planlagt utfyllingsområde. Laget er derfor tolket til å være relativt tynt, og vi har vi antatt en tykkelse på opptil 1 m i dette området. Denne forutsetningen må kontrolleres med grunnundersøkelser på et senere planstadium.

I den sørøstlige delen av profil A-A, kan det ligge et topplag med leire. Det er her behov for geotekniske grunnundersøkelser for å vurdere hvilke type masser materialet består av, og hvilke styrkeparametre massene har.

På bakgrunn av utførte undersøkelser, er vår vurdering at i området nordvest for profil 440 i A-A kan vi holde fast på geotekniske parametre som presenterte i RIG-NOT-001. Vi forutsetter her at det tynne slamlaget i toppen fortrenses under utfylling. Vi vil her understreke at det kun er utført grunnundersøkelser i et begrenset omfang, og at det må utføres supplerende undersøkelser i forbindelse med en senere planfase.

Når det gjelder området sørøst for profil 440 i A-A, vil det være behov for geotekniske grunnundersøkelser før det kan utføres stabilitetsvurderinger.

Karakteristiske geotekniske parametre er valgt på bakgrunn av erfaringsverdier fra Statens vegvesens håndbok V220 (4), se [Tabell 1](#).

Stabilitetsvurderinger

Tabell 1: Karakteristiske geotekniske parametre

Materiale	Tyngdetetthet, γ/γ' [kN/m ³]	Friksjonsvinkel, $\tan \phi$	Attraksjon, a [kN/m ²]
Sprengstein	18/11	0,9	0
Fast lagret sand og grus	18/8	0,78	0

Stabilitetsvurderinger er mest konservative ved å anta lav ytre vasstand og vi har følgelig lagt til grunn spring lavvann som ytre vannstand på kote minus 1,7.

Vi har utført stabilitetsberegninger i profilene nr. 2 og 3, se tegning G1.

4.6 Valg av partialfaktor

For bruddgrensetilstand har vi satt $\gamma_m > 1,3$ i henhold til Eurocode 7 (5).

5 Laster

I stabilitetsberegningene har vi forutsatt en jevnt fordelt dimensjonerende last på $q_d = 50 \text{ kN/m}^2$ i bruddgrensetilstanden. Denne er plassert 3 m bak fyllingsfronten.

6 Stabilitetsvurderinger

Stabilitetsanalyser er utført med programmet GeoSuite Stability (6). Beregningene er utført på a - ϕ -basis, drenert analyse. Det er utført beregninger for både sirkulære og ikke-sirkulære skjærflater.

Utskrift av beregningene vist på tegning RIG-TEG-500 og 501. Disse viser en partialfaktor (γ_m) på henholdsvis $\gamma_m = 1,35$ og $\gamma_m = 1,50$, noe som er tilstrekkelig i forhold til kravet på $\gamma_m > 1,3$.

7 Oppsummering av stabilitetsforhold og vurdering av behov for supplerende grunnundersøkelser

Det er et relativt stort område som er planlagt utfyllt, og det er kun utført to seismiske profiler. I områdene der vi ikke har resultat fra de seismiske undersøkelsene kan grunnen bestå av andre typer materiale enn det vi har registrert.

For eksempel er det registrert variasjon i materiale langs profil A-A. Også i andre deler av området kan det være variasjoner i grunnforholdene.

I våre beregninger har vi lagt til grunn at laget med siltig dy har en begrenset mektighet, maks 1 m, og at dette laget vil bli fortrent av sprengsteinsmassene. Denne forutsetningen må kontrolleres når en får bedre kjennskap til grunnforholdene.

Med denne forutsetningen er vår vurdering at stabiliteten vil være tilfredsstillende i området nordvest for profil 440 i A-A. Mens når det gjelder området sørøst for dette profilet, vil det være behov for geotekniske grunnundersøkelser før det kan utføres stabilitetsvurderinger. Ut fra resultatene fra refraksjonsseismikken er det imidlertid mye som tyder på at det ikke vil la seg gjøre å legge ut en stabil fylling i dette området.

For å kunne utføre stabilitetsberegninger på prosjekteringsnivå vil det være behov for å utføre geotekniske grunnundersøkelser, som totalsonderinger og prøvetaking. Våre borefartøy kan utføre undersøkelser ned til en dybde på maks. 30-40 m. For større dyp vil det være behov for grunnundersøkelser som normalt utføres for offshore installasjoner med rigger på sjøbunnen.

Vi har registrert at det omtalte slamlaget på sjøbunnen er forurenset. Dette laget må fjernes for å sikre at det ikke blir liggende et glidesjikt mellom steinmasser og morene. Dette laget kan fortrenkes under utfylling, men en er da avhengig av at dette er forsvarlig av miljømessige hensyn og at miljøvernmyndighetene godtar det. Alternativt kan det mudres bort, noe som sannsynligvis vil være svært kostnadskrevenende.

For å få lagt ut fyllingen til store dyp og med en helling 1:1,5 anbefales sprengsteinsmassene lagt ut med lekter opp til omtrent kote minus 4. Fra kote minus 4 til topps kan fyllingen legges ut fra land.

Videre vil vi anbefale at det utarbeides en utfyllingsplan for å sikre at fyllingen blir lagt ut som planlagt. Mektigheten og fordelingen av laget med siltig dy, vil påvirker hvordan det er mest hensiktsmessig å legge ut fyllingen.

For å kontrollere underveis at fyllingen er lagt ut som planlagt vil vi anbefale at det utføres flere kartlegginger med multistråle underveis i utfyllingsarbeidet.

Fortrenging av laget med siltig dy kan føre til at det vil gå med et større volum med steinmasser enn prosjektert i fyllingen. Det kan også være andre forhold som medfører svinn i fyllingen, dvs. at det må tas høyde for at det kan gå med større mengder stein enn antatt i fyllingen.

8 Setninger

I laget med antatt morene forventer vi små setninger. Videre har vi lagt til grunn at laget med siltig dy vil bli fortrenget og at det dermed ikke vil medføre setninger.

Når det gjelder egensetningene til sprengsteinsfyllingen forventer vi setninger i størrelsesordenen 1-2% av fyllingshøyden. På grunn av varierende høyde på fyllingen vil omfanget av setningene variere.

Setningene vil bli størst ut mot fyllingskant, og setningshastigheten vil avta med tiden. For å kunne bruke fyllingen til industriformål, inklusiv bygninger og kaier anbefaler vi at i alle fall deler av fyllingen blir dypkomprimert. Dypkomprimeringen vil også ha begrenset dybdevirkning, men i og med at spenningen i dypereliggende områder av fyllingen antas å bli svært stor er det viktigst å få dypkomprimert den øvre delen der det lar seg gjøre å dypkomprimere. Det finnes utstyr på markedet som kan dypkomprimere til omtrent 30-35 m dybde.

9 Plastring

For å unngå erosjon i fylling, må fyllingen erosjonssikres mot sjøen. Plastring med eventuelt filterlag må dimensjoneres spesielt.

10 Risikovurderinger

I forkant av utfyllingsarbeidet må det utarbeides en plan for utfylling der hensynet til helse, miljø og sikkerhet er ivaretatt. Det må også utarbeides en sikker jobbanalyse.

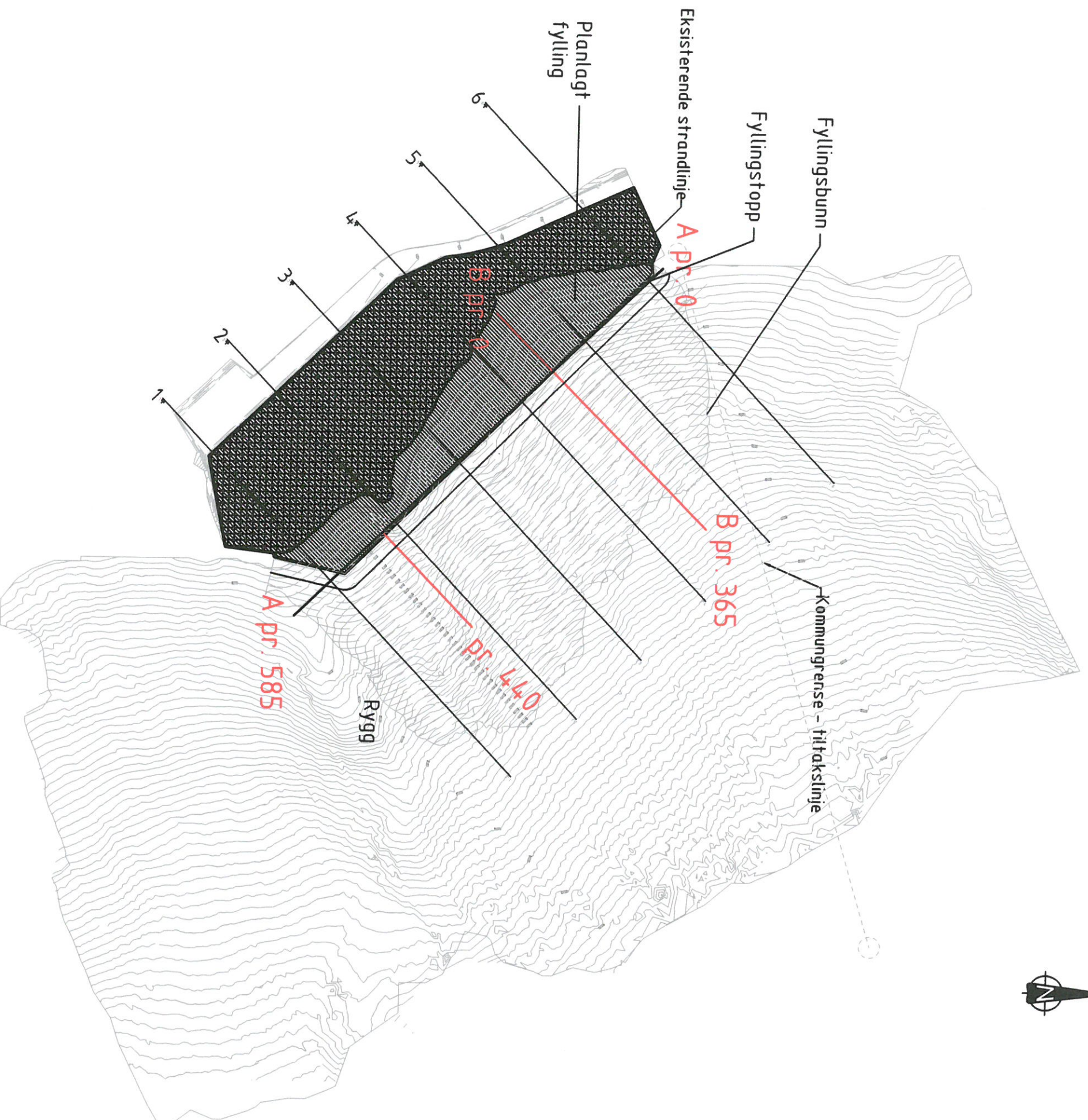
For planlagt utfylling er det viktig at geometrien av fyllingen følges opp kontinuerlig slik at sikkerheten mot uønskede utglidninger ivaretas under hele utfyllingen.

11 Referanser

1. **Multiconsult ASA.** 617153-RIG-NOT-001, Raudsand- Utfylling i sjø, Innledende Stabilitetsvurderinger, datert 20.3.2017.
2. **Abyss Subsea AS.** Rapport nr. ABAS-IR-10155-01Raudsand rev. 02, 01.03.2017.

Stabilitetsvurderinger

3. **Veidekke.** *Masserapport, Utfylling i sjø for opparbeidelse av prosessområde, Raudsand, datert 11.05.2017.*
4. **Statens vegvesen.** *Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, 2014.*
5. **NS-EN 1997-1:2004+NA:2008, "Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler," Standard Norge.**
6. **Geosuite Stability.** *Novapoint GeoSuite Tollbox, Versjon 15.1.1.0, 2014.*



Tegnforklaring:

A pr. 0 ——— A pr. 585 Seismisk profil

VEIDEKKE ENTREPRENØR AS
RAUSAND, KU FOR SJØFYLLING OG KAI

PLANLAGT FYLLING

Fag
RIG
Format
A3
Dato
18.05.17
Format/Målestokk:
1:5000

Multiconsult
www.multiconsult.no

Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Oppdragsnr. 617153	Tegningsnr. JSB	APR	APR
RIG-TEG-001			Rev.

Dybde (m)	Beskrivelse	kt. +	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm ³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
					10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
1	SILT, SANDIG, HUMUSHOLDIG			K						58		4,4						
2																		
3																		
4																		
5																		

Symboler:


Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøying (%) ved brudd)



Vanninnhold



Omrørt konus

 ρ = Densitet

T = Treaksialforsøk

 ρ_s : 2,75 g/cm³

Ø = Ødometerforsøk

Grunnvannstand: 0 m

K = Korngradering

Bortok:

Lab-bok: Digital

Plastisitetsindeks, Ip



Uomrørt konus

 S_t = Sensitivitet

PRØVESERIE

Borhull:

SED_3
VEIDЕККЕ ENTREPRENØR AS

Dato:

2017-05-15
RAUDSAND, KU FOR SJØFYLLING OG KAI
Multiconsult

www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

NJN

Kontrollert:

ABR

Oppdragsnummer

617153

Tegningsnr.:

RIG-TEG-010

Godkjent:

ABR

Rev. nr.:

00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm ³)	Poreitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					S _t (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
1	DY, SILTIG		K						158		10,5						
2																	
3																	
4																	
5																	

Symboler:


Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd)



Vanninnhold



Omrørt konus

 ρ = Densitet

 S_1 = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk

Ø = Ødometerforsøk

K = Komgradering

 ρ_s : 2,75 g/cm³

Grunnvannstand: 0 m

Bortbok:

Lab-bok: Digital

PRØVESERIE

Børnutt:

SED_5
VEIDЕККЕ ENTREPRENØR AS

Dato:

2017-05-15
RAUDSAND, KU FOR SJØFYLLING OG KAI
Multiconsult

www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

NJN

Kontrollert:

 ABR *RT*

Godkjent:

ABR

Oppdragsnummer:

617153

Tegningsnr.:

RIG-TEG-011

Rev. nr.:

00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm ³)	Poreisitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
1	DY, SILTIG		K						205		15,4						
2																	
3																	
4																	
5																	

Symboler:


Enaksialforsøk (strek angir aksial tøying (%) ved brudd)



Vanninnhold



Omrørt konus

 ρ = Densitet

 T = Treaksialforsøk
 Ø = Ødometerforsøk
 K = Korngradering

 ρ_s : 2,75 g/cm³
 Grunnvannstand: 0 m
 Borbøk:
 Lab-bøk: Digital

 Plastisitetsindeks, I_p


Uomrørt konus

 S_t = Sensitivitet

PRØVESERIE

Borhull: SED_10

VEIDЕККЕ ENTREPRENØR AS

Dato: 2017-05-15

RAUDSAND, KU FOR SJØFYLLING OG KAI

Multiconsult
 www.multiconsult.no

 Konstr./Tegnet:
 NJN

 Kontrollert:
 ABR Z

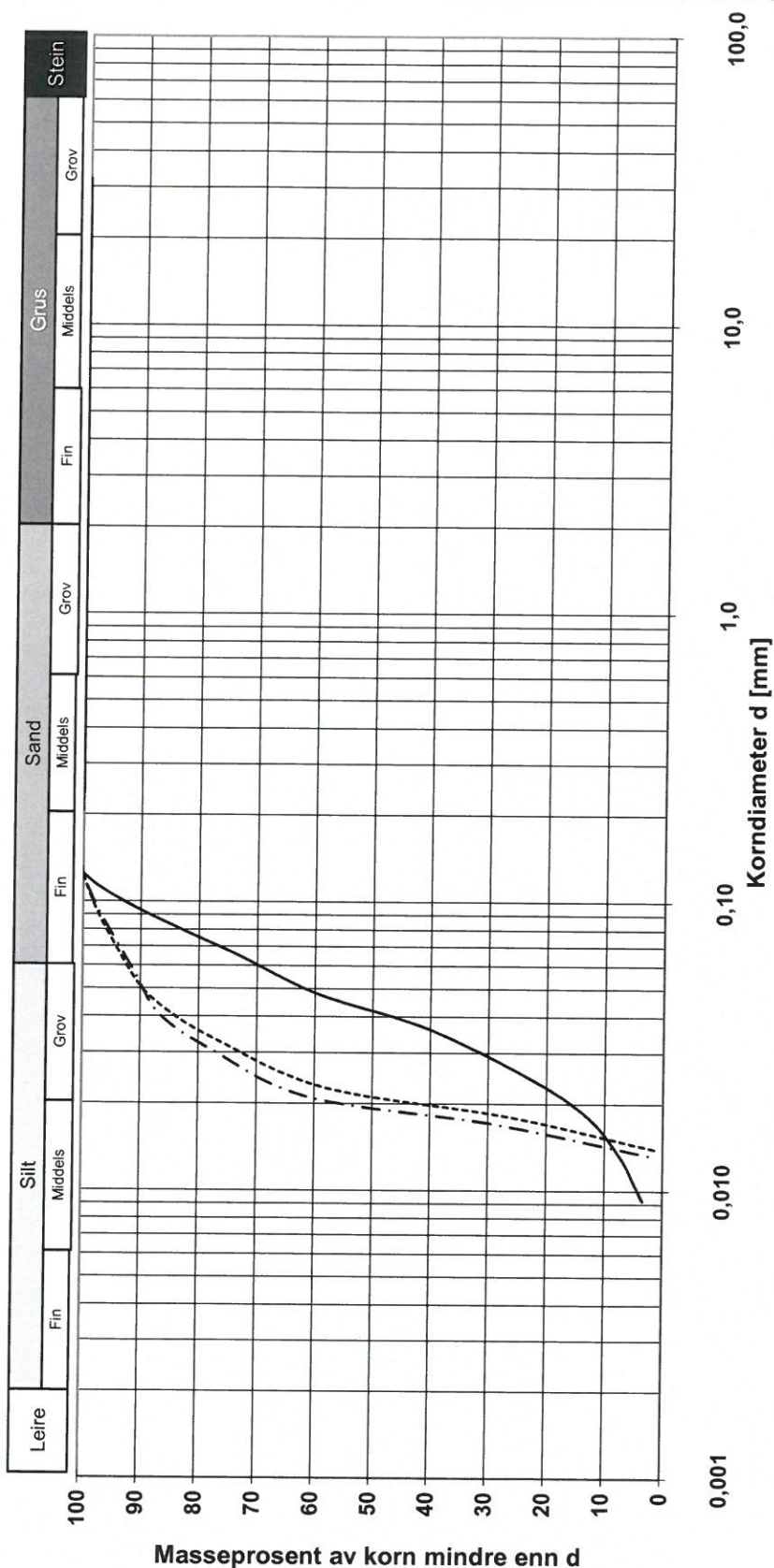
 Godkjent:
 ABR

 Oppdragsnummer:
 617153

 Tegningsnr.:
 RIG-TEG-012

 Rev. nr.:
 00

KORNGRADERINGSKURVE



SYM-BOL	PRØVE-SERIE NR.:	DYBDE m (KOTE)	JORDARTSBETEGNELSE	w [%]	O _{GL} [%]	ANMERKNING	METODE		
							TØRR-SIKT	HYDR. F.DROP	VAT+TØRR SIKT
---	3	0,0-0,2m	Silt, sandig, humusholdig	58,3	4,4			X	
---	5	0,0-0,2m	Dy, siltig	158,2	10,5			X	
---	10	0,0-0,2m	Dy, siltig	204,6	15,4			X	

VEIDEKKE ENTREPRENØR AS
RAUDSAND, KU FOR SJØFYLLING OG KAI

Boring nr.
SED_3, 5 og 10

Tegningens filnavn
617153-RIG-TEG-060

Borplan nr.

Borbok/Lab.bok
/Digital

Multiconsult

KORNGRADERING

Multiconsult AS

Nesttunbrekka 95
5221 BERGEN
Tlf.: 55 623700

Dato
15.05.2017

Tegnet
NJN

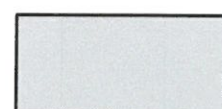
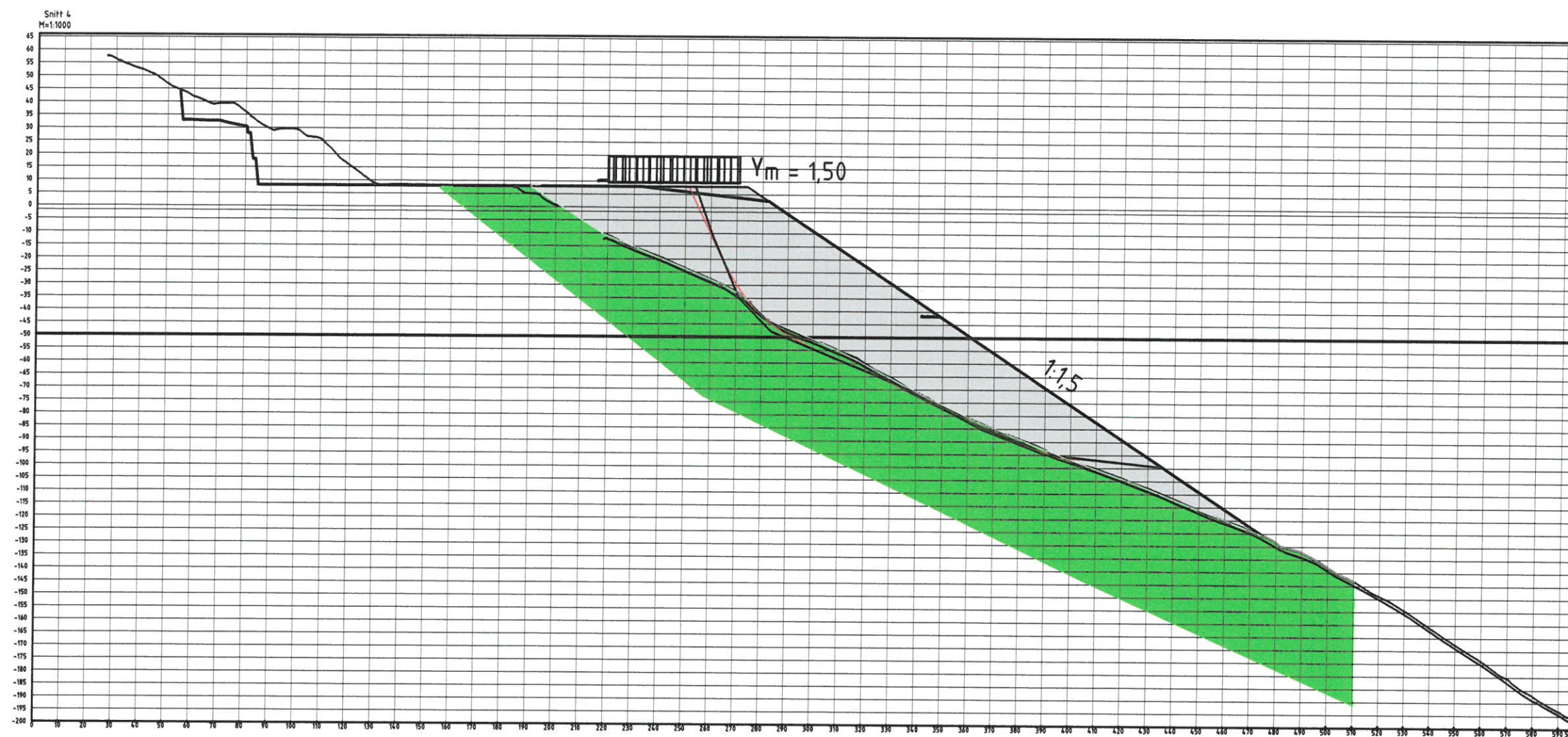
Kontrollert
ABR

Godkjent
ABR

Oppdrag nr.
617153

Tegning nr.
RIG-TEG-060

Rev.



Sprengstein



Faste masser

VEIDEKKE ENTREPRENØR AS
RAUSAND, KU FOR SJØFYLLING OG KAI

STABILITETSBEREGNINGER SNITT 4

Fag
RIG

Format
A3

Dato
29.05.17

Format/Målestokk:
1:2000

Multiconsult
www.multiconsult.no

Status

Konstr./Tegnet
/JSB

Kontrollert
ABR

Godkjent
ABR

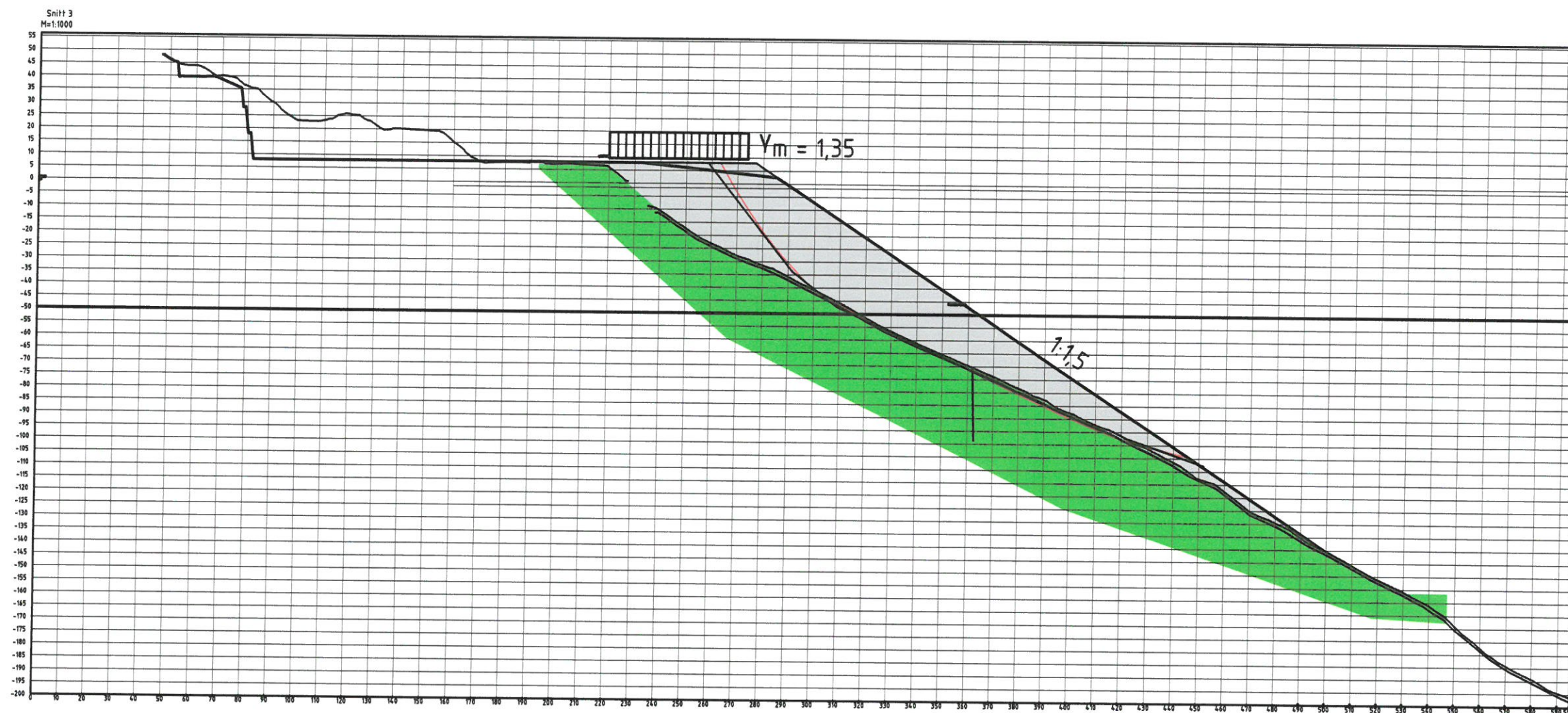
Oppdragsnr.

617153

Tegningsnr.

RIG-TEG-501

Rev.



Sprengstein



Faste masser

VEIDEKKE ENTREPRENØR AS
RAUSAND, KU FOR SJØFYLLING OG KAI

Fag
RIG

Format
A3

Dato
29.05.17

STABILITETSBEREGNINGER SNITT 3

Format/Målestokk:

1:2000

Multiconsult

www.multiconsult.no

Status

Oppdragsnr.

617153

Konstr./Tegnet
/JSB

Tegningsnr.

RIG-TEG-500

Kontrollert
ABR

Godkjent

ABR

Rev.



Bergmesteren
Raudsand AS



Rapport 17086:
KU for utfylling i sjøen og kai, Raudsand
Refraksjonsseismiske undersøkelser.



GeoPhysix AS
epost@geophysix.no
www.geophysix.no



INNHold:

	<u>Side</u>
1. Innledning	3
2. Måleprogram refraksjonsseismikk	3
3. Feltarbeid	3
4. Utstyr	3
5. Prosessering og tolkning av data	3
6. Nøyaktighet	4
7. Resultat	5

TEGNINGER

		<u>Tegning nr.</u>
Plan Profil A og B, Raudsand	1: 5000	17086 -300
Profil A-1, Raudsand	1: 500	-301
Profil A-2, Raudsand	1: 500	-302
Profil A-3, Raudsand	1: 500	-303
Profil B-1, Raudsand	1: 500	-304
Profil B-2, Raudsand	1: 500	-305

VEDLEGG:

- Vedlegg 1, Refraksjonsseismisk metodebeskrivelse
- Vedlegg 2, Tegnforklaring refraksjonsseismikk



1. INNLEDNING

På oppdrag fra Bergmesteren i Raudsand og Veidekke har GeoPhysix AS utført refraksjonsseismiske undersøkelser for «KU for utfylling i sjøen og kai». Formålet med denne undersøkelsen var å kartlegge sedimenttykkelse og sedimenttype i områder i sjøen der man vurderer utfylling.

2. SAMMENDRAG

I området Raudsand langs profilene A og B ble det registrert 0-12m tykke sedimenter. Sørøst i området ble det registrert lagdelte masser med et øvre tynt lag med en hastighet på 1550 m/s (mulig leire/silt). Sedimentene ble ellers registrert med en hastighet på 1800-2200 m/s. (Typisk for grove sediment eller morene).

3. MÅLEPROGRAM REFRAKSJONSSEISMIKK

De undersøkte området utredes i "KU for utfylling i sjø og kai". Formålet med undersøkelsene var å gi en oversikt over sediment tykkelser og sedimenttype. Måleprogrammet i Raudsand omfattet til sammen 2 profiler med en lengde på 1025 meter. Profil A ble målt til 585m i plan og 620m langs bunn eksklusive overlapp utover 10m. Profil B ble målt til 365m i plan og 405m langs bunn eksklusive overlapp utover 10m.

4. FELTARBEID

Arbeidet med de seismiske målinger ble foretatt fra 19.-20. april 2017.

Forberedelse av feltarbeidet

Veidekke sørget for varsling av grunneiere og kabelpåvisning mens GeoPhysix var ansvarlig for å innhente nødvendige tillatelser for arbeidene på sjøen. Dette innbefattet søknad til Kystverket og kontakt med havnemyndigheter etc.

Refraksjonsseismiske registreringer

Det ble brukt seismikkutstyr med 48 kanaler. Det ble brukt målekabel som var 235m lang med 48 hydrofoner. Det ble skutt 11 skudd i hvert kabelutlegg.

5. UTSTYR

Det ble brukt:

- Registreringsinstrument ABEM-Terraloc Pro med 48-kanaler.
- TopCon HiPer SR+ C-pos korriger GPS utstyr.
- TopCon Legacy RTK GPS med base-korreksjon.
- Garmin ekkolodd
- 48 kanals sjøkabel med 5 m hydrofonavstand, effektiv lengde pr. utlegg 235 meter.
- NaviPac navigasjonsverktøy
- Polarcirkel 690 SPORT arbeidsbåt

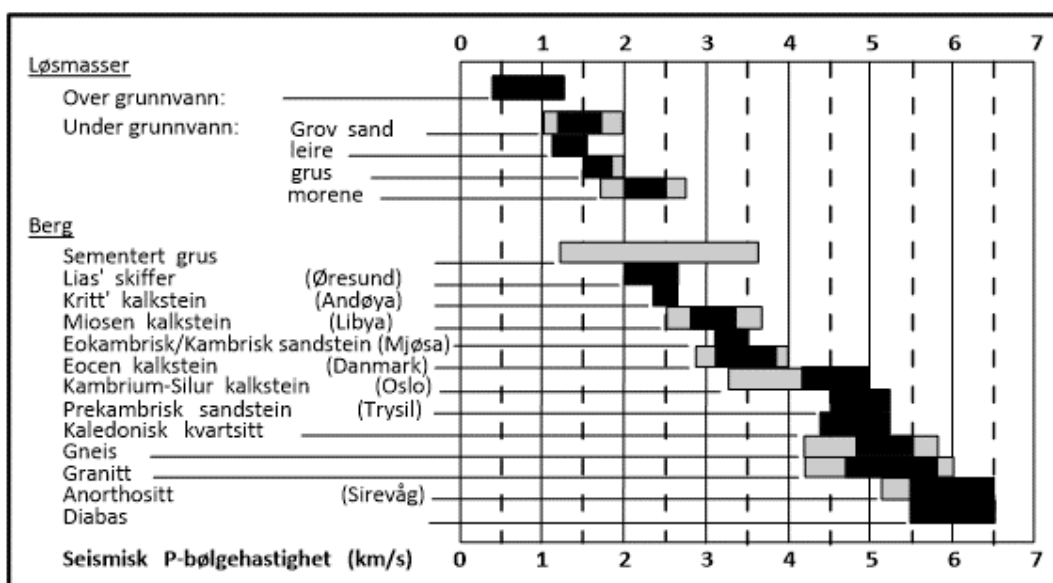
6. PROSESSERING OG TOLKING AV DATA

Registreringene ble fortløpende kontrollert under feltarbeidet og prosessert etter utførte målinger. Seismikkregistreringene ble digitalisert, etterprosessert, utskrevet på papir og manuelt tolket. Fjelloverflaten og laggrenser ble til slutt digitalisert og profilene tegnet opp.

7. NØYAKTIGHET

Nøyaktigheten ved beregning av løsmassetykkelsen er tradisjonelt angitt til 2 meter eller 15% for refraksjonsseismiske målinger.

Avvik fra normal angitt nøyaktighet kan forekomme ved ugunstig geologi, siderefraksjon og i forbindelse med lavhastighetssoner og blindlag i løsmasser (lag med lavere hastighet under lag med høyere hastighet).



Tabell 1: Empiriske verdier for seismiske hastigheter i ulike materialer.

Nøyaktigheten for innmåling med TopCon Legacy er angitt til bedre enn 5 centimeter horisontalt og 8 centimeter vertikalt i 95 % av tiden.

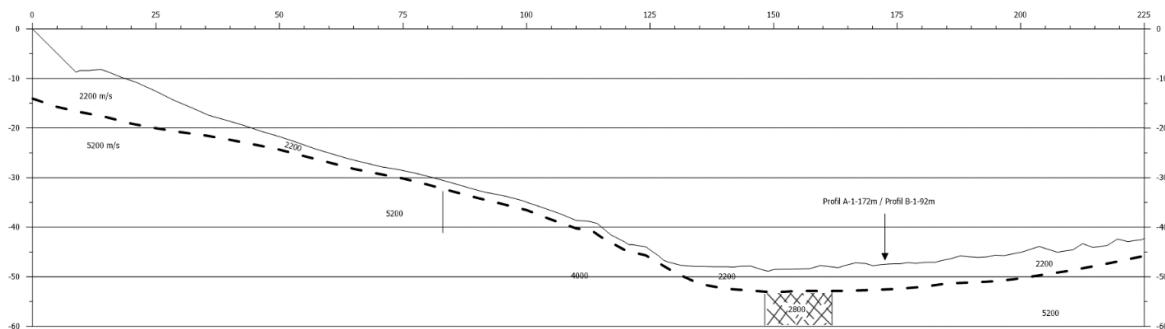


8. RESULTAT

Refraksjonsseismikk

Alle lengdemål (lm) i teksten refererer til horisontalmål.

Profil A1/17



Profilen er vist i plan på tegning -300 og i profil på tegning -301.

Null i profilen ligger i **nordvest**.

Profilen er 225 meter langt.

Bunnprofil

Bunnen faller fra ca. kote -0 i starten av profilen til ca. kote -49 i lm 150 for deretter å stige svakt til ca. kote -42 i slutten av profilen i lm 225.

Sedimenter

Det ble beregnet ca. 0-14m løsmasser langs profilen. Sedimenttykkelsen minker fra ca. 14 m i lm 0 til ca. 2m i lm 65. Tykkelsen ble målt til 2m frem til lm 130 hvor sedimenttykkelsen øker til ca. 4-5m og forblir 4-5m til lm 225. Hastigheten i sedimentene ble beregnet til 2200 m/s.

Berg

Fjelloverflaten faller fra ca. kote -14 i lm 0 til ca. kote -53 i lm 145 for deretter å stige til ca. kote -46 i slutten av profilen, lm 225.

Hastigheten i fjellgrunnen ble registrert med en basishastighet på ca. 5200 m/s.

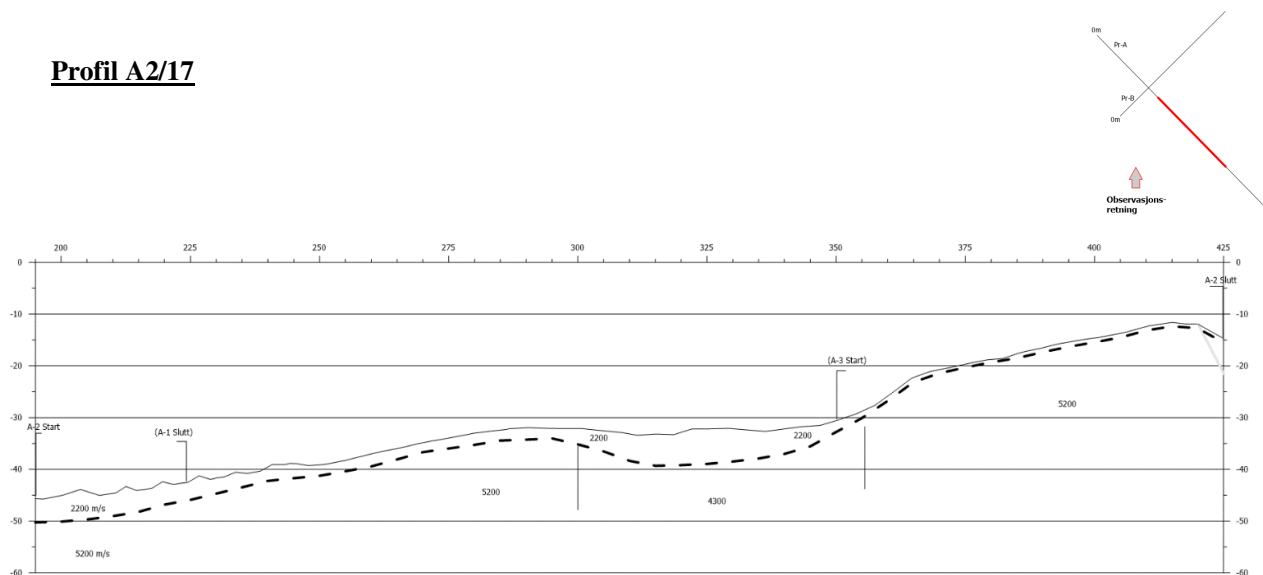
Laveste fjellnivå var ca. kote -53 ble registrert i lm 145.

Det ble registrert en lavhastighetssone i lm 148-162 med en hastighet på 2800 m/s.

Det ble også registrert en strekning med lavere hastighet, 4000 m/s i lm 83-148.



Profil A2/17



Profilen er vist i plan på tegning -300 og i profil på tegning -302.

Null i profilen ligger i **nordvest**.

Profilen er 230 meter langt.

Bunnprofil

Bunnen stiger fra ca. kote -46 i lm 195 til ca. kote -12 i lm 420 for deretter å falle svakt til ca. kote -15 i slutten av profilen i lm 425.

Sedimenter

Det ble beregnet ca. 0-7m sedimenter langs profilen. sedimenttykkelsen minker fra ca. 4 m i lm 195 til ca. 2m i lm 295. Tykkelsen øker deretter til ca. 7m i lm 325 for så å minke til ca. 0m i lm 355. Ca. 0m ble registrert videre til slutten av profilen i lm 425. Hastigheten i sedimentene ble beregnet til 2200 m/s.

Berg

Fjelloverflaten stiger fra ca. kote -50 i lm 195 til ca. kote -34 i lm 295 for deretter å falle til ca. kote -40 i lm 335. Videre frem i profilen stiger fjellet til ca. kote 13 i lm 420 for så å falle til ca. kote 15 i lm 425.

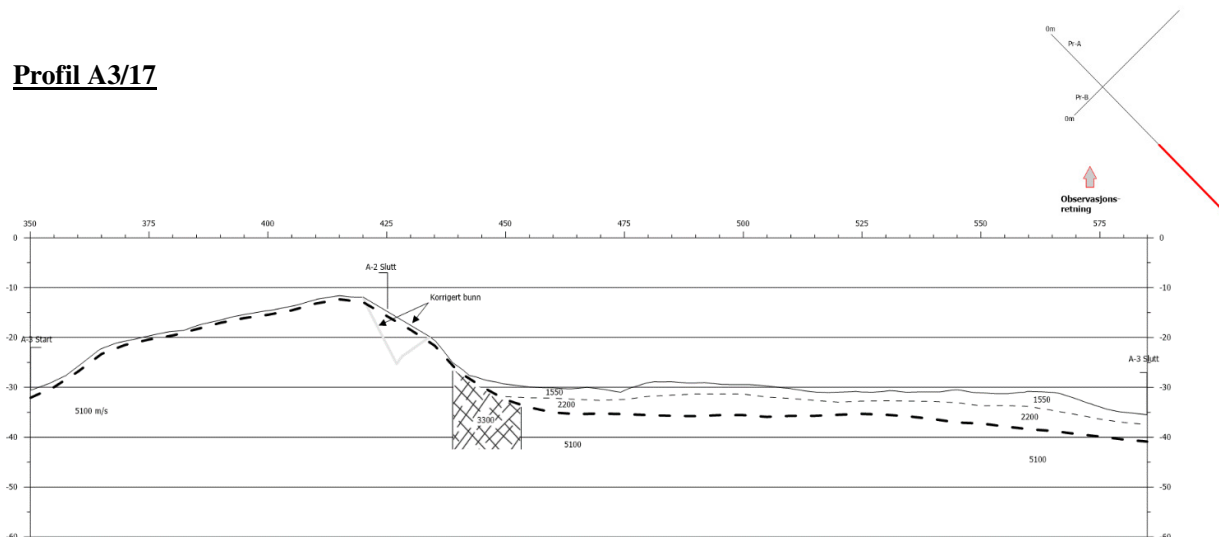
Hastigheten i fjellgrunnen ble registrert med en basishastighet på ca. 5200 m/s.

Laveste fjellnivå var ca. kote -50 ble registrert i lm 195.

Det ble ikke registrert lavhastighetssoner i profilen.

Det ble registrert en strekning med lavere hastighet, 4300 m/s i lm 300-355.

Profil A3/17



Profilen er vist i plan på tegning -300 og i profil på tegning -303.

Null i profilen ligger i **nordvest**.

Profilen er 235 meter langt.

Bunnprofil

Bunnen stiger fra ca. kote -30 i lm 350 til ca. kote -12 i lm 420 for deretter å falle uregelmessig til ca. kote -35 i slutten av profilen i lm 585.

Sedimenter

Det ble beregnet ca. 0-8m sedimenter langs profilen. Sedimenttykkelsen ble registrert til ca. 0m frem til lm 440. Tykkelsen øker deretter og måler ca. 8m på det meste frem til lm 585. Det ble registrert en lagdeling i sedimentene med et ca. 2 meter tykt topplag med en hastighet på 1550 m/s mens underliggende sedimenter ble registrert med 2200 m/s.

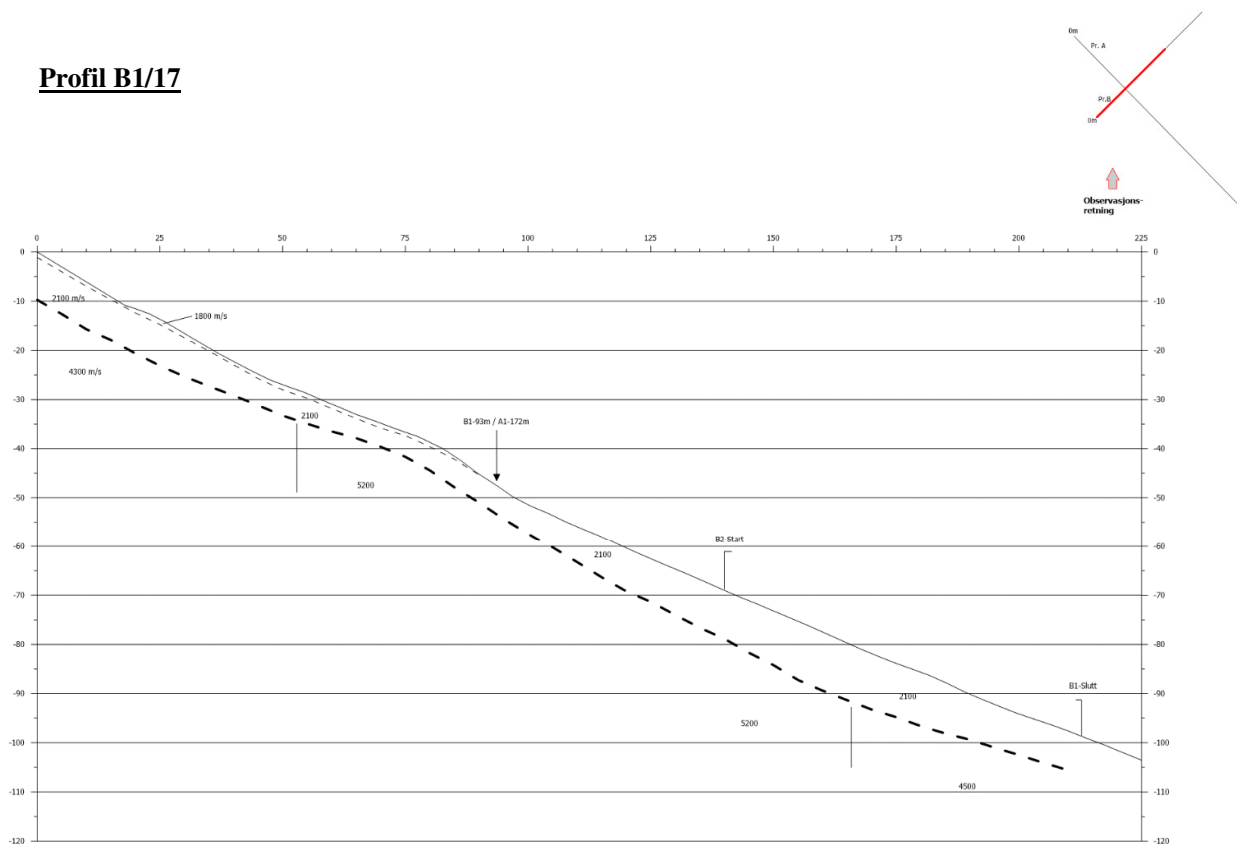
Berg

Fjelloverflaten stiger fra ca. kote -32 i lm 350 til ca. kote -13 i lm 420. Deretter faller fjellet uregelmessig til ca. kote -41 i lm 585. Hastigheten i fjellgrunnen ble registrert med en basishastighet på ca. 5100 m/s.

Laveste fjellnivå, ca. kote -41 ble registrert i lm 585.

Det ble registrert en lavhastighetssone i profilen fra ca. lm 440 til lm 455 med en hastighet på 3300 m/s.

Profil B1/17



Profilen er vist i plan på tegning -300 og i profil på tegning -304.
Null i profilen ligger i **sørvest**.
Profilen er 235 meter lang.

Bunnprofil

Bunnen faller fra ca. kote -0 i starten av profilen i øst til ca. kote -103 i lm 225.

Sedimenter

Det ble registrert ca. 5-12m sedimenter langs profilen. Fra lm 0 til ca. lm 85 ble sedimentene registrert lagdelt med et tynt topplag med en tykkelse på ca. 1 meter og en hastighet på ca. 1800 m/s. Hastigheten på sedimentene ble ellers registrert til 2100 m/s.

Berg

Fjelloverflaten faller fra ca. kote -10 i lm 0 til ca. kote -105 i lm 210.

Hastigheten i fjellgrunnen ble registrert med en basishastighet på ca. 5200 m/s.

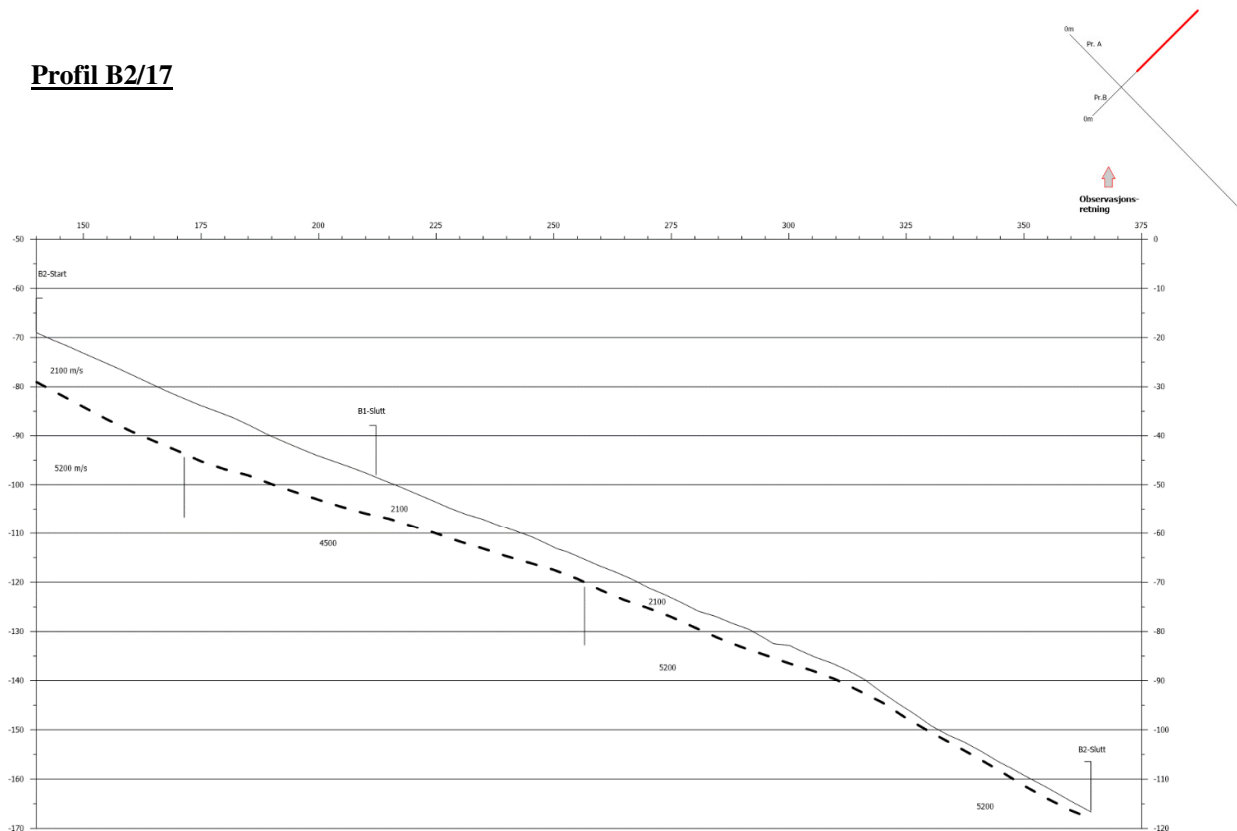
Laveste fjellnivå var ca. kote -105 ble registrert i lm 210.

Det ble ikke registrert lavhastighetssoner langs profilen.

Det ble registrert to strekninger med lavere hastighet i ca. lm 0-55 med en hastighet på 4300 m/s og i ca. lm 165-210 med en hastighet på 4500 m/s.



Profil B2/17



Profilen er vist i plan på tegning -300 og i profil på tegning -305.
Null i profilen ligger i **sørvest**.
Profilen er 235 meter lang.

Bunnprofil

Bunnen faller fra ca. kote -69 i lm 140 til ca. kote -116 i lm 365.

Sedimenter

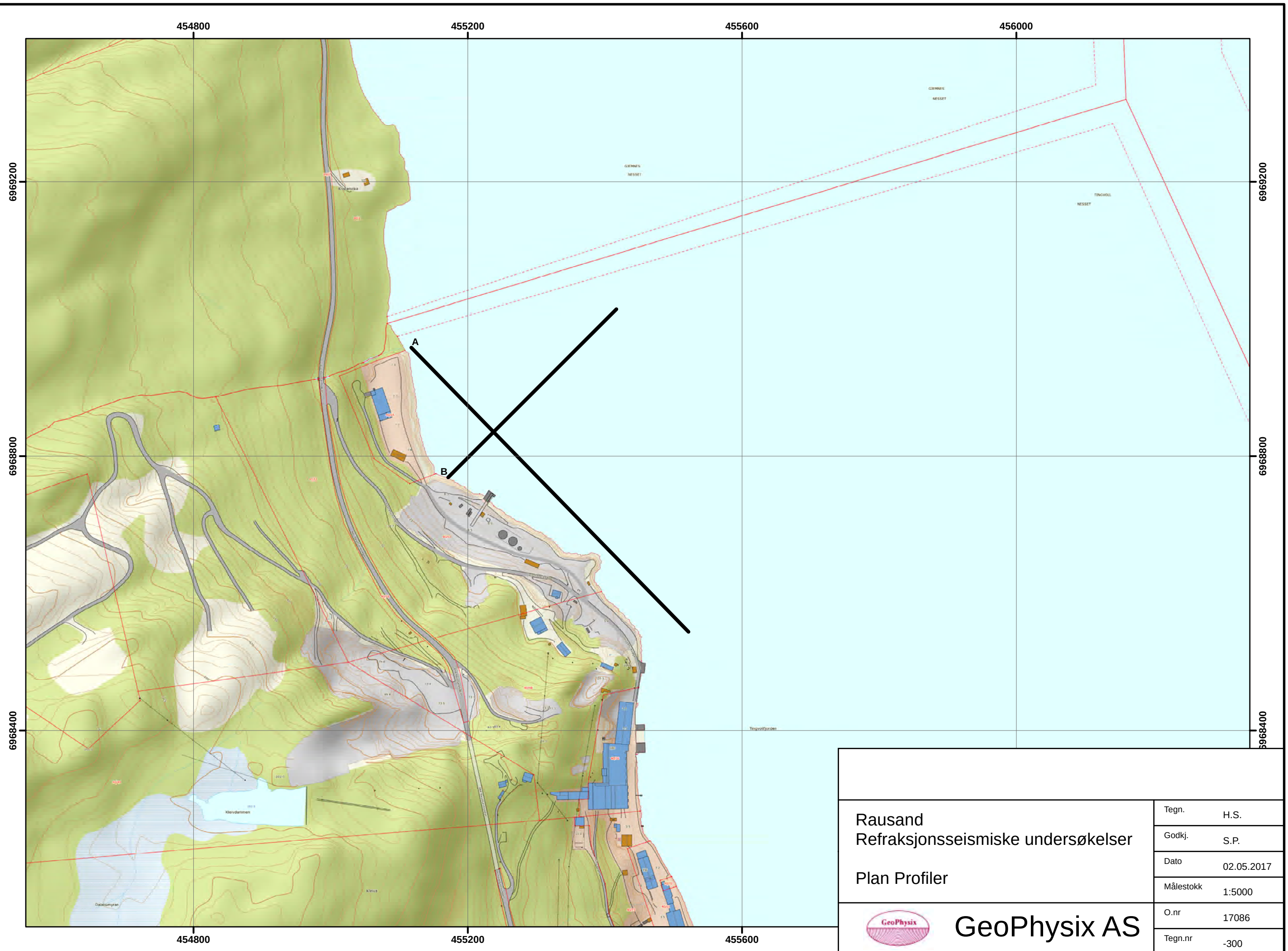
Det ble registrert ca. 2-12m sedimenter langs profilen. Hastigheten på sedimentene ble registrert til 2100 m/s.

Berg

Fjelloverflaten faller fra ca. kote -79 i lm 160 til ca. kote -117 i lm 365.
Hastigheten i fjellgrunnen ble registrert med en basishastighet på ca. 5200 m/s.
Laveste fjellnivå var ca. kote -117 ble registrert i lm 365.
Det ble ikke registrert lavhastighetssoner langs profilen.
Det ble registrert en strekning med lavere hastighet i ca. lm 170-255 med en hastighet på 4500 m/s.

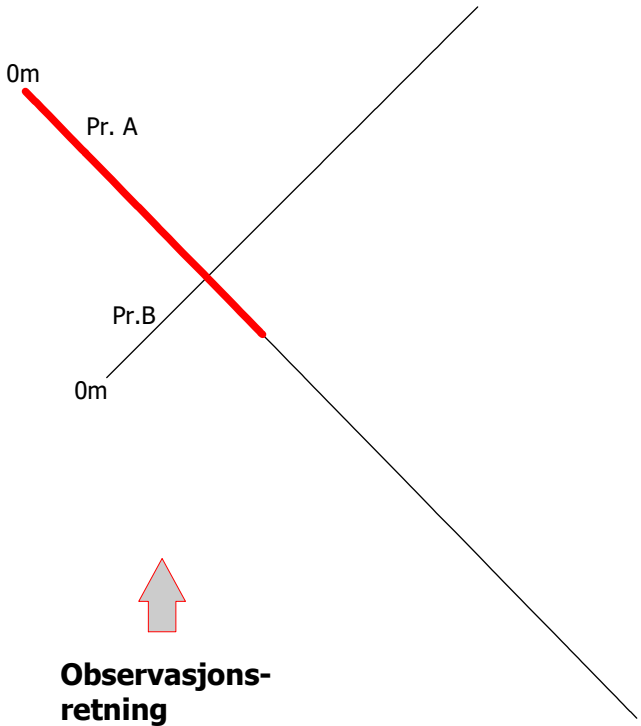
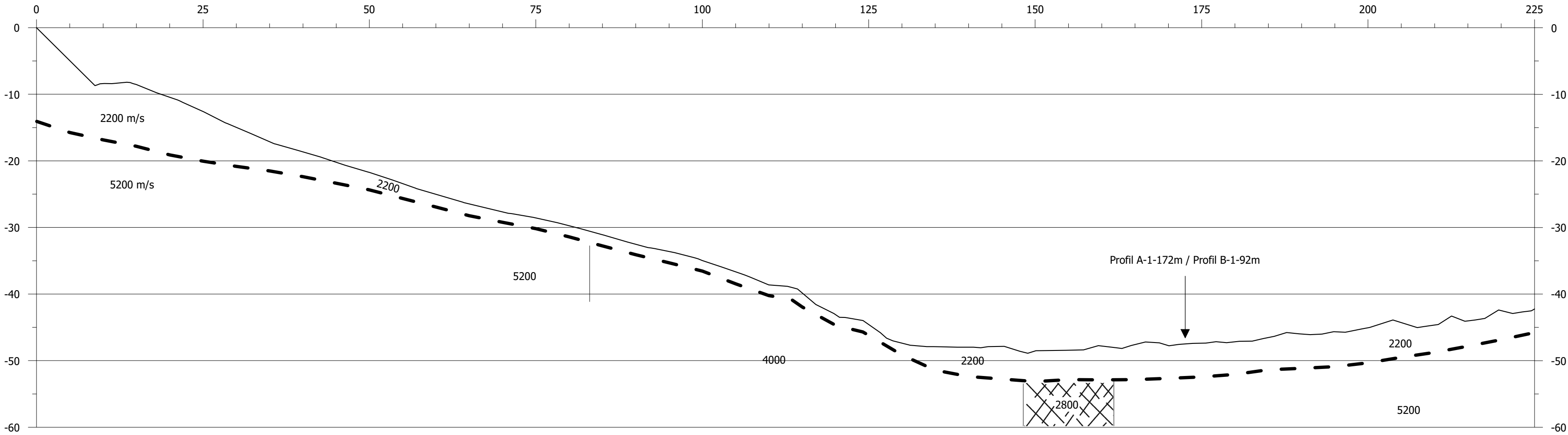
Asker 04.06.2017

Staffan Paulsson
GeoPhysix AS



N 6 968 954
E 455 122

N 6 968 793
E 455 277



Tegnforklaring	
	Bunnprofil
	Fjelloverflate

xxx xxx xxx

Koordinatsystem EUREF89 UTM Sone 33; Nullreferanse NN2000



Bergmesteren
Raudsand AS

BMR/Veidekke

KU for sjøfylling og kai
Refraksjonsseismiske undersøkelser

Profil A-1/2016
0-235 meter



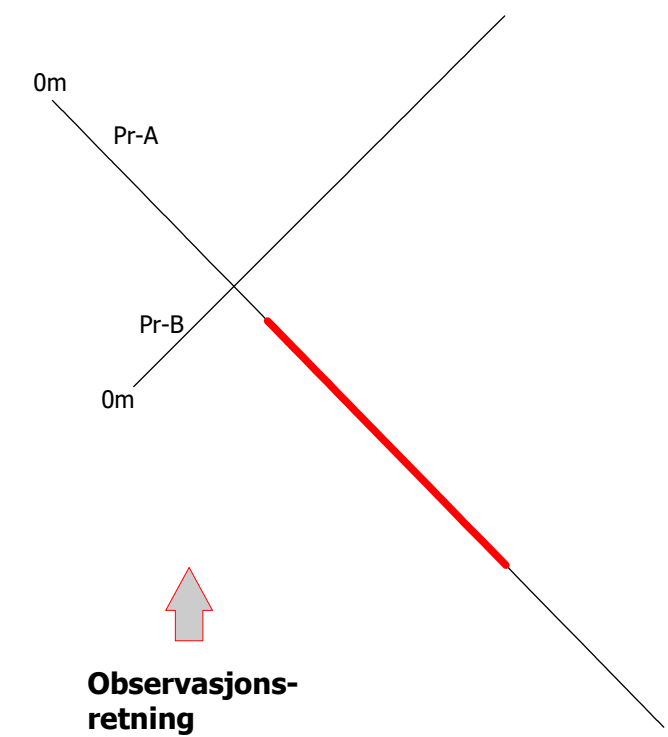
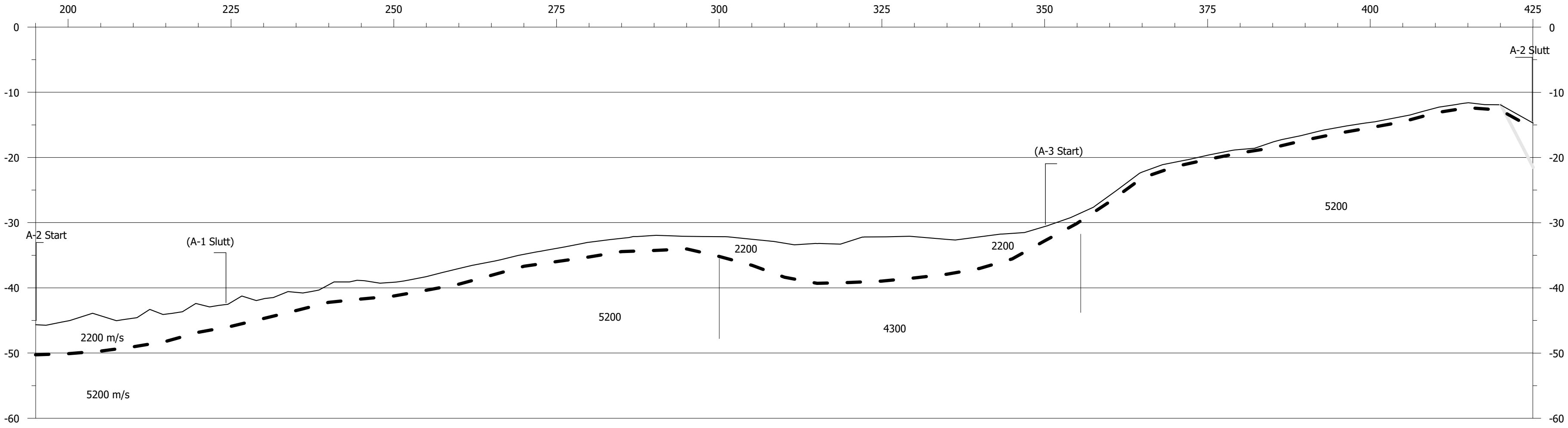
GeoPhysix AS

Tegn.	A.S.
Godkj.	S.P.
Dato	16.06.2016
Målestokk	1:500
O.Nr	15361
Tegn. nr	-301

N 6 968 814
E 455 257

Pr.A-2, 195-425m

N 6 968 650
E 455 416



Tegnforklaring

— Bunnprofil
- - - Fjelloverflate

Koordinatsystem EUREF89 UTM Sone 32; Nullreferanse NN2000



**Bergmesteren
Raudsand AS**

BMR/Veidekke

KU for sjøfylling og kai
Refraksjonsseismiske undersøkelser

Profil A-2/2016
195-425 meter



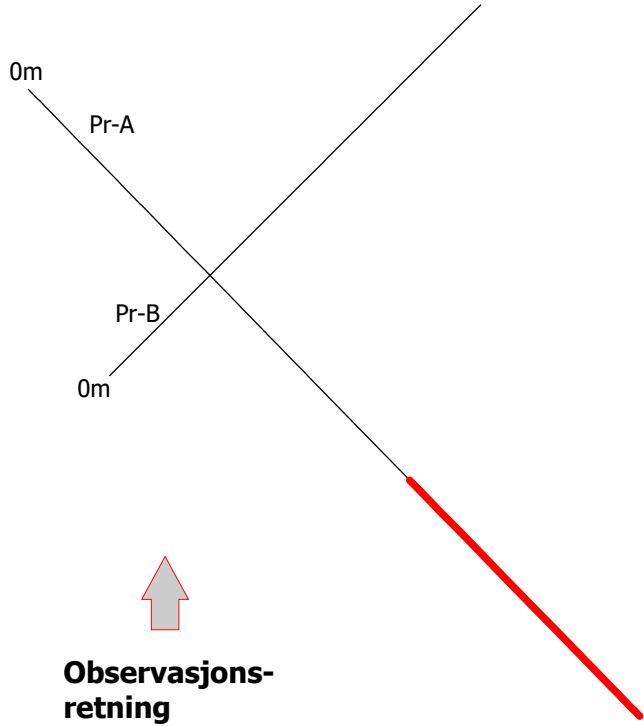
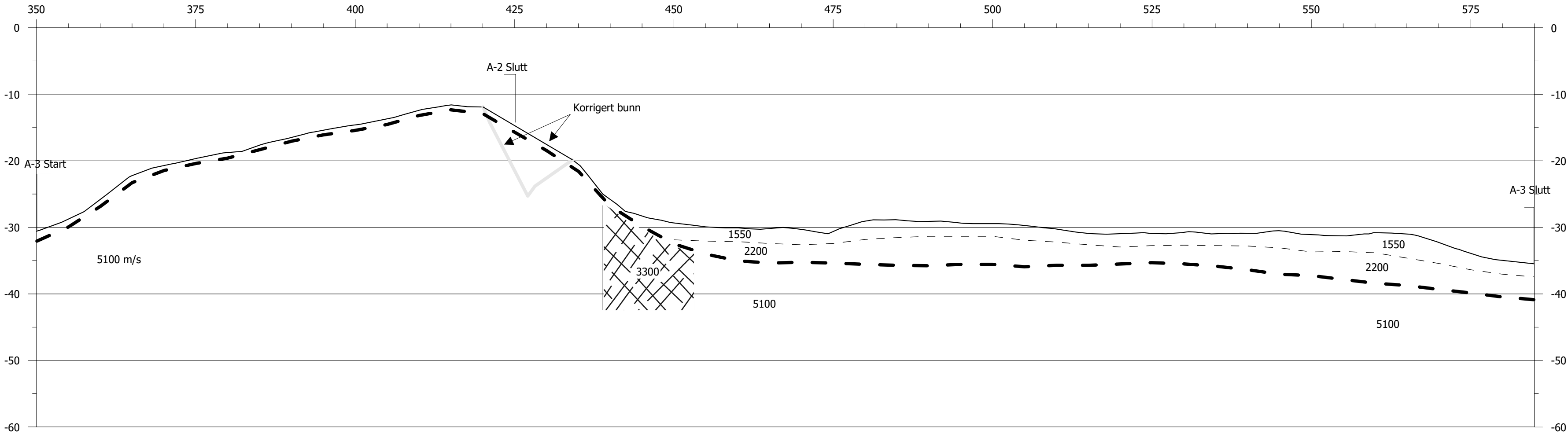
Tegn.	A.S.
Godkj.	S.P.
Dato	03.05.2017
Målestokk	1:500
O.Nr	17086
Tegn. nr	-302

GeoPhysix AS

N 6 968 701
E 455 365

Pr.A-3, 350-585m

N 6 968 292
E 455 783



FORELØPIG 4. mai

Tegnforklaring		
————	Bunnprofil	
- - - - -	Laggrense i løsmasser	
— — —	Fjelloverflate	

xxx xxx xxx

Koordinatsystem EUREF89 UTM Sone 32; Nullreferanse NN2000



Bergmesteren
Raudsand AS

BMR/Veidekke

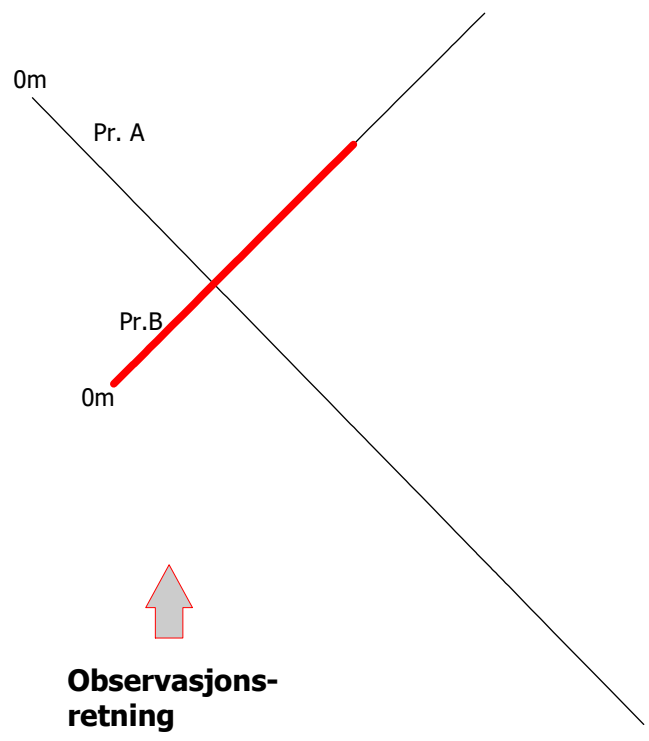
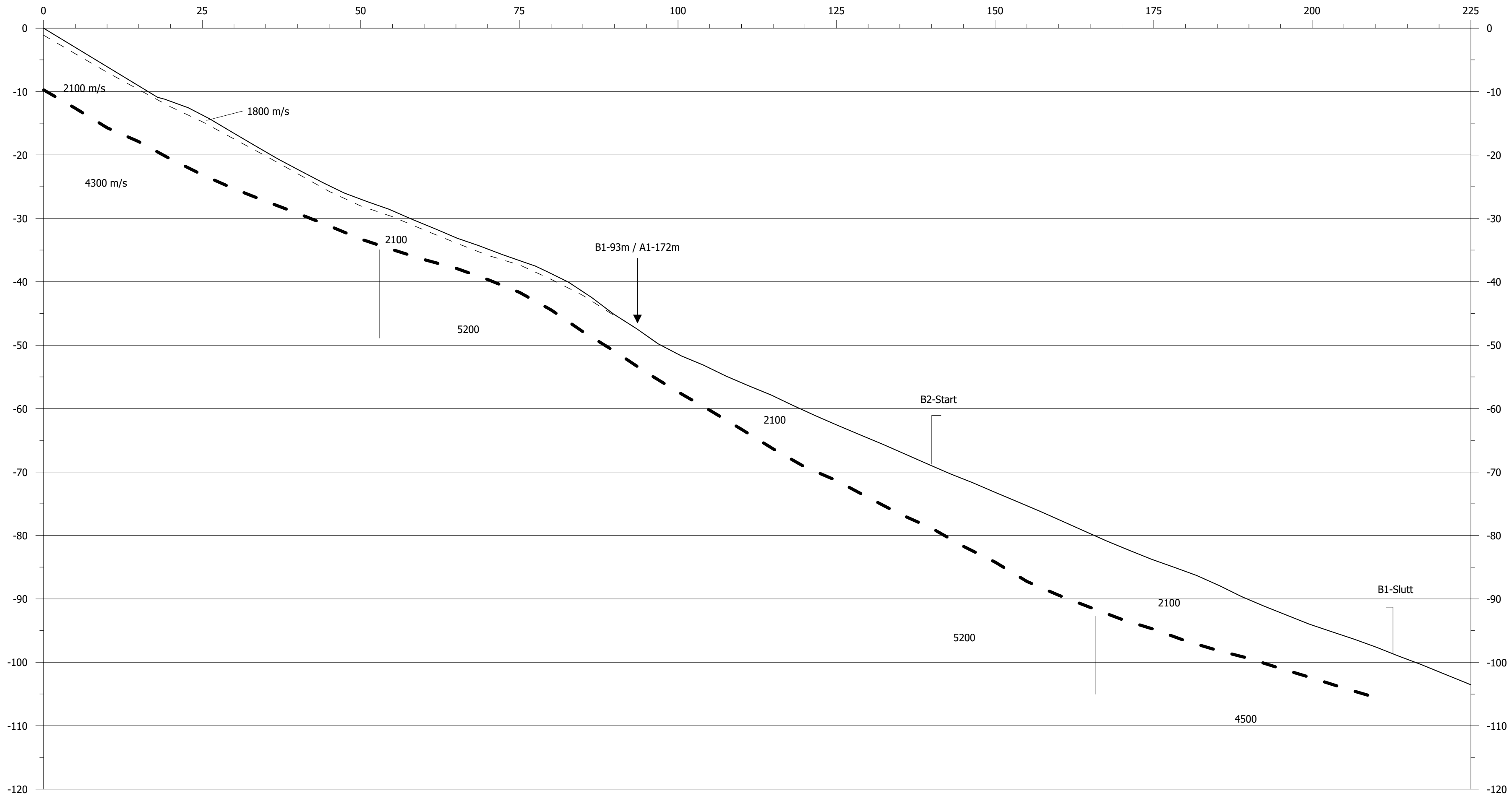
KU for sjøfylling og kai
Refraksjonsseismiske undersøkelser

Profil A-3/2016
350-585 meter



GeoPhysix AS

Tegn.	A.S.
Godkj.	S.P.
Dato	04.05.2017
Målestokk	1:500
O.Nr	17086
Tegn. nr	-303



Tegnforklaring

—

Bunnprofil

- - - -

Laggrense i løsmasser

— — —

Fjelloverflate

Koordinatsystem EUREF89 UTM Sone 33; Nullreferanse NN2000

Bergmesteren
Raudsand AS

GeoPhysix AS

BMR/Veidekke

KU for sjøfylling og kai
Refraksjonsseismiske undersøkelser

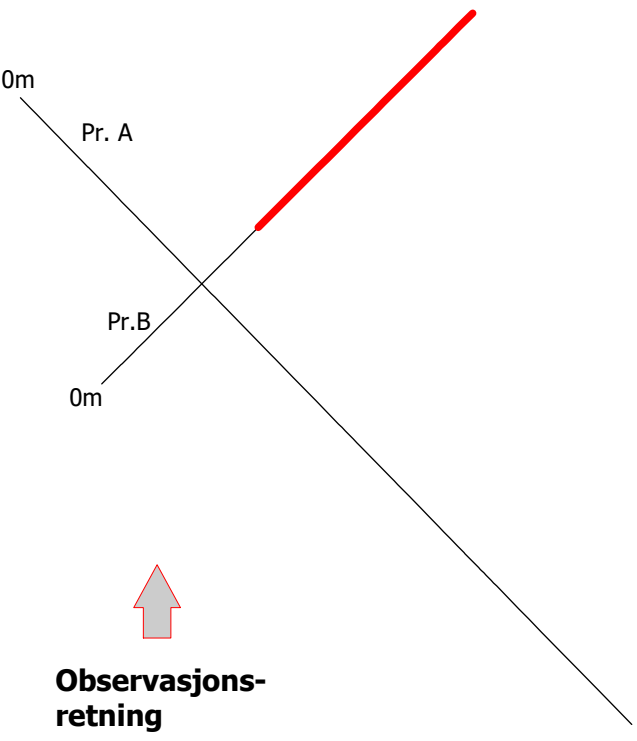
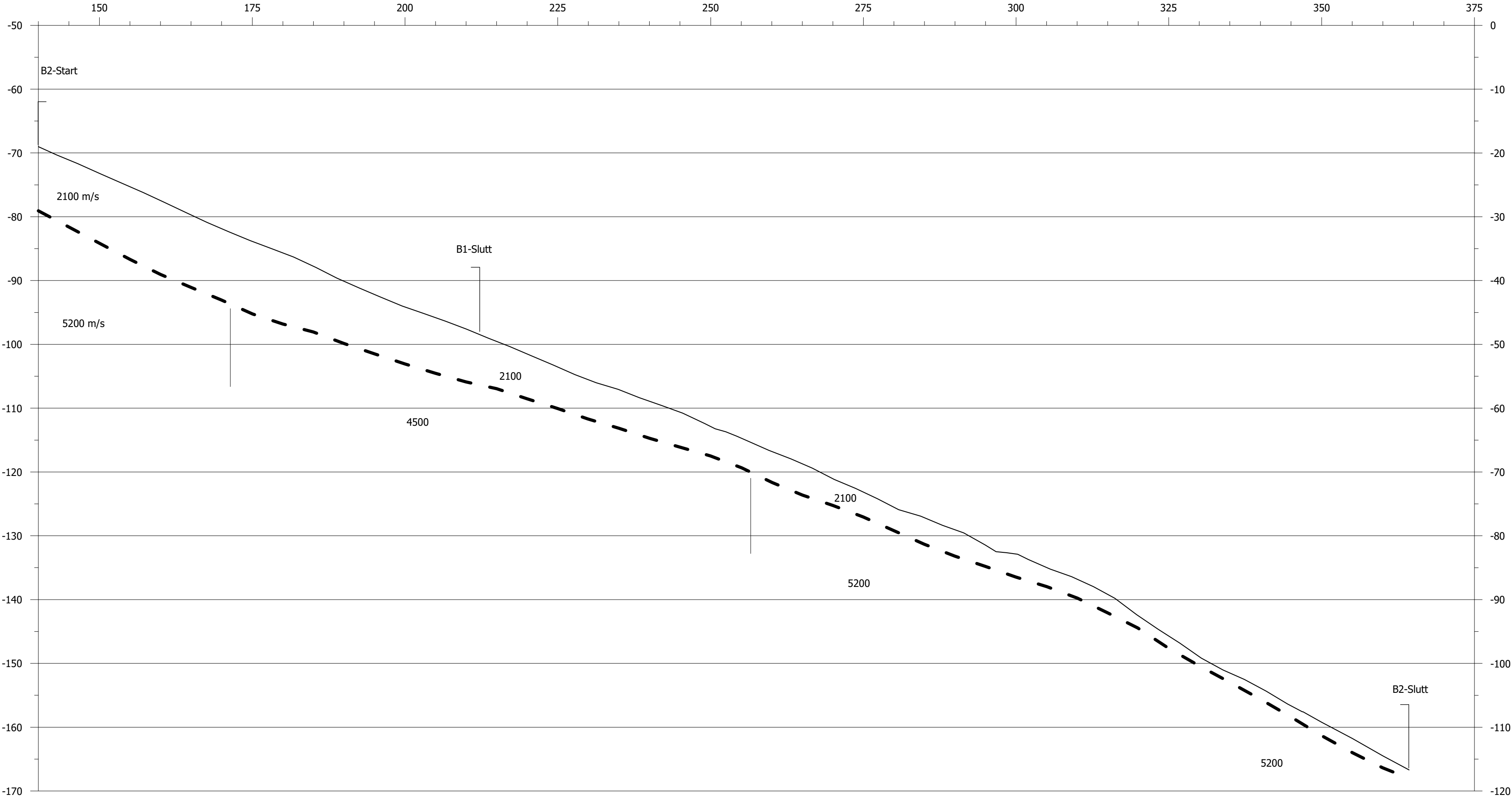
Profil B1/2016
0-225 meter

Tegn.	A.S.
Godkj.	S.P.
Dato	05.04.2017
Målestokk	1:500
O.Nr	15361
Tegn. nr	-304

N 6 968 870
E 455 273

Profil B2, 140-365m

N 6 969 028
E 455 434



Tegnforklaring	
—	Bunnprofil
- - -	Fjelloverflate



Bergmesteren
Raudsand AS

BMR/Veidekke

KU for sjøfylling og kai
Refraksjonsseismiske undersøkelser

Profil B-2/2016
140-365 meter

Tegn.	A.S.
Godkj.	S.P.
Dato	05.04.2017
Målestokk	1:500
O.Nr	15361
Tegn. nr	-305



GeoPhysix AS

Vedlegg1: Refraksjonsseismisk metodebeskrivelse

Refraksjonsseismisk undersøkelse

Den refraksjonsseismiske metoden blir brukt for å ^{a)} bestemme dybden til refraktorer (laggrense til lag med økende seismisk hastighet) og for å ^{b)} bestemme forandring av hastighet i fjellgrunnen.

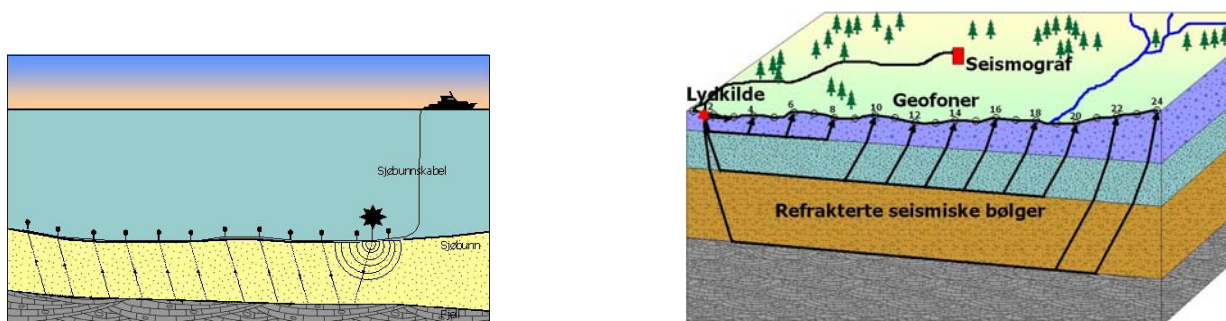
Dette er mulig fordi den refraksjonsseismiske undersøkelsesmetoden benytter seismiske lydbølger som blitt ”kritisk” refraktert = maksimalt refraktert. Etter refraksjon (avbøyning,) vil disse lydbølgene bevege seg parallelt med og med samme hastighet som refraktoren.

Etter å ha blitt generert på overflaten vil lydbølgene til slutt returnere tilbake dit. De har da beveget seg NED gjennom bakken til en refraktor, PARALLELT langs etter refraktoren og til slutt OPP til overflaten. Den tilsynelatende seismiske hastigheten som blir målt på overflaten er lik med den seismiske hastigheten til refraktoren. Gangtiden, den totale tiden langs hele gangveien, blir registrert (figur 1) og brukt for å beregne sann lydhastighet og korrekt dybde til refraktoren.

I en flerlagsmodell kommer de refrakterte lydbølgene fra hvert enkelt lag til å returnere til overflaten. Den først ankomne lydbølgen til hver enkelt geophone/hydrofon blir brukt i beregningene.

Et lag må være tykkere enn summen av overliggende lag for å bli oppdaget i registreringene.

Nøyaktigheten i beregning av lagtykkelse er tradisjonelt satt til to meter eller 20% for å sikre mot beregningsfeil i tilfelle skjulte lag er tilstede i løsmassene.



Figur 1: Prinsippene for refraksjonsseismiske målinger. a) En hydrofonkabel blir lagt ut på sjøbunnen (venstre) eller b) Geofoner på bakken blir koblet til en landkabel. En seismisk energikilde genererer lydbølger ved sjøbunnen eller markoverflaten. Gangtider til hver enkelt hydrofon/geofon blir registrert på en seismograf.

Posisjonering

Hydrofonkabelen blir posisjonert på sjøbunnen ved hydroakustisk posisjonering. Ved å detonere sprengkapsler i seks kjente posisjoner i vannoverflaten og måle gangtiden til hver enkelt hydrofon kan posisjonen for disse på sjøbunnen beregnes. Figur 2 viser en grafisk presentasjon av innmålingen.

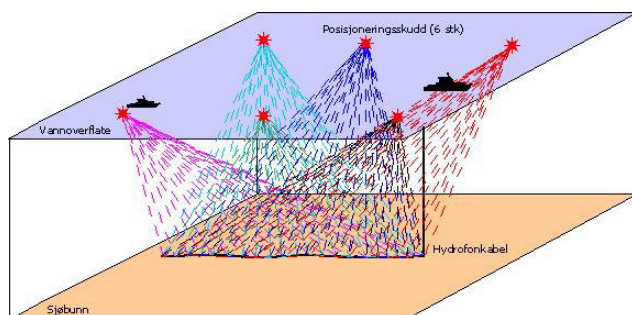
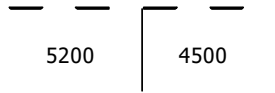
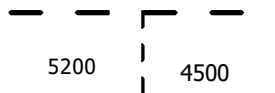
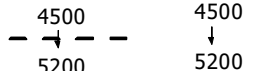


Figure 2: Hydroakustisk posisjonering av en hydrofonkabel på sjøbunnen. Gangtidene fra seks individuelle detonasjoner blir registrert.

VEDLEGG 2: Tegnforklaring

	TERRENG/BUNNPROFIL
	LAGGRENSE I LØSMASSE
	FJELLOVERFLATE
	VERTIKAL HASTIGHETSGRENSE I FJELLGRUNNEN (klar)
	VERTIKAL HASTIGHETSGRENSE I FJELLGRUNNEN (uklar)
	LAGGRENSE I FJELLGRUNNEN
	LAGGRENSE I FJELLGRUNNEN
	DIFFUS LAGGRENSE I FJELLGRUNNEN (gradvis økende hastighet)
	LAVHASTIGHETSSONE I FJELLGRUNNEN (klar grense til venstre, diffus til høyre)

VANLIGE SEISMISKE HASTIGHETER

500 - 800	SEDIMENT (over vann, løst lagret)
900 - 1200	SEDIMENT (over vann, fast lagret)
1500 - 2100	SEDIMENT (under vann)
> 2000 - 4000	LAVHASTIGHETSSONE I FJELLGRUNNEN
4000 - 5500	VANLIG HASTIGHET I FJELLGRUNNEN

