

NGU rapport nr. 88.130

Grunnundersøkelser ved
Borregaard Ind. Ltd's kloralkali-
fabrikk og Opsund deponi.
Seismiske målinger Opsund deponi,
Sarpsborg, Østfold
Prosjekt 2487.11.32

Rapport nr. 88.130	ISSN 0800-3416	Åpen/Forrolig til	
Tittel: Seismiske målinger Opsund deponi, Sarpsborg, Østfold			
Forfatter: Gustav Hillestad		Oppdragsgiver: Borregaard Ind. Ltd.	
Fylke: Østfold		Kommune: Sarpsborg	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Oslo		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1913 I Sarpsborg	
Forekomstens navn og koordinater: Opsund deponi 32V 6210 65740		Sidetall: 12	Pris: 384
Feltarbeid utført: Mai 1988		Rapportdato: 30.06.1988	Prosjektnr.: 2487.11.32
			Seksjonssjef: <i>Kjetil O. Olsen</i>
Sammendrag: <p>Som ledd i en undersøkelse som NGU utfører på Borregaards anlegg i Sarpsborg var det av interesse å skaffe seg et bilde av fjell-overflatens beliggenhet. På deponi-området på Opsund skulle vi prøve å avklare disse forholdene ved hjelp av boringer og seismiske refraksjonsmålinger. Det ble målt 8 seismiske profiler på tilsammen ca. 3500 m. De beregnede dyp til fjell varierte fra noen få meter til godt over 50 meter.</p>			
Emneord	Refraksjonsseismikk		
Geofysikk	Løsmasse		
Seismikk		Fagrapport	

INNHOOLD

	Side
OPPGAVE	4
UTFØRELSE	4
RESULTATER	5

TEKSTBILAG

Beskrivelse av seismisk refraksjonsmetode
Lydhastigheter i løsmasser

KARTBILAG

88.130-01 Oversiktskart
-02 Profil 1
-03 Profil 2
-04 Profil 3
-05 Profil 4
-06 Profil 5, 6A og 7
-07 Profil 6
-08 Fjellkotekart

OPPGAVE

I tilknytning til en undersøkelse som NGU utfører på Borregaards anlegg i Sarpsborg skulle en med seismiske målinger prøve å fastlegge fjelloverflatens beliggenhet under deponi-området på Opsund. Det ble målt 8 profiler på tilsammen ca. 3500 m. Plassering av profilene er vist på tegning -01. Parallelt ble det utført en rekke boringer med forskjellig utstyr.

UTFØRELSE

Målingene ble utført etter vanlig seismisk refraksjonsmetode, som i hovedtrekkene er beskrevet i vedheftet bilag. Valget av profil-linjer ble i betydelig grad diktert av hvor det var fremkommelig. Gjennom søppelområdet måtte vi knekke profil 3 for å følge en oppkjørt rute, da det ville være meningsløst å plassere seismometre på nylig oppfylt søppel. Ved avfyring av de nødvendige sprengladninger måtte en ta hensyn til nedgravde kabler og rør av forskjellig slag. Noen steder var det umulig å lage skuddhull ved hjelp av spett, og vi måtte benytte Pioner bormaskin. Boring måtte også til på mange punkter som var asfaltert, for å få plassert seismometrene. Mange steder skulle vi ha ønsket å bruke større sprengladninger, men for å gjøre dette på forsvarlig måte ville det ha medført tidkrevende tildekning som ikke ville være forenlig med det oppsatte tidsskjema. Det var mye sjenerende mekanisk støy i måleområdet - trafikk fra biler, tog og store lastemaskiner samt støy fra industriell virksomhet inklusive transportbånd. Dessuten hadde vi høgspente kraftledninger nær noen av profilene, men dette bød ikke på større problemer. For å få redusert støynivået ved måling av de mest kritiske partier ble helgedager benyttet. Været var gunstig i måleperioden, og det var ingen tele i bakken. Assistentene ved målingene var Torleif Lauritsen og Lars Harald Blikra. Borregaard stilte til rådighet 1 mann som hjalp til å postere ved skyting og ellers fungerte som

kjentmann. Terreng høyder er tatt delvis fra foreliggende økonomisk kart og delvis fra vårt eget nivellement.

RESULTATER

På vedheftede tegninger er måleresultatene fremstilt grafisk i vertikalsnitt gjennom profilene. De inntegnede dyp representerer egentlig de korteste avstander til sjiktgrensene - da lydbølgene ikke bare forplanter seg i vertikalplanet - og disse kan noen ganger være mindre enn de vertikale dyp. De angitte grenser må betraktes som utglattede linjer, hvor de finere detaljer ikke kommer frem. På Opsund er det praktisk talt overalt et øverste lag, hvor hastigheten for det meste ligger i området 400-600 m/s, mens yttergrensene er ca. 300 m/s og ca. 800 m/s. De fleste steder svarer dette til tørr sand og grus, mens det andre steder dreier seg om fyllmasser og søppel av forskjellig slag. Under dette topplaget er det registrert tildels meget mektige lag som varierer mellom 1350 m/s og 2000 m/s. Her kan det lett forekomme lagdelinger som ikke avspeiler seg i diagrammene, og dette kan føre til betydelige systematiske feil. I gunstige tilfeller kan den fremkomne hastighetsverdi være et brukbart gjennomsnitt av de tilstedeværende hastigheter, slik at totaldypet til fjell blir rimelig korrekt selv om ikke alle laggrenser er oppdaget. Verdien 1350 m/s tyder på siltig materiale, mens 2000 m/s passer best med morene eller meget konsolidert leire. De mellomliggende verdiene passer med leire og/eller vannmettet sand og grus. Spesielt i søppelområdene var det problemer med å få transmittert nok energi gjennom massene ned til dyptliggende fjell og tilbake igjen slik at impulsene var mulig å erkjenne i støybildet. På steder med bare ett lag og små dyp regner vi med at usikkerheten i de angitte dyp er ± 1 m. På større dyp med flere lag i overdekket regner vi med en usikkerhet på $\pm 10\%$. I tillegg kan det foreligge systematiske feil på grunn av "blinde soner" eller

skjulte lag. Jeg skal knytte noen bemerkninger til hvert enkelt profil.

Profil 1

Seismogrammene ble her delvis av dårlig kvalitet, hvilket i noen grad skyldes sterk biltrafikk på Opsundveien. Avstanden mellom seismometrene var 20 m. Det ser ut til å være 2 lag i overdekket langs hele profilet. Hastigheten i det øverste laget er 400-500 m/s, hvilket svarer til tørr sand og grus. I lag nr. 2 er hastigheten 1400 m/s langs mesteparten av profilet, men 1550 m/s på de østligste ca. 100 m. Dette kan harmonere med leire eller sand, silt og grus under grunnvannsspeil. Hastigheten i fjell er ca. 5000 m/s.

Profil 2

Seismogrammene var ganske dårlige i midtpartiet fra ca. 300 m til ca. 550 m. Avstanden mellom seismometrene var 20 m, men i området 440-550 m var den 10 m. Hastigheten i det øverste laget var 420-750 m/s, og i lag nr. 2 var den 1500-2000 m/s. I fjell var hastigheten 5000-5600 m/s. Jeg har ansett at boringen i NGUs hull nr. 12 gir et kjent punkt på fjelloverflaten.

Profil 3

Vi fikk stort sett ganske gode seismogrammer her. Seismometeravstanden var 20 m på partiet 0 til 440 m, mens den var 10 m på resten av profilet. Hastigheten i det øverste laget har ganske store laterale variasjoner - fra 400 m/s til 800 m/s. Også mek-

tigheten av dette laget varierer sterkt - fra 0 til bortimot 20 m. På den sydligste halvdel består iallfall den øvre del av dette laget av søppel. I lag nr. 2 har vi registrert 1700 m/s langs mesteparten av profilet, mens hastigheten synker til 1500 m/s lengst nord. Hastigheten i fjell er bestemt til 5000 m/s fra 0 til ca. 440 m. Lengst syd er verdien dårligere bestemt, men den ser ut til å ligge på ca. 4000 m/s. Dypene i NGUs borhull nr. 8 og nr. 25 passer godt med våre data, og jeg har brukt dypene her som fasit.

Profil 4

Seismogrammene var her ganske gode. Målepunktavstandene var 20 m. Her kommer det i diagrammene frem bare ett lag i overdekket - med hastighet 300-400 m/s. Fjellhastigheten er 5400 m/s.

Profil 5

Her var det gode seismogrammer, og avstandene var 10 m. Det ble bare registrert ett lag i overdekket, og dypene var meget små. Hastigheten i topplaget var 300-550 m/s, og i fjellet 4850 m/s.

Profil 6

Seismogrammene var stort sett gode, og avstandene var 20 m. På partiet fra pkt. 75 m til pkt. 310 m har tolkning av diagrammene gitt 3 lag i overdekket. Det øverste laget med hastighet 450 m/s er trolig tørr sand og grus, mens det neste laget med hastighet 1350-1500 m/s kan assosieres med leire eller sand og silt under grunnvannsspeil. Det tredje laget med hastighet 1900-2000 m/s

passer best med morene eller sterkt konsolidert leire. Fra ca. pkt. 400 m og videre østover er det bare påvist ett lag i overdekket, og dypene til fjell er her meget små. Fjellhastigheten er beregnet til 4200 m/s fra 0 til ca. pkt. 500 m, og videre østover er verdien bestemt til 5300 m/s. En merker seg at i det kryssende profil 3 er det bare påvist 2 lag i overdekket. Hastigheten 1700 m/s i lag nr. 2 (pr. 3) svarer til en gjennomsnittsverdi for hastighetene i lag nr. 2 og 3 for profil 6.

Profil 6A

Her var det meget gode seismogrammer. Avstandene var en blanding av 5 m og 10 m. Det vistest bare ett lag i overdekket, og dette var meget tynt med hastighet 450 m/s. I fjellet var hastigheten 5100 m/s over mesteparten av profilet, men nærmest knekkpunkt mot profil 6 ser det ut til å være en svakhetssone med hastighet 3300 m/s.

Profil 7

Her fikk en middels gode seismogrammer, og avstandene var 10 m. Lag nr. 2 kommer tydelig frem bare i den nordlige halvdel. Også her er hastigheten dårlig bestemt, men 1500 m/s ser ut for å være en sannsynlig verdi. Jeg har regnet med at lag nr. 2 også finnes på den sydlige halvdel og har brukt den samme verdien her.

Det er konstruert et fjellkotecart over Opsund-området som grunner seg på disse og tidligere utførte seismiske målinger samt foreliggende bordata og peleplan. Enkelte boringer med sterkt

avvikende små dyp er oversett, i det en regner med at boret kan ha blitt stoppet før fjellet er nådd. Plasseringen av de gamle seismiske profilene er noe usikker.

Trondheim, 30. juni 1988
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling

Gustav Hillestad
Gustav Hillestad
forsker

SEISMISK REFRAKSJONSMETODE.

Metoden grunner seg på at lydets forplantningshastighet forandrer seg med mediets elastiske egenskaper. Det aktuelle hastighetsområde i den såkalte ingeniørseismikk er fra ca. 200 m/sek i visse typer porøst overdekke til godt over 5000 m/sek i enkelte bergarter.

En "lydstråle" fra en sprengning i overflaten treffer en grense mellom 2 sjikt hvor lydhastigheten er henholdsvis V_1 og V_2 , og vinkelen mellom lydstråle og innfallslodd kalles i . Etter at strålen har passert sjiktgrensen vil den danne en vinkel R med innfallslodden, slik at $\frac{\sin i}{\sin R} = \frac{V_1}{V_2}$. Når R blir $= 90^\circ$, vil den refrakterte stråle følge sjiktgrensen, og vi har $\sin i = \frac{V_1}{V_2}$

Den bestemte innfallsvinkel som tilfredsstiller denne betingelse kalles kritisk vinkel eller i_c .

Lydforplantningen langs sjiktgrensen vil gi årsak til sekundærbølger som returnerer til terrengoverflaten under vinkelen i_c . I en viss kritisk avstand fra skuddpunktet vil disse refrakterte bølger nå frem før de direkte bølger som har fulgt terrengoverflaten. Den kritiske avstand er proporsjonal med dyptet til sjiktgrensen og forøvrig bare avhengig av forholdet mellom de to hastigheter. Denne sammenheng utnytter en ved å plassere seismometre langs en rett linje i terrenget og registrere de først ankomne bølger fra skudd i hensiktsmessig valgte posisjoner i samme linje. En får da bestemt de nødvendige data for å fastlegge dypene til sjiktgrensen. Dersom overdekket er homogent med hensyn på lydhastigheten langs profilet, kan en oppnå en god dybdebestemmelse for hver seismometerposisjon. Imidlertid vil det ofte være betydelige laterale variasjoner til stede, og overdekkehastighetene blir ved små dyp bare bestemt i nærheten av skuddpunktene. Ofte vil det derfor være naturlig å legge størst vekt på dybdebestemmelsen under skuddpunktene.

Disse betraktninger kan utvides til å gjelde flere sjiktgrenser. En får refrakterte bølger fra alle grenser når hastig-

heten i det underliggende medium er større enn i det overliggende. Kontrasten må være av en viss størrelse, og vinkelen mellom sjiktgrense og terrengoverflate må ikke være for stor. I praksis vil en gjerne få vanskeligheter når denne vinkel overstiger 25° .

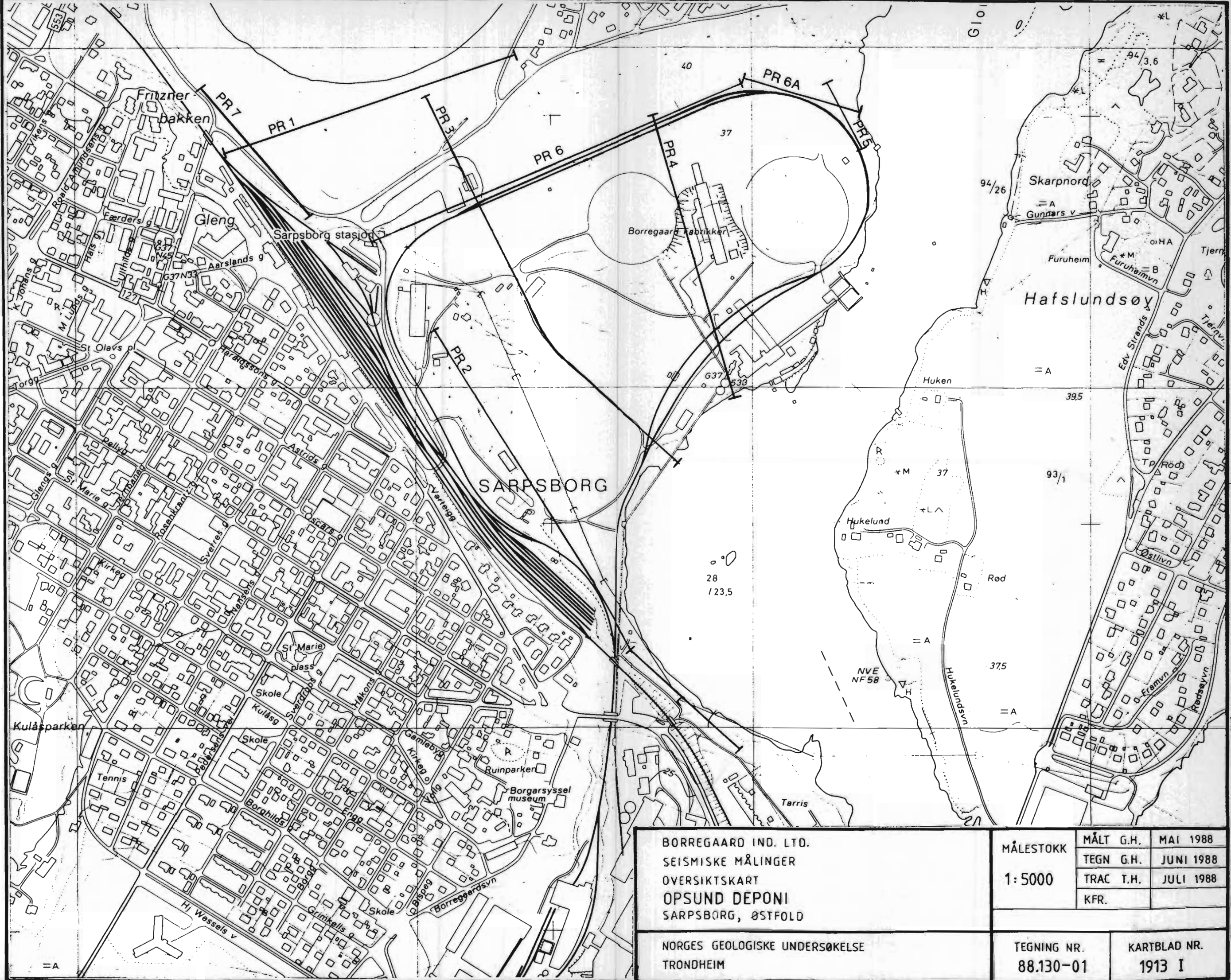
Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i de oppregnede diagrammer, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten senere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt "blind sone", og de virkelige dybder kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde er til stede hvis lyden på sin vei nedover i jordskorpen treffer et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende. Fra denne sjiktgrense vil det aldri komme refrakterte bølger opp igjen til overflaten, og lavhastighetsjiktet vil derfor ikke kunne erkjennes av måledataene. De virkelige dyp vil være mindre enn de beregnede. Generelt må en si at usikkerheten i de beregnede dyp øker med antall sjikt.

Med den anvendte apparatur vil en kunne bestemme bølgenes "løpetid" med en usikkerhet av 1 millisekund når seismogrammene har gjennomsnittlig kvalitet. Hvis overdekkehastigheten er 1600 m/sek, svarer dette til en usikkerhet på ca. 0.8 m i dybdebestemmelsen på grunn av avlesningsfeil. I tillegg kommer eventuelle feil på grunn av at forutsetningene om isotropi og homogenitet ikke gjelder fullt ut.

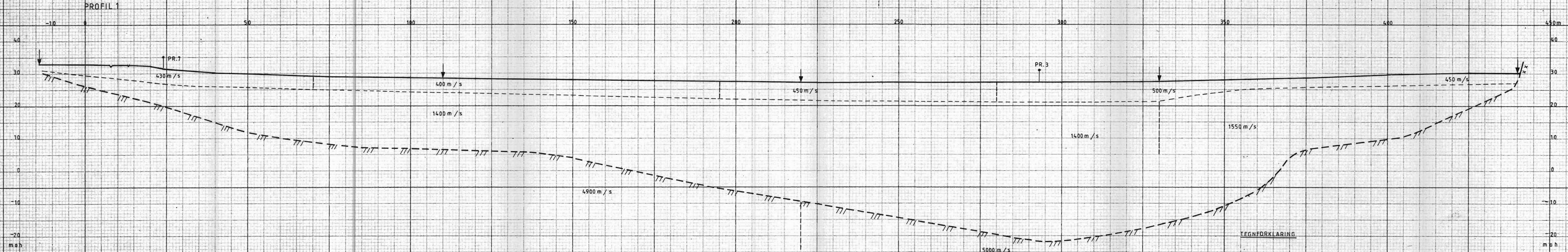
Når en oppnår førsteklases seismogrammer, kan tiden avleses med 0.5 millisekund nøyaktighet, men selv da mener vi det er urealistisk å regne med mindre enn 0.5 m usikkerhet i dybdeangivelsene. Ved meget små dyp til fjell - størrelsesorden 1 m - blir overdekkehastigheten dårlig bestemt, og en må regne med prosentvis store feil i dypene.

LYDHASTIGHETER I DE MEST VANLIGE LØSMASSETYPER

Organisk materiale		150 - 500 m/s
Sand og grus	- over grunnvann	200 - 800 "
Sand og grus	- under "	1400 - 1600 "
Morene	- over "	700 - 1500 "
Morene	- under "	1500 - 1900 "
Hardpakket bunnmorene		1900 - 2800 "
Leire		1100 - 1800 "



BORREGAARD IND. LTD. SEISMISKE MÅLINGER OVERSIKTSKART OPSUND DEPONI SARPSBORG, ØSTFOLD	MÅLESTOKK	MÅLT G.H.	MAI 1988
	1:5000	TEGN G.H.	JUNI 1988
TRAC T.H.		JULI 1988	
KFR.			
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	88.130-01	1913 I	



TEGNEFORKLARING

↓ TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT

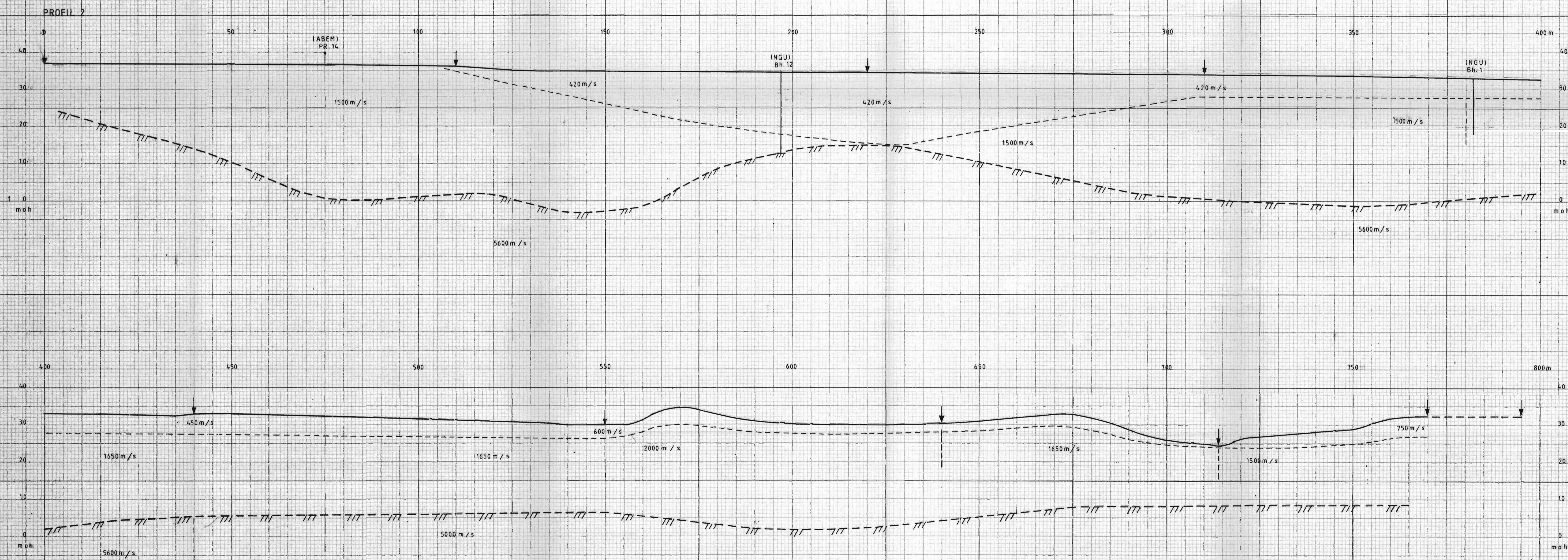
--- SJIKTGRENSE

/// INDIKERT FJELLOVERFLATE

BØRREGAARD IND. LTD.
 SEISMISKE MÅLINGER
 GRUNNPROFIL 1
 OPSUND DEPONI
 SARPSPØR, ØSTFOLD

MÅLESTOKK	OBS. G.H.	MÅI 1988
1:500	TEGN. G.H.	JUNI 1988
	TRAF. T.H.	
	KFR. G.H.	
TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
88.130-02	1913 II	

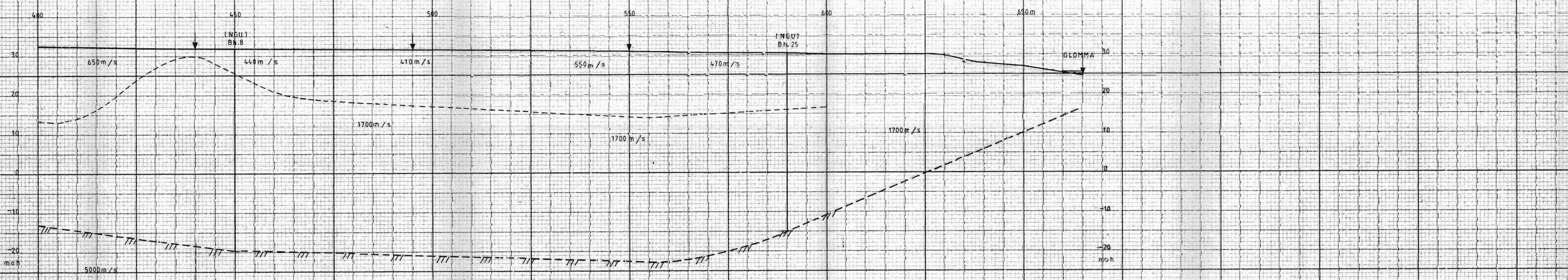
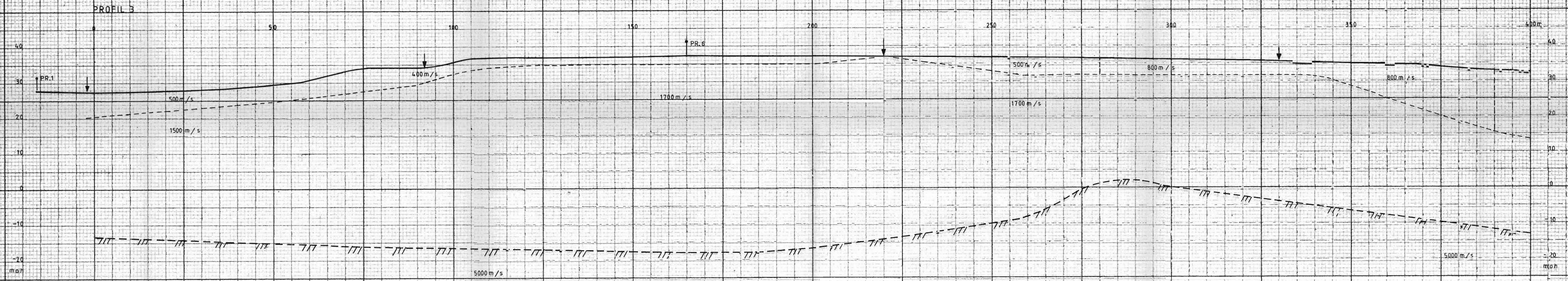
NORGES GEOLGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM



TEGNFORKLARING:

- ↓ TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
- - - - - SJIKTGRENSE
- /// /// INDIKERT FJELLOVERFLATE

BORREGAARD IND. LTD. SEISMISKE MÅLINGER GRUNNPROFIL 2 OPSUND DEPONI SARPSBORG, ØSTFOLD	MÅLESTOKK	MÅLT G.H.	MAY 1988
	1:500	TEGN G.H.	JUNI 1988
		TRAC T.H.	JULI 1988
NORGES GEOLIGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 88.130-03	KARTBLAD NR. 1913 I	



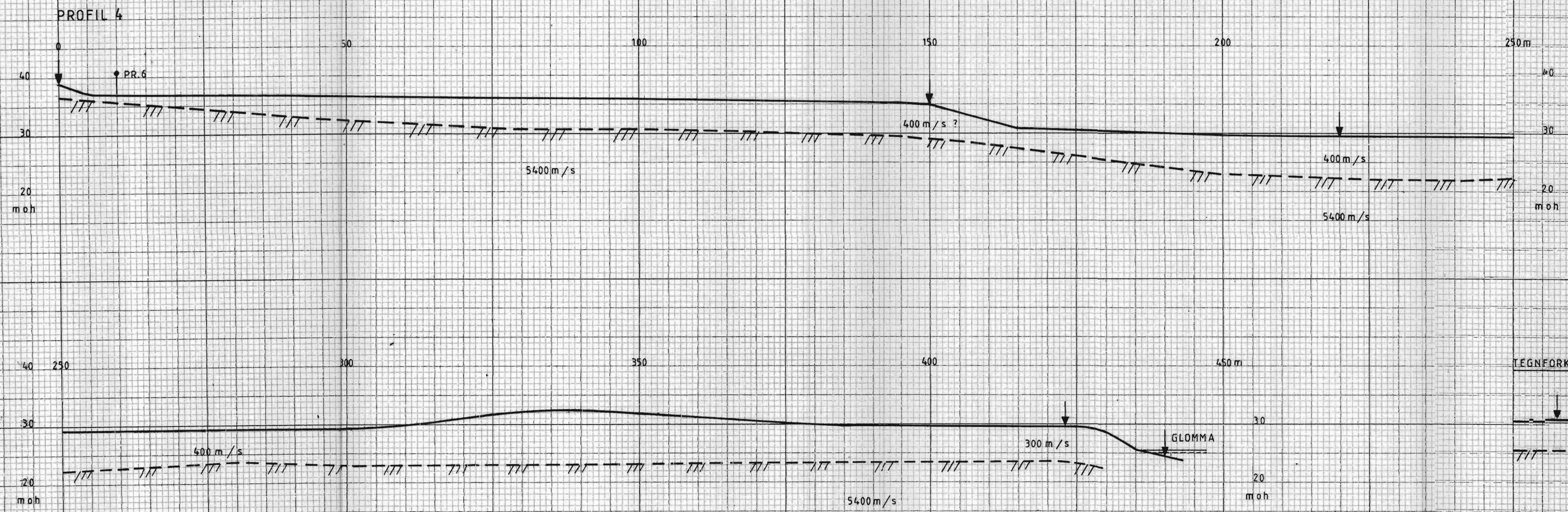
TEGNFORKLARING

↓
 TERRENGOVERFLATE MED SKUDPUNKT

 SJUKTGRÆNSE

///
 INDIKERT FJELLOVERFLATE

BORREGAARD IND. LTD. SEISMISKE MÅLINGER GRUNNPROFIL 3 OPSUND DEPONI SARPSBØRG, ØSTFOLDE	MÅLESTOKK	OBS. G.H.	MAI 1988
	1:500	TEGN. G.H.	JUNI 1988
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	88.130-04	1913 I	

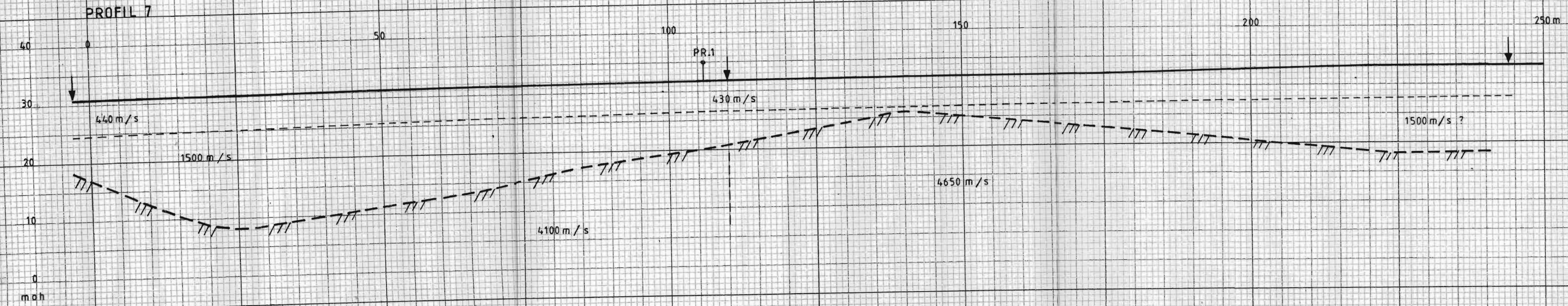
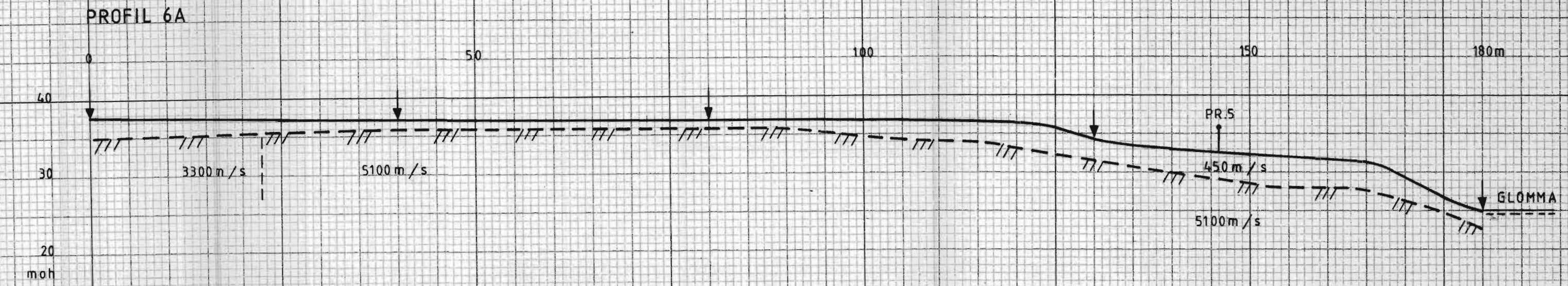
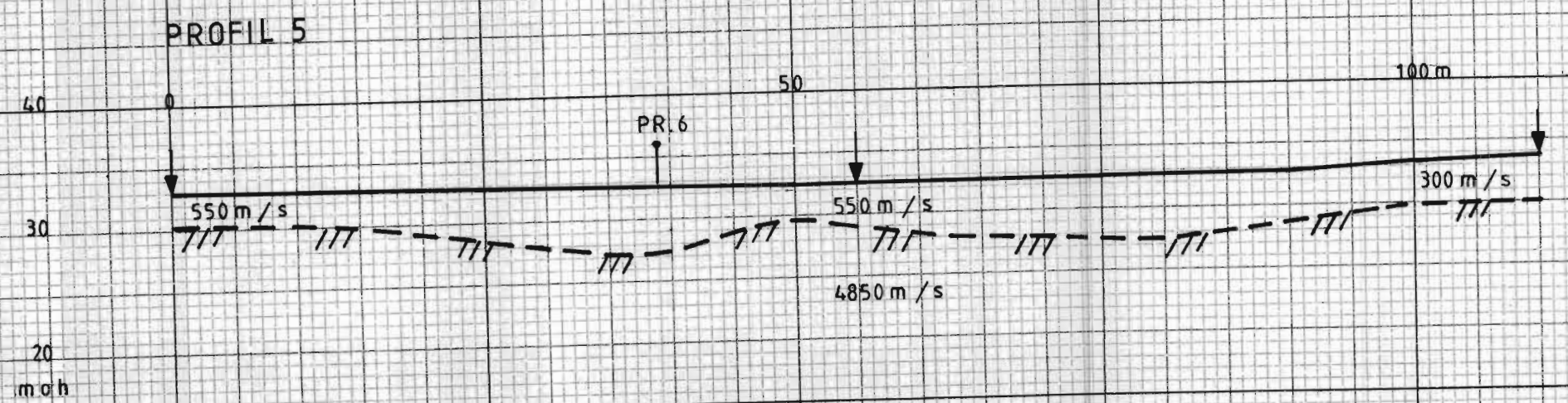


TEGNEFORKLARING:

↓
TERRÈNGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT

INDIKERT FJELLOVERFLATE

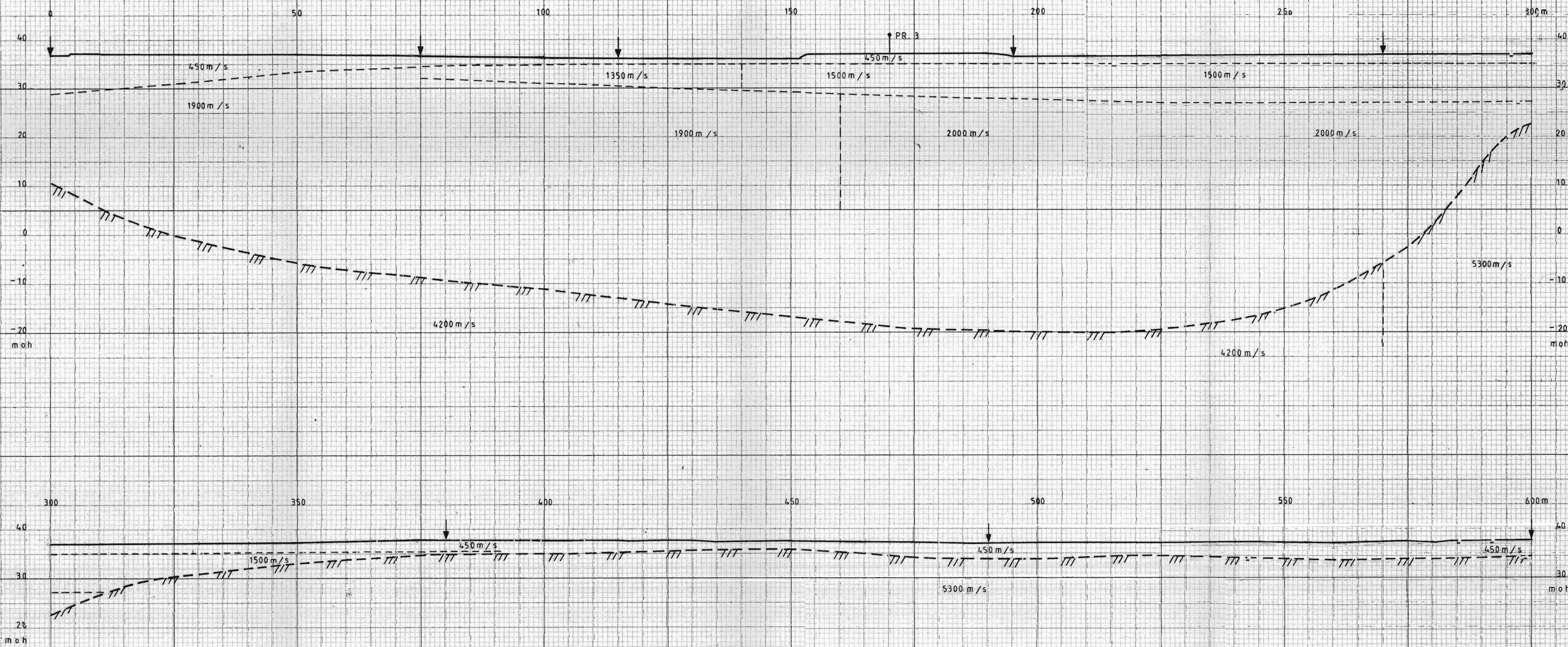
BORREGAARD IND. LTD. SEISMISKE MÅLINGER GRUNNPROFIL 4 OPSUND DEPONI SARPSBORG, ØSTFOLD	MÅLESTOKK	MÅLT G.H.	MÅI 1988
	1:500	TEGN. G.H.	JUNI 1988
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	88.130-05	1913 I	



- #### TEGNFORKLARING
- TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
 - SJIKTGRÆNSE
 - INDIKERT FJELLOVERFLATE

BORREGAARD IND. LTD. SEISMISKE MÅLINGER GRUNNPROFIL 5, 6A, OG 7 OPSUND DEPONI SARPSBORG, ØSTFOLD	MÅLESTOKK	MÅLT G.H.	MAI 1988
	1:500	TEGN. G.H.	JUNI 1988
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KFR.	9/1
	88.130-06	KARTBLAD NR.	1913 I

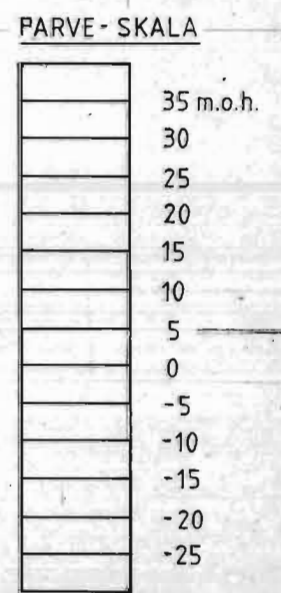
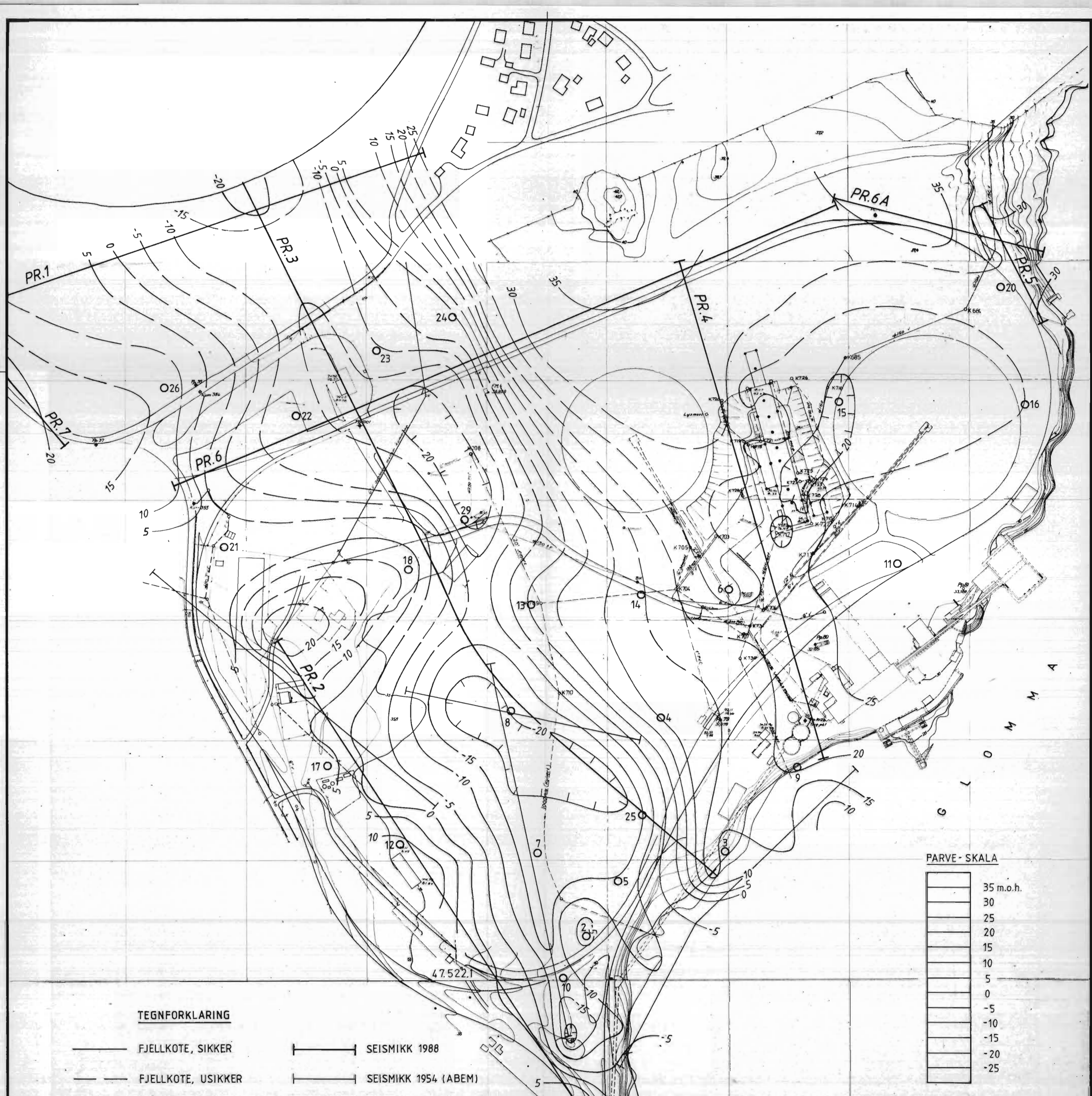
PROFIL 6



TEGNEFORKLARING:

- TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
- SJIKTGRENSE
- INDIKERT FJELLOVERFLATE

BORREGAARD IND. LTD. SEISMISKE MÅLINGER GRUNNPROFIL 6 OPSUND DEPONI SARPSBORG, ØSTFOLD	MÅLESTOKK	MÅLT G.H. MAI 1988
	1:500	TEGN G.H. JUNI 1988
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
	88.130-07	1913 I



TEGNFORKLARING

- FJELLKOTE, SIKKER
- - - FJELLKOTE, USIKKER
- DYP OMRÅDE, KONTURINTERVALL 5m REFERANSE HAVNIVÅ (0 m.o.h.)
- 1 SONDERBORING NGU 1988
- PEL
- SEISMIKK 1988
- SEISMIKK 1954 (ABEM)

BORREGAARD IND. LTD. FJELLKOTEKART OVER OPSUND DEPONI SARPSBORG, ØSTFOLD	MÅLESTOKK	MÅLT	MAI 1988
	1:2500	TEGN T.L.	JUNI 1988
		TRAC G.G.	
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 88.130-08	KARTBLAD NR. 1913 I	