

Rapport nr. 87.076

Seismiske målinger

MERÅKER

Nord-Trøndelag



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eirikssons vei 39, Postboks 3006, 7001 Trondheim - Tlf. (07) 92 16 11
Oslokontor, Drammensveien 230, Oslo 2 - Tlf. (02) 50 25 00

Rapport nr. 87.076	ISSN 0800-3416	Åpen/ Kontroll til XXXXXXXXXX	
Tittel: Seismiske målinger, Meråker			
Forfatter: Gustav Hillestad		Oppdragsgiver: Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk	
Fylke: Nord-Trøndelag		Kommune: Meråker	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1721-I Meråker 1721-IV Flornes	
Forekomstens navn og koordinater: Dam Fjergen 32V 6453 70374		Sidetall: 10	Pris: kr. 145 -
		Kartbilag: 11	
Feltarbeid utført: Oktober 1986	Rapportdato: 12.06.1987	Prosjektnr.: 2415.00.32	Prosjektleder: G. Hillestad
Sammendrag: Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk skal planlegge kraftutbygging i Meråker, hvilket blant annet innebærer oppdemming til et høyere nivå av Fjergen. I den forbindelse var det av interesse å skaffe seg kjennskap om løsmassemektheter og fjellkvalitet, og NGU fikk i oppdrag å utføre seismiske målinger på de aktuelle lokaliteter. Det ble ialt målt 17 profiler, hvorav 4 var helt eller delvis under vann. Løsmassemektheten var de fleste steder meget liten, og lydshastighetene tydet på godt fjell, med noen få unntak.			
Emneord	Refraksjonsseismikk	Sprekkesone	
Geofysikk	Løsmasse	Fagrapport	
Seismikk	Mektighet		

INNHOLD

	Side
OPPGAVE	4
UTFØRELSE	4
RESULTATER	4

TEKSTBILAG

Beskrivelse av seismisk refraksjonsmetode
Lydhastigheter i løsmasser

KARTBILAG

- 87.076-01 Tverrslag, Ringen
- 02 Adkomsttunnel, Meråker
- 03 Inntak, Fossvatna
- 04 Omløpstunnel, Fjergen
- 05 Dam og overløp, Fjergen
- 06 Inntak, Fjergen
- 07 Tverrslag, Ellingsbekken
- 08 Situasjonsplan, Tevla
- 09 Dam, Tevla
- 10 Omløp og tilløp, Tevla
- 11 Utløp, Nustadfoss

OPPGAVE

I tilknytning til planer for kraftutbyggingen i Meråker, som blant annet vil medføre oppdemming til et høyere nivå i Fjergen, fikk NGU i oppdrag å utføre seismiske målinger på en rekke lokaliteter. Det ble ialt målt 17 profiler, hvorav 4 var helt eller delvis under vann.

UTFØRELSE

Målingene ble utført etter vanlig seismisk refraksjonsmetode, som i hovedtrekkene er beskrevet i vedheftet bilag. Været var variabelt i måleperioden - med noe snø den siste tida. Enkelte dager var vinden sjenerende sterk. Dette hadde mest betydning når en skulle måle under vann. Det var ingen tele i bakken noe sted. Oppdragsgiveren hadde skaffet 2 unge gutter som hjelpemannskap. Hovedsakelig ble det brukt 10 m avstand mellom seismometrene, men på en rekke partier ble avstanden redusert til 5 m. Oppdragsgiver sørget for utsetting av merkepinner i profilene samt for nivellering og måling av vanddyb. Som hjelp til å holde riktig kurs ved måling av undervannsprofilene ble det satt opp over-rett-merker på land. Den anvendte apparatur var en 24-kanals ABEM-TRIO. På Fjergen ble det brukt båt som var utlånt av Meråker Smelteverk, og på Fossvatna brukte vi en båt som tilhørte Meråker Bruk.

RESULTATER

På vedheftede tegninger er måleresultatene fremstilt grafisk i vertikal-snitt gjennom profilene. De inntegnede dyp representerer egentlig de korteste avstander til sjiktgrensene - da lydbølgene ikke bare forplanter seg i vertikalplanet - og disse kan leilighetsvis være mindre enn de vertikale dyp. De angitte sjiktgrenser må betraktes som utglattede linjer, hvor de finere detaljer ikke alltid kommer frem. Seismogrammene var gode - med noen få unntak. De resulterende gangtidsdiagrammer ga derimot ikke alltid

grunnlag for like stor entydighet i tolkningene. Blant annet derfor finner jeg det naturlig å dele opp i avsnitt den mer detaljerte omtale av lokalitetene.

Tverrslag, Ringen

Her var det stort sett gode seismogrammer i begge profilene. I profil 2 er det visse holdepunkter som kunne tyde på et lag nr. 2 i overdekket, men jeg har valgt å regne med bare ett lag i begge profiler. I profil 1 ble fjellhastigheten beregnet til 4700 m/s, hvilket tyder på godt fjell, mens en må regne med litt dårligere kvalitet i profil 2, hvor hastigheten ble målt til 4000 m/s.

Adkomst-tunnel, Meråker

En fikk gode opptak i profil 3, mens kvaliteten var tildels dårlig i profil 4. Dette var forårsaket av sterk nedbør og trafikkstøy. Medvirkende var det også at en uøvet assistent var uheldig og rev løs kontaktene til de 3 øverste seismometrene, slik at disse virket bare ved avfiring av det øverste skuddet. Et skudd i elva ga meget godt resultat. Også her er det noe uvisst om det fins ett eller to lag i overdekket. Jeg har regnet med bare ett. Hvis denne forutsetningen er gal, skal dypene til fjell kanskje være dobbelt så store som angitt. Hastighetene i fjell er hhv. 5000 m/s og 4600 m/s.

Inntak, Fossvatna

Seismogrammene var stort sett ganske gode. I profil 5 er det et tynt toppsjikt med angitt hastighet 1000 m/s. Denne verdien er dårlig bestemt fordi mektigheten er liten i forhold til seismometeravstanden. Riktig tall kan like gjerne være 500 m/s, og isåfall er det øverste laget bare ca. halvparten så tykt som angitt. Under topplaget er det registrert en hastighet på 1700 m/s. Dette harmonerer med leire eller morene. På partiet fra pkt. 20 til pkt. 180 er det god fjellhastighet - 4900 m/s. Men

videre vestover går det via 3950 m/s til 2700 m/s, hvor man må frykte en meget dårlig knusningssone. Mellom pkt. 240 og pkt. 280 foreligger det ikke grunnlag for angivelse av fjellhastighet, fordi det ikke ble avfyrt fjernskudd langt nok mot vest. Øverst i profil 6 er det en viss usikkerhet om det er ett eller to lag i overdekket. Fra pkt. -90 til pkt. -40 har jeg regnet med et 1,5 m tykt topplag med hastighet 330 m/s. Den underliggende hastighet 1250 m/s passer med leire eller morene. Fjellhastigheten varierer mellom 3600 m/s og 5250 m/s. I profil 7 fremkommer det bare ett lag i overdekket. Hastigheten i dette varierer på land mellom 300 m/s og 1050 m/s. Under vann har jeg regnet med 1500 m/s. Fjellhastigheten varierer mellom 4550 m/s og 5800 m/s.

Dam, Fjergen

I damprofilet var det svært lite løsmasse, og det var tilfelle også i omløpstunnel og overløpstrase. Hastigheten i overdekket ble dårlig bestemt p.g.a. de små dyp. Fjellet virker solid - med hastigheter mellom 4700 m/s og 5300 m/s.

Inntak, Fjergen

Her var målingenes heldige gjennomføring ganske følsom for værforholdene når kablene skulle bukseres i rett kurs og riktig posisjon flere hundre meter fra land ved hjelp av robåt og hjelpemannskap som ikke var helt fortrolig med denne type arbeid. Oppdragsgiver ønsket å få målt dypene ut til 400 m fra land. Vi fikk målt ut til 295 m fra land, men forsøkene på å komme videre i sterk vind måtte til slutt oppgis, da det gjensto en rekke andre målinger som skulle forsøkes gjennomført før vinteren gjorde det for vanskelig. Lengst ute ble hastigheten i bunnmassene målt til 1630 m/s. Hastigheten i fjell var god langs hele profilet - 5000 m/s.

Tverrslag, Ellingsbakken

Her var det indikasjoner på to sjikt i overdekket over det meste av profi-
let, bortsett fra helt nederst, hvor det øvre laget mangler. Topplaget har
hastigheter som varierer mellom 500 m/s og 1350 m/s. Den laveste verdien
svarer til tørr sand, mens den høyeste kan være forenlig med silt leire
eller morene. Lag nr. 2 har så høy hastighet som 2200 - 2450 m/s, hvilket
tyder på kompakt bunnmorene. Fjellhastigheten er god - 4750 m/s.

Dam, Tevla

Langs mesteparten av damprofilet var det lite løsmasse, og det var også
tilfelle for tilløpstunnel og omløpstunnel. Overdekkehastighetene ble der-
for dårlig bestemt. God fjellhastighet 4600 - 5300 m/s.

Utløp, Nustadfoss

Også her var det meget tynt overdekke, og hastigheten følgelig dårlig
bestemt. Verdien ble bestemt til 300 m/s nær riksveien, og denne verdien
ble benyttet for hele profilet.

Fjellhastigheten er såvidt lav som 3600 m/s, hvilket tyder på atskillig
oppsprekking.

Trondheim 12. juni 1987
Norges geologiske undersøkelse
Geofysisk avdeling



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 lyd hastigheten 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 dypet 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 lyd hastigheten 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° .

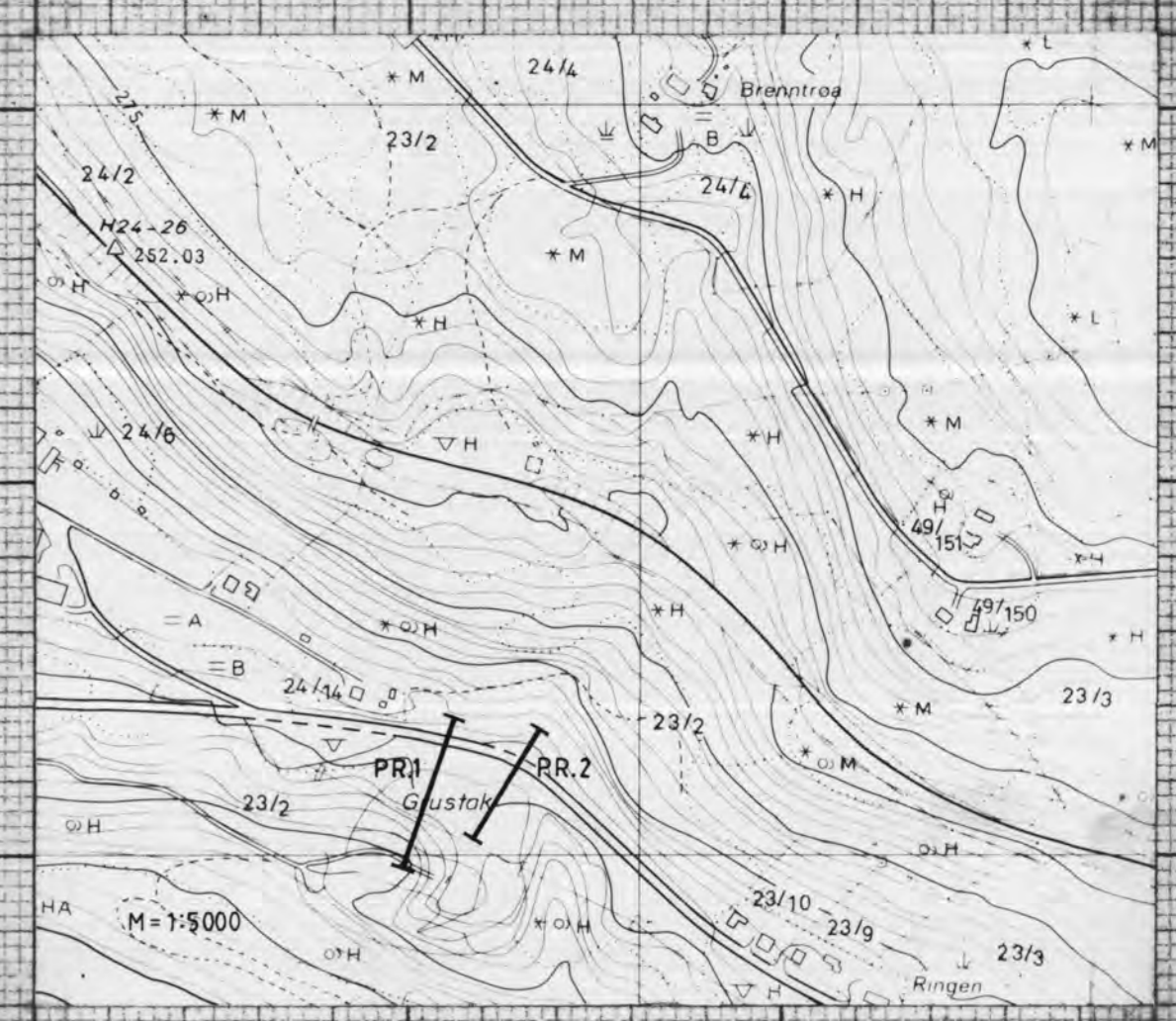
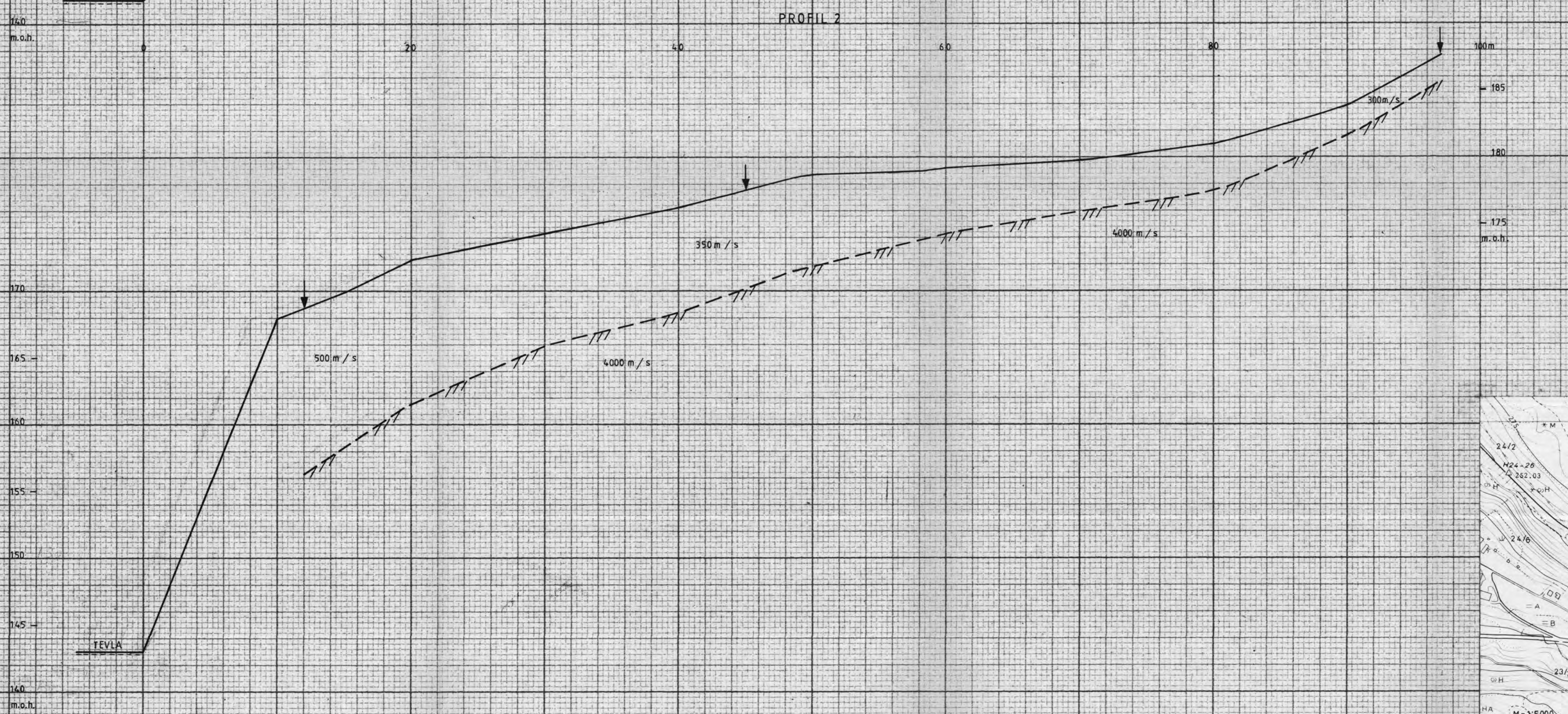
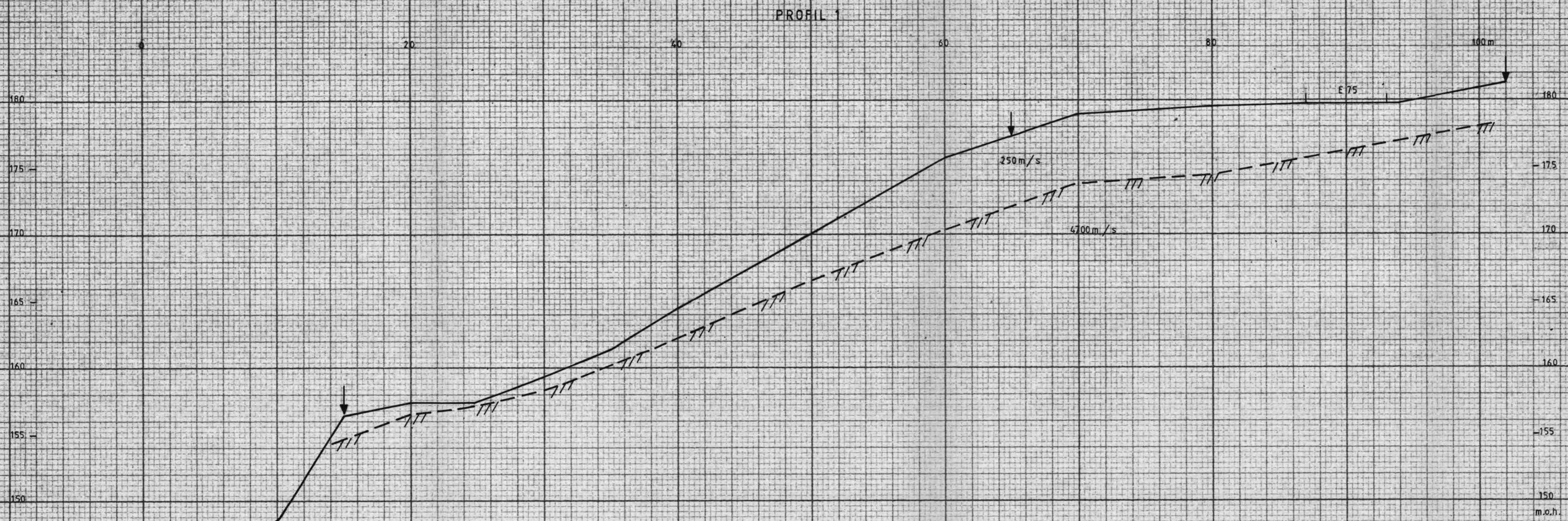
Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i de oppregnede diagrammer, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten senere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt "blind sone", og de virkelige dybder kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde 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 lavhastighetssjiktet 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 bunmorene		1900 - 2800 "
Leire		1100 - 1800 "

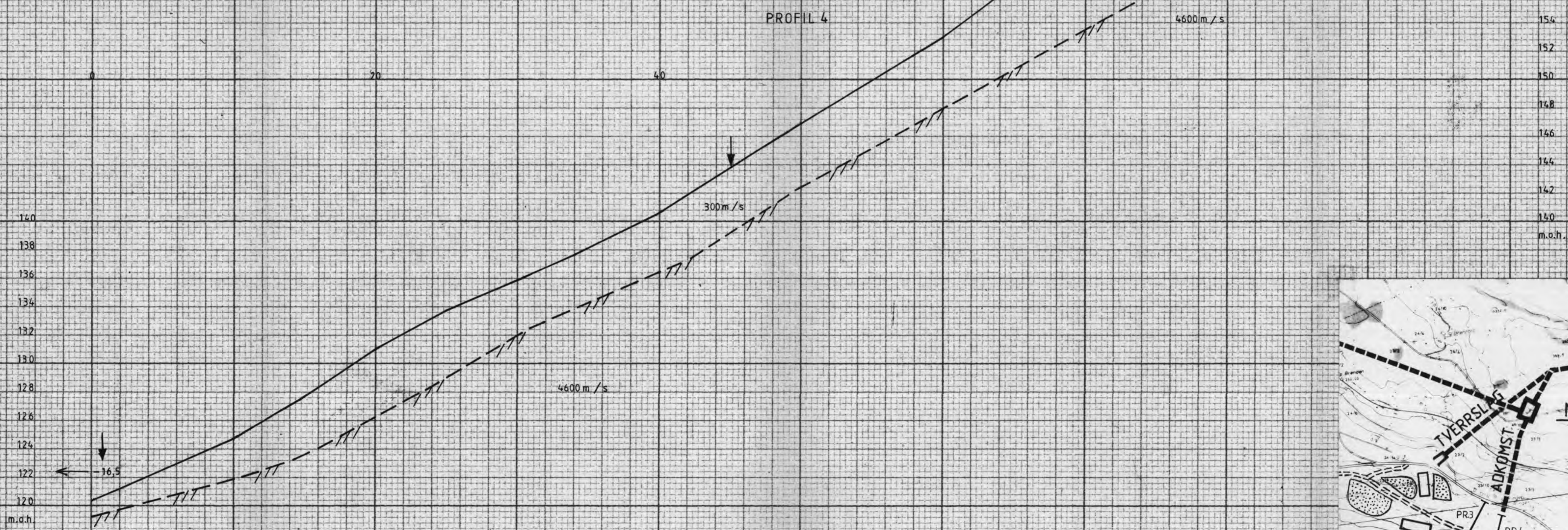
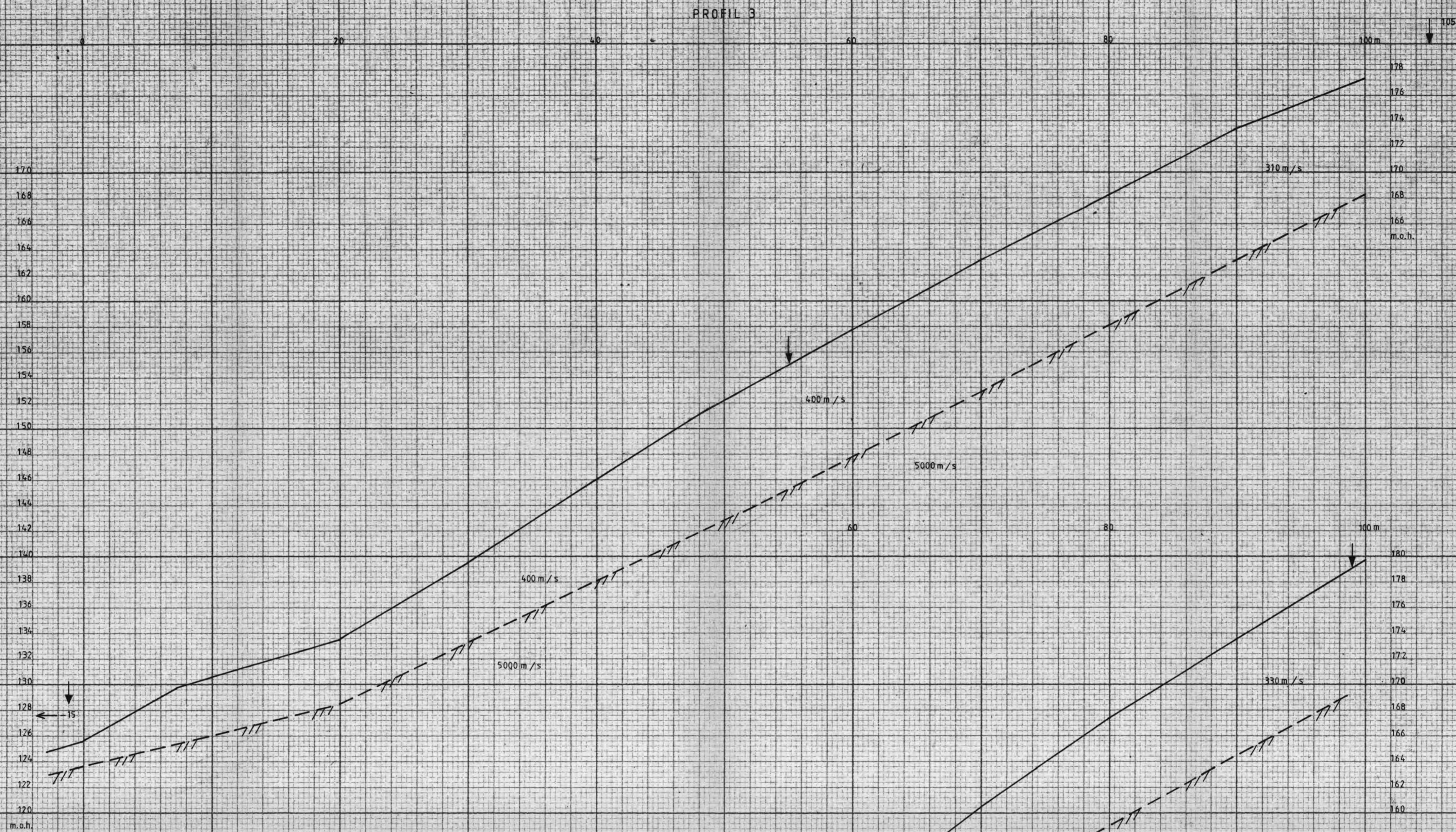


TEGNERKLARING

↓
 TERRENGOVERFLATE MED SKJEDDPUNKT

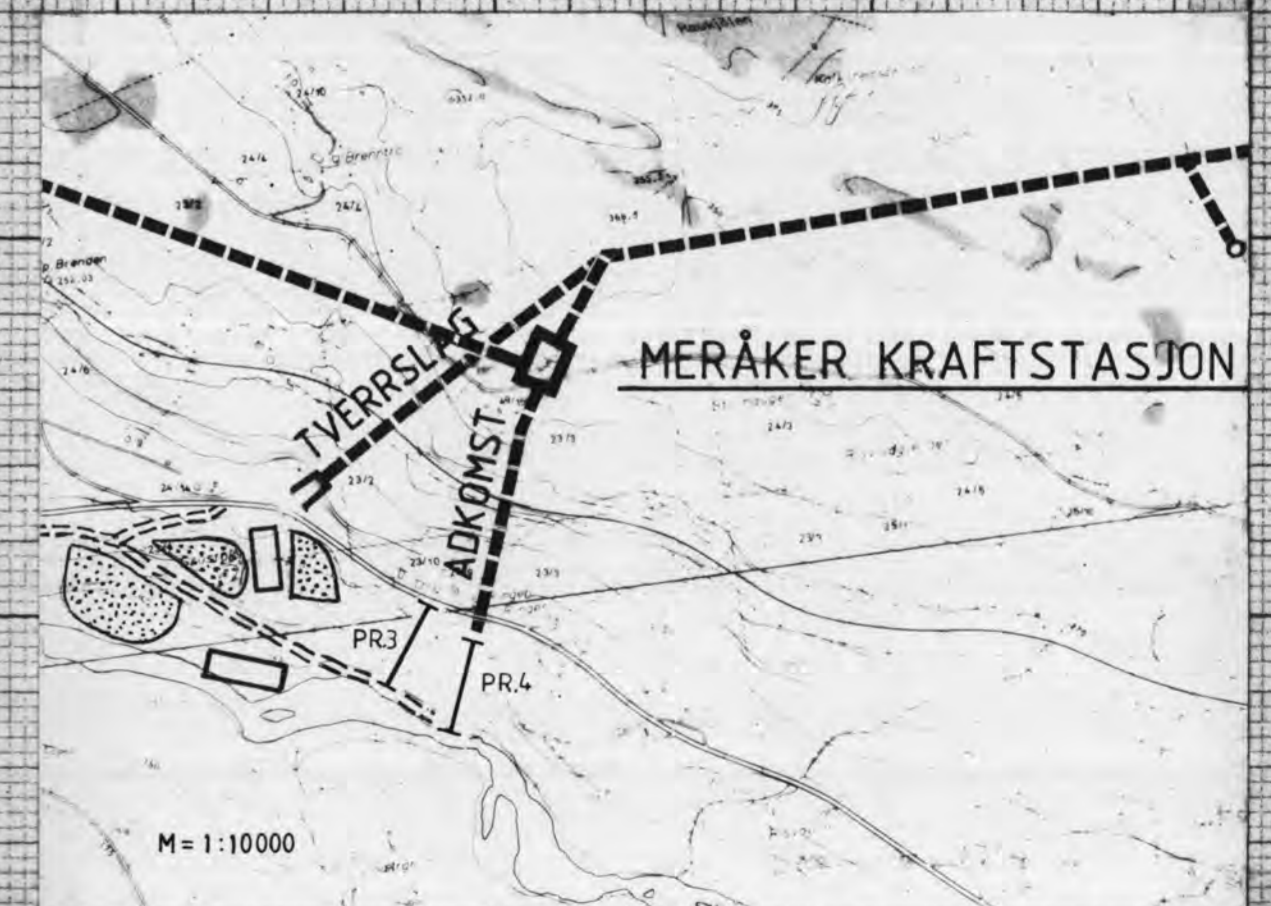
///
 INDIKERT FJELLOVERFLATE

NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER TVERRSLAG RINGEN GRUNNPROFILER MED SITUASJONSPLAN	MÅLESTOKK	OBS. G.H.	OKT 86
	1:200	TEGN. G.H.	MAI 87
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC. T.H.	JUNI 87	
	KFR. G.H.	—II—	
TEGNING NR.	KARTBLAD NR.		
87.076-01	1721 I		



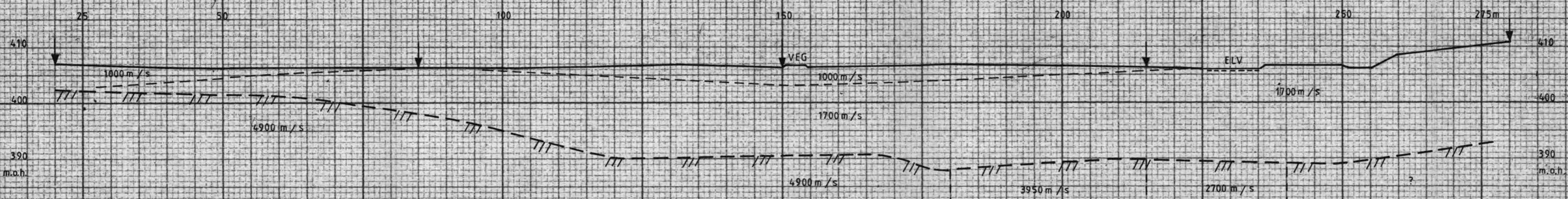
TEGNFORKLARING

- TERRENGOVERELAT MED SKJEDDPUNKT
- INDIKERT FJELLOVERFLATE

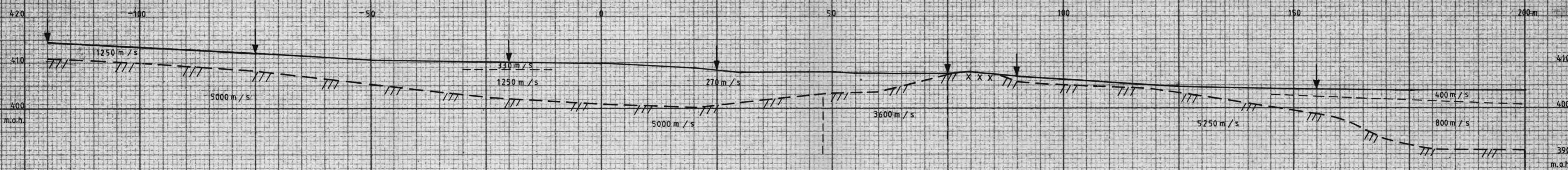


NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER ADKOMSTTUNNEL, MERÅKER GRUNNPROFILER MED SITUASJONSPLAN	MÅLESTOKK	OBS. G.H.	OKT. 86
	1:200	TEGN. G.H.	MAI 87
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	TRAC. T.H.	JUNI 87
	87.076-02	KFR. G.H.	— II —
	KARTBLAD NR.		1721 I

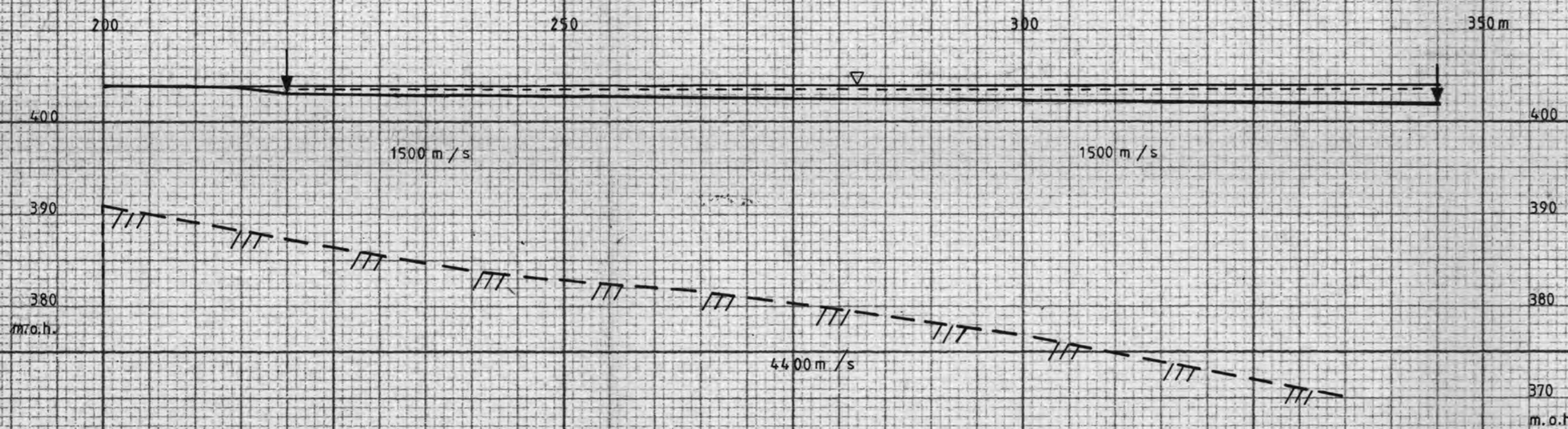
PROFIL 5



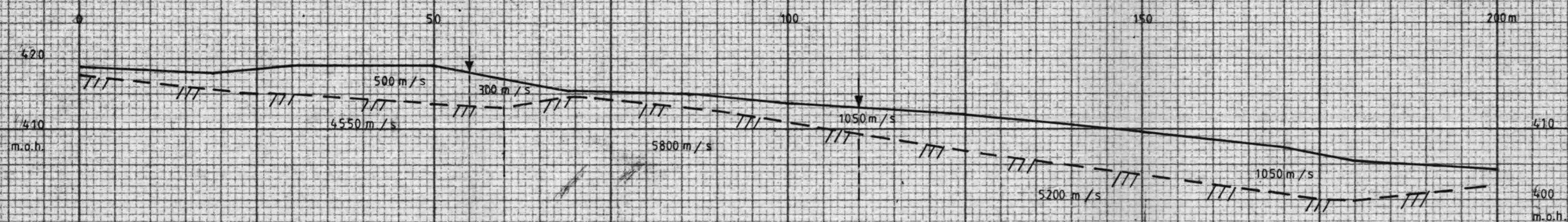
PROFIL 6



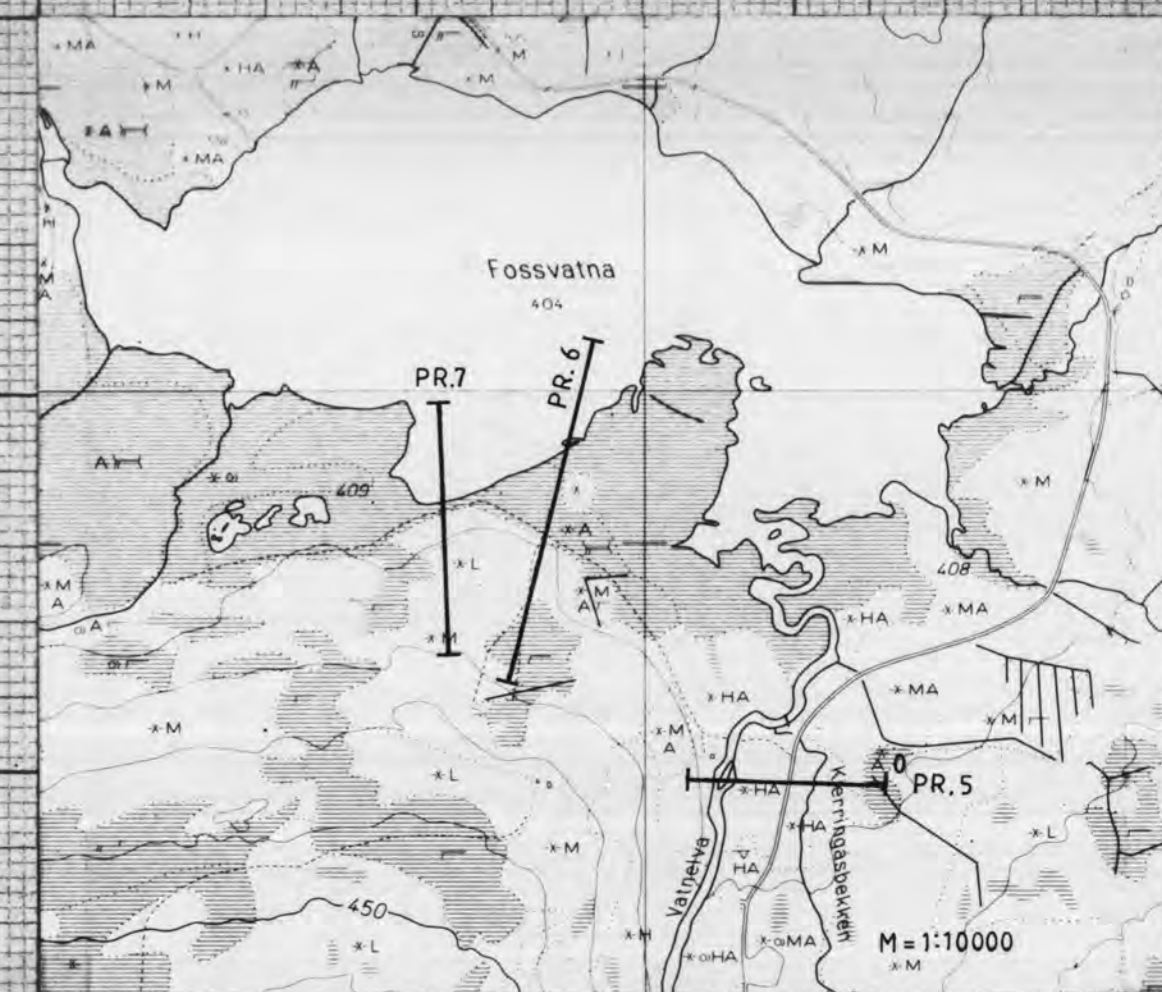
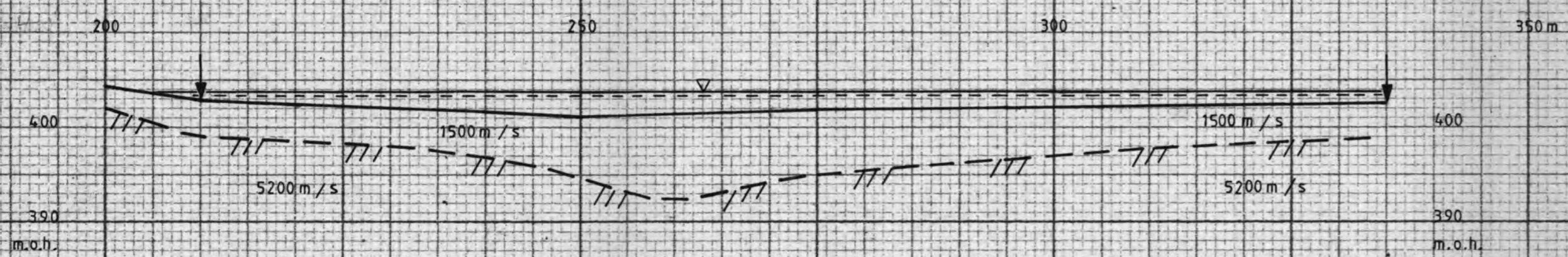
PROFIL 6 FORTS.



PROFIL 7



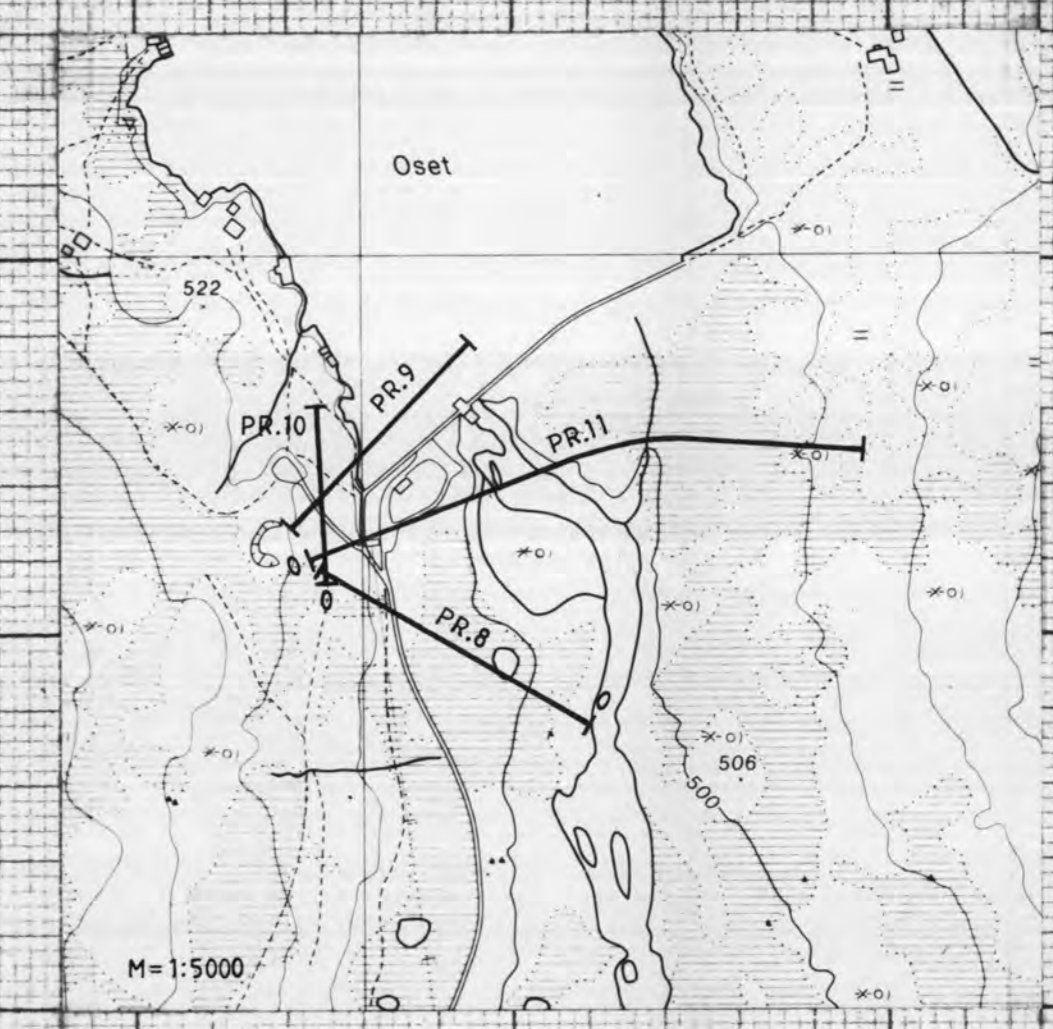
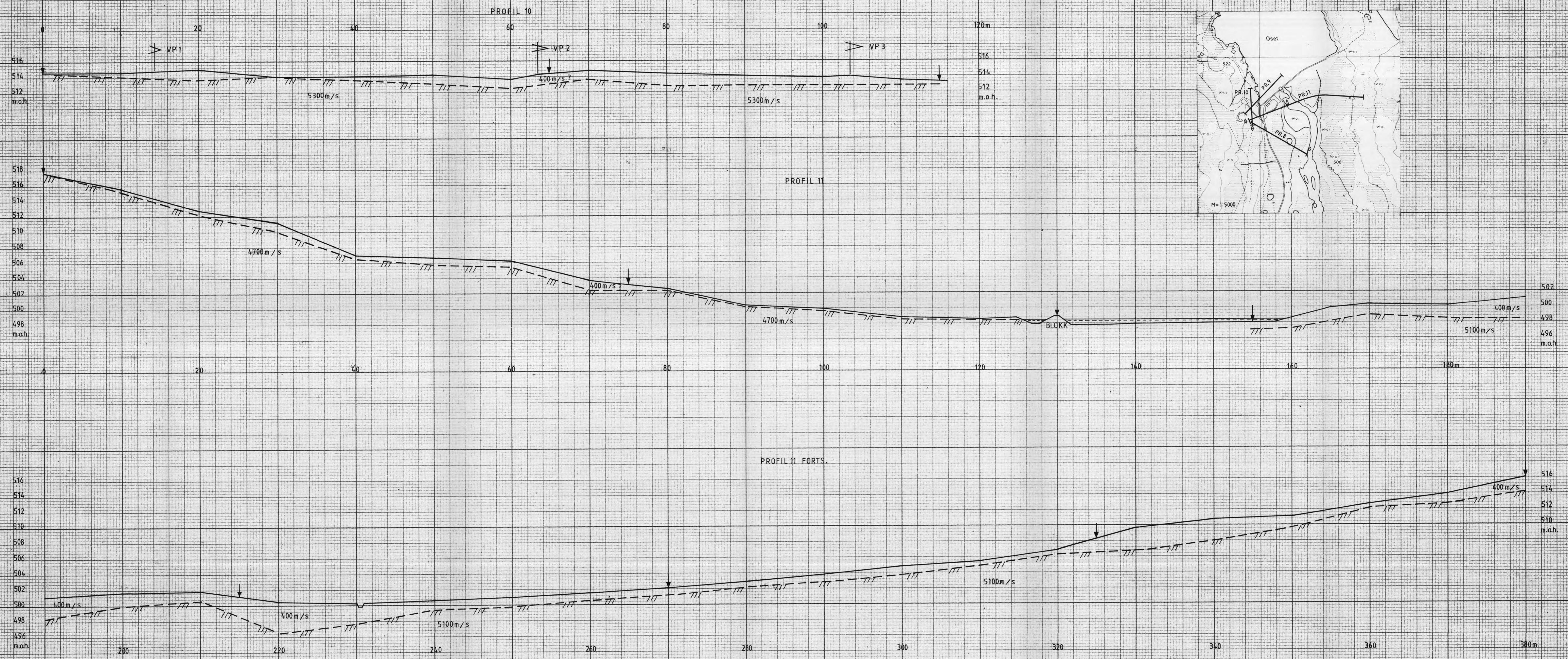
PROFIL 7 FORTS.



TEGNFORKLARING:

- TERRENGOVERFLATE MED SKJODDPUNKT
- SJIKTGRENSE
- INDIKERT FJELLOVERFLATE
- FJELL I DAGEN

NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER INNTAK FOSSVATNA GRUNNPROFILER MED SITUASJONSPLAN	MÅLESTOKK	OBS. G.H.	OKT. 86
	1:500	TEGN. G.H.	MAI 87
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC. T.H.	JUNI 87	
	KFR. GH.	—II—	
TEGNING NR.	KARTBLAD NR.		
87.076-03	1721 I		

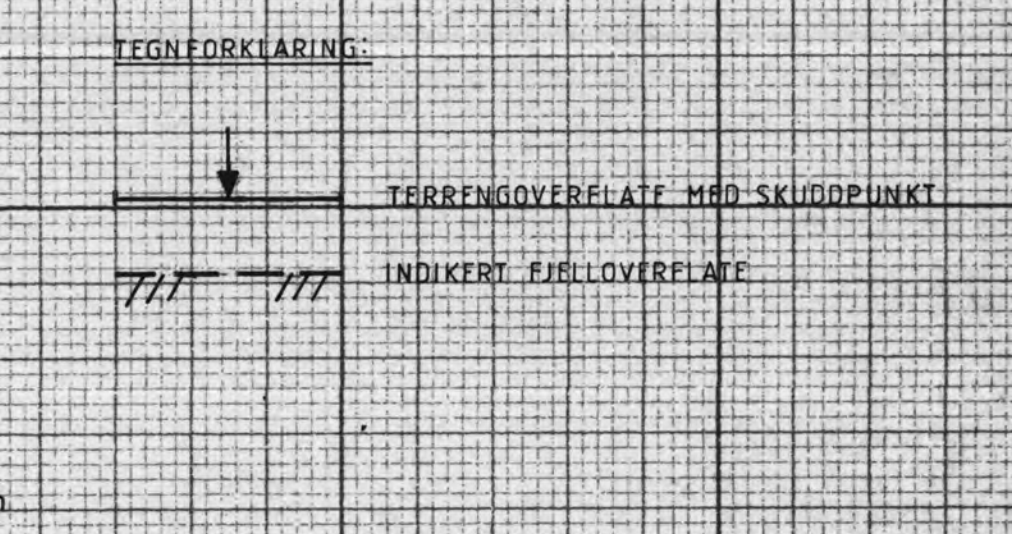
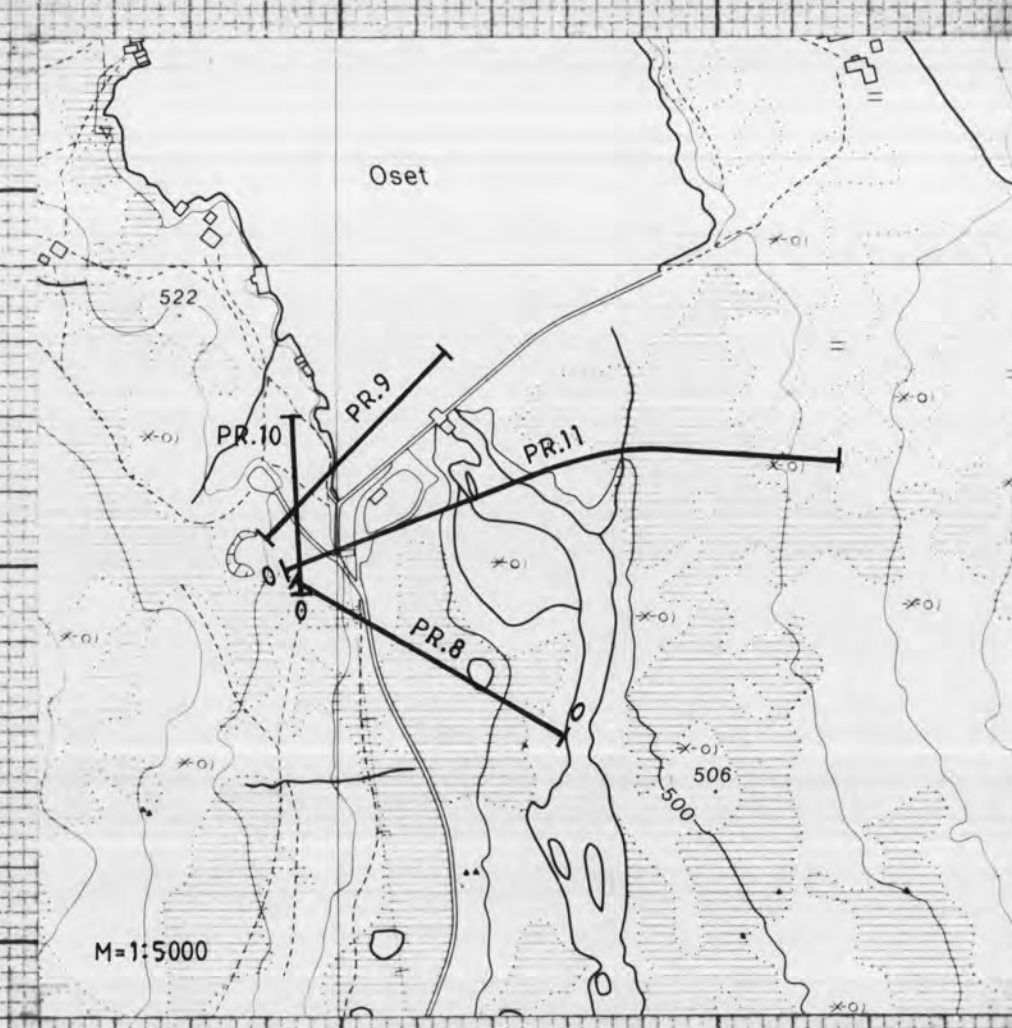
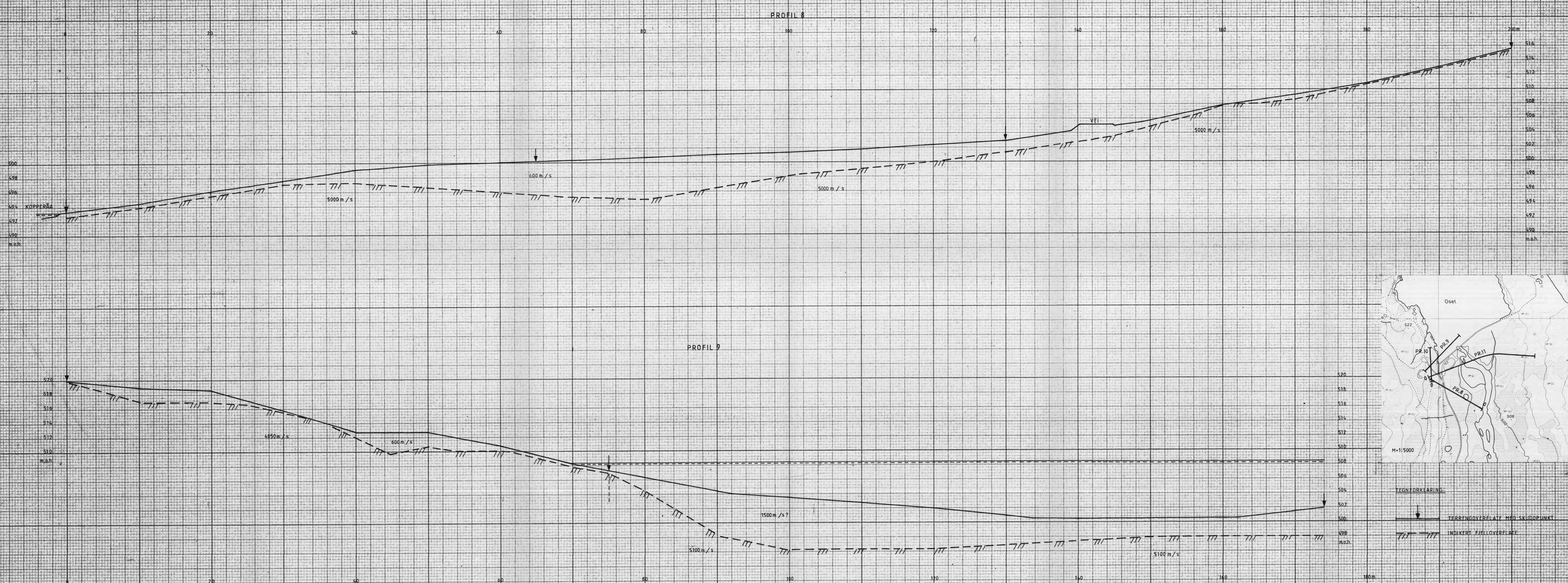


TEGNEFORKLARING:

↓ TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT

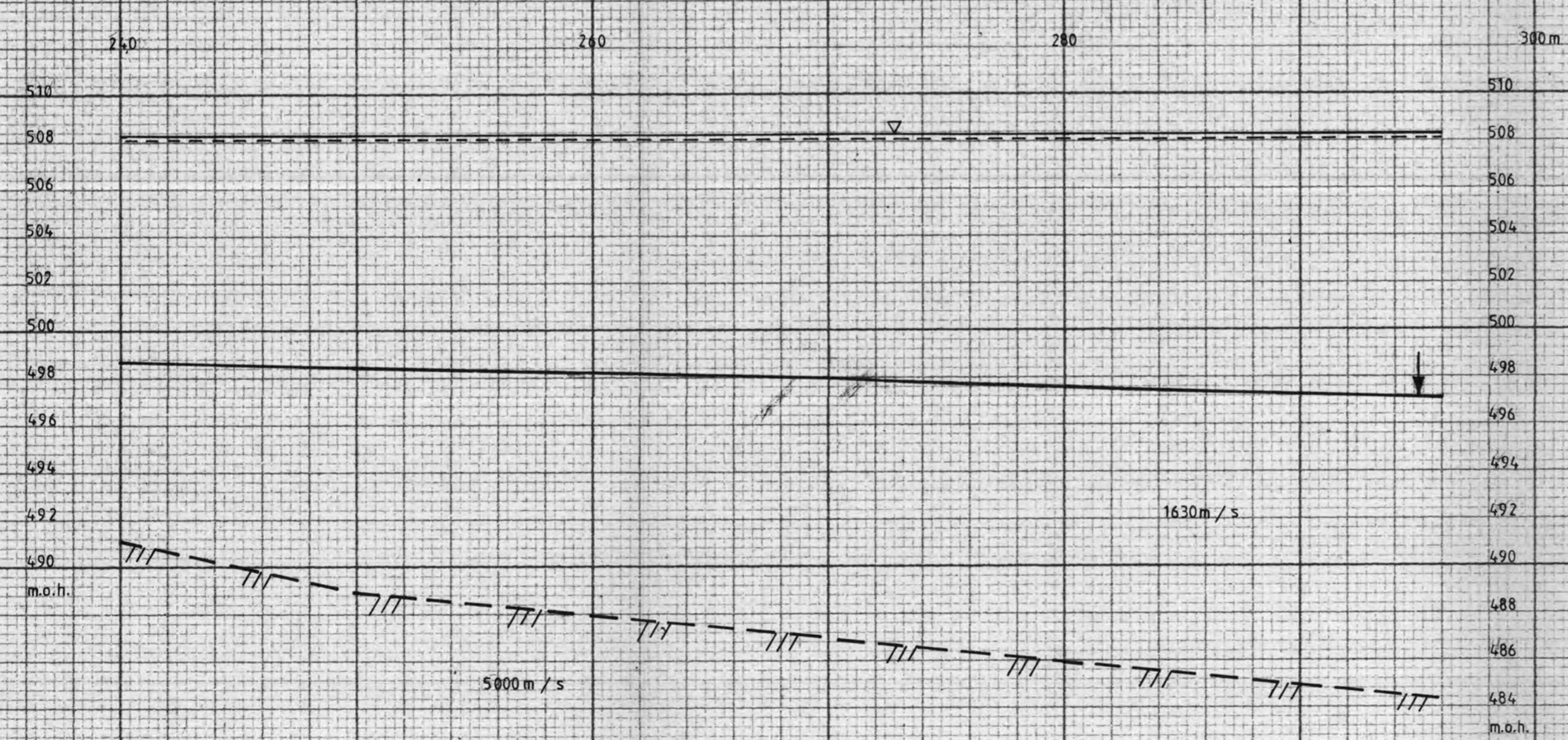
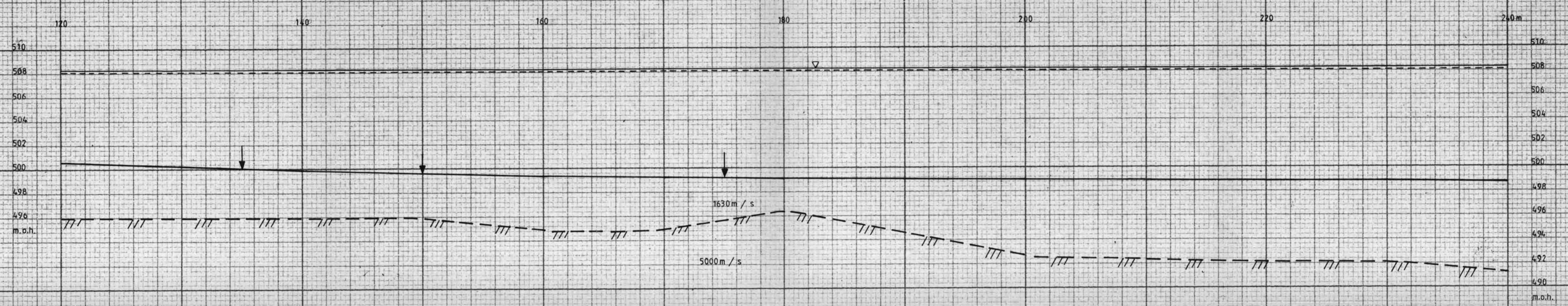
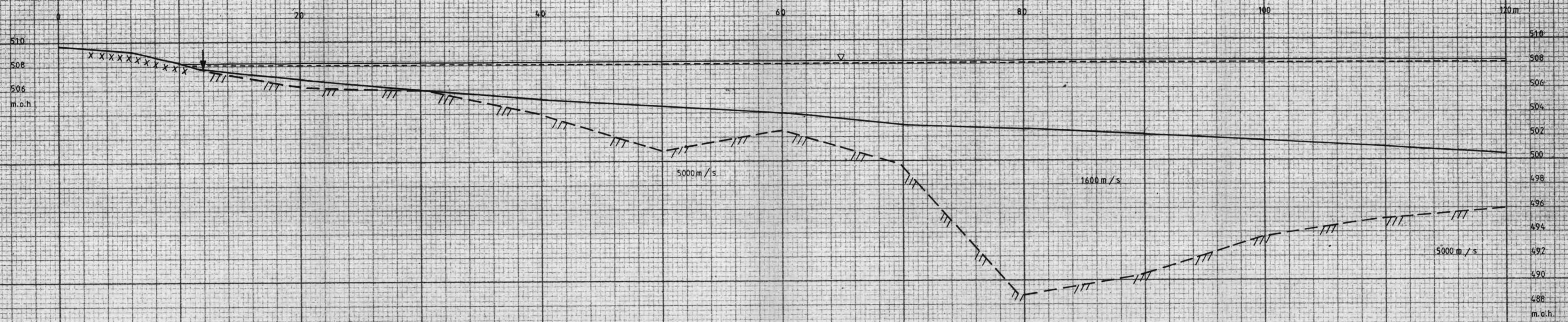
--- INDIKERT FJELLOVERFLATE

NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER OVERLØP OG DAM FJERGEN GRUNNPROFILER MED SITUASJONSPLAN NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLESTOKK 1:200	OBS. G.H. DKT. 86 TEGN. G.H. MAI 87 TRAC. T.H. JUNI 87 KFR. <i>GH</i>
	TEGNING NR. 87.076-05	KARTBLAD NR. 1721 I

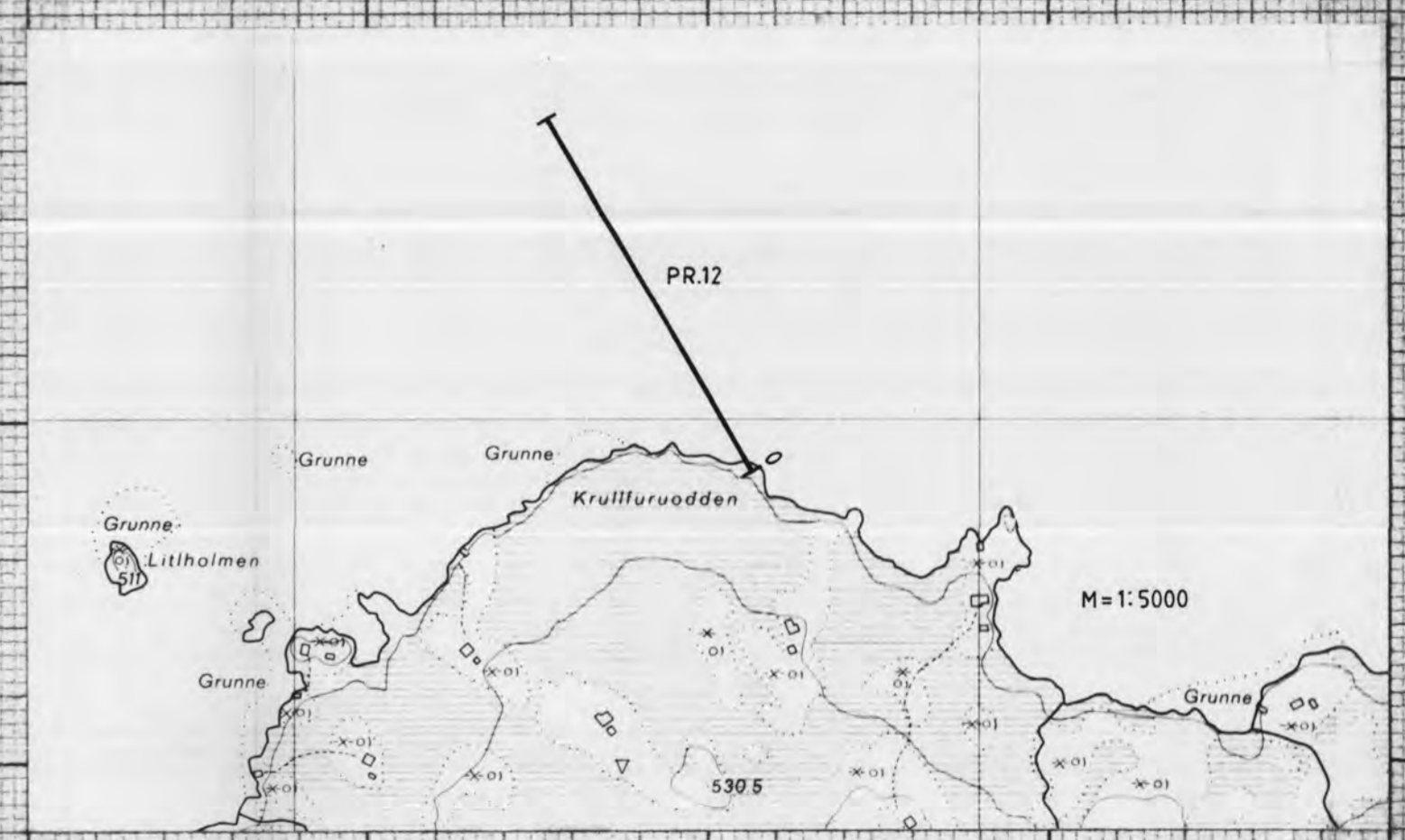


NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER OMLØP FJERGEN GRUNNPROFILER MED SITUASJONSPLAN	MÅLESTOKK	OBS. G.H.	OKT. 86
	1:200	TEGN. G.H.	MAI 87
NORGE GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC. T.H.	JUNI 87	
	KFR. <i>G.H.</i>	—II—	
	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	87.076-04	1721 I	

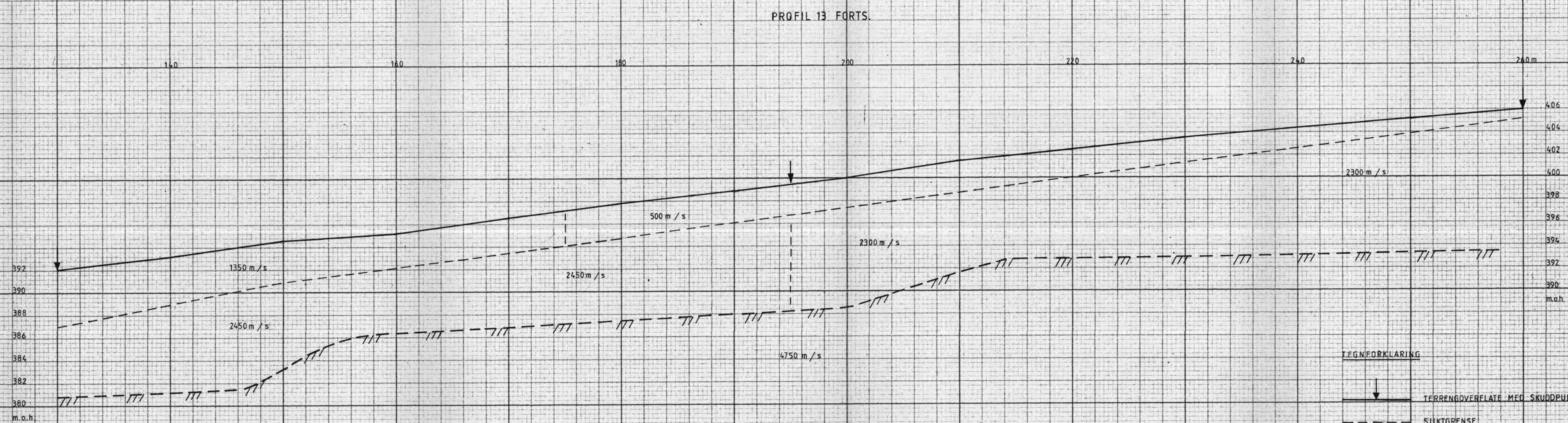
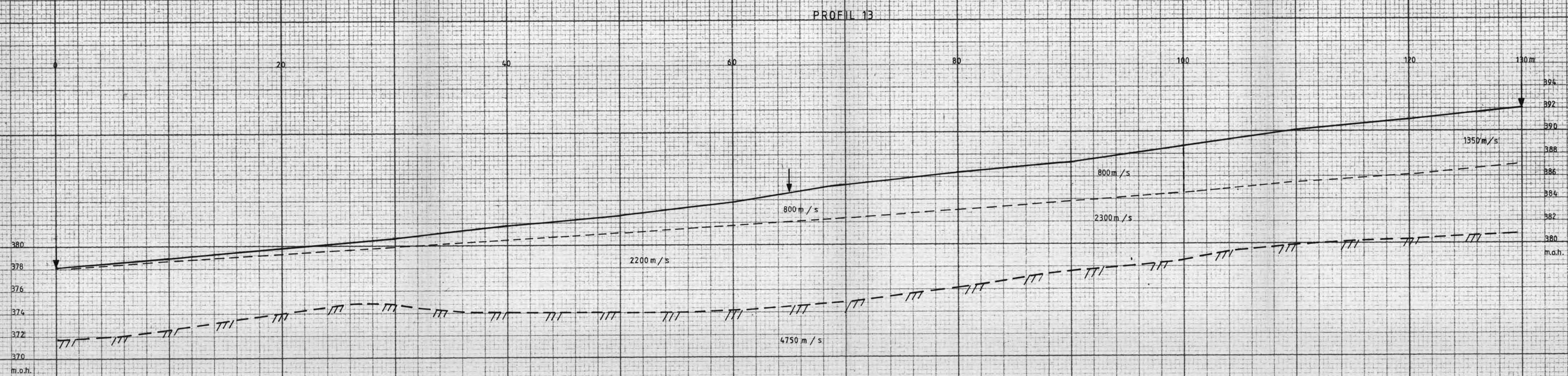
PROFIL 12



- TEGNFORKLARING:
- TERRENGOVERFLAT MED SKUDDPUNKT
 - INDIKERT FJELLOVERFLATE
 - FJELL I DAGEN

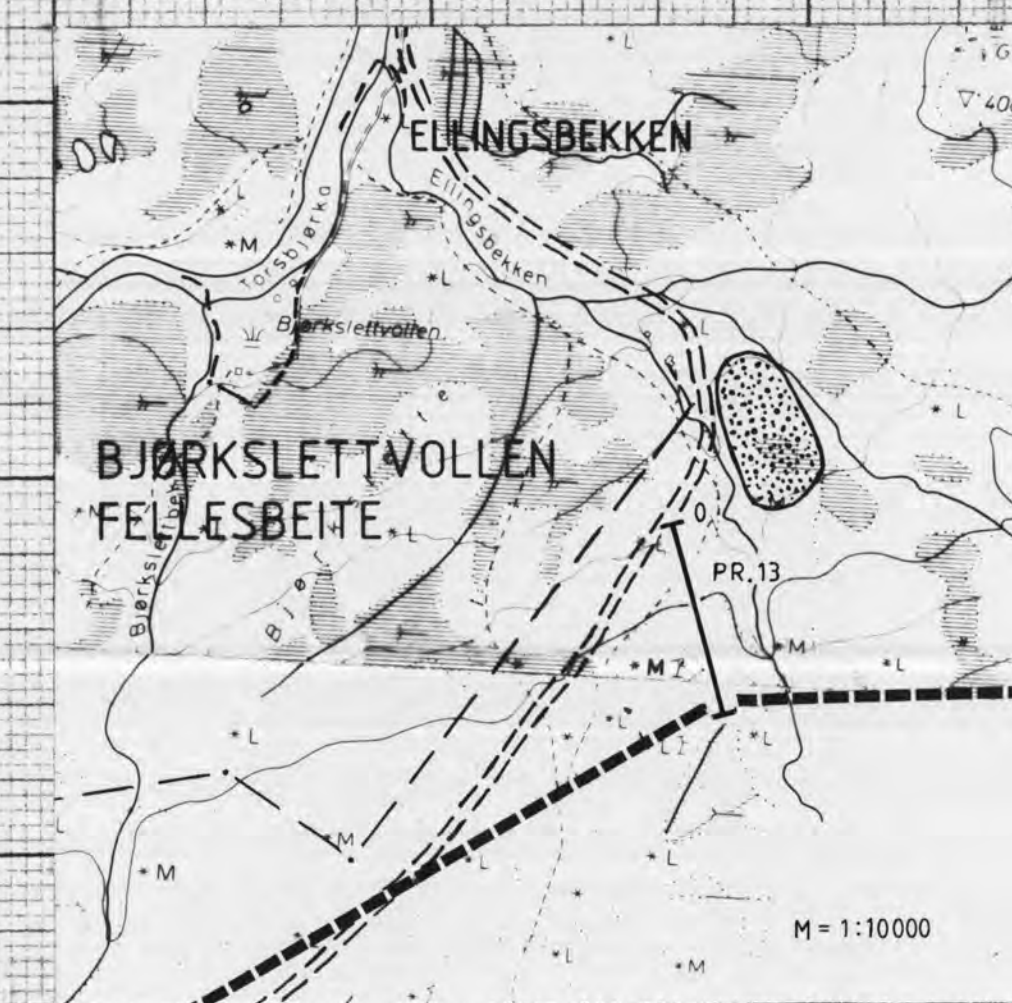


NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER INNTAK FJERGEN GRUNNPROFIL MED SITUASJONSPLAN	MÅLESTOKK 1:200	OBS. G.H. OKT. 86 TEGN. G.H. MAI 87 TRAC. T.H. JUNI 87 KFR. <i>GH</i>
	TEGNING NR. 87.076-06	KARTBLAD NR. 1721 I

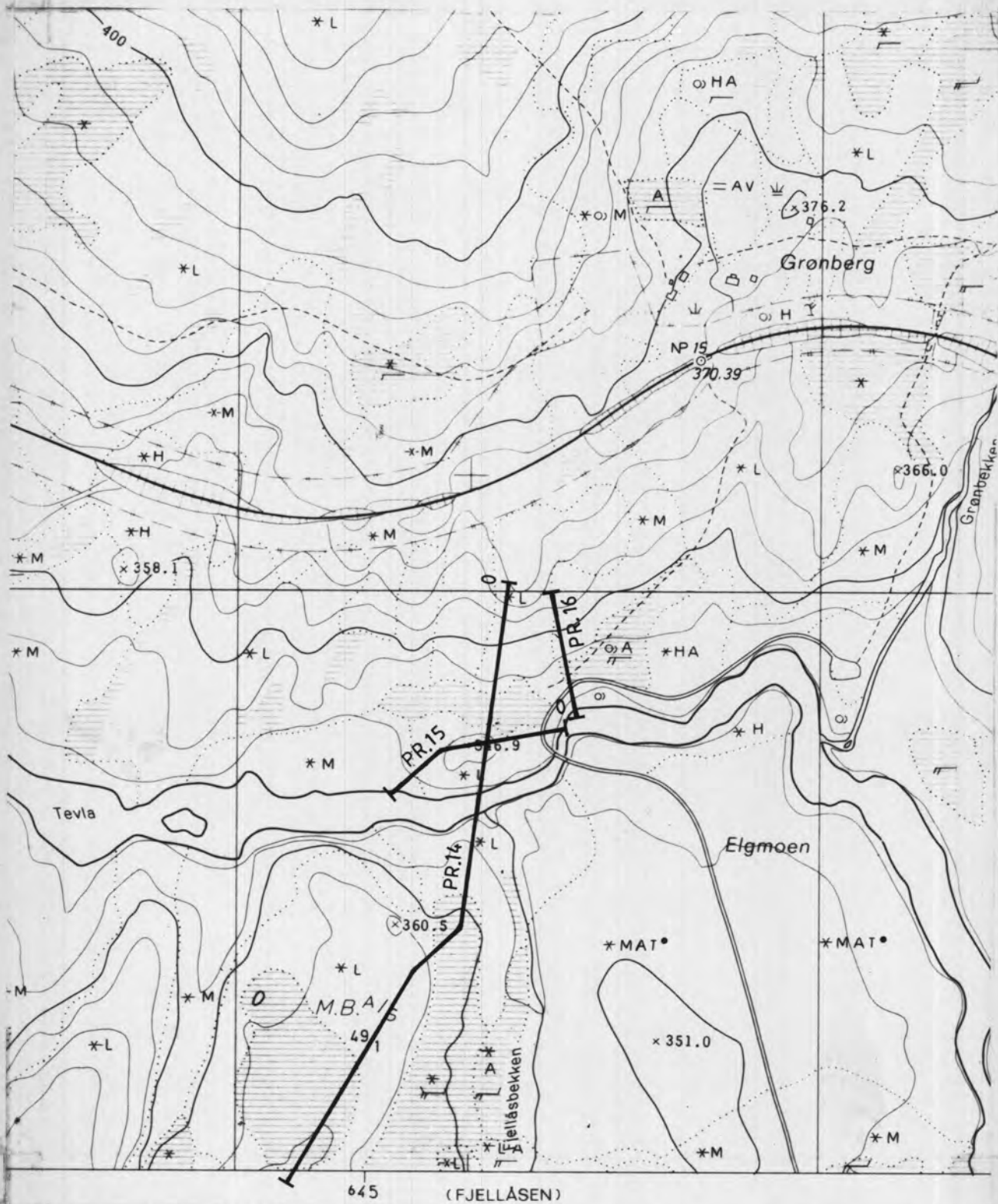


TEGNFORKLARING

- TERRENGOVERELAT MED SKUDDPUNKT
- SJIKTGRENSE
- INDIKERT FJELLOVERFLATE



NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER TVERRSLAG ELLINGSBEKKEN GRUNNPROFIL MED SITUASJONSPLAN	MÅLESTOKK	OBS. G.H.	OKT. 86
	1:200	TEGN. G.H.	MÅI 87
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KFR. T.H.	JUNI 87
	87.076-07	KFR. G.H.	—
	KARTBLAD NR.	1721 IV	



NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK
 KRAFTVERKENE I MERÅKER
 SEISMISKE MÅLINGER
 TEVLA
 SITUASJONSPLAN

MÅLESTOKK

1:5000

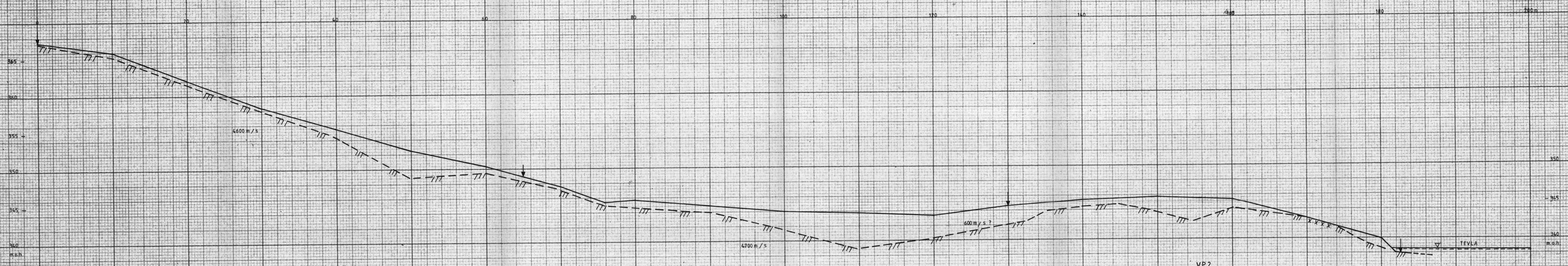
MÅLT	G.H.	OKT. 86
TEGN	G.H.	MAI 87
TRAC	T.H.	JUNI 87
KFR.	G.H.	—II—

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

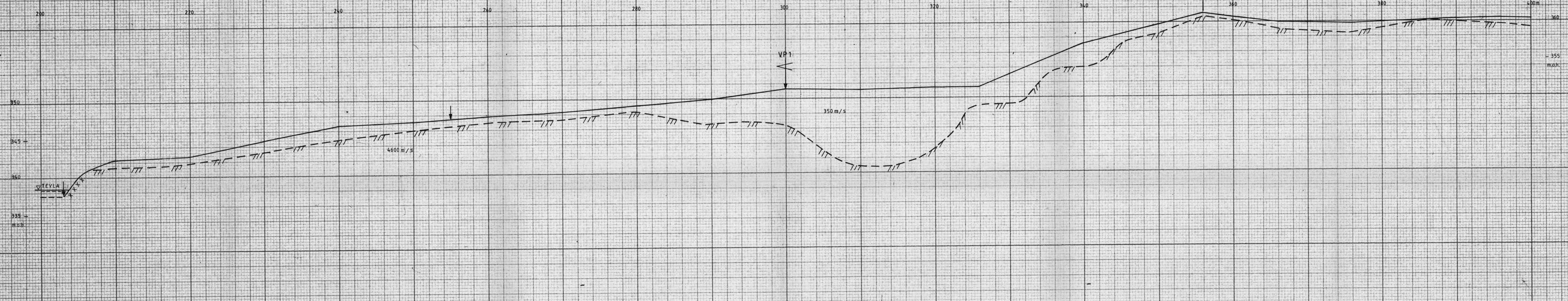
TEGNING NR.
 87.076-08

KARTBLAD NR.
 1721 I

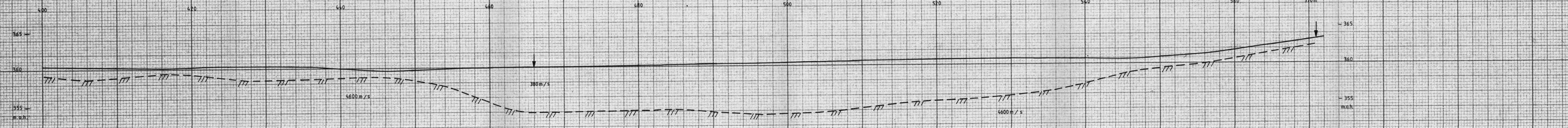
PROFIL 14



PROFIL 14 FORTS.



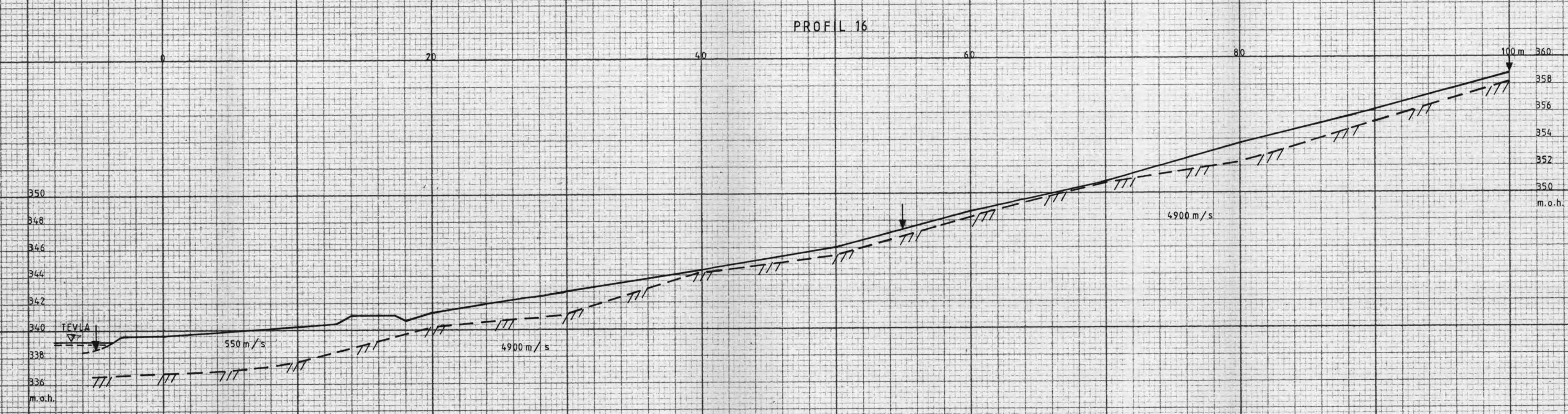
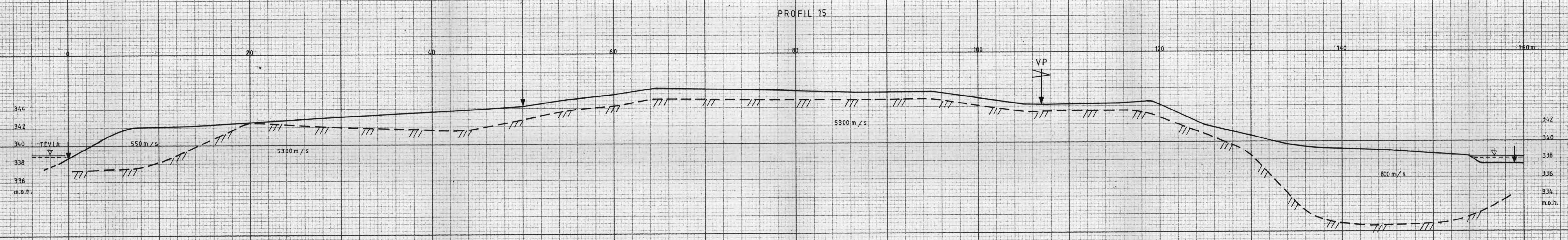
PROFIL 14 FORTS.



TEGNFORKLARING:

- ↓ TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
- INDIKERT EJELLOVERFLATE
- x x x x x x FJELL I DAGEN

NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER TEVLA, DAM GRUNNPROFILER	MÅLESTOKK 1:200	OBS. GH. OKT. 86 TEGN. GH. MAI 87 TRAC. T.H. JUNI 87 KPR. GH.
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 87.076-09



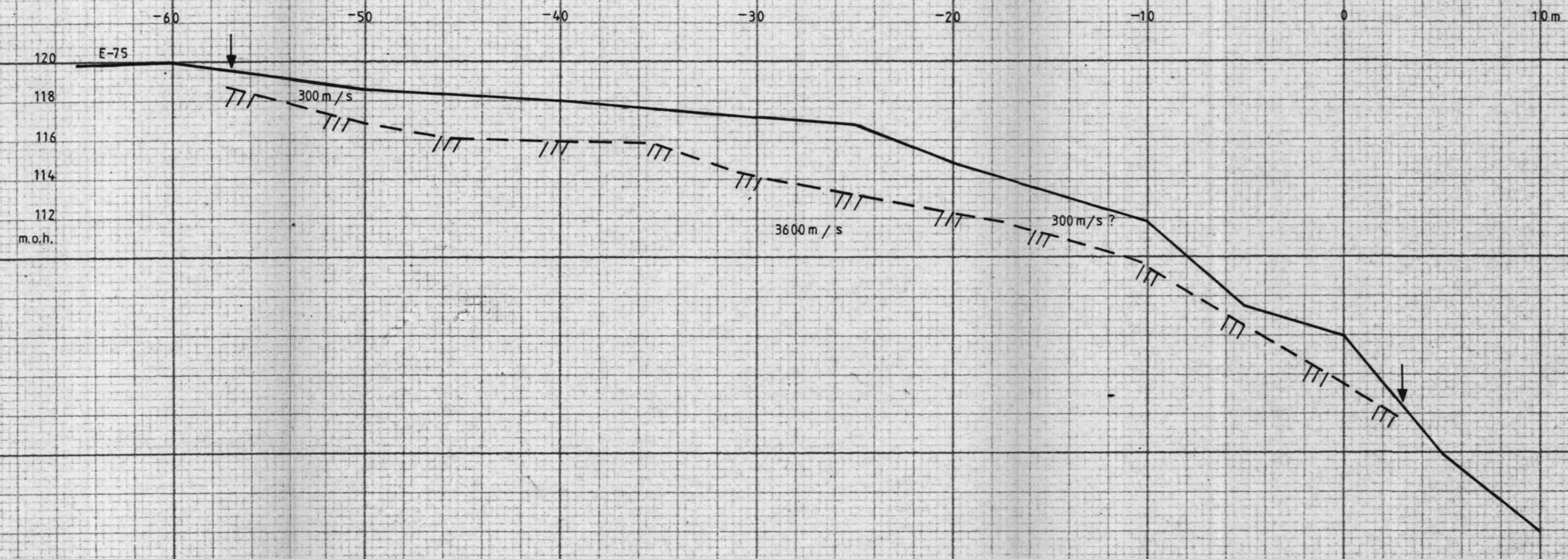
TEGNFORKLARING:

↓ TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT

--- INDIKERT FJELLOVERFLATE

NORD-TRØNDELAGELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER TEVLA, OMLØPS OG TILLØPSTUNNEL GRUNNPROFILER	MÅLESTOKK	OBS. G.H.	OKT. 86
	1:200	TEGN. G.H.	MAI 87
NORGE GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	TRAC. T.H.	JUNI 87
	87.076-10	KFR. <i>GH</i>	—II—
	KARTBLAD NR.		1721 I

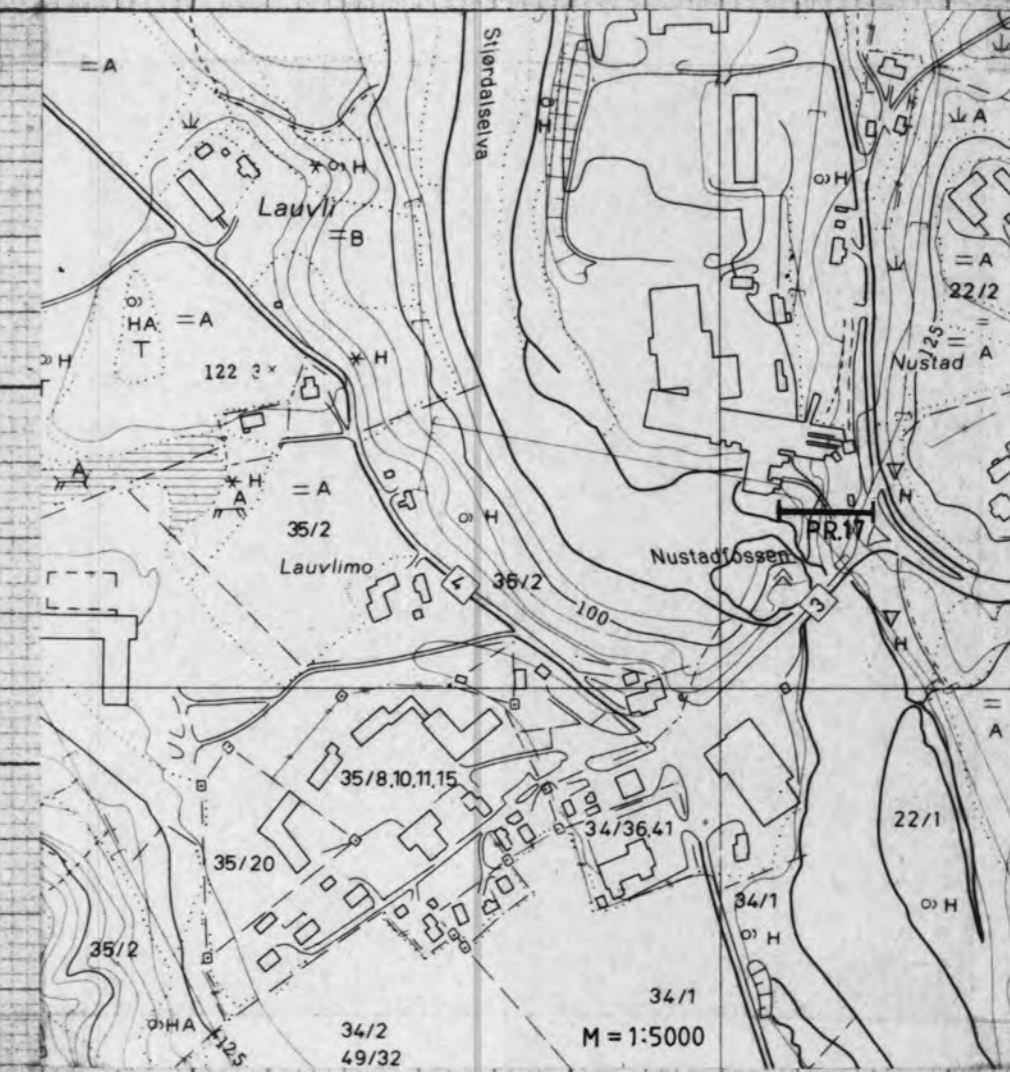
PROFIL 17



TEGNFORKLARING

↓
 ——— TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT

/// ——— INDIKERT FJELLOVERFLATE



NORD-TRØNDELAG ELEKTRISITETSVERK KRAFTVERKENE I MERÅKER SEISMISKE MÅLINGER NUSTADFOSSEN, UTLØP GRUNNPROFIL MED SITUASJONSPLAN	MÅLESTOKK	OBS. G.H.	OKT. 86
	1:200	TEGN. G.H.	MAI 87
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	TRAC. T.H.	JUNI 87
	87.076-11	KFR. <i>GH.</i>	— II —
	KARTBLAD NR.	1721 I	