



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 1636	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Trondheim	Gradering Fortrolig
Kommer fra ..arkiv	Ekstern rapport nr NGU 1709/E	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Seismiske målinger i Nord - Gudbrandsdalen 1981				
Forfatter Tønnesen, Jan Fredrik		Dato 20.12 1982	Bedrift NGU	
Kommune Fron Vågå	Fylke Oppland	Bergdistrikt Østlandske	1: 50 000 kartblad 17182 17184 16181	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geofysikk	Dokument type		Forekomster	
Råstofftype	Emneord Løsmassemektheter			
Sammendrag				

NGU Rapport nr. 1709/E

Seismiske målinger i
Nord-Gudbrandsdalen 1981

FRON og VÅGÅ,
OPPLAND

1982



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eiriksons vei 39 Postboks 3006
Tlf. (075) 15 860 7001 Trondheim

Postgironr. 5 16 82 32
Bankgironr. 0633.05.70014

Rapport nr. 1709/E		Fortrolig inntil videre	
Tittel: Seismiske målinger i Nord-Gudbrandsdalen 1981			
Oppdragsgiver: NGU		Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen	
Forekomstens navn og koordinater:		Kommune: Fron og Vågå	
Fylke: Oppland		Kartbladnr. og -navn (1:50000): 1718 II Vinstra 1718 IV Otta 1618 I Vågå	
Utført: Feltarbeid: 10.-20.08.1981 Rapport : Desember 1982		Sidetall: 8 Tekstbilag: 2 Kartbilag: 8	
Prosjektnummer og -navn: 1709 Nord-Gudbrandsdalsprosjektet			
Prosjektleder: Einar Tveten			
Sammendrag: De seismiske målingene er utført i forbindelse med undersøkelse av kleberforekomster i Nord-Gudbrandsdalen. Hovedformålet var å bestemme løsmassetykkelsen, men seismiske hastighetsvariasjoner i fjellgrunnen var også av interesse. Målingene som omfatter 10 profiler på i alt 3.84 km, er fordelt på tre lokaliteter. Ved Klefstadlykkja i Fron er løsmassetykkelsen for det meste mindre enn 3 m med en største tykkelse på 8 m. På Tjorsætermyrin lengst øst i Vågå er løsmassetykkelsen stort sett i området 1-5 m, med største mektigheter på 10-12 m. Ved Øvre Tesse kraftverk i Vågå er det tykkere avsetninger på mellom 10 og 25 m, men i ett område er det bare et par meter overdekke. Seismisk hastighet i fjell er hovedsakelig i området 4-5000 m/s, men det er lavhastighetsområder på 3-4000 m/s ved alle tre lokaliteter.			
Nøkkelord	Geofysikk	Mektigheter	
	Refraksjonsseismikk	Hastigheter	
	Løsmasser		

Ved referanse til rapporten oppgis forfatter, tittel og rapportnr.

INNHold

	<u>Side</u>
INNLEDNING	4
UTFØRELSE	4
RESULTATER	5
Klefstadlykkja (Pr. 1-4)	5
Tjorsætermyrin (Pr. 5-7)	6
Øvre Tesse (Pr. 8-10)	7
SLUTTBEMERKNINGER	8

TEKSTBILAG

Bilag 1	Beskrivelse av seismisk refraksjonsmetode
Bilag 2	Seismiske hastigheter i løsmasser

KARTBILAG

1709/E-01	Oversiktskart	Klefstadlykkja	(1:50 000)
-02	"	Tjorsætermyrin	(1:50 000)
-03	"	Tjorsætermyrin	(1: 5 000)
-04	"	Øvre Tesse	(1:50 000)
-05	"	Øvre Tesse	(1:10 000)
-06	Grunnprofiler	Klefstadlykkja	(1: 1 000)
-07	"	Tjorsætermyrin	(1: 1 000)
-08	"	Øvre Tesse	(1: 1 000)

INNLEDNING

De seismiske målingene er utført i forbindelse med undersøkelse av kleberforekomster i Nord-Gudbrandsdalen. Hovedformålet var å bestemme løsmassetykkelser, men seismiske hastighetsvariasjoner i fjellgrunnen var også av interesse.

Målingene er fordelt på tre områder og omfatter 10 profiler på til sammen 3,84 km. Ved Klefstadlykkja i Fron er det målt 4 profiler på i alt 1,34 km. På Tjorsætermyrin lengst øst i Vågå, er det målt 3 profiler på i alt 1,54 km. Ved Øvre Tesse kraftverk i Vågå er det målt 3 profiler med samlet lengde 0,96 km.

Profilenes beliggenhet er vist i kartbilag 1709/E-01 for Klefstadlykkja og i kartbilagene 1709/E-02 og -03 for Tjorsætermyrin og 1709/E-04 og -05 for Øvre Tesse.

Innenfor Nord-Gudbrandsdalsprosjektet er det i de samme områder også utført andre geofysiske målinger. Ved Klefstadlykkja er det gjort magnetiske målinger (NGU-rapport nr. 1709/G) og på Tjorsætermyrin er det målt både magnetisk og med VLF (NGU-rapportene nr. 1709/H og 1709/I). Rapportene er forfattet av geofysiker Jan Steinar Rønning.

UTFØRELSE

Målingene ble utført etter vanlig seismisk refraksjonsmetode, se bilag 1. Som registreringsinstrument ble benyttet en ABEM Trio med 24 kanaler.

Ved registreringene ble det brukt to kabelutlegg, hvert hundre meter langt og med 12 geofoner. Kabelutleggene ble plassert etter hverandre langs profillinjen og endestøpslene midtveis ble koblet til hver sin forsterker ved instrumentet. Gefonavstanden

var 10 m, men ble kortet inn til 5 m i hver ende av utleggene. Skuddpunkt ble plassert 5 m fra hver endegeofon og ett ved midten av hvert utlegg slik at gjennomgående skuddpunktavstand ble 55 m. I profil 2 ble det brukt en gjennomgående geofonavstand på 5 m. Midtskudd ble sløyfet slik at skuddpunktavstanden ble 65 m. I begynnelsen av profil 4, 8, 9 og 10 er det bare brukt ett kabelutlegg. Utlegget mot slutten av profil 8 er noe innkortet.

Feltarbeidet ble utført av Peter Melleby, Ragnar Opdahl og Jan Fredrik Tønnesen.

RESULTATER

Klefstadlykkja (Profil 1-4)

Resultatene av målingene er vist i kartbilag 1709/E-06. I profilsnittene er terrengoverflaten tegnet som et nullnivå. Terrenghøyden er ikke oppmålt langs profilene og kartgrunnlaget i området er for dårlig til å kunne tegne det virkelige terrengforløpet.

Løsmassetykkelsen ser ut til å være mindre enn 3 m langs store deler av profilene. I profil 1, som er 440 m langt, er fjelldypet trolig ingen steder større enn 5 m.

I profil 2 som er 130 m langt, går fjellet ned til 5-7 meters dyp 30-45 m fra begynnelsen av profilet i sørvest.

I profil 3, som er 440 m langt, er løsmassetykkelsen 4-6 m 20-40 m fra sørvestenden og 80-130 m fra nordøstenden.

I profil 4, som er 330 m langt, er løsmassene 5-8 m tykke 55-100 m fra nordøstenden.

Den relative usikkerhet i beregningen av løsmassetykkelsen er ganske stor, vesentlig fordi seismisk hastighet blir dårlig bestemt i så tynt løsmassedekke. Ved beregningene er det antatt en gjennomgående hastighet på 700-1000 m/s. Hvis løsmassedekket har lavere hastighet, vil fjelldypet være mindre enn beregnet.

Nede på myra hvor profil 1 og delvis profil 2 ligger kan det være vannmettet materiale med høyere hastighet. Fjelldypet kan derfor være noe større enn beregnet der.

Seismisk hastighet i fjellgrunnen er målt til 4600 m/s langs profil 1, mens den i de andre profilene stort sett varierer mellom 3900 og 4300 m/s. I området 100-140 m fra nordøstenden av profil 3 er hastigheten 3500 m/s.

Tjorsætermyrin (Profil 5-7)

Resultatene av målingene er vist i kartbilag 1709/E-07. Profilene følger tidligere målte magnetiske profiler. Profil 5 har startpunkt ved 100 m i magnetisk profil 40. Profil 6 tilsvarer profil 80 med startpunkt ved 200 m, mens profil 7 er målt langs profil 1100 med startpunkt 200 m.

Profil 5. Langs den nordlige halvdel er det 440 m lange profilet varierer løsmassetykkelsen mellom 2 og 6 m. Sørøver er avsetningen tynnere, fra fjell så å si i dagen til maksimum 3-4 m tykkelse. Seismisk hastighet i løsmassene er regnet å være rundt 500 m/s. I fjellgrunnen er seismisk hastighet 4800 m/s, unntatt lengst sør hvor den er 4300 m/s.

Profil 6. De nordligste 120 m av det 440 m lange profilet er løsmassedekket 2-5 m tykt, mens det de sørligste 60-70 m er 1-3 m tykt. På myra i mellom er det beregnet fjelldyp fra 7 til 12 m med de største dyp rundt 150 m fra hver ende av profilet. I nord og lengst sør er seismisk hastighet i løsmassene regnet å være 500 m/s, mens det i myra er funnet en hastighet rundt 1500 m/s. Fjellgrunnen har seismisk hastighet 4700 m/s langs den nordlige halvdel av profilet og 4400 m/s sørøver.

Profil 7. De nordligste 100 m er løsmassene 5-10 m tykke, mens de langs resten av det 660 m lange profilet varierer i området 1-5 m. I nord er det et 2-3 m tykt toppsjikt med seismisk

hastighet 500 m/s, mens løsmassene under har hastighet 1500 m/s. Langs resten av profilet er det bare regnet å være ett løsmassesjikt med hastighet 500 m/s.

De sørligste ca. 200 m er det funnet seismiske fjellhastigheter på 4500 og 5000 m/s, mens det er forholdsvis lave fjellhastigheter langs resten av profilet. Lengst nord er hastigheten lavest med 3200 m/s. Ellers varierer den i området 3600-3800 m/s, unntatt et parti midt i profilet hvor det er målt 4200 m/s.

Øvre Tesse (Profil 8-10)

De tre profilene går parallelt nedover lia ved Øvre Tesse kraftverk. Profil 8 er 303 m langt mens profil 9 og 10 begge er 330 m lange. Resultatene av målingene er vist i kartbilag 1709/E-08.

Profil 8. Løsmassetykkelsen varierer mellom 8 og 15 m. Et 1-2 m tykt toppsjikt har seismisk hastighet rundt 500 m/s. Løsmassene under har hastighet 800-900 m/s, unntatt i begynnelsen av profilet hvor hastigheten er 1100 m/s. Fra midten av profilet er det en ca. 50 m bred sone i fjellet med seismisk hastighet 3000 m/s, mens fjellhastigheten er 4300 m/s ovenfor i profilet og 4100 m/s nedenfor.

Profil 9. Nede på myrflaten mellom 190 og 280 m i profilet er løsmassetykkelsen bare 2-5 m. Mot nordenden av profilet øker den på til 10 m. Motsatt vei oppover skråningen er løsmassetykkelsen 18-24 m. De sørligste 100 m av profilet er det et overflatesjikt med seismisk hastighet 600-800 m/s, mens avsetningen under har hastighet 1300 m/s. Videre nedover skråningen er det bare observert ett løsmassesjikt med 800 m/s. Nede på myrflaten er hastigheten 1000 m/s. Det er den også videre mot enden av profilet, men der kommer det inn et 1-2 m tykt overflatelag med 400 m/s. Fjellhastigheten er 4100-4200 m/s de nederste 200 m, men øker til 5300 m/s langs øvre del av profilet.

Profil 10. Langs nedre halvdel av profilet er løsmassetykkelsen 17-20 m, mens den er 20-28 m langs øvre halvdel. Det er et 1-5 m

tykt toppsjikt med seismisk hastighet 500-650 m/s, mens materialet under har hastighetsområde 950-1100 m/s. Langs de øverste 100-150 m av profilet har materialet dypere enn 9-13 m en hastighet på 2000 m/s. Fjellhastigheten er 4400 m/s langs de nederste 100 m av profilet og 5000 m/s de øverste 100 m, mens midtpartiet ser ut til å ha en hastighet på 3900 m/s.

SLUTTBEMERKNINGER

For Tjorsætermyrin og Øvre Tesse er terrenghøyden langs profilene tegnet på grunnlag av oversiktskartene. Mulige feil i terrengoverflaten vil medføre tilsvarende feil i nivået av sjiktgrenser og fjelloverflate. Profil 7 ble opprinnelig plassert noe for langt øst på kartet, men det er rettet opp i kartbilag 1709/E-03. Terrengoverflaten langs profilet i kartbilag 1709/E-07 er imidlertid ikke etterjustert.

De seismiske løsmassehastighetene tyder stort sett på morenemateriale, men med forskjellig vanninnhold og trolig også ulik sammensettning og pakningsgrad. Overflatesjikt med lave hastigheter kan også være mer sortert materiale eller torv.

Partier med lave fjellhastigheter tyder som regel på oppsprukket fjell. Det er usikkert om lave fjellhastigheter også kan knyttes til eventuelle forekomster av kleber.

Trondheim, 20. desember 1982
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

Geofysisk avdeling

Jan Fredrik Tønnesen

Jan Fredrik Tønnesen
geofysiker

SEISMISK REFRAKSJONSMETODE.

Metoden grunner seg på at lydens 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 innfallsloddet, 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 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 opp-tegnete 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 førsteklasses 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 "



NGU
SEISMISKE MÅLINGER
OVERSIKTSKART
KLEFSTADLYKKJA, FRON, OPPLAND

MÅLESTOKK

1:50000

OBS. J.F.T	AUG. - 81
TEGN. J.F.T	JUNI - 82
TRAC. J.G	" "
KFR.	" "

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR.
1709/E - 01

KARTBLAD NR.
1718 I
1718 II



NGU
SEISMISKE MÅLINGER
OVERSIKTSKART
TJORSÅTERMYRIN, VÅGÅ, OPPLAND

MÅLESTOKK

1:50 000

OBS. J.F.T

TEGN. J.F.T

TRAC. J.F.T

KFR.

AUG. - 81

JUNI - 82

" "

" "

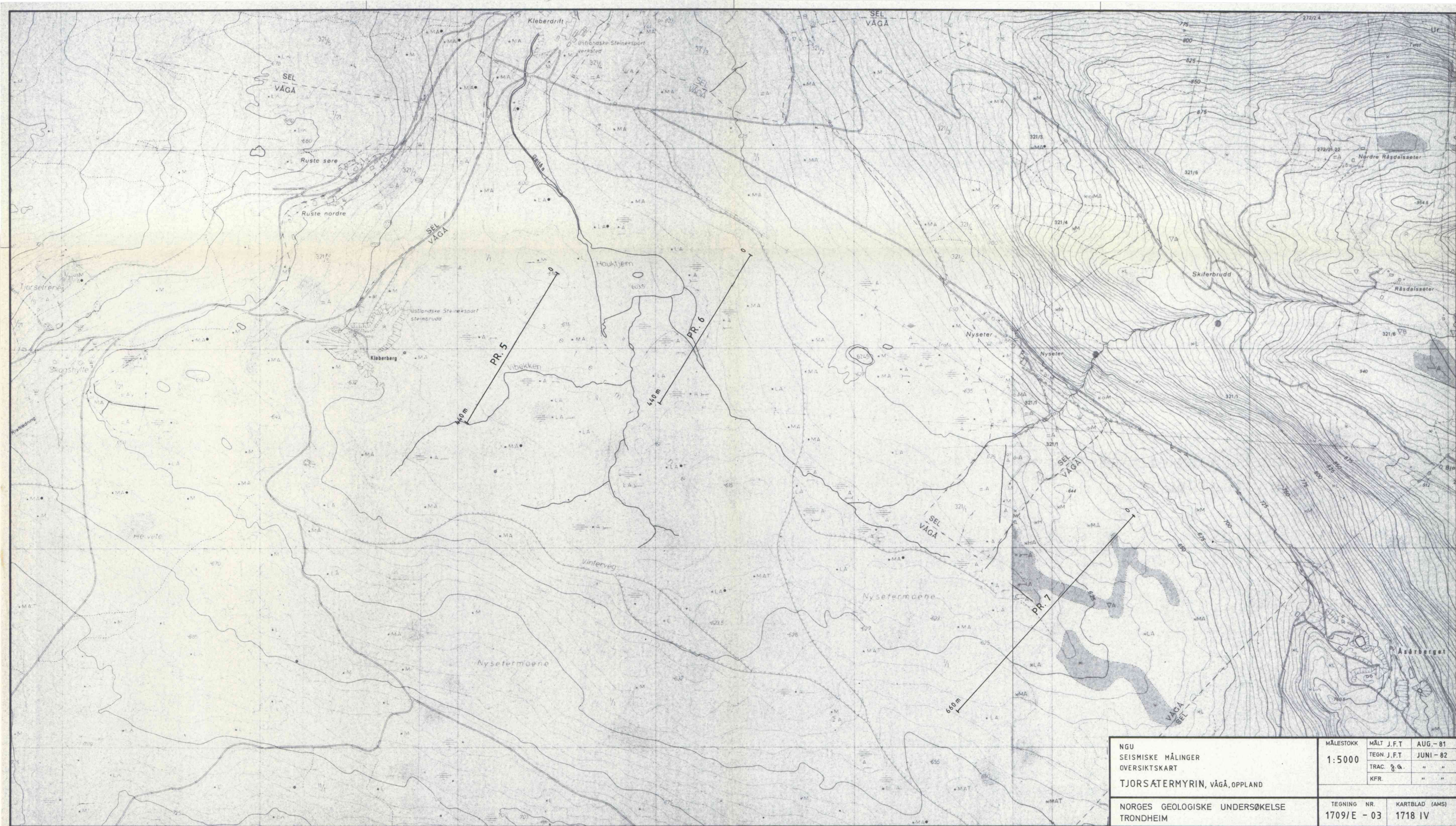
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR.

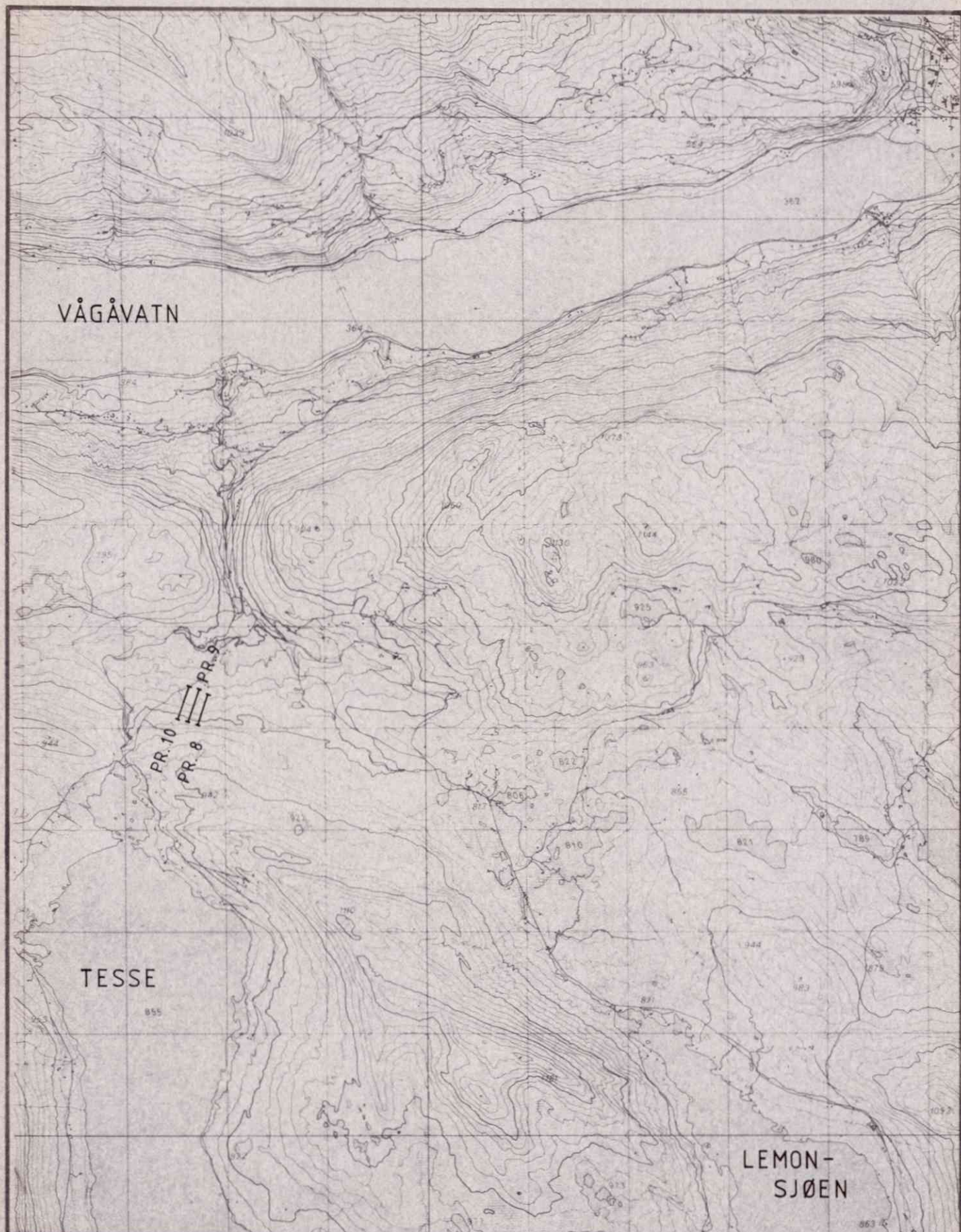
1709/E - 02

KARTBLAD NR.

1718 - IV



NGU SEISMISKE MÅLINGER OVERSIKTSKART TJORSÅTERMIRIN, VÅGÅ, OPPLAND	MÅLESTOKK	MÅLT J.F.T	AUG.-81
	1:5000	TEGN. J.F.T	JUNI-82
		TRAC. J.G.	" "
		KFR.	" "
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR. 1709/E - 03	KARTBLAD (AMS) 1718 IV



NGU
 SEISMISKE MÅLINGER
 OVERSIKTSKART
 ØVRE TESSE, VÅGÅ, OPPLAND

MÅLESTOKK

1:50 000

OBS. J.F.T

TEGN. J.F.T

TRAC. J.G.

KFR.

AUG. - 81

JUNI - 82

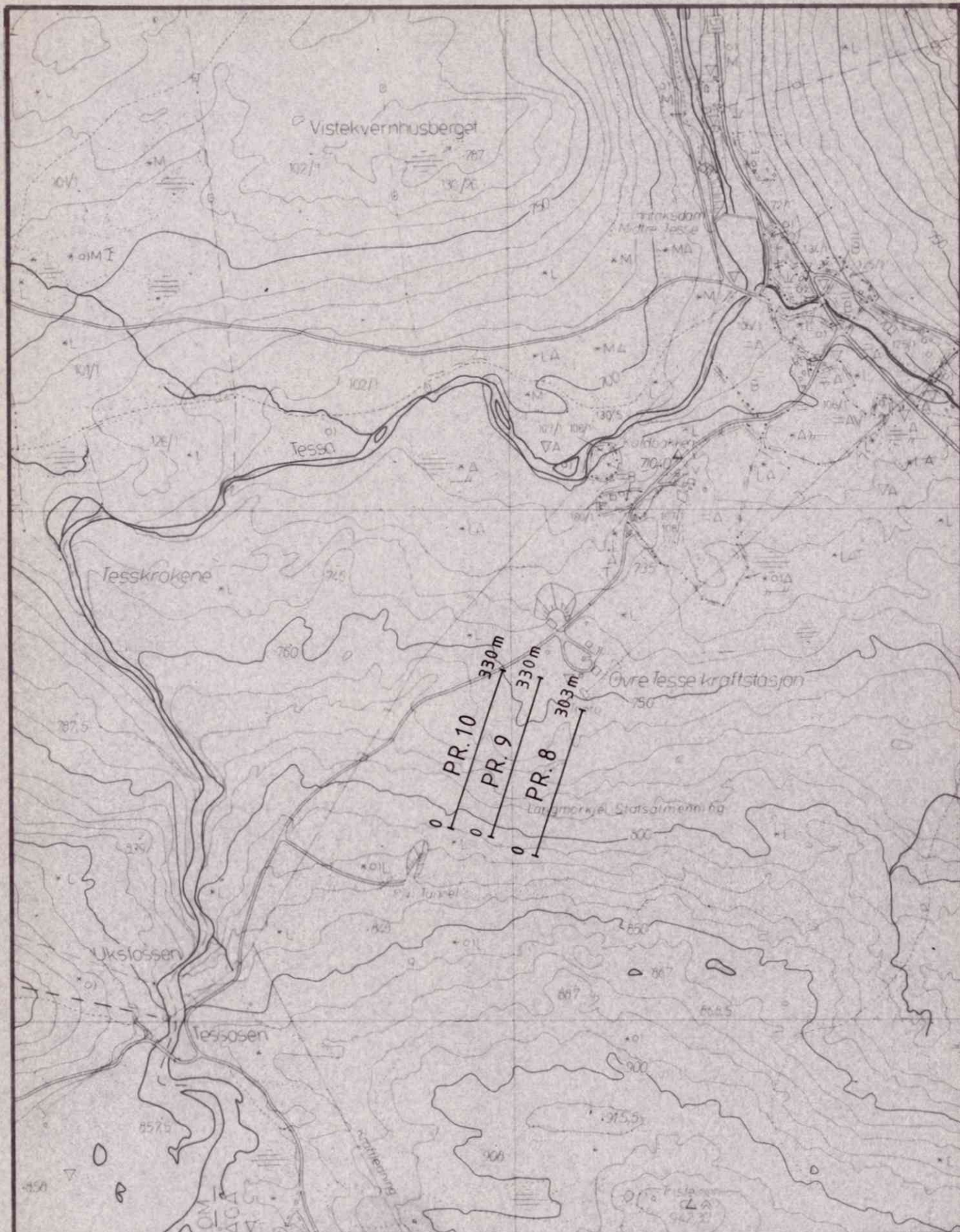
" "

" "

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR.
 1709/E -04

KARTBLAD NR.
 1618 I



NGU
SEISMISKE MÅLINGER
OVERSIKTSKART
ØVRE TESSE, VÅGÅ, OPPLAND

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:10000

OBS. J.F.T AUG. - 81

TEGN. J.F.T JUNI - 82

TRAC. Ø.G. " "

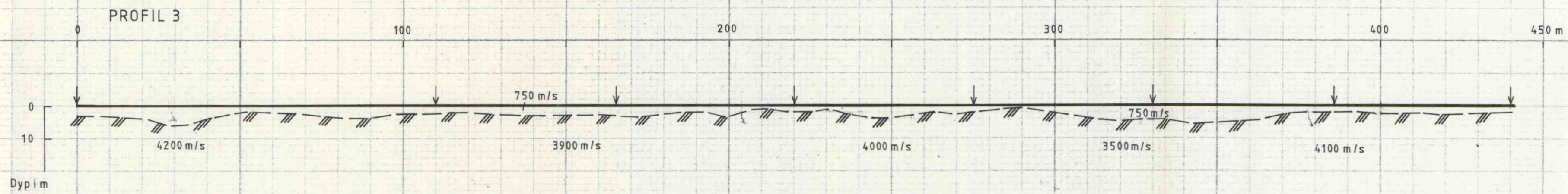
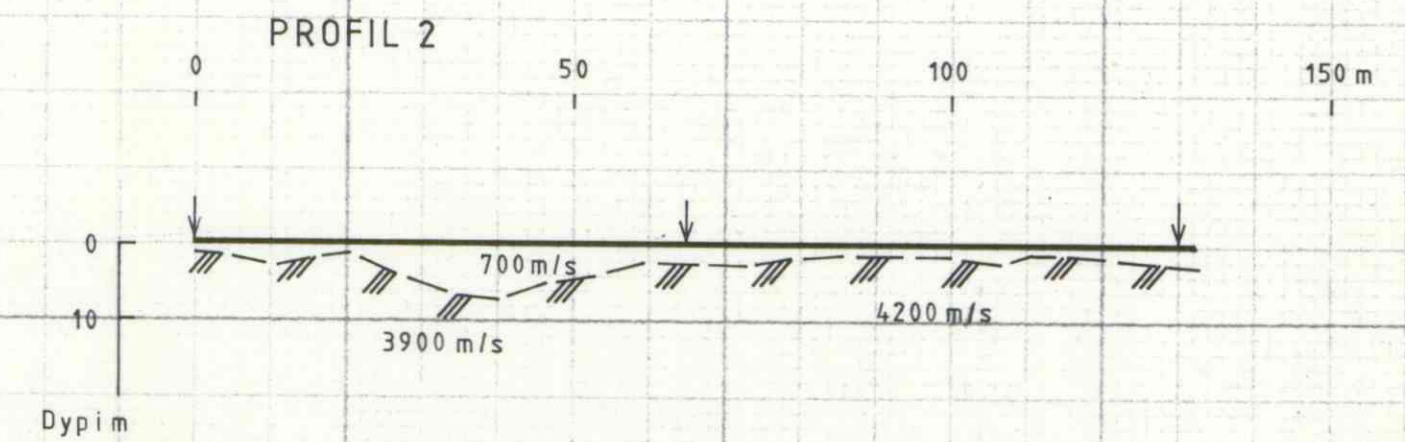
KFR. " "

TEGNING NR.

1709/E - 05

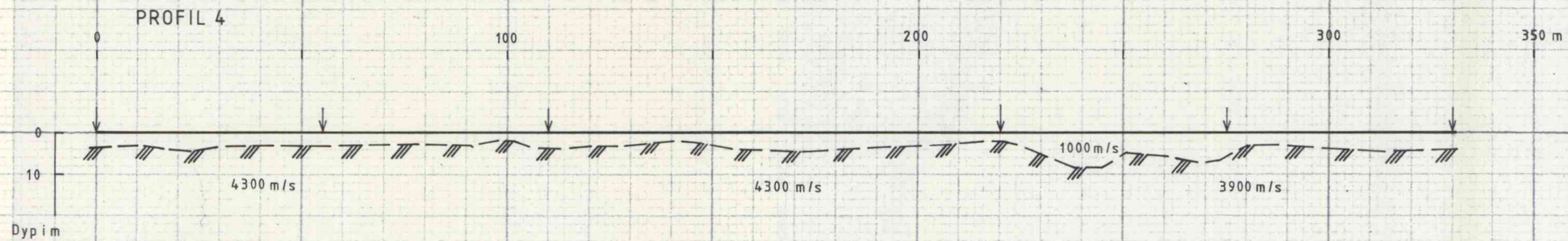
KARTBLAD NR.

1618 I



TEGNFORKLARING

- ↓ TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
- /// INDIKERT FJELLOVERFLATE

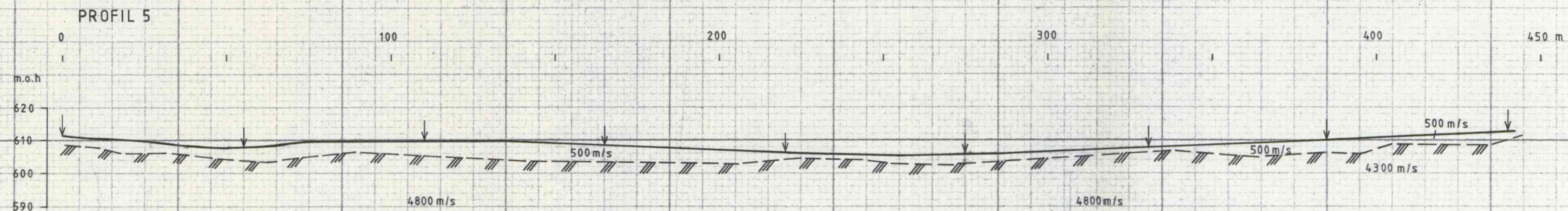
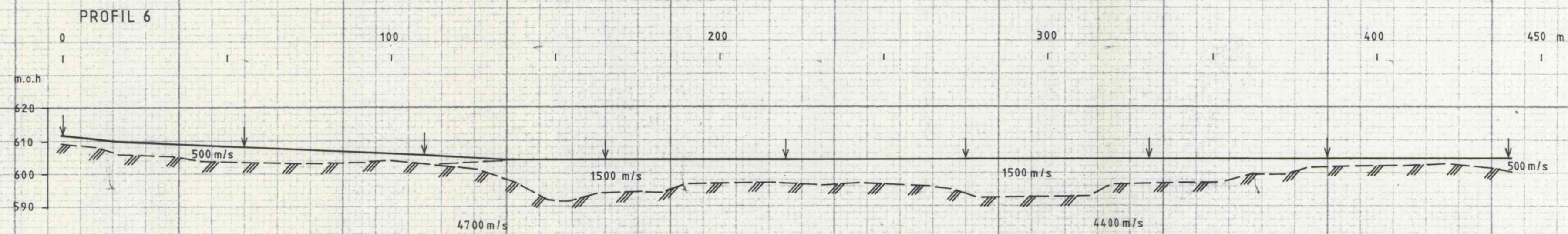
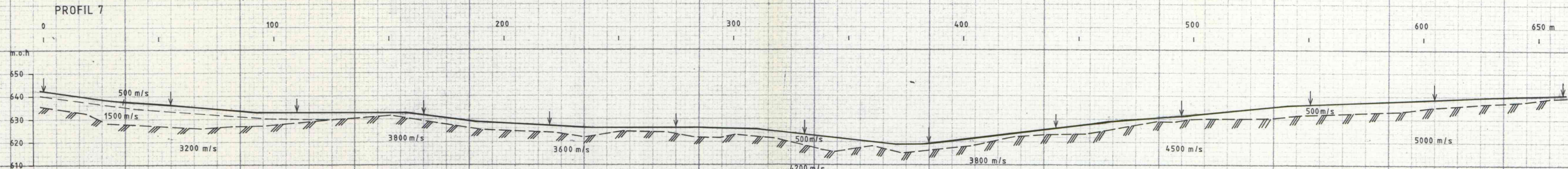


NGU
SEISMISKE MÅLINGER
GRUNNPROFILER
KLEFSTADLYKKJA, FRON, OPPLAND

MÅLESTOKK 1:1000	MÅLT J.F.T.	AUG. - 81
	TEGN J.F.T.	JUNI - 82
	TRAC & G.	" "
	KFR	" "

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR. 1709/E - 06	KARTBLAD (AMS)
	1718 I 1718 II



TEGNFORKLARING

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

NGU
SEISMISKE MÅLINGER
GRUNNPROFILER
TJORSATERMYRIN, VÅGÅ, OPPLAND

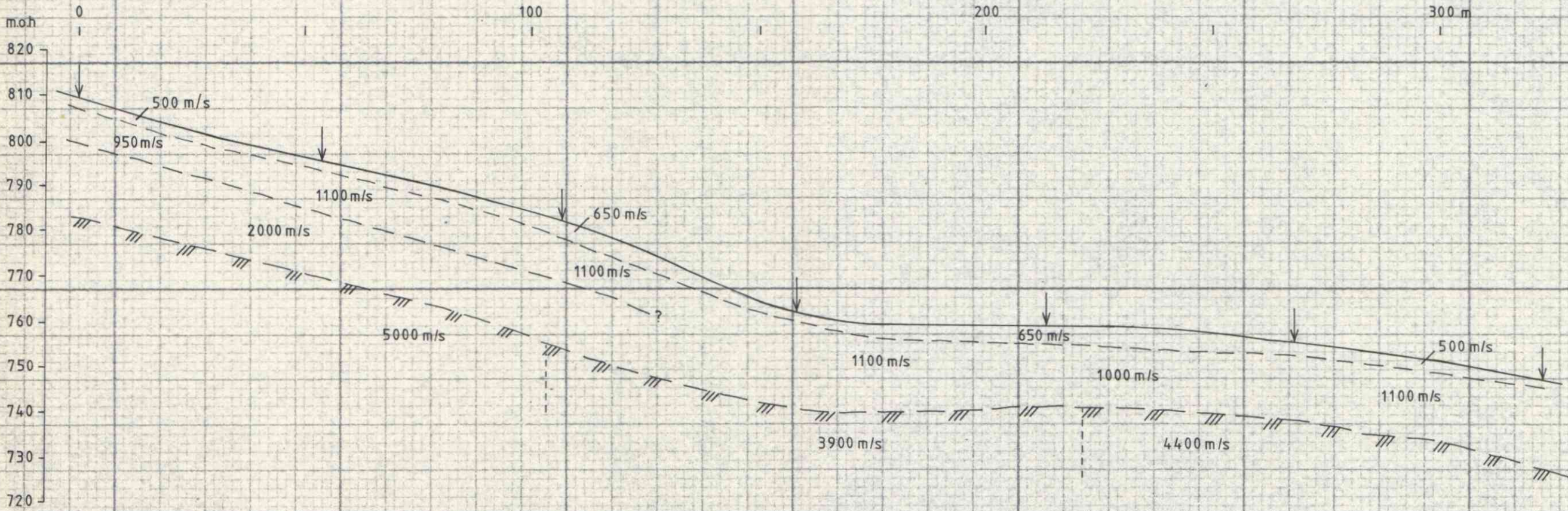
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK
1:1000

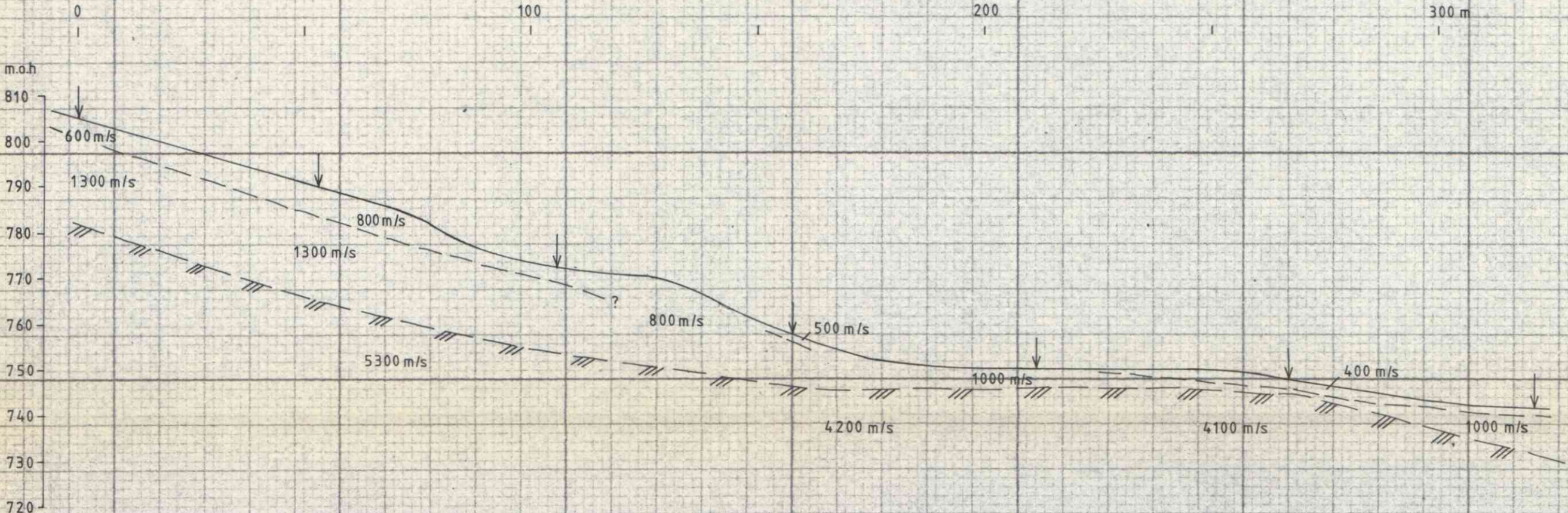
MÅLT J.F.T.	AUG - 81
TEGN J.F.T.	JUNI - 82
TRAC J.G.	JUNI - 82
KFR	JUNI - 82

TEGNING NR.	KARTBLAD(AMS)
1709/E - 07	1718 IV

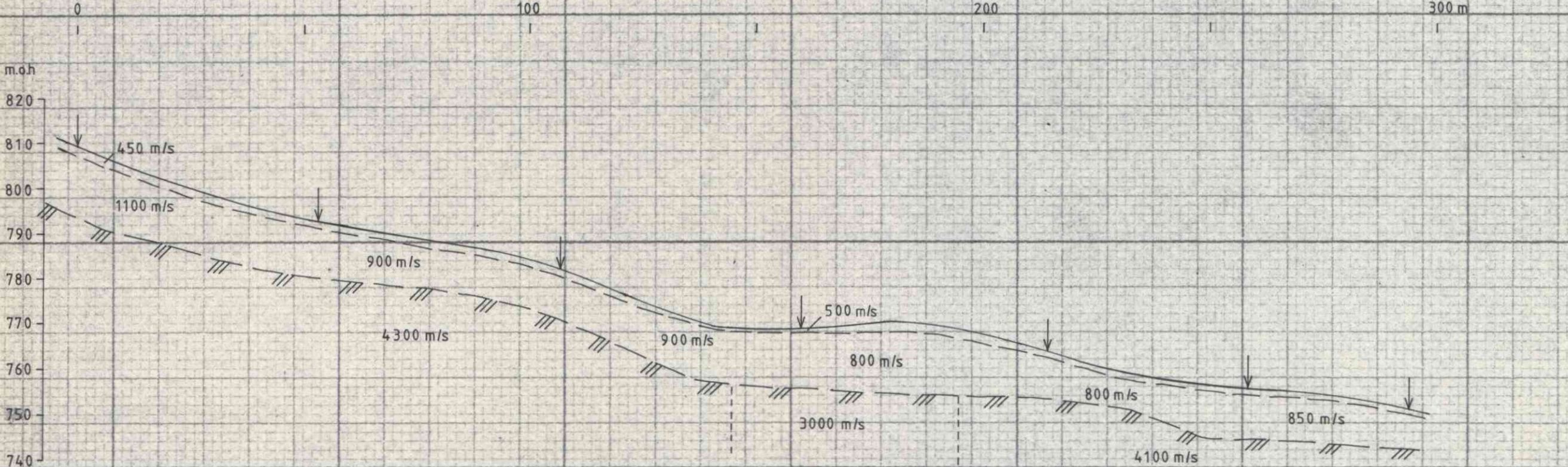
PROFIL 10



PROFIL 9



PROFIL 8



TEGNFORKLARING

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

NGU
SEISMISKE MÅLINGER
GRUNNPROFILER
ØVRE TESSE, VÅGÅ, OPPLAND

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLT J.F.T	AUG.-81
TEGN J.F.T	JULI-82
TRAC J.G	SEPT.-82
KFR.	

TEGNING NR. 1709/E - 08	KARTBLAD NR. 1618 I
----------------------------	------------------------