

NGU Rapport nr. 1739

Seismisk undersøkelse ved

KONGSVEGEN, HEIMDAL
TRONDHEIM, SØR-TRØNDELAG

1978-79



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eiriksons vei 39
Tlf. (075) 15 860

Postboks 3006
7001 Trondheim

Postgironr. 5168232
Bankgironr. 0633.05.70014

Rapport nr. 1739		Åpen/ Forbeholdt	
Tittel: Seismisk undersøkelse Kongsvegen, Heimdalen			
Oppdragsgiver: Trondheim kommune		Forfatter: Gustav Hillestad	
Forekomstens navn og koordinater: NR 667258		Kommune: Trondheim	
Fylke: Sør-Trøndelag		Kartbladnr. og -navn (1:50 000): 1621 IV Trondheim	
Utført: August 1978 og juni 1979 Rapport april 1980		Sidetall: 6 Tekstbilag: 2 s Kartbilag: 4	
Prosjektnummer og -navn: 1685 og 1739 Seismisk undersøkelse Kongsvegen, Heimdalen Prosjektleder: Gustav Hillestad			
Sammendrag: Hensikten med undersøkelsen var å bestemme løsmassetykkelse og fjellkvalitet i en tunneltrasé. Et kontrollprofil ble senere målt langs en fjellskjæring i nærheten. Ekstremt lave lydhastigheter viser seg å kunne forekomme i fjell som anleggsteknisk er ganske brukbart.			
Nøkkelord	Geofysikk		Fjellkvalitet
	Refraksjonsseismikk		Løsmasser
	Lydhastighet		Tunnel

Ved referanse til rapporten oppgis forfatter, tittel og rapportnr.

INNHold

	Side
OPPGAVE	4
UTFØRELSE	4
RESULTATER	5

BILAG

Beskrivelse av seismisk refraksjonsmetode

Tegning	1685-01	Situasjonsplan for pr. 1 og 2
"	1685-02	Grunnprofiler 1 og 2
"	1739-01	Situasjonsplan for pr. 3
"	1739-02	Grunnprofil 3

OPPGAVE

En planlagt ny trasé for Kongsvegen skulle føres gjennom et høydedrag nær Ringvålvegen. For bedre å kunne vurdere om det var mulig å sprengne tunnel eller om man måtte gå inn for skjæring ble det sommeren 1978 bestilt 2 seismiske profiler 5 m til hver side av vegaksen (Tegn. 1685-01). Da det viste seg å være vanskelig å trekke sikre konklusjoner av måleresultatene, ble det sommeren 1979 utført et seismisk profil noe lenger nord langs en allerede utsprengt skjæring (Tegn. 1739-01). Høsten 1979 ble det kjerneboret 2 vertikale hull á 20 m, det ene i profil 2 og det andre mellom pr. 1 og pr. 2.

UTFØRELSE

Målingene ble utført etter vanlig seismisk refraksjonsmetode, som i hovedtrekkene er beskrevet i vedheftet bilag. Registreringsapparatet var en ABEM TRIO. Avstanden mellom seismometrene var for pr. 1 og pr. 2 delvis 5 m og delvis 10 m. I profil 3 var den overalt 5 m. Oppdragsgiver hadde sørget for oppmerking av profilene i terrenget. Terrenghøydene er tatt fra utlånt kartmateriale, som ikke gir særlig godt grunnlag for å angi detaljene i skråningen mot Ringvålvegen. Hensynet til trafikk og bebyggelse satte sterke begrensninger for skuddplassering og ladningenes størrelse i profilene 1 og 2. For profil 3 sto en langt friere.

RESULTATER

På vedheftede tegninger er de beregnede dyp fremstilt grafisk i vertikalsnitt gjennom målelinjene. De opptegnede grenselinjer mellom materialer med forskjellig lyd hastighet må betraktes som et utglattet bilde av de virkelige forhold. Særlig gjelder dette for pr. 1 og 2, hvor seismogrammene tildels ble mindre gode. Her har en derfor ikke funnet grunnlag for å angi detaljer. Øverst i disse 2 profiler ble det registrert et lag med maksimal tykkelse 6 m og lyd hastighet 500 m/s, som er en vanlig verdi for tørr sand og grus. Herunder ble det registrert et lag med hastigheter på 2100-2500 m/s. Erfaringsmateriale og tabellverdier skulle tilsi at det her måtte dreie seg om en kompakt morene eller sterkt oppsprukket fjell. Underst i lagpakken fikk en registrert lyd hastighet på 4800 m/s, som er en vanlig verdi for solid, godt fjell. I tråd med vanlig praksis er dette angitt som fjelloverflate på tegningen. Men en visuell betraktning av den nærliggende fjellskrent ved Ringvålvegen tyder snarere på at fjellet ligger umiddelbart under 500 m/s-laget, og at det heller ikke later til å være sterkt oppsprukket.

Ett år senere ble derfor profil 3 målt langs kanten av den ferdig sprengte skjæring noe lenger nord i vegtraséen for å undersøke om en også her ville registrere lave hastigheter i det som ser ut for å være bra fjell. Seismogrammene ble gode, og en har derfor funnet grunnlag for å angi flere detaljer enn i de første 2 profiler, selv om resultatene nok ikke er helt entydige. Øverst har en registrert et lag med hastighet som varierer mellom 400 og 680 m/s. De beregnede mektigheter av dette laget er tydeligvis større enn jordsmonnet som en kan observere i skjæringen, og den nederste del av lavhastighetslaget må derfor være sterkt forvitret fjell. Det underliggende lag med hastighet 1800-2000 m/s ville en ut fra de seismiske data alene ha tolket som løsmasse, sannsynligvis kompakt morene. Men øynene forteller at det tilsynelatende dreier seg om ganske godt fjell. En toppskalk av fjellet lengst i nord

viser hastighet helt ned i 1300 m/s. Her foreligger antakelig noe mer oppsprekking enn i resten av snittet.

Det synes å være en rimelig konklusjon at det fjellet som i den påtenkte tunneltrasé har hastighet 2100-2500 m/s, ikke er noe dårligere i anleggsteknisk henseende enn det fjellet som i pr. 3 har 1800-2000 m/s.

Trondheim, 17. april 1980

Gustav Hillestad
Gustav Hillestad

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.

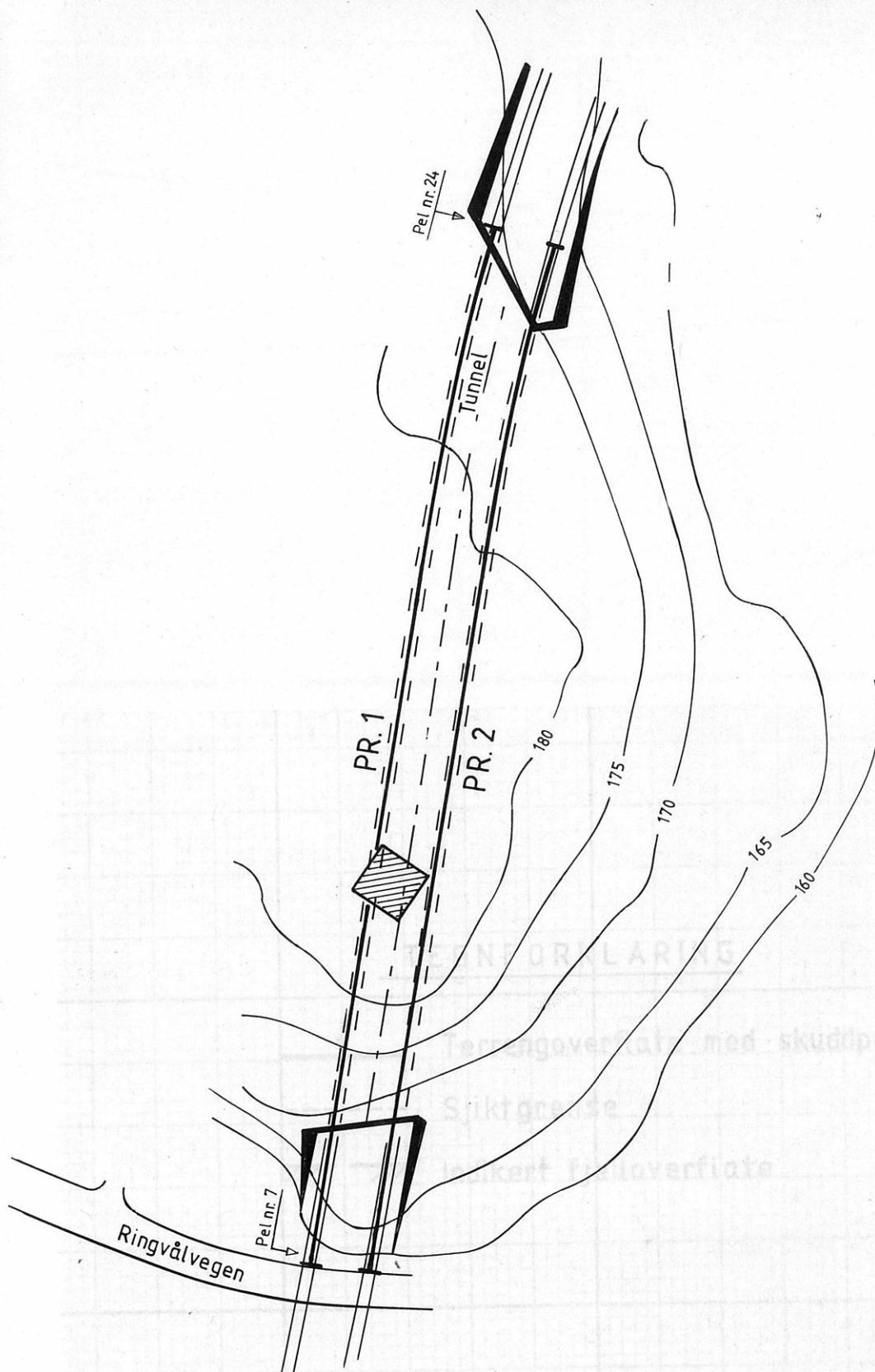
Disse betraktninger kan utvides til å gjelde flere sjiktgrenser. En får refrakterte bølger fra alle grenser når hastig-

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 opptegnete 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.



TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON

PLANSKISSE
SEISMISK UNDERSØKELSE TUNNELTRACE
KONGSVEGEN, HEIMDAL

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

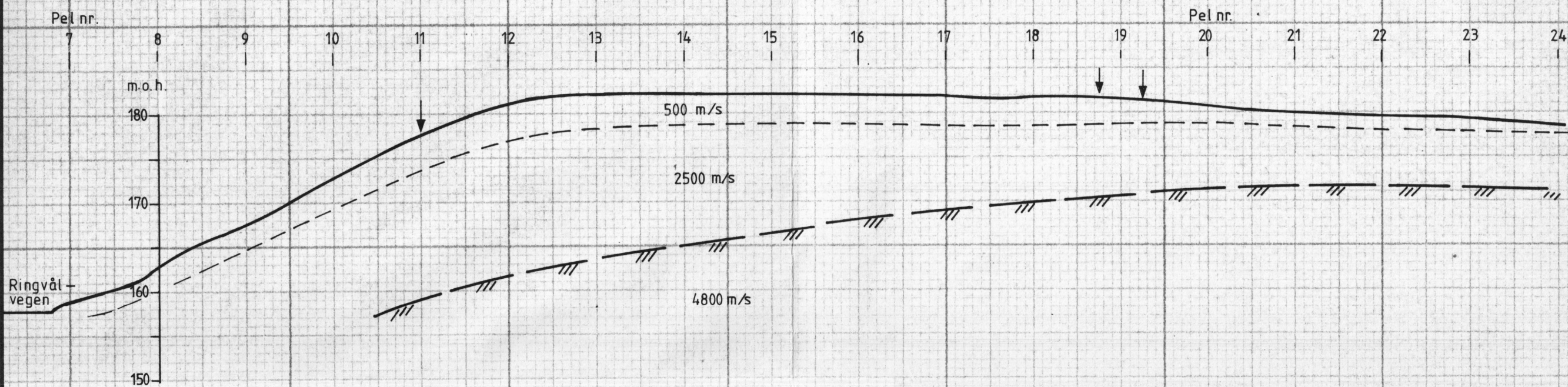
1:1000

OBS.	G.H.	Aug.	78
TEGN.	G.H.	— " —	
TRAC.	R.O.	Mars	79
KFR.	G.H.	— " —	

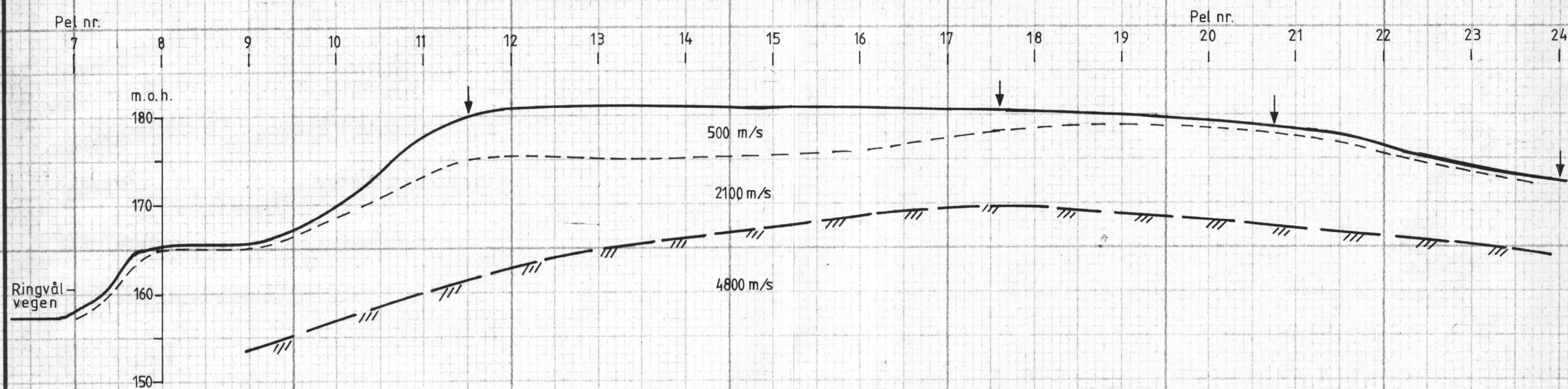
TEGNING NR.
1685-01

KARTBLAD NR.
1621 IV

PROFIL 1



PROFIL 2



TEGNFORKLARING

- ↓ Terrengoverflate med skuddpunkt
- - - Sjøktgrense
- /// Indikert fjelloverflate

TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON

SEISMISK UNDERSØKELSE TUNNELTRACE
GRUNNPROFILER
KONGSVEGEN, HEIMDAL

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

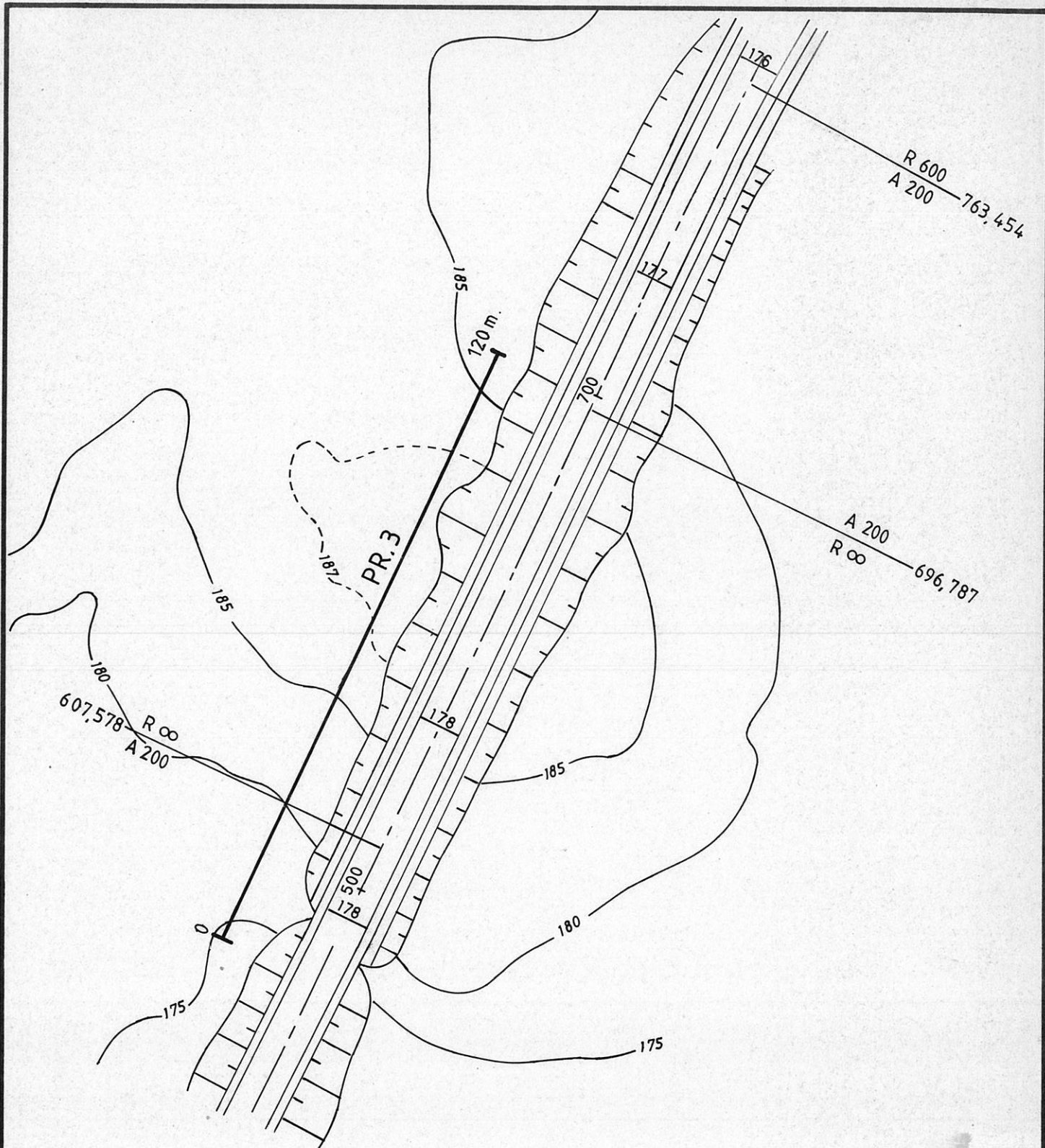
MÅLESTOKK

1:500

MÅLT	G.H.	Aug.	78
TEGN	G.H.	"	"
TRAC	R.O.	Mars	79
KFR	G.H.	"	"

TEGNING NR.
1685-02

KARTBLAD (AMS)
1621 IV



TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON
PLANSKISSE
SEISMISK UNDERSØKELSE
KONGSVEGEN, HEIMDAL

MÅLESTOKK

1:1000

OBS. G.H.

TEGN. G.H.

TRAC. R.O.

KFR. *GH*

Juni 79

Mars 80

— " —

— " —

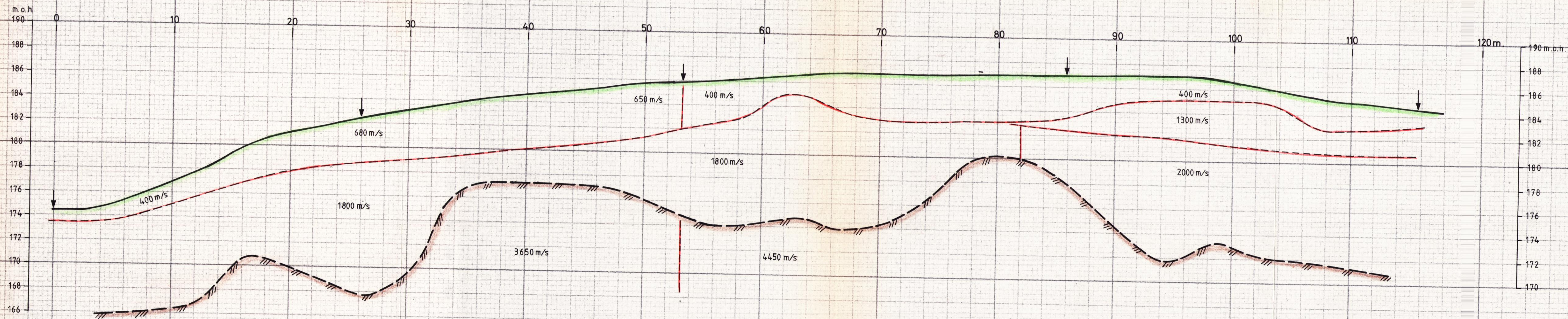
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR.

1739-01

KARTBLAD NR.

1621 IV



PROFIL 3

- TEGNFORKLARING
- ↓ Terrengoverflate med skuddpunkt
 - Sjiktgrense
 - /// Indikert fjelloverflate

TRONDHEIM KOMMUNE GEOTEKNISK SEKSJON SEISMISK UNDERSØKELSE GRUNNPROFIL KONGSVEGEN, HEIMDAL	MÅLESTOKK 1: 200	MÅLT G.H.	Juni 79
		TEGN G.H.	Mars 80
	TEGNING NR. 1739-02	TRAC R.O.	—
		KFR	SH
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAD (AMS) 1621 IV		