

NGU Rapport 93.005

Refraksjonsseismiske målinger
ved Kvithyll, Rissa kommune,
Sør-Trøndelag

Rapport nr. 93.005		ISSN 0800-3416	Gradering: Førtrolig inntil videre <i>Åpen</i>	
Tittel: Refraksjonsseismiske målinger ved Kvithyll, Rissa kommune, Sør-Trøndelag.				
Forfatter: Jan Fr. Tønnesen Eirik Mauring		Oppdragsgiver: Kummeneje/Rissa kommune		
Fylke: Sør-Trøndelag		Kommune: Rissa		
Kartbladnavn (M=1:250.000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1522 II Rissa		
Forekomstens navn og koordinater: Kvithyll 32V 5449 70489 Kvithyll 32V 5445 70498		Sidetall: 10		Pris: 80,-
Feltarbeid utført: 15/12-18/12-1992		Rapportdato: 15/1-1993	Prosjektnr.: 62.1889.07	Ansvarlig: <i>Jan S. Kowig</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>I forbindelse med grunnundersøkelser for Rissa kommune har NGU fått i oppdrag av Kummeneje å utføre refraksjonsseismiske målinger både i sjøen og på land ved Kvithyll. Hovedformålet med målingene var å kartlegge løsmassemektigheter i forbindelse med vurdering av nye industriområder.</p> <p>Landseismikken viser dyp til fjell i området 8-18 m langs de to profiler som er målt. Seismisk hastighet i fjell ligger mellom 5100 og 5500 m/s. Den høye hastigheten indikerer at fjellet er massivt. Løsmassene over fjell består trolig hovedsakelig av morenemateriale.</p> <p>Sjøseismikken (3 profiler) viser at det undersøkte gruntvannsområdet ligger på en fjellhulle/rygg. I sørlige del av området ligger fjelloverflaten fra 6 til 14 m under havnivå langs profil 3 og 4., og med et 5-13 m tykt løsmassedekke. Løsmassene består her trolig av moreneavsetninger. Lenger nord langs profil 5 ligger fjellet grunt under vestlige del av området (10-15 m under havnivå), mens fjelloverflaten skråner ned mot landsiden til ca. 30 m under havnivå ved østenden av profilet. Løsmassemektigheten ligger i området 5-26 m. I dette området er løsmassene trolig dominert av silt/leir. Høy seismisk hastighet i fjellgrunnen (5700-6200 m/s) tyder på massivt fjell.</p>				
Emneord:	Løsmasse			
Geofysikk	Mektighet			
Refraksjonsseismikk			Fagrapport	

INNHOOLD

1 INNLEDNING	4
2 UTFØRELSE	4
2.1 Landseismikk	4
2.2 Sjøseismikk	5
3 RESULTATER	6
4 KONKLUSJON	8

Tekstbilag

Refraksjonsseismikk - metodebeskrivelse

Kartbilag

- 93.005-01: Oversiktskart
- 93.005-02: Refraksjonsseismisk profil 1 og 2 (land)
- 93.005-03: Refraksjonsseismisk profil 3-5 (sjø)

1 INNLEDNING

I forbindelse med grunnundersøkelser for Rissa kommune har NGU fått i oppdrag av Kummeneje å utføre refraksjonsseismiske målinger både i sjøen og på land ved Kvithyll. Hovedformålet med målingene var å kartlegge løsmassemektheter i forbindelse med vurdering av nye industriområder.

Målingene omfattet 5 profiler med samlet lengde 1 km fordelt på 2 landprofiler (275 m) og 3 sjøprofiler (730 m). Profilenes plassering er vist i kartbilag -01. Målingene på land ble gjennomført på én dag, mens det ble brukt 3 dager for målingene langs sjøbunnen.

2 UTFØRELSE

En beskrivelse av den refraksjonsseismiske metode er vedlagt i tekstbilag. Som registreringsinstrument ble det benyttet en 24-kanals analog seismograf av typen ABEM TRIO. For gjennomføringen av målingene stilte NGU med måleutstyr og en forsker (J.F. Tønnesen). Ved sjømålingene stilte Kummeneje med 3 feltmedarbeidere samt 2 båter, mens 2 medarbeidere assisterte ved landseismikken. For øvrig har Kummeneje stått for innmåling av profiler og opplodding av sjøbunnen langs profilene. NGO's høydeverdier er benyttet for innmåling av 0-nivå. På sjøen ble profilretningene bestemt ut fra overrett-merker på land, mens avstand fra land til 0-punkt i profilene ble innmålt med målewire.

2.1 Landseismikk

Det ble målt to profiler, og plasseringen av disse er vist i kartbilag -01 (profil 1 og 2). For profil 1 ble det registrert på 12 kanaler, og geofonavstanden var 10 m, bortsett fra ved endene av profilet der den ble innkortet til 5 m for å få bedre oppløsning av grunn refraktor. For profil 2 ble det benyttet 24 kanaler. Geofonavstanden var 10 m for kanal 1-12 (posisjon 5-105) og 5 m for kanal 13-24 (posisjon 112.5-162.5). Ved endene av utleggene ble geofonavstanden også her innkortet til det halve. Skuddpunkt ble plassert i midten og ved endene av utleggene. Det ble i tillegg plassert skuddpunkt i større avstand fra endene av profilene for å få bedre kartlegging av fjellrefraktoren. Dynamitt ble anvendt som energiseringskilde. Kvaliteten på optakene var meget god.

2.2 Sjøseismikk

For måling av profil 3 og 4 ble det anvendt en registreringskabel med 12 hydrofoner (seismometre). Langs kabelen er avstanden mellom hydrofonene 20 m, men i hver ende er det to hydrofonavstander på 10 m (dvs. 180 m fra 1. til 12. hydrofon). I profil 5 ble det anvendt 2 registreringskabler samtidig med i alt 24 hydrofoner. Kabelen som ble brukt i profil 3 og 4, ble i profil 5 plassert langs vestlige (ytre) del av profilet. Den andre kabelen som har fast avstand på 10 m mellom hydrofonene (dvs. 110 m mellom 1. og 12. hydrofon), dekket den østlige del av profilet.

Det ble brukt to båter ved målingene. Målebåt med instrumentering ble ankret opp i ønsket posisjon. Med den andre båten ble hydrofonkabel/-kabler lagt ut på sjøbunnen langs profilretningen. Små dynamittladninger ble plassert på sjøbunnen ved ønskede posisjoner langs profillinjen. I profil 5 ble det registrert fra 5 skuddpunkter. Ett ble plassert nær målebåten midt mellom registreringskablene, dvs. 10 m fra nærmeste hydrofon i begge kablene. Ved ytterenden av kablene ble det plassert skuddpunkt 10 m utenfor endehydrofonene. Ett skudd ble plassert ved midten av den korte kabelen. For å få bedre dekning av fjellrefraktoren ble det i tillegg plassert et fjernskudd ca. 100 m øst for østenden av profilet.

I profil 4 ble det foruten skudd ved hver ende og ved midten av kabelen, plassert et fjernskudd ca. 70 m vest for vestenden av profilet.

Profil 3 er ufullstendig da det bare ble skutt ved sørenden av kabelen. Rask værforandring med vind og høy sjø medførte at målingene måtte avbrytes.

Datakvaliteten er variabel, men brukbar. Dette medfører at det noen steder er større usikkerhet enn normalt i de avleste førsteankomst-tider. Forhøyet usikkerhet i de avleste verdier opptrer spesielt i østlige del av profil 4, likeså lengst sør i profil 3. Profil 5 har stort sett god datakvalitet. Der datakvaliteten er mindre god vil det være større usikkerhet enn normalt i tolkningen av løsmassemektheter. I områder med relativt liten løsmassemekthet (< 10 m) er avviket vanligvis mindre enn 1 m, men antas her noen steder å kunne være opptil 2 m. Tolkningen av profil 3 regnes å være mest usikker på grunn av det ufullstendige datagrunnlaget.

3 RESULTATER

Intercept-tid og +/-metoden er benyttet ved tolkning av de refraksjonsseismiske profiler.

Profil 1 (land)

Tolket refraksjonsseismisk profil er vist i kartbilag -02. Tre hastighetslag kan erkjennes i måledata. Det øverste har seismisk hastighet i området 670-710 m/s som representerer tørre løsavsetninger. Dette laget er 1.5-2 m mektig. Laget under har seismisk hastighet i området 1750-2160 m/s. Hastigheten er ikke godt definert, og det er uklart hvorvidt variasjoner i hastighet representerer endringer i avsetningstype langs profilretningen. Hastigheten er allikevel av en slik størrelsesorden at det er nærliggende å anta at avsetningene er dominert av hardpakket morene. Det nederste laget har en seismisk hastighet på ca. 5500 m/s, som representerer massivt fjell. Dyp til fjell ligger i området 8-18 m. Fjellnivået varierer stort sett fra 0 til 5 m under havnivå, men kan nå ned til -8 m nærmest sjøen. Det er ikke utelukket at det kan opptre materiale mellom morene og fjell med lavere seismisk hastighet enn morenen, f.eks. leire eller sand/grus. Et slikt lavhastighetslag vil ikke kunne erkjennes fra måledata. De beregnede løsmassemektheter vil da være noe for store. Feilen vil være avhengig av seismisk hastighet i materialet.

Profil 2 (land)

Tolket refraksjonsseismisk profil er vist i kartbilag -02. Også for dette profilet er det tre hastighetslag. Det øverste har seismisk hastighet i området 500-740 m/s og en mektighet på 1-2.5 m. Laget representerer tørre løsavsetninger. Lag 2 har seismisk hastighet i området 1900-2000 m/s. Hastigheten er godt definert mellom posisjon 110 og 165. Høy seismisk hastighet indikerer antakelig hardpakket morene. Det nederste laget har seismisk hastighet på ca. 5100 m/s og representerer massivt fjell. Dyp til fjell ligger i området 8-18 m. Fjellnivået varierer også her fra 0 til 5 m under havnivå. Mulighet for lavhastighetslag er den samme som for profil 1.

Profil 3 & 4 (sjø)

Tolkede refraksjonsseismiske profiler er vist i kartbilag -03. Seismisk hastighet i løsmassene i profil 3 og 4 er bestemt å være ca. 2000 m/s. Den høye hastigheten indikerer kompakt materiale, trolig morene. Det kan anmerkes at på grunn av de anvendte hydrofonavstander vil hastigheten i løsmassene være noe usikkert bestemt når dyp til fjell er mindre enn 7-8 m. Dersom det stedvis er lavere hastighet i løsmassene, vil dyp til fjell være noe mindre enn beregnet. Langs profil 4 er det registrert relativt høy seismisk hastighet i fjell (5700-5900 m/s), noe som indikerer massivt fjell.

I profil 4 er fjelloverflaten høyest ved posisjon 50 (ca. 6 m under havnivå). Ved østenden (posisjon 0) ser den ut til å være 8-9 m under havnivå. Fjellet skråner slakt mot vest til 11-12 m under havnivå. Løsmassemektheten er beregnet til ca. 5 m der fjellet ligger høyest. Mot østenden øker den til 7-8 m. Mot vest er mektigheten ca. 6 m fram til posisjon 120 og øker

mot vestenden til 8-9 m. Data indikerer at løsmassemektheten ikke øker fra vestenden av profilet og fram til fjernskudd ca. 70 m vestenfor.

Tolkningen av profil 3 er bygd på et par forutsetninger; 1) det er antatt en konstant seismisk hastighet i fjell på 5500 m/s, 2) løsmassemektheten er den samme som i profil 4 ved krysningpunktet mellom profilene. Fjelloverflaten ligger høyest (ca. 6 m under havnivå) mellom posisjon 130 og 150. I nordligste del av profilet (posisjon 200) går fjellet ned til nivå ca. -9 m. Mot sør varierer fjelloverflaten en del og går ned til -10 m ved posisjon 90, og kommer opp til 7-8 m under havnivå ved posisjon 50. Fjelloverflaten skråner ned mot -14 m ved sørenden (posisjon 0). Sjøbunnen ligger grunt og forholdsvis flatt (0.7-1.5 m under havnivå), og variasjoner i løsmassemekthet skyldes fjelloverflatens forløp. Mektheten er størst ved sørenden (12-13 m) og minst der fjellet er høyest (ca. 5 m).

Profil 5 (sjø)

Tolket refraksjonsseismisk profil er vist i kartbilag -03. Seismisk hastighet i løsmassene er bestemt til 1650-1700 m/s. Dette indikerer at materialet her ikke er så kompakt som i profil 3 og 4 og at det sannsynligvis vesentlig består av silt og leir. Seismisk hastighet i fjell er høy, 6100-6200 m/s, noe som indikerer massivt fjell.

Fjelloverflaten er høyest ved posisjon 200 (9-10 m under havnivå). Fjellet skråner meget slakt nedover mot vest til nivå -11 m ved posisjon 280, og heller derfra jevnt nedover til nivå -16 m ved vestenden av profilet (posisjon 330). Fra posisjon 200 skråner fjellet relativt slakt nedover mot øst til nivå -15 m ved posisjon 90, og deretter brattere til nivå -30 m ved østenden av profilet (posisjon 0). Løsmassemektheten er knapt 5 m på det minste ved posisjon 200. Ved vestenden er mektigheten 8-9 m. Størst mektighet har vi ved østenden av profilet (ca. 26 m). Måledata indikerer at løsmassemektheten ved fjernskudd ca. 100 m øst for profilet kan være av tilsvarende størrelse som ved østenden av profilet.

4 KONKLUSJON

I forbindelse med grunnundersøkelser er det utført refraksjonsseismiske målinger både i sjøen og på land ved Kvithyll i Rissa kommune.

Landseismikken viser dyp til fjell i størrelsesorden 8-18 m langs de to profiler som er målt. Seismisk hastighet i fjell ligger i området 5100-5500 m/s. Den høye hastigheten indikerer at fjellet er massivt. Løsmassene over fjell kan inndeles i to hastighetslag. Det øverste har lav seismisk hastighet (500-740 m/s) og en mektighet på 1-2.5 m og representerer tørre løsavsetninger. Laget under har seismisk hastighet i området 1750-2160 m/s, med en gjennomsnittlig hastighet på ca. 2000 m/s. Dette representerer trolig hardpakket morene.

Sjøseismikken viser at det undersøkte gruntvannsområdet ligger på en fjellhulle/-rygg. I sørlige del av området ligger fjelloverflaten fra 6 til 14 m under havnivå langs profil 3 og 4, og med et 5-13 m tykt løsmassedekke. Høy seismisk hastighet i løsmassene (ca. 2000 m/s) indikerer relativt kompakt materiale, trolig morene. Lenger nord langs profil 5 ligger fjellet grunt under vestlige (ytre) del av området (10-15 m under havnivå), mens fjelloverflaten skrånner ned mot landsiden til ca. 30 m under havnivå ved østenden av profilet. Løsmassemektigheten ligger i området 5-26 m. Lavere seismisk hastighet i løsmassene i dette området (1650-1700 m/s) indikerer at materialet vesentlig er silt/leir. Høy seismisk hastighet i fjellgrunnen (5700-6200 m/s) tyder på massivt fjell.

REFRAKSJONSSEISMIKK - METODEBESKRIVELSE

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/s i visse typer porøst overdekke til godt over 5000 m/s i enkelte bergarter.

En 'lydstråle' fra en sprengning i overflaten treffer en grense mellom to sjikt hvor lydhas-tigheten 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

$$\sin i / \sin R = V_1 / V_2$$

Når $R=90^\circ$, vil den refrakterte stråle følge sjiktgrensen, og vi har

$$\sin i = V_1 / V_2$$

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

Lydforplantningen langs sjiktgrensen vil gi opphav til sekundærbølger som returnerer til terrengoverflaten under vinkelen i_c . I en viss kritisk avstand fra skuddpunktet vil disse refrakterte bølger nå fram 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 utnyttes ved å plassere seismometre (geofoner) langs en rett linje i terrenget og registrere de først ankomne bølger fra skudd i hensiktsmessig valgte posisjoner langs samme linje. Man får da bestemt de nødvendige data for å fastlegge dypene til sjiktgrensen. Dersom overdekket er homogent med hensyn på lydhas-tigheten langs profilet, kan det oppnås en god dybdebestemmelse for hver seismometerposisjon. Imidlertid vil det ofte være betydelige laterale variasjoner til stede, og overdekkehas-tighetene 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. Man får refrakterte bølger fra alle grenser når hastigheten 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 man ofte få vanskeligheter når denne vinkel overstiger 25° .

Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i gangtidsdiagrammene, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten seinere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt 'blind sone', og de virkelige dyp kan være vesentlig større enn de

beregnete. En annen feilkilde er til stede hvis man har et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende. Fra denne sjiktgrense vil det ikke komme refrakterte bølger til overflaten, og lavhastighetssjiktet vil ikke kunne erkjennes av måledata. Generelt kan det sies at usikkerheten i de beregnede dyp øker med antall sjikt. Med analog apparatur vil en kunne bestemme første ankomsttid med en usikkerhet på 1 millisekund ved middels god opptakskvalitet. Hvis overdekkehastigheten er 1600 m/s, tilsvarer dette en usikkerhet på ca. 0.8 m i dybdebestemelsen på grunn av avlesningsfeil. I tillegg kommer eventuelle feil på grunn av at forutsetningene om isotropi og homogenitet ikke gjelder fullt ut.

Ved meget god datakvalitet kan første ankomsttid avleses med 0.5 millisekunders nøyaktighet. Med denne nøyaktigheten er det allikevel urealistisk å regne med mindre enn 0.5 m usikkerhet i dybdeangivelsene. Ved meget små dyp til fjell (mindre enn én meter) blir overdekkehastigheten dårlig bestemt, og man må regne med prosentvis store feil i dybdeangivelsene.

P-BØLGEHASTIGHET I NOEN MATERIALTYPER

<i>Luft</i>		<i>330 m/s</i>
<i>Vann</i>		<i>1400-1500 m/s</i>
<i>Organisk materiale</i>		<i>150-500 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>200-800 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1400-1700 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>700-1500 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1500-1900 m/s</i>
<i>Hardpakket bunnmorene</i>		<i>1900-2800 m/s</i>
<i>Leire</i>		<i>1100-1800 m/s</i>
<i>Oppsprukket fjell</i>		<i>< 4000 m/s</i>
<i>Fast fjell</i>		<i>3500-6000 m/s</i>



TEGNFORKLARING

- PROFIL 4**

200m 0

REFRAKSJONSSEISMISK PROFIL
- 7

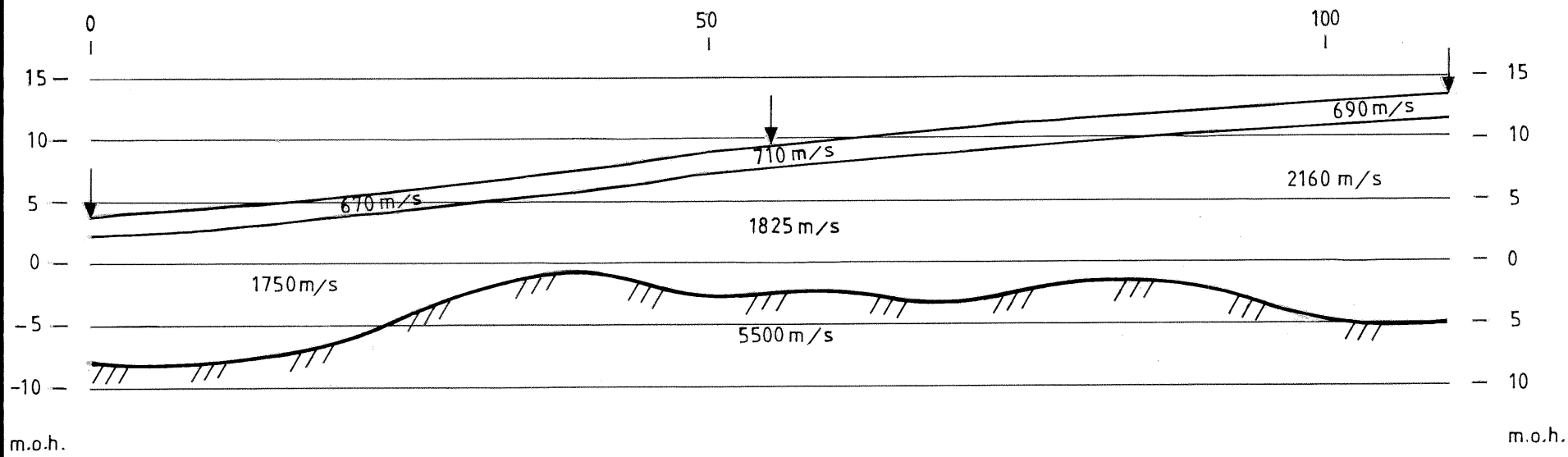
BORHULL (KUMMENEJE)

NGU / KUMMENEJE / RISSA KOMMUNE
 OVERSIKTSKART
 REFRAKSJONSSEISMISKE PROFILER
KVITHYLL
 RISSA, SØR-TRØNDELAG

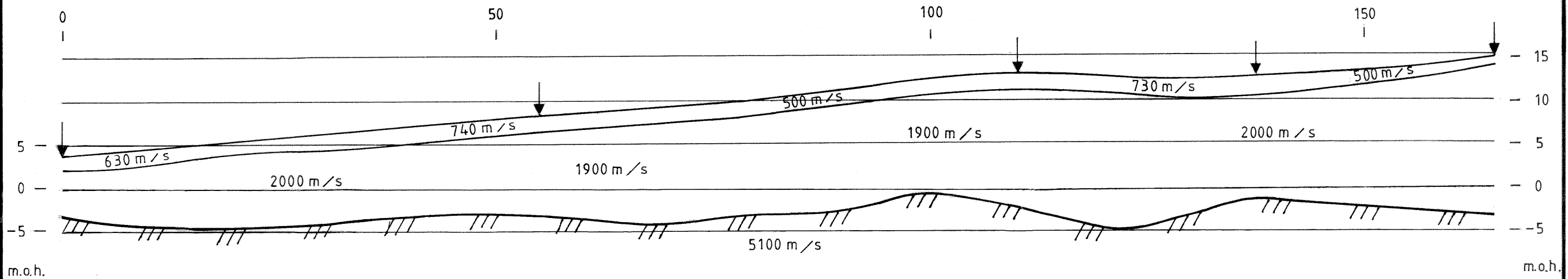
 NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK	MÅLT J.F.T.	DES. 1992
	TEGN	
1: 5000	TRAC T.H.	JAN. 1993
	KFR	— II —
TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
93.005-01	1522 II	

PROFIL 1



PROFIL 2



TEGNFORKLARING

- TERRENGOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
- REFRAKTOR I LØSMASSER
- FJELLREFRAKTOR

NGU/KUMMENEJE/RISSA KOMMUNE
 REFRAKSJONSSEISMIKK LAND
 PROFIL 1 OG 2
KVITHYLL
 RISSA, SØR-TRØNDELAG

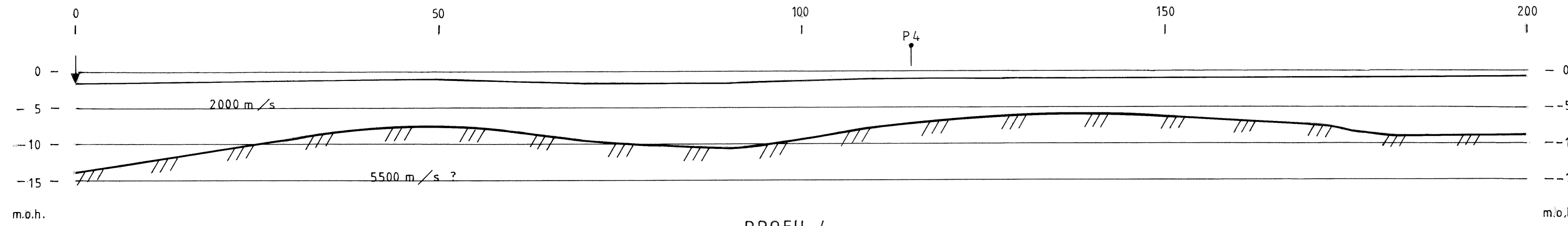
MÅLESTOKK: 1:500	MÅLT J.F.T.	DES. 1992
	TEGN E.M.	JAN. 1993
	TRAC T.H.	— —
	KFR	— —

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

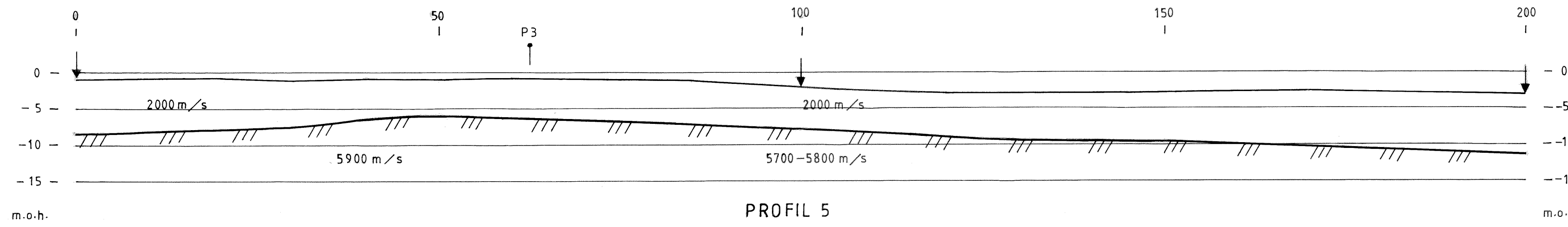
TEGNING NR.
 93.005 - 02

KARTBLAD NR.
 1522 II

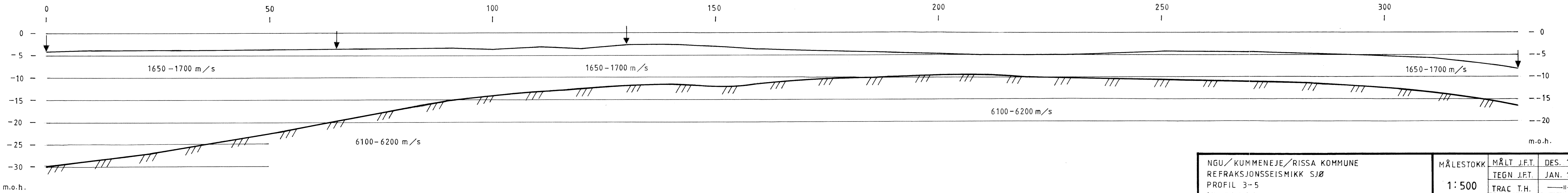
PROFIL 3






PROFIL 4



PROFIL 5



TEGNFORKLARING

-  SJØBUNNOVERFLATE MED SKUDDPUNKT
-  KRYSSENDE PROFIL
-  FJELLREFRAKTOR

NGU/KUMMENEJE/RISSA KOMMUNE REFRAKSJONSSEISMIKK SJØ PROFIL 3-5 KVITHYLL RISSA, SØR-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT J.F.T.	DES. 1992
	1:500	TEGN J.F.T.	JAN. 1993
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC I.H.	— II —	
	KFR	— II —	
TEGNING NR	KARTBLAD NR.		
93.005 - 03	1522 II		