

NGU Rapport 98.093

Refraksjonsseismiske målinger ved kartlegging
av olivinforekomst i Tafjord, Møre og Romsdal

Rapport nr.: 98.093		ISSN 0800-3416	Gradering: ÅPEN	
Tittel: Refraksjonsseismiske målinger ved kartlegging av olivinforekomst i Tafjord, Møre og Romsdal				
Forfatter: Eirik Mauring & Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: Novemco as		
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Norddal		
Kartblad (M=1:250.000) Ålesund		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1319 III Tafjord		
Forekomstens navn og koordinater: Tafjord 32V 4172 68995 (WGS84)		Sidetall: 14	Pris: 65,-	
Feltarbeid utført: Mai 1998		Rapportdato: 29/5-1998	Prosjektnr.: 2562.01	Ansvarlig: <i>Jens S. Rønning</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>Refraksjonsseismiske målinger er utført langs tre profiler ved Tafjord, Møre og Romsdal. Undersøkelsen er en oppfølging av tidligere utførte refraksjonsseismiske målinger (Mauring et al. 1997). Hensikten med målingene var å kartlegge løsmassemektighet nær olivinforekomst, samt forekomstens forløp under løsmassene.</p> <p>Tolkning av to av profilene (P7 og P9) indikerer lokale høyhastighetssoner i fjell i en bredde på ca. 50 m. Hastigheten er større enn 7000 m/s og kan indikere massiv olivinbergart. Dyp til fjell er i størrelsesorden 20-30 m ved profilene.</p> <p>De refraksjonsseismiske målingene indikerer to eller tre hastighetslag i løsmasser. Avsetningene representerer trolig tørre skredavsetninger i øvre deler. Mot dypet kan avsetningene være dominert av tørre/vannmettede skredavsetninger eller morene.</p>				
Emneord: Geofysikk	Indistrimineraler		Refraksjonsseismikk	
Olivin	Mektighet		Lydhastighet	
			Fagrapport	

INNHOOLD

1	INNLEDNING	4
2	MÅLEMETODE OG UTFØRELSE	4
3	RESULTATER	4
3.1	Seismiske hastigheter og mulige tolkningsmodeller.....	4
3.2	Profilbeskrivelser	5
4	KONKLUSJON	7
5	REFERANSE.....	8

Tekstbilag

Refraksjonsseismikk – metodebeskrivelse

Databilag

1. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 7
2. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 9
3. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 8

Kartbilag

- 98.093-01: Oversiktskart (M 1:50 000)
98.093-02: Profilplassering, profil 7, 8 og 9. Tolkning av utgående for olivin (M 1:5000)

1 INNLEDNING

Refraksjonsseismiske målinger er utført langs tre profiler ved Tafjord, Møre og Romsdal. Et oversiktskart over det undersøkte området er vist i kartbilag –01. Hensikten med målingene var å kartlegge dyp til fjell og en olivinforekomsts forløp under løsmassene.

Målingene ble utført av forsker Jan Fredrik Tønnesen (NGU) med assistanse fra oppdragsgiver i perioden 5/5-8/5-1998.

2 MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

En generell beskrivelse av refraksjonsseismiske målinger er vist i tekstbilag. Det ble målt tre profiler. Plasseringen av profilene er vist i kartbilag –02. Som registreringsinstrument ble det benyttet en ABEM Terraloc MK6. Målingene ble utført med registrering på 24 kanaler. For profil 8 og 9 ble det målt to kabelutlegg pr. profil med 12 kanaler pr. utlegg. For profil 7 ble det benyttet 4 kabelutlegg. Avstanden mellom geofonene (målt langs bakken) var 10 m, men ble kortet ned til 5 m ved endene av utleggene for å få bedre definert hastighet i det øverste laget. Det ble plassert skuddpunkt i midten og ved endene av hvert utlegg. I tillegg ble det plassert fjernskudd et stykke fra endene av profilene for å få best mulig fjelldekning. Energiseringen var dynamitt. Datakvaliteten var gjennomgående god.

3 RESULTATER

3.1 Seismiske hastigheter og mulige tolkningsmodeller

Ved tolkning av refraksjonsseismiske data er intercept-tid og +/- metoden benyttet. Tolkning av profilene er vist i databilag 1-3. For profil 7 og 8 er data tolket med en tre-lags hastighetsmodell, mens profil 9 er tolket med en fire-lags hastighetsmodell. Det øverste hastighetslaget i profil 8 og 9 har seismiske hastigheter i området 360-690 m/s. Laget under har for de samme profiler seismiske hastigheter i området 910-1230 m/s. Disse to lagene kan grovt sett korreleres med hastigheten i lag 1 for profil 7 (560-870 m/s) der det ikke er grunnlag for den samme differensiering som for profil 8 og 9. Lagene kan representere tørt morenemateriale med varierende lagringstetthet, muligens også med varierende vanninnhold. Nyere kvartærgeologisk kartlegging indikerer at lagene kan bestå av skredmateriale. Dette er grundig diskutert i en tidligere rapport (Mauring et al. 1997).

Den nederste refraktor i løsmasser langs profil 7 og 9 har seismiske hastigheter i området 1480-1740 m/s og representerer trolig vannmettet sone. Dette kan være moreneavsetninger eller skredavsetninger, eventuelt en overgang fra skredavsetninger til morene mot dypet.

Det nederste laget representerer fjell. Gjennomgående ligger seismisk hastighet i fjell i området 3650-4950 m/s som indikerer fra kraftig til moderat oppsprekking. Stedvis indikeres hastigheter på 7000-8000 m/s som trolig representerer massive, ultramafiske bergarter (mulig olivin i det undersøkte området).

3.2 Profilbeskrivelser

Profil 7

Tolket refraksjonsseismisk profil er vist i databilag 1. Profilet er målt fra nord til sør over Høystakkmyra og oppover bratt skråning vest for Raudnakken.

Forløpet av fjelloverflaten er noe usikkert mot nord pga. manglende fjelldekning fra fjernskudd i nord. Fjernskudd i sør viser imidlertid lav tilsynelatende fjellhastighet mot nordenden av profilet, noe som indikerer at fjelloverflaten går mot dypet i dette området. Dette er angitt med stiplet linje i databilag 1. Tidligere målt profil 3 (Mauring et al. 1997) er lokalisert mindre enn 50 m nord for P7 og viser at dyp til fjell her er i størrelsesorden 80 m. Langs P7 skråner fjelloverflaten opp til ca. 290 moh. (ca. 25 m dyp) ved posisjon 80. Fjellet går subparallelt med terrengoverflaten fram til posisjon 210. Langs det området som er beskrevet ligger seismisk hastighet i fjell på ca. 3730 m/s. Mellom posisjonene 210 og 260 utgjør fjelloverflaten en lokal kolle med toppunkt ved posisjon 230 (17-18 m dyp). I det samme området er seismisk hastighet i fjell på ca. 7000 m/s. Denne svært høye hastigheten representerer trolig olivinbergart (dunitt?). Mellom posisjonene 260 og 320 er det en forsenkning i fjelloverflaten relativt til terrenget med bunnpunkt ved posisjon 290 (ca. 42 m dyp). Fra posisjon 320 til sørenden av profilet ved posisjon 418 stiger fjelloverflaten brattere enn terrengoverflaten. Dyp til fjell er ca. 21 m ved sørenden av profilet. Seismisk hastighet er i størrelsesorden 4000-5000 m/s mellom posisjonene 260 og 418.

Det øverste laget har seismiske hastigheter i området 560-830 m/s og har store variasjoner i mektighet (0,5-13 m). Minst mektighet har laget mellom posisjonene 210 og 240 (0,5-2 m) i området ved Høystakkmyra.

Det nederste løsmasselaget har seismiske hastigheter i området 1480-2110 m/s og indikerer vannmettede løsmasser. Sonen med størst hastighet (2110 m/s) ligger mellom posisjonene 165 og 220. Den høye hastigheten kan skyldes endring i kornstørrelse og pakningsgrad eller at avsetningen har høyt innhold av ultramafisk bergart (olivin).

P9

Profilet er målt langs skråning fra sørvest mot nordøst ca. 250 m vest for P7. Tolkning av de refraksjonsseismiske data er vist i databilag 2.

Fjelloverflaten går subparallelt med terrengoverflaten langs det meste av profilet. En lokal kolle mellom posisjonene 65 og 110 (toppunkt ved posisjon 80 på ca. 30 m dyp) er sammenfallende med en høyhastighetszone i fjell. Seismisk hastighet i fjell er noe dårlig bestemt i det samme området, men er svært høy, anslagsvis rundt 8000 m/s (sannsynligvis noe mindre). Denne høye hastigheten indikerer muligens olivinbergart. Den nordøstlige begrensningen av sonen er dårlig bestemt pga. manglende fjelldekning. Sørvest for høyhastighetssonen er dypet til fjell i størrelsesorden 35-40 m, og seismisk hastighet er i overkant av 3300 m/s, noe som indikerer betydelig oppsprekning i fjell.

Det øverste laget har seismiske hastigheter i området 360-560 m/s. Mellom posisjonene 0 og 160 er hastigheten størst og mektigheten minst (0-2,5 m), mens den er lavest mellom posisjonene 160 og 202 (360 m/s). Her er også mektigheten størst og jevnest (3-4 m) og er sammenfallende med forholdsvis flatt terreng.

Hastighetslag 2 øker jevnt i tykkelse langs profilet. Lag 1 og 2 har en samlet tykkelse som øker fra ca. 2 m dyp ved posisjon 20 til ca. 11 m dyp ved posisjon 202. Lag 2 kan ikke erkjennes ved starten av profilet. Laget har seismisk hastighet i området 910-1170 m/s.

Det nederste hastighetslaget i løsmassene representerer trolig vannmettet sone med seismiske hastigheter i området 1620-1740 m/s. Laget har en forholdsvis jevn overflate.

P8

Profilet er lengst vest i undersøkelsesområdet og er målt nedover en jevnt bratt skråning fra sørvest til nordøst. Tolkningen av de refraksjonsseismiske data er vist i databilag 3.

Dyp til fjell er forholdsvis konstant på 25-30 m mellom posisjonene 0 og 95. Seismisk hastighet i fjell er ca. 4500 m/s i dette området. Mellom posisjonene 95 og 150 opptrer fjelloverflaten som en svak kolle med toppunkt ved posisjon 115 (ca. 20 m dyp). Sonen er sammenfallende med en lokal økning i seismisk hastighet (ca. 4950 m/s). Denne hastigheten er for lav til at den kan representere massiv ultramafisk bergart (som for eksempel dunitt), men er trolig en sone med mindre oppsprukket fjell enn det omliggende. Mellom posisjonene 150 og nordøstenden av profilet (posisjon) 200 avtar dyp til fjell fra ca. 16 m til ca. 4 m, og seismisk hastighet er på ca. 3650 m/s og indikerer at fjellet er betydelig oppsprukket.

Det øverste laget har seismiske hastigheter i området 430-690 m/s. Tykkelsen av laget er svært variabel og ligger i området 1-6 m. Nedre begrensning av laget er noe usikker mellom posisjonene 145 og 200.

Det nederste laget i løsmasser har seismiske hastigheter i området 1030-1230 m/s og representerer forholdsvis tørre løsavsetninger. Det er mulig at det langs profilet også opptrer vannmettede løsmasser med høyere hastighet, men at de ligger i blindsoner.

Oppsummering

Langs to av profilene (P7 og P9) er det indikert en sone med seismiske hastigheter på over 7000 m/s i fjell i en bredde på rundt 50 m. Sonen kan være en fortsettelse av olivinbergart som er kartlagt i dagen sørøst i området ved Raudnakken. Sonens mulige fortsettelse under løsmassene er stiplet i kartbilag –02. Dyp til fjell over sonen antas å være i størrelsesorden 20-30 m mellom profil 7 og 9, med økende dyp fra P7 til P9.

4 KONKLUSJON

Refraksjonsseismiske målinger er utført langs tre profiler ved Tafjord, Møre og Romsdal. Undersøkelsen er en oppfølging av tidligere utførte refraksjonsseismiske målinger (Mauring et al. 1997). Hensikten med målingene var å kartlegge løsmassemekktighet nær olivinforekomst, samt forekomstens forløp under løsmassene.

Tolkning av to av profilene (P7 og P9) indikerer lokale høyhastighetssoner i fjell i en bredde på ca. 50 m. Hastigheten er større enn 7000 m/s og kan indikere olivinbergart. Dyp til fjell er i størrelsesorden 20-30 m ved profilene. Forløpet av mulig olivinbergart er interpolert mellom profilene og forekomst ved Raudnakken og vist i kartbilag –02.

De refraksjonsseismiske målingene indikerer to eller tre hastighetslag i løsmasser. Avsetningene representerer trolig tørre skredavsetninger i øvre deler. Mot dypet kan avsetningene være dominert av tørre/vannmettede skredavsetninger eller morene. Dette er grundig diskutert i tidligere rapport (Mauring et al. 1997).

5 **REFERANSE**

Mauring, E., Blikra, L.H. & Tønnesen, J.F. 1997: Refraksjonsseismiske målinger i Tafjord, Møre og Romsdal. *NGU Rapport 97.186*.

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 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 innfallsloddet, 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 tilfredsstiller 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 lyd hastigheten langs profilet, kan det oppnås 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. 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 dybdebestemmelsen på grunn av avlesningsfeil. I tillegg kommer eventuelle feil på grunn av at forutsetningene om isotropi og homogenitet ikke gjelder fullt ut.

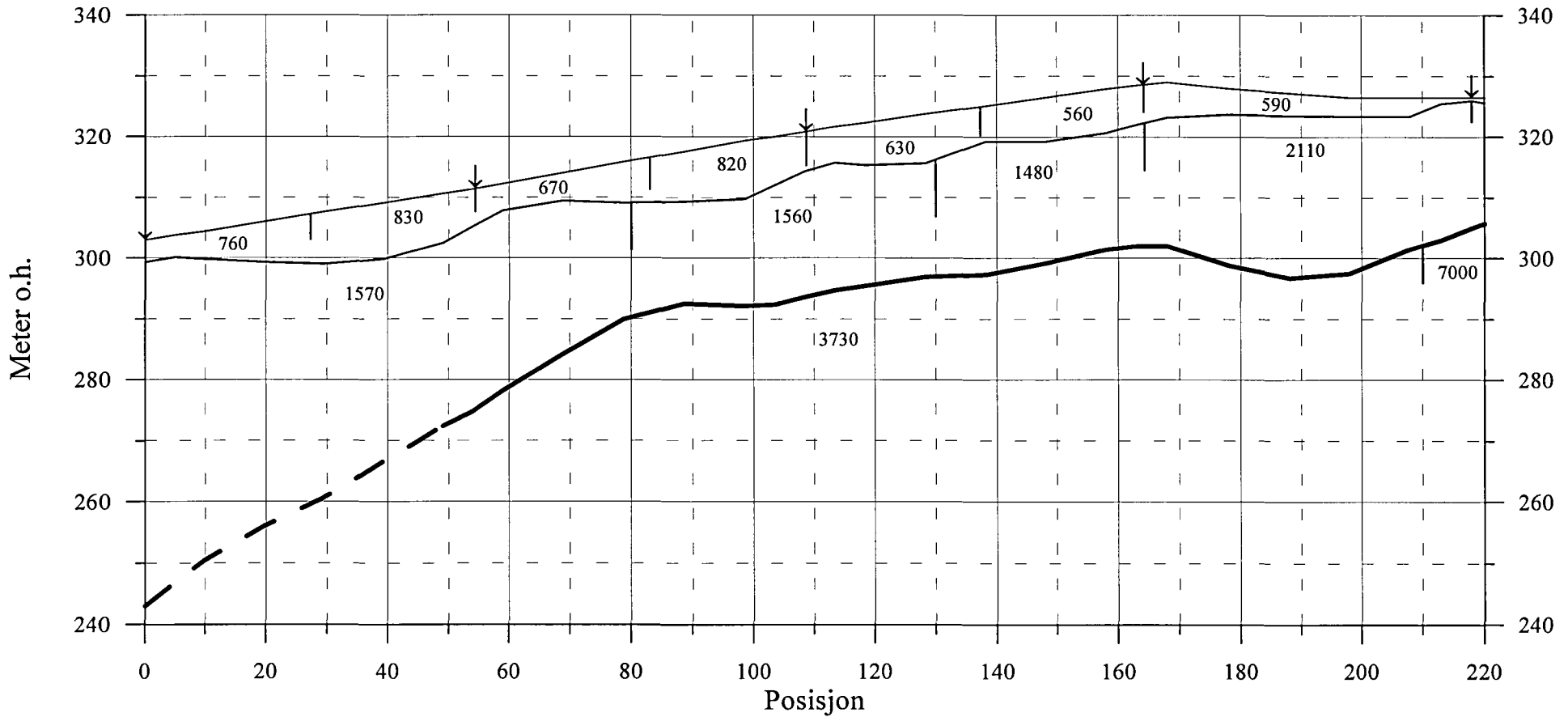
Ved meget god datakvalitet kan første ankomsttid avleses med 0.5 millisekunders nøyaktighet. Med denne nøyaktigheten er det allikevel urealistisk å regne med mindre enn 0.5 m usikkerhet i dybdeangivelsene. Ved meget små dyp til fjell (mindre enn én meter) blir overdekkehastigheten dårlig bestemt, og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

TAFJORD, refraksjonsseismisk profil 7, posisjon 0-220

Tegnforklaring	
	Terrengoverflate
	Refraktor i løsmasser
	Fjellrefraktor (usikker)
	Fjellrefraktor
	Skuddpunkt
3730	Seismisk hastighet (m/s)

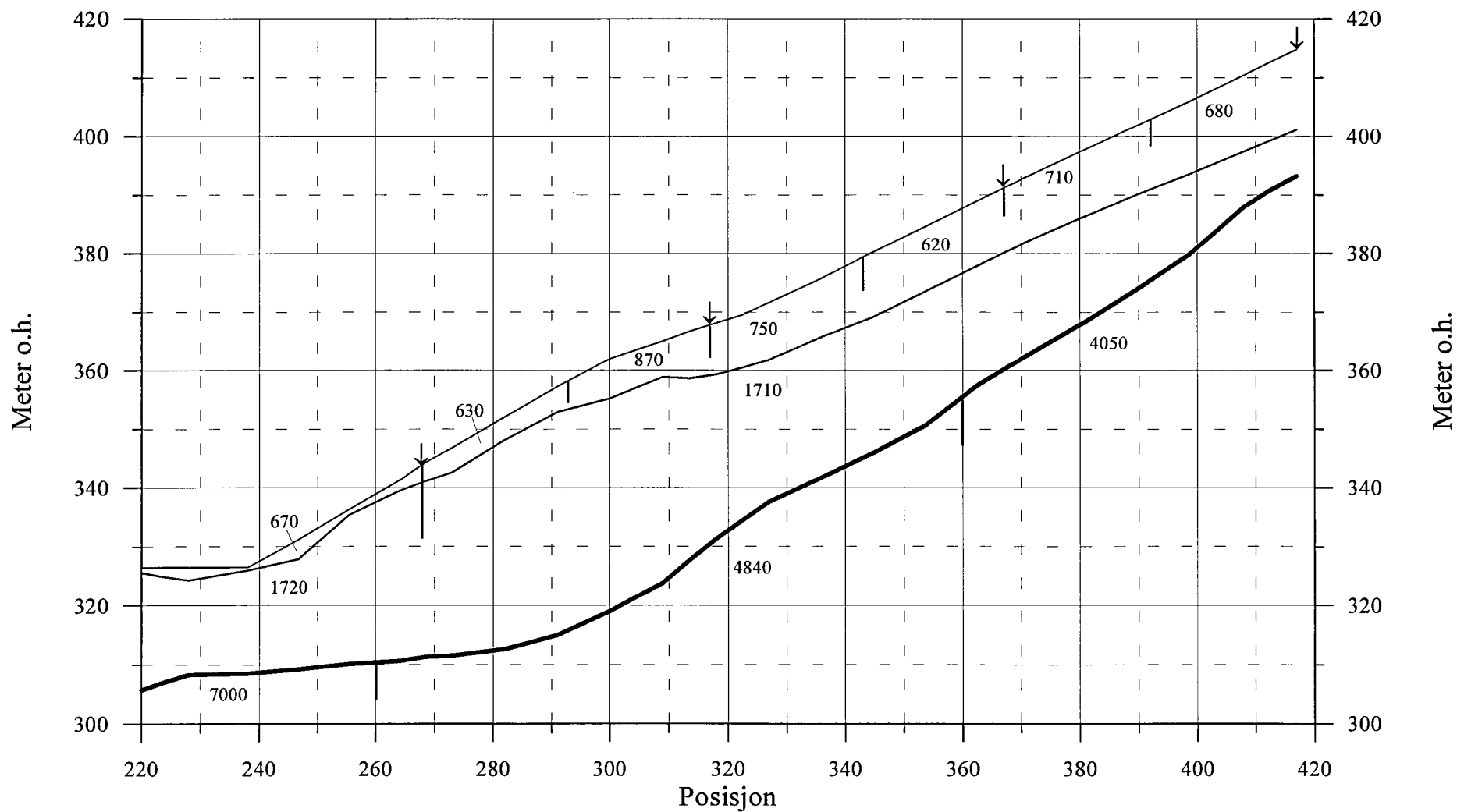


Meter o.h.






NGU Rapport 98,093
Datatilag 1 side 1

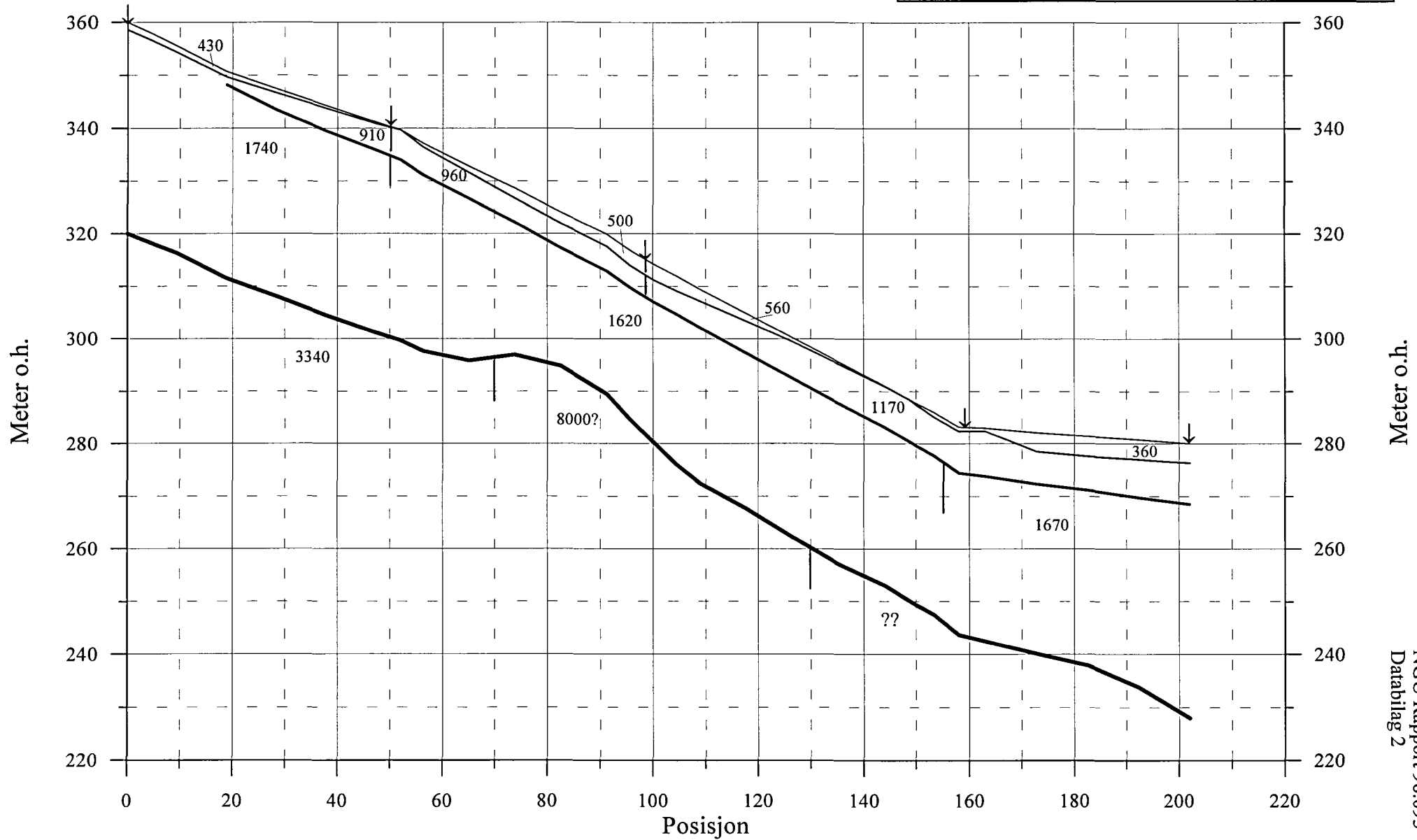
TAFJORD, refraksjonsseismisk profil 7, posisjon 220-417

Tegnforklaring	
	Terrengoverflate
	Refraktor i løsmasser
	Fjellrefraktor
	Skuddpunkt
3730	Seismisk hastighet (m/s)



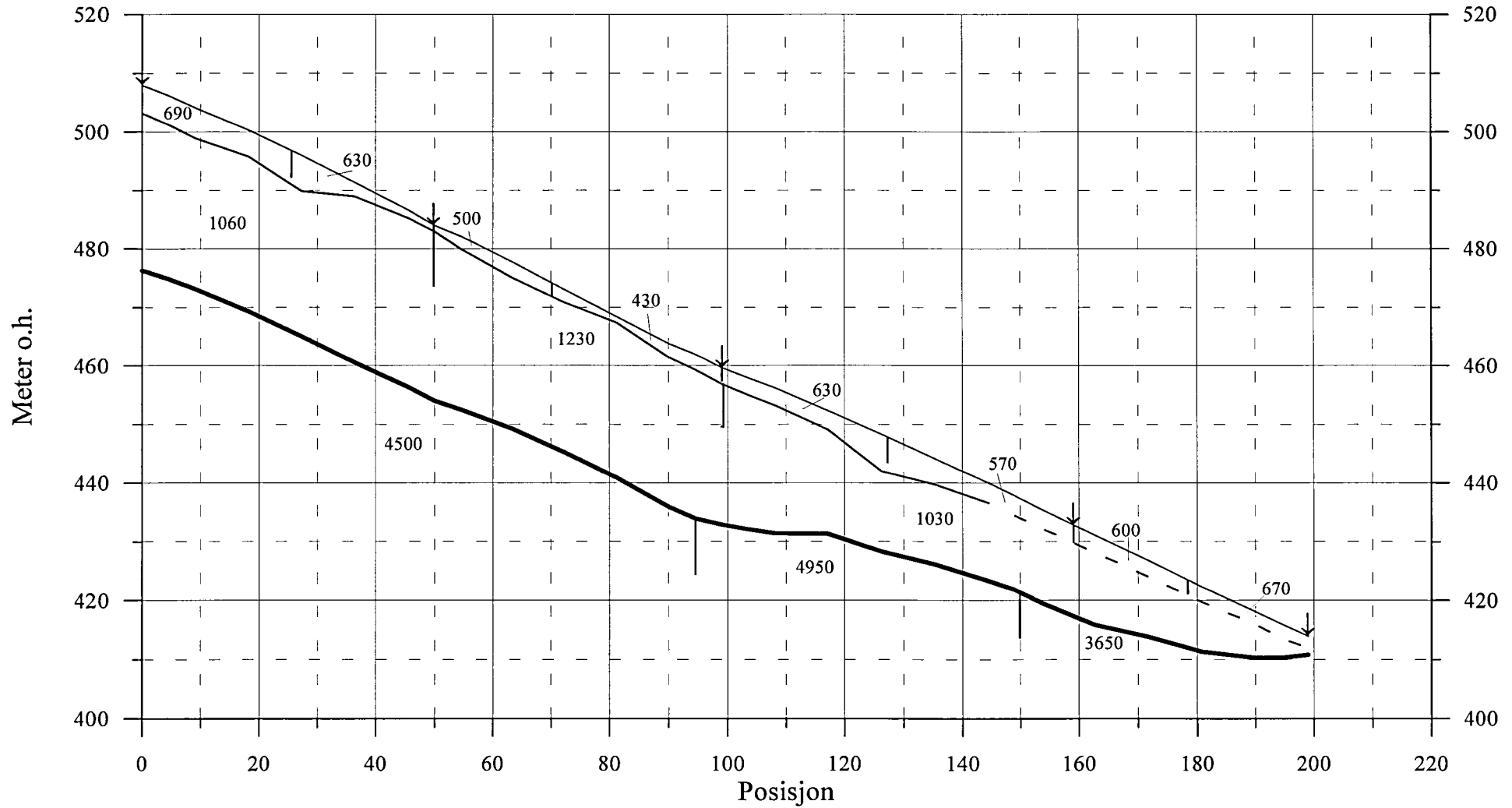
TAFJORD, refraksjonsseismisk profil 9

Tegnforklaring			
	Terrengoverflate		Fjellrefraktor
	Refraktor 1 i løsmasser		Skuddpunkt
	Refraktor 2 i løsmasser	3730	Seismisk hastighet (m/s)

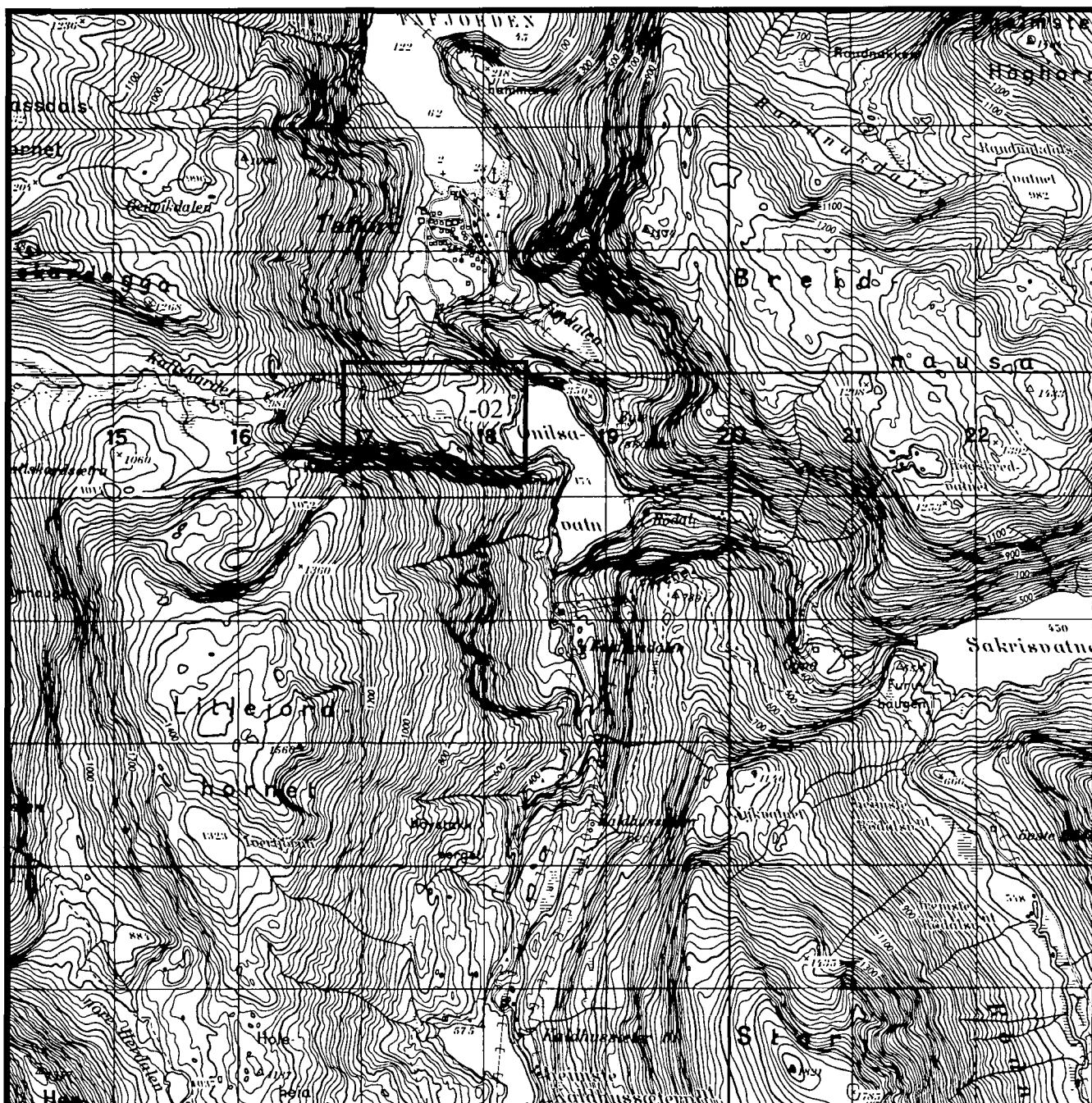


TAFJORD, refraksjonsseismisk profil 8

Tegnforklaring	
	Terrengoverflate
	Refraktor i løsmasser
	Refraktor i løsmasser (usikker)
	Fjellrefraktor
	Skuddpunkt
4500	Seismisk hastighet (m/s)



Meter o.h.



-02

Utsnitt vist i kartbilag -02

NOVEMCO AS
OVERSIKTSKART

TAFJORD

NORDDAL KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT JFT

TEGN EM

TRAC

KFR

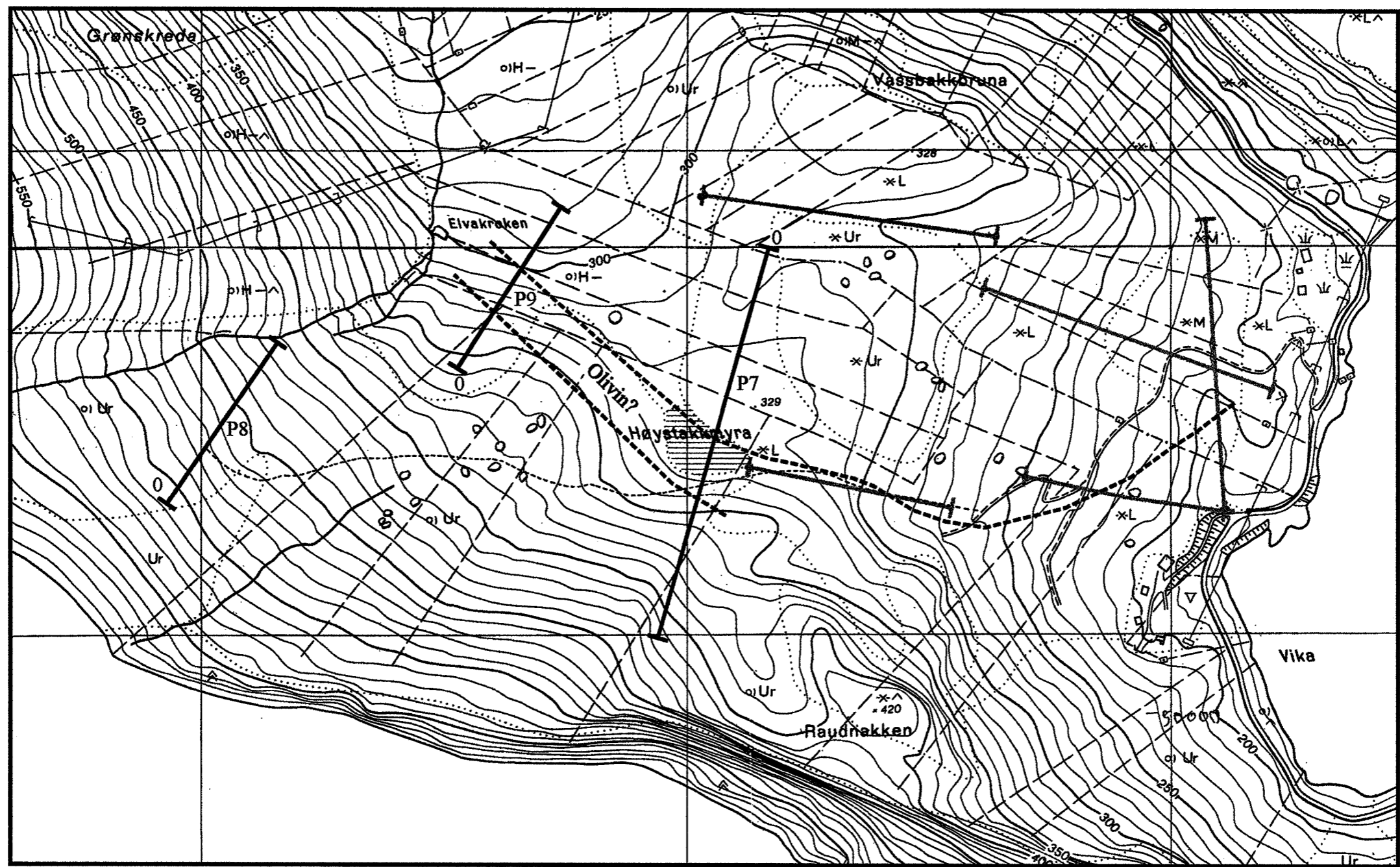
Mai -98

Mai -98

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR
98.093-01

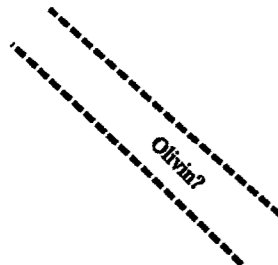
KARTBLAD NR
1319 III



Refraksjonsseismisk profil målt i 1997
(Mauring et al. 1997)

Refraksjonsseimisk profil
med startposisjon

Mulig grense for utgående
av olivinbergart



NOVEMCO AS
PLASSERING AV REFRAKSJONSSEISMISKE PROFILER
TOLKNING AV UTGÅENDE AV OLIVIN
TAFJORD
NORDDAL KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL

MÅLESTOKK 1:5000	MÅLT JFT	Mai -98
	TEGN EM	Mai -98
	TRAC	
	KFR KONF	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR 98.093-02	KARTBLAD NR 1319 III
--------------------------------	--------------------------------