

Rapport nr.: 95.117		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Geofysiske målinger ved kartlegging av dyp til fjell over tunnelpåhugg, Vik, Vestvågøy kommune, Nordland				
Forfatter: Eirik Mauring, Torleif Lauritsen		Oppdragsgiver: Statens vegvesen Nordland		
Fylke: Nordland		Kommune: Vestvågøy		
Kartblad (M=1:250.000) Svolvær		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1031 II Flakstad		
Forekomstens navn og koordinater: Vik 33V 4392 75662		Sidetall: 16 Pris: 35,- Kartbilag: 1		
Feltarbeid utført: 4/9-6/9-1995	Rapportdato: 25/9-1995	Prosjektnr.: 61.2562.01	Ansvarlig:	
Sammendrag: <p>På oppdrag fra Statens vegvesen Nordland, er det utført refraksjonsseismiske målinger og georadarmålinger ved Vik i Vestvågøy kommune, Nordland. Det ble målt tre refraksjonsseismiske profiler og ett georadarprofil. Formålet med undersøkelsen var å kartlegge dyp til fjell over planlagt påhugg for tunnel mellom Vik og Utakleiv.</p> <p>Målingene viser at dyp til fjell ligger i området 3,5-8 m og at fjellet stedvis kan være noe oppsprukket. Dyp til fjell ligger grunnest i området ved vestlig påhuggsalternativ. Lengst mot sør i profil 1 er dyp til fjell 3,5-4 m. Ut fra dette ser det vestlige området ut til å være mest gunstig med hensyn til påhugg for tunnel.</p>				
Emneord: Geofysikk		Georadar		Refraksjonsseismikk
Mektighet		Ingeniørgeologi		
				Fagrapport

INNHold

1 INNLEDNING.....	4
2 MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	4
2.1 Refraksjonsseismikk	4
2.2 Georadar	4
3 RESULTATER	5
4 KONKLUSJON	6

Tekstbilag

1. Refraksjonsseismikk - metodebeskrivelse
2. Georadar - metodebeskrivelse

Databilag

1. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 1
2. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 2
3. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 3
4. Georadaropptak, profil 3
5. Tolkning av dyp til fjell fra georadaropptak, profil 3

Kartbilag

- 95.117-01: Kart over måleområdet med plassering av profiler

1 INNLEDNING

På oppdrag fra Statens vegvesen Nordland, er det utført refraksjonsseismiske målinger og georadarmålinger ved Vik i Vestvågøy kommune, Nordland. Det ble målt tre refraksjonsseismiske profiler og ett georadarprofil. Formålet med undersøkelsen var å kartlegge dyp til fjell over planlagt påhugg for tunnel mellom Vik og Utakeiv. Målingene ble utført i perioden 4/9-6/9-1995 av Torleif Lauritsen (NGU) med assistanse fra Finn Ove Pettersen.

2 MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

Plasseringen av profilene er vist i kartbilag -01. Georadarprofilet er målt langs refraksjonsseismisk profil 3, men ble forlenget 24 m i vestenden. Samtlige profiler er nivellert av oppdragsgiver. Profil 1 og 2 ble lagt langs to aktuelle påhuggsområder.

2.1 Refraksjonsseismikk

En generell beskrivelse av refraksjonsseismiske målinger er vedlagt (tekstbilag 1). Som registreringsinstrument ble det benyttet en digital seismograf av typen Scintrex S-2 'Echo'. Geofonavstanden var 5 m, og lengden på hvert av de tre profilene som ble målt var 115 m. Skuddpunkt ble plassert 2,5 m fra endene av hvert profil, bortsett fra ved sørenden av profil 1 der det ble plassert 14 m fra enden pga. vei. Det ble i tillegg plassert skuddpunkt midt i hvert profil, samt et stykke fra endene (fjernskudd). Energiseringen var dynamitt. Kvaliteten på opptakene var meget god. Intercept-tid og den resiproke metode er benyttet ved tolkning av de refraksjonsseismiske profiler.

2.2 Georadar

En beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag 2. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO IV (Sensors & Software Inc., Canada). Samplingsintervall og opptakstid var hhv. 1,6 ns og 1400 ns. Antenne- og flyttavstand var 1 m. Antenne senterfrekvens var 50 MHz og det ble benyttet 1000 V sender. Signalene ble 'stacket' 32 ganger ved hvert målepunkt. Det ble målt et 140 m langt profil langs refraksjonsseismisk profil 3. Posisjon 0 på georadaropptaket tilsvarer posisjon 0 på det refraksjonsseismiske profilet. Det ble ikke utført CMP-måling for hastighetsanalyse. Dybdeskala er beregnet ut fra dyp til fjell ved endeskuddene på det refraksjonsseismiske profilet. Dyp til fjell på georadaropptak og refraksjonsseismisk profil er i overensstemmelse når EM-bølgehastigheten 0,10 m/ns benyttes ved dybdekonvertering. Georadaropptaket er korrigert for drift. Nivellerte høydedata er benyttet ved

terrengkorreksjon av opptaket. Ved utskrift av opptaket ble det benyttet SEC-forsterkning (SEC='spreading and exponential compensation'). Det ble videre anvendt 5-punkts 'stacking' langs traser for å redusere høyfrekvent støy.

4 RESULTATER

Tolkning av de refraksjonsseismiske profiler er vist i databilag 1-3. Georadaropptaket er vist i databilag 4. Tolkning av dyp til fjell fra georadaropptak er vist i databilag 5. Løsmassene i området antas å bestå av vindavsetninger med mulig rasmateriale (ur).

Profil 1

Profilen er målt i området ved påhugg for vestlig tunneltrasé-alternativ. To hastighetslag kan erkjennes i måledata. Det øverste laget har seismisk hastighet i området 260-360 m/s og representerer tørre vindavsetninger. Laget under representerer fjell med seismisk hastighet i området 3000-5050 m/s. Den laveste hastigheten opptrer mellom posisjon 30 og 55 og indikerer oppsprekking i fjellet. Dyp til fjell ligger i området 3,5-7,5 m. Fjelloverflaten ser ut til å ligge grunnest (3,5-4 m) ved sørenden av profilen (posisjon 105-115).

Profil 2

Profilen er målt i området ved påhugg for østlig tunneltrasé-alternativ. Også her indikeres to hastighetslag, der det øverste representerer tørre vindavsetninger med seismisk hastighet i området 330-390 m/s. Seismisk hastighet i fjell er i området 4000-4100 m/s og indikerer at fjellet kan være svakt oppsprukket. Dyp til fjell ligger i området 4,5-8 m. Dette er i gjennomsnitt noe høyere enn for profil 1. Dyp til fjell ved sørenden av profilen er 6-7 m.

Profil 3

Profilen er målt mellom profil 1 og 2. Her er det i tillegg til refraksjonsseismiske målinger utført georadarmålinger. Starten på georadarprofilen ligger 24 m vest for starten av det refraksjonsseismiske profilen. Tolkning av de refraksjonsseismiske data viser en tolagsmodell, der det øverste laget har en seismisk hastighet i området 280-390 m/s. Laget representerer trolig tørre vindavsetninger. Under dette laget opptrer et lag med en seismisk hastighet på ca. 4700 m/s som representerer lite oppsprukket fjell. Dyp til fjell ligger i området 4-7 m. Georadaropptaket er vist i databilag 4, med tolkning av fjelloverflaten i databilag 5. Georadaropptaket viser fjell som en gjennomgående, kraftig og undulerende reflektor på 4-7 m dyp. Variasjoner i fjelloverflatens topografi kommer bedre fram på georadaropptaket enn ved tolkning av de refraksjonsseismiske data som synes å være noe 'glattet'. Dette er generelt en metodisk styrke ved georadar, og

georadaropptaket gir det beste bildet av fjelloverflaten langs dette profilet. På opptaket ser en at dyp til fjell er minst der profilet krysser P1, altså i området for vestlig påhuggsalternativ.

4 **KONKLUSJON**

Det er utført refraksjonsseismikk og georadar ved Vik i Vestvågøy kommune, Nordland. Formålet med undersøkelsen var kartlegging av fjelldyp over et område der det planlegges påhugg for tunneltrasé.

Målingene viser at dyp til fjell ligger i området 3,5-8 m og at fjellet stedvis kan være noe oppsprukket. Dyp til fjell ligger grunnest i området ved vestlig påhuggsalternativ. Lengst mot sør i profil 1 (posisjon 105-115) er dyp til fjell 3,5-4 m. Ut fra dette ser det vestligste området ut til å være mest gunstig med hensyn til påhugg for tunnel.

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 lydshastigheten 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 tilfredsstillter 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 lydshastigheten 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 beregnete dyp øker med antall sjikt. Med analog apparatur vil en kunne bestemme første ankomsttid med en usikkerhet på 1 millisekund ved middels god opptaks kvalitet. 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 bunmorene</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>

GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid (t_{2v}) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en refleksor må bølgehastigheten (v) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en refleksor som er planparallel med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

Etter at hastigheten er bestemt kan dypet (d) beregnes etter uttrykket;

$$d = \frac{vt_{2v}}{2}$$

I vakuum er bølgehastigheten lik lyshastigheten: $c = 3.0 \cdot 10^8$ m/s. I alle andre media gjelder følgende relasjon;

$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

hvor ϵ_r er det relative dielektrisitetstallet. ϵ_r -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for ϵ_r i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil

føre til hurtigere dempning av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

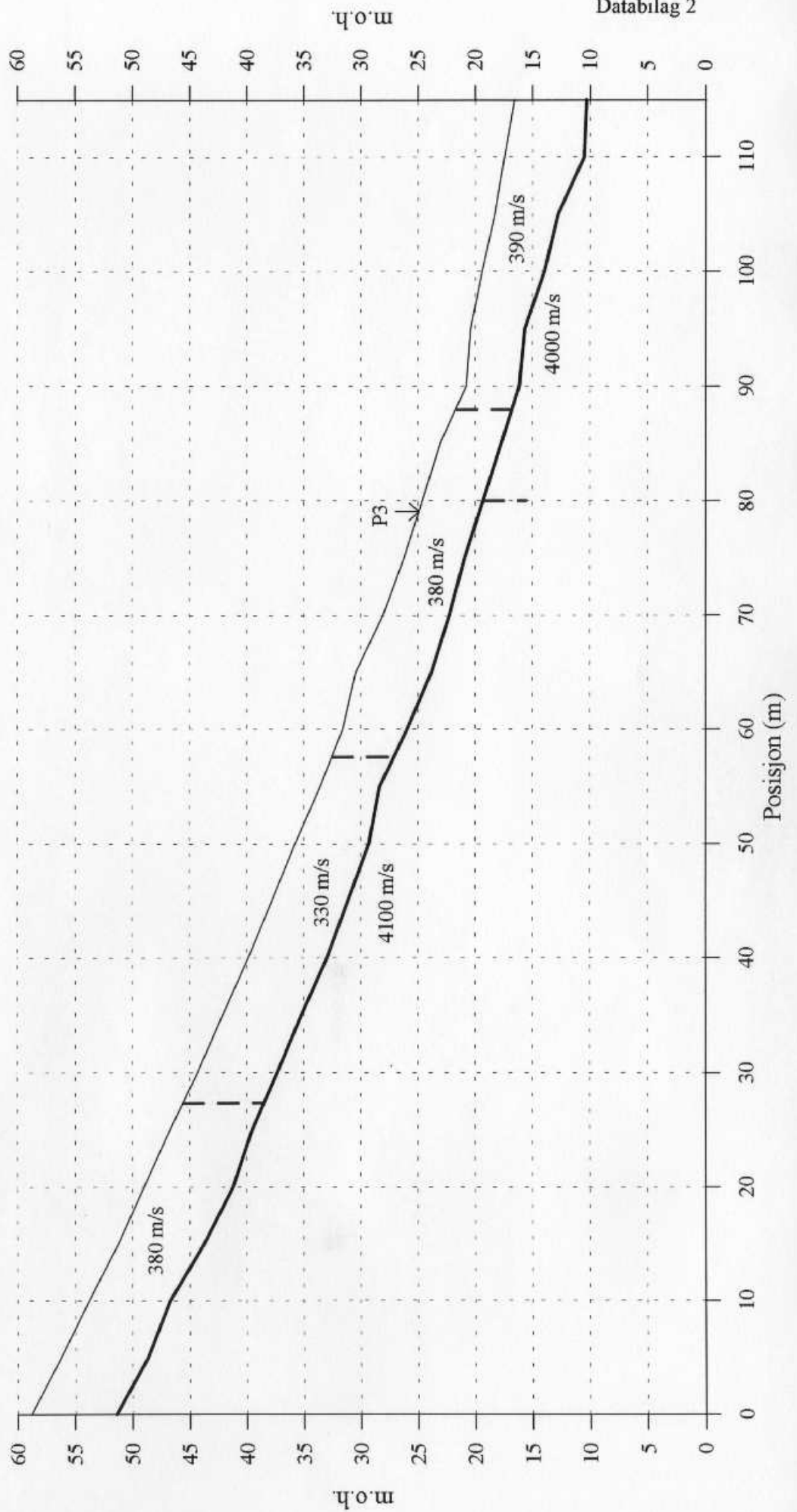
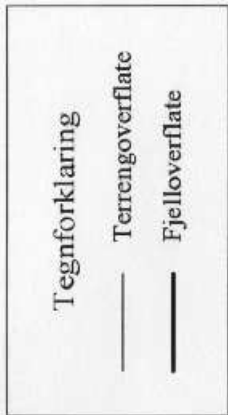
<i>Medium</i>	<i>ϵ_r</i>	<i>v (m/ns)</i>	<i>ledningsevne (mS/m)</i>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14</i>	<i>0.01</i>
<i>Vannmettet sand</i>	<i>15-20</i>	<i>0.07-0.08</i>	<i>0.03-0.3</i>
<i>Silt</i>	<i>5-30</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-100</i>
<i>Fjell</i>	<i>5-8</i>	<i>0.10-0.13</i>	<i>0.01-1</i>

Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.

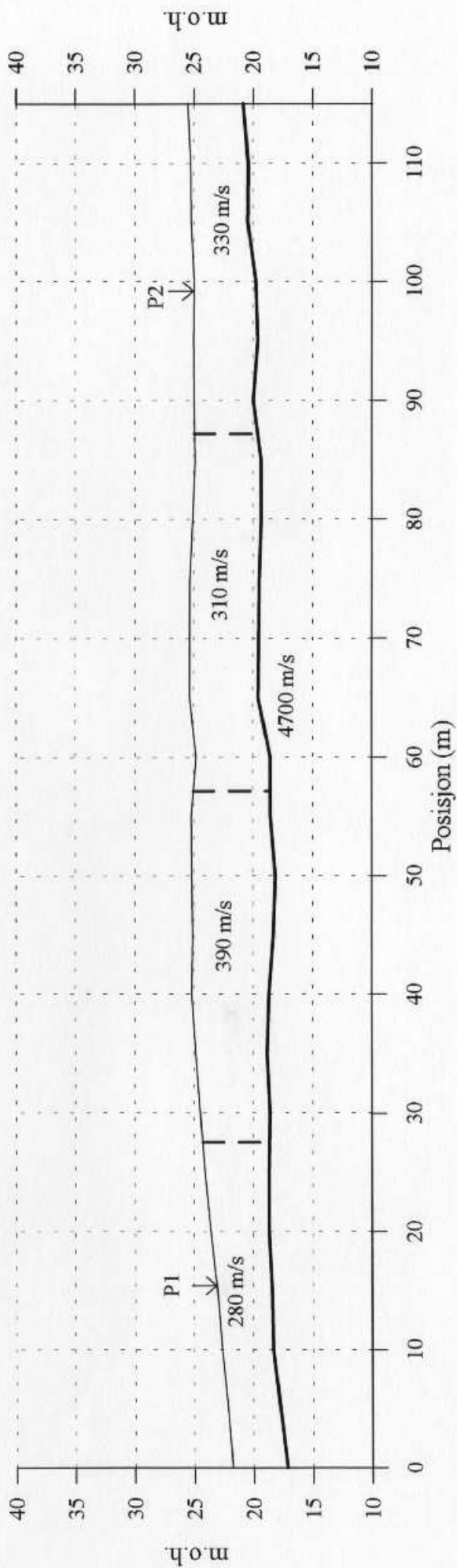
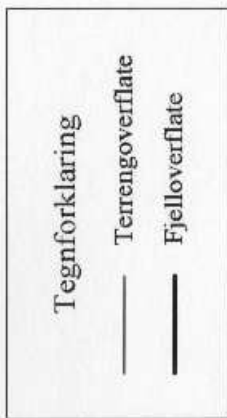
Tolking av refraksjonsseismisk profil 1



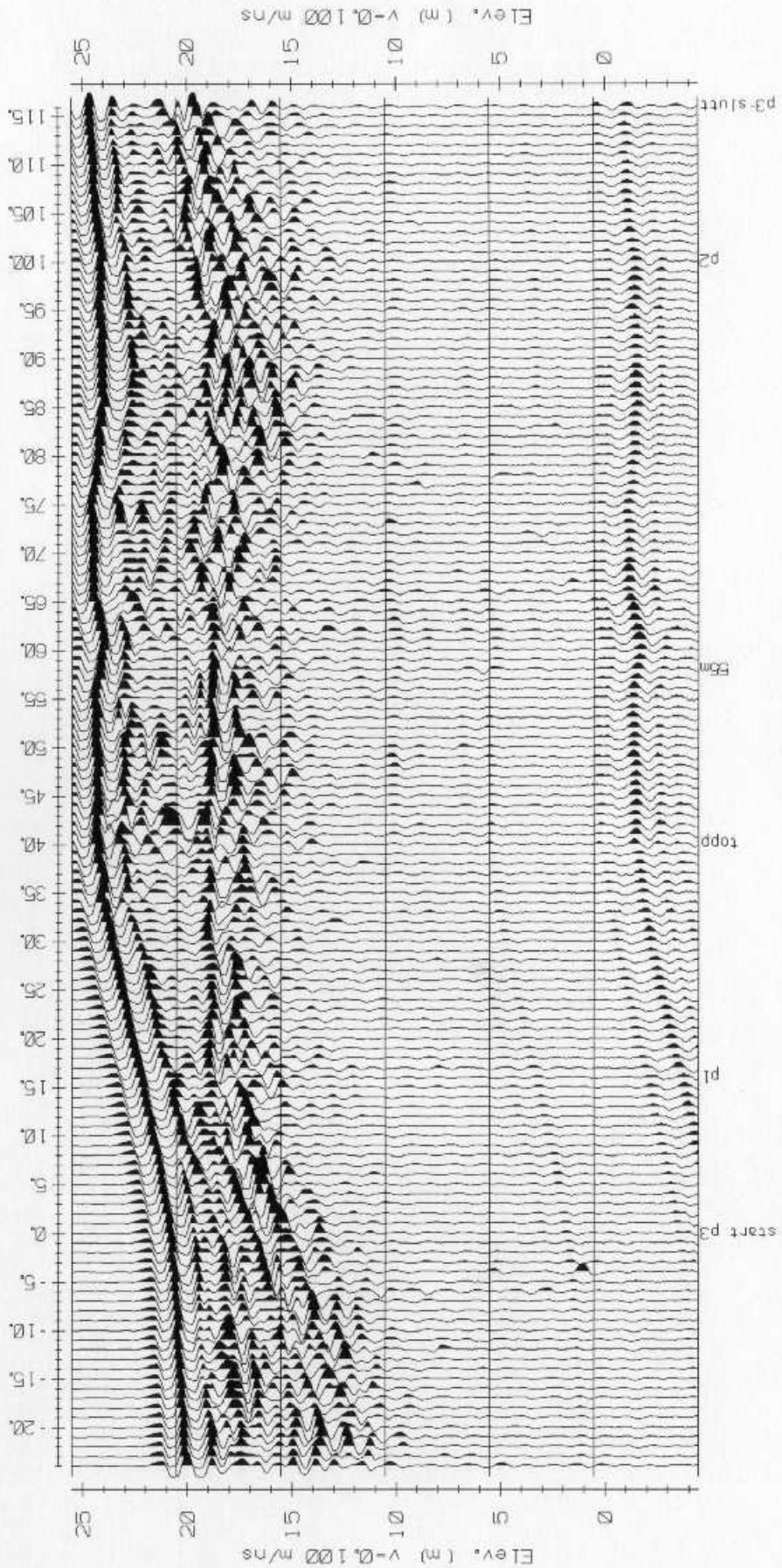
Tolking av refraksjonsseismisk profil 2



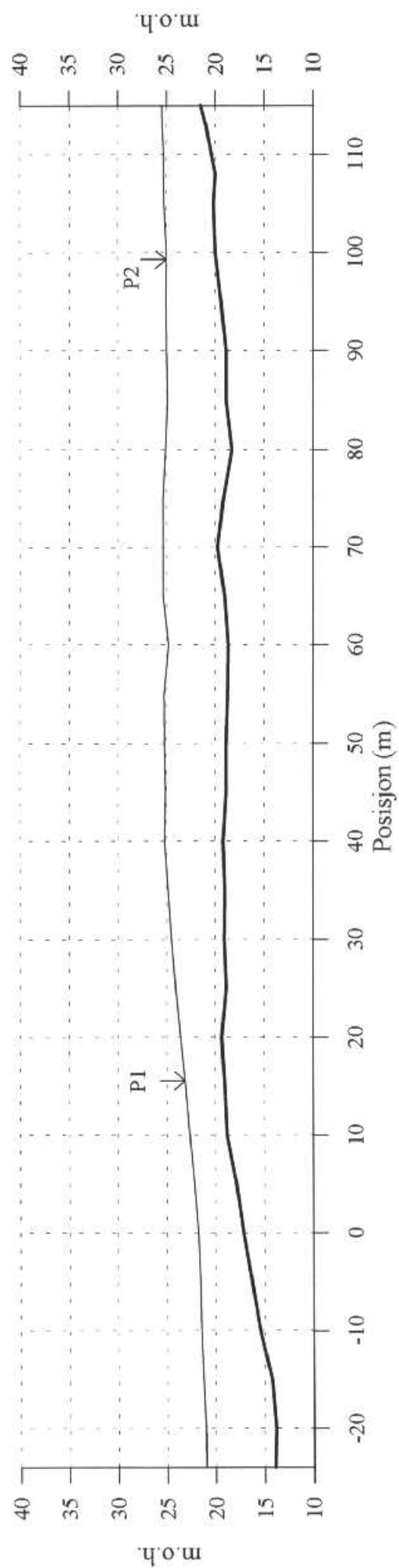
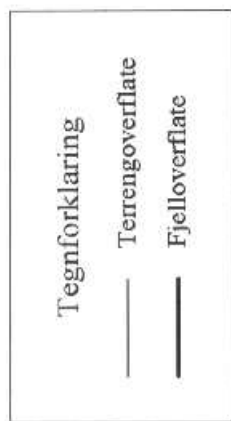
Tolking av refraksjonsseismisk profil 3

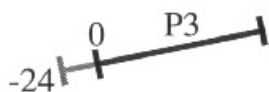
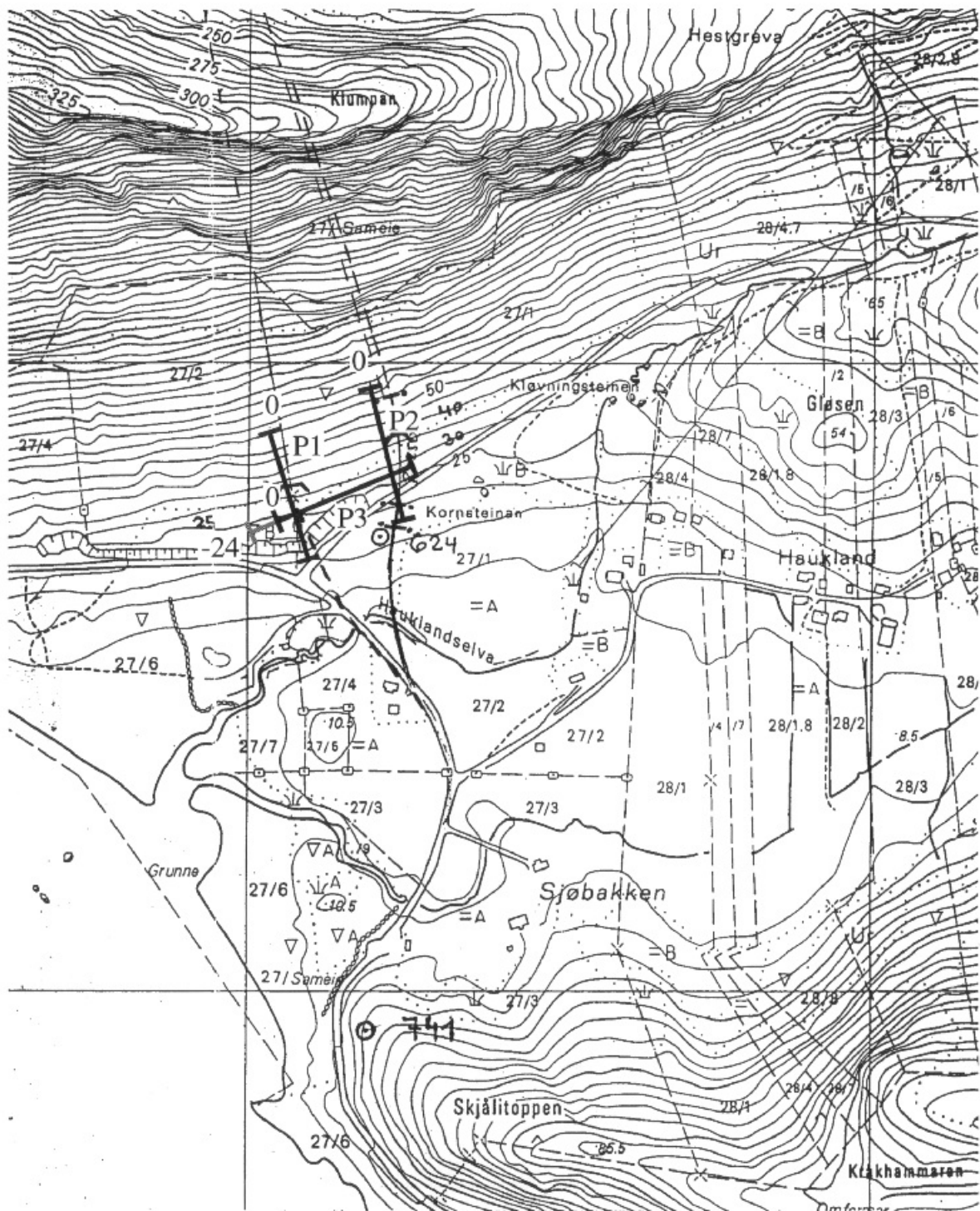


Georadaropptak, Profil 3



Tolkning av dyp til fjell fra georadaropptak, profil 3





Profil med startposisjon (0 = start refraksjonsseismisk profil, -24 = start georadarprofil)

STATENS VEGVESEN, NORDLAND
OVERSIKTSKART, PROFILPLASSERINGER

VIK

VESTVÅGØY KOMMUNE, NORDLAND

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:5000

MÅLT TL

TEGN EM

TRAC

KFR

Sept. -95

Sept. -95

TEGNING NR
95.117-01

KARTBLAD NR
1031 II