

NGU Rapport 97.075

Refraksjonsseismiske målinger for grunn-  
vannsmodellering ved Misvær, Skjerstad kom-  
mune, Nordland

Rapport nr.: 97.075		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Refraksjonsseismiske målinger for grunnvannsmodellering ved Misvær, Skjerstad kommune, Nordland				
Forfatter: Eirik Muring & Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU		
Fylke: Nordland		Kommune: Skjerstad		
Kartblad (M=1:250.000) Bodø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 2029 II Skjerstad		
Forekomstens navn og koordinater: Mohus 33V 4993 74445 (ED50)		Sidetall: 12	Pris: 65,-	
Feltarbeid utført: September 1996		Rapportdato: 7/12-1997	Prosjektnr.: 2713.18	Ansvarlig: <i>Jan S. Kaurvig</i>
Sammendrag: I forbindelse med grunnvannsmodellering er det utført refraksjonsseismiske målinger langs fire profiler ved Misvær, Skjerstad kommune i Nordland.  Samtlige profiler gir et detaljert bilde av plassering av grunnvannspeil og fjell. Lengst i vest er dyp til fjell i størrelsesorden 20-30 m, mens det øker til 60-90 m mot øst-nordøst. Ett av profilene indikerer tilstedeværelsen av en fjellterskel. På bakgrunn av profiltolkningene og resultater fra tidligere utførte georadarmålinger er det framstilt topografiske kart over fjell- og grunnvannsnivå.				
Emneord: Geofysikk	Grunnvann		Løsmasse	
Refraksjonsseismikk				
			Fagrapport	

## **INNHold**

1 INNLEDNING .....	4
2 MÅLEMETODE OG UTFØRELSE .....	4
3 RESULTATER .....	5
4 KONKLUSJON .....	7
5 REFERANSE .....	8

### Tekstbilag

Refraksjonsseismikk - metodebeskrivelse

### Databilag

1. Topografisk kart over grunnvannsnivå
2. Topografisk kart over fjellnivå

### Kartbilag

- 97.075-01: Oversiktskart, Misvær. M 1:50 000.  
97.075-02: Detaljkart og tolkning av refraksjonsseismiske profiler

## 1 INNLEDNING

Det er utført refraksjonsseismiske målinger langs fire profiler ved Misvær, Skjerstad kommune, Nordland. Målingene er utført som et ledd i modellering av grunnvannsmagasinet i området. Dette er igjen en del av en undersøkelse av muligheten for uttak av grunnvann til vannforsyning for Misvær. Det er tidligere utført georadarmålinger og vertikale elektriske sonderinger i området (Mauring & Tønnesen, 1996). Resultater fra georadarmålingene blir benyttet i denne rapporten. Av størst interesse var det å få kartlagt dyp til fjell langs profilene.

Kvartærgeologisk kartlegging viser at området er dominert av breelvavsetninger i overflaten. Georadaropptakene indikerer stedvis breelvavsetninger på dyp større enn 25 m.

De refraksjonsseismiske målingene ble utført av Jan Fredrik Tønnesen og Janusz Koziel i september 1996.

## 2 MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

En generell beskrivelse av refraksjonsseismiske målinger er vedlagt i tekstbilag. Som registreringsinstrument ble det benyttet en seismograf av typen ABEM Terraloc MK6. Det ble målt i alt fire profiler (P1-P4). Hvert kabelutlegg (å 12 geofoner) var 110 m langt. Lengden på P1, P3 og P4 var 220 m (2 utlegg), mens lengden av P2 var 440 m (4 utlegg). Plasseringen av profilene er vist i kartbilag -02. Geofonavstanden var 10 m, bortsett fra ved endene av utleggene der den ble kortet inn til 5 m. Skuddpunkt ble plassert ved endene og i midten av utleggene. I tillegg ble det plassert fjernskudd et stykke fra endene av profilene for å få registrert ankomsttider fra fjell på flest mulige geofoner. Energiseringen var dynamitt. Høydeinformasjon er basert på feltnotater og kart i målestokk 1:5000. Kvaliteten på opptakene var god. Intersept-tid og den resiproke metode ble benyttet ved tolkning av profilene.

### 3 RESULTATER

Et oversiktskart over det undersøkte området (målestokk 1:50 000) er vist i kartbilag -01. Detaljert plassering av profiler (målestokk 1:5000) er vist sammen med tolkning av profilene i kartbilag -02, som også viser plasseringen av tidligere målte georadarprofiler (Mauring & Tønnesen, 1996).

#### P1

Profilet er målt vest for Lakselva fra sør til nord. Det er målt 5-15 m øst for georadarprofil G1 (se kartbilag -02). Tre hastighetslag kan erkjennes fra data. Et øvre, ca. 1 m mektig lag kan i tillegg sees nær skuddpunkt ved posisjon 55. Dette har ekstremt lav seismisk hastighet (ca. 170 m/s). Massene består her av blokkrikt materiale. Ellers har det øverste laget seismiske hastigheter i området 450-650 m/s. Dette representerer tørr sand/grus. Laget under har en seismisk hastighet på ca. 1700 m/s og representerer vannmettet sand/grus. Grunnvannspeil ligger i nivå 14-28 moh. Det ligger dypest ved posisjon 100 (10-11 m dyp) og grunnest mellom posisjonene 190 og 220 (1-2 m dyp). Det tredje (nederste) laget representerer fjell med en seismisk hastighet nær 5500 m/s. Fjelloverflaten har et uregelmessig og hauget forløp. Fjelloverflaten ligger i nivå ca. 10 moh. ved posisjon 0 og -15 moh. ved posisjon 220. Dyp til fjell er i størrelsesorden 20-35 m.

#### P2

Profilet er målt fra Lakselva over en løsmasserygg mot Mohus i nordøst. Tre hastighetslag kan erkjennes fra data. Det øverste laget har seismisk hastighet i området 350-640 m/s og representerer tørr sand/grus. Laget under representerer vannmettet sand/grus med en seismisk hastighet i området 1620-1720 m/s. Grunnvannspeil ligger i nivå ca. 19 moh. ved posisjon 0 og ca. 8 moh. ved posisjon 440. Det nederste laget representerer fjell med en seismisk hastighet i området 4500-4950 m/s. Mellom posisjonene 0 og 50 ligger fjell i nivå ca. -10 moh. (30 m dyp). Mellom posisjonene 50 og 210 utgjør fjelloverflaten en oppstikkende knaus som kan ha virket som en terskel for ismassene og kontrollert avsetningen av den ryggformen som sees i overflaten. Det høyeste punktet på fjell ligger i nivå ca. 5 moh. (22 m dyp) ved posisjon 90. Mellom posisjonene 210 og 440 ligger fjellet i nivå -40 til -50 moh. (55-65 m dyp) og stiger noe mot nordøstenden av profilet (mellom posisjonene 380 og 440).

#### P3

Profilet går fra Høgmøen i sør og mot Misværffjorden i nord. Posisjon 50 krysser tidligere målt georadarprofil G3 (se kartbilag -02). I krysningpunktet viser georadaropptaket grunnvannspeil i nivå ca. 32 moh. (ca. 20 m dyp) og fjell i nivå ca. 26 moh. (ca. 26 m dyp). Denne informasjonen ble benyttet ved tolkning av det refraksjonsseismiske profilet på grunn av blindsoneproblematikk i dette området. Tre hastighetslag kan erkjennes fra data. Det øverste har seismiske hastigheter i området 280-550 m/s og representerer tørr sand/grus. Laget under

representerer vannmettet sone. Seismisk hastighet i vannmettet sone er noe dårlig bestemt, men en hastighet på 1830 m/s er benyttet ved dybdeberegningene. Avsetningene i vannmettet sone er trolig dominert av sand/grus. Ved posisjon 60 ligger grunnvannsspeil i nivå ca. 25 moh, og heller nedover mot nordenden av profilet til nivå ca. 13 moh. ved posisjon 220. Mellom posisjonene 0 og 50 ligger grunnvannsspeil i blindsoner. På georadaropptaket sees grunnvannsspeil på ca. 20 m dyp ved posisjon 50. Ved beregning av dyp til fjell er det antatt at grunnvannsnivået holder seg konstant mellom posisjonene 0 og 50. Det nederste hastighetslaget representerer fjell med en seismisk hastighet i overkant av 5400 m/s. Mellom posisjonene 0 og 60 ligger fjell i nivå 25-30 moh. Fra posisjon 60 heller fjelloverflaten forholdsvis bratt nedover til nivå ca. -44 moh. ved posisjon 220. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig helning på fjell på ca. 23° i dette området.

#### P4

Profilet er målt over Moen i retning vest-øst like nord for enden av P3. Som for de øvrige profiler, kan tre hastighetslag erkjennes fra data. Det øverste har en seismisk hastighet i området 300-500 m/s og representerer tørr sand/grus. Laget under representerer vannmettet sand/grus med en seismisk hastighet i området 1650-1700 m/s. Grunnvannsspeil ligger i nivå 11-13 moh. langs profilet. Det nederste hastighetslaget representerer fjell. Seismisk hastighet er noe dårlig bestemt, men antas å ligge på ca. 5000 m/s. Dyp til fjell øker fra ca. 55 m ved posisjon 0 (nivå ca. -38 moh) til ca. 90 m ved posisjon 220 (nivå ca. -75 moh.).

#### Topografiske kart

Det er framstilt topografiske kart over grunnvannsnivå og fjellnivå i henholdsvis databilag 1 og 2. Ved gridding av data ble det benyttet Kriging med en cellestørrelse på 50 x 50 m ved hjelp av programpakken SURFER (Golden Software). Som grunnlag for griddingen er det benyttet data fra den refraksjonsseismiske tolkningen og tidligere utførte georadarmålinger (Mauring & Tønnesen, 1996). For topografiske kart over grunnvannsnivå er det også lagt inn punkter for elvenivå og havnivå. Siden profildekningen er noe dårlig, er enkelte punkter manuelt interpolert i områder uten datadekning. Dette gjelder også framstillingen av det topografiske kartet over fjellnivå. Den ufullstendige datadekningen medfører et relativt glattet og skjematisk bilde av konturlinjer. Ved seinere strømningsmodellering må det tas hensyn til dette ved at det ikke legges for stor vekt på konturlinjenes forløp i områder med beskjeden datadekning.

#### 4 KONKLUSJON

I forbindelse med grunnvannsmodellering er det utført refraksjonsseismiske målinger langs fire profiler ved Misvær, Skjerstad kommune i Nordland.

Samtlige profiler gir et detaljert bilde av plassering av grunnvannsspeil og fjell. Lengst i vest er dyp til fjell i størrelsesorden 20-30 m, mens det øker til 60-90 m mot øst-nordøst. Profil P2 indikerer tilstedeværelsen av en fjellterskel. På bakgrunn av profiltolkningene og resultater fra tidligere utførte georadarmålinger er det framstilt topografiske kart over fjell- og grunnvannsnivå.

5      **REFERANSE**

Mauring, E. & Tønnesen, J.F. 1996: Geofysiske målinger for undersøkelse av mulighetene for uttak av salt og ferskt grunnvann ved Misvær, Skjerstad kommune i Nordland. *NGU Rapport 96.079*.



## 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 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

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

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

$$\sin i = V_1 / V_2$$

Den bestemte innfallsvinkel som tilfredsstillende 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 lydhastigheten 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  $25^\circ$ .

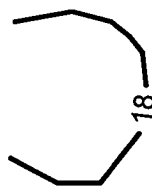
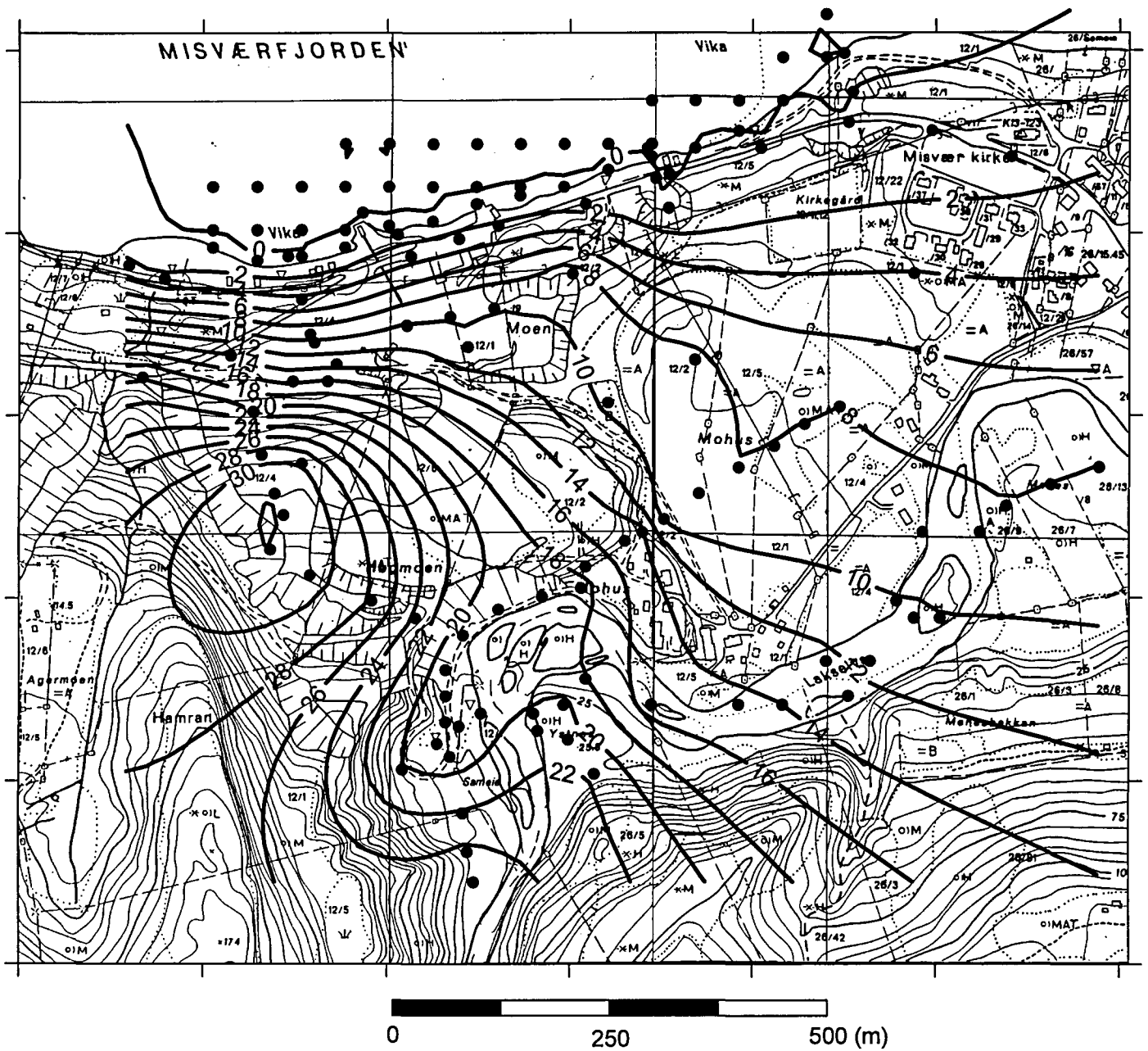
Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i gangtidsdiagrammene, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten seinere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt 'blind sone', og de virkelige dyp kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde er til 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 bunmorene</i>		<i>1900-2800 m/s</i>
<i>Leire</i>		<i>1100-1800 m/s</i>
<i>Oppsprukket fjell</i>		<i>&lt; 4000 m/s</i>
<i>Fast fjell</i>		<i>3500-6000 m/s</i>

# MISVÆR, topografisk kart over grunnvannsnivå

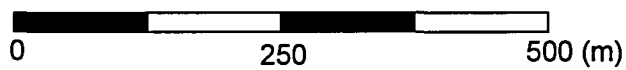
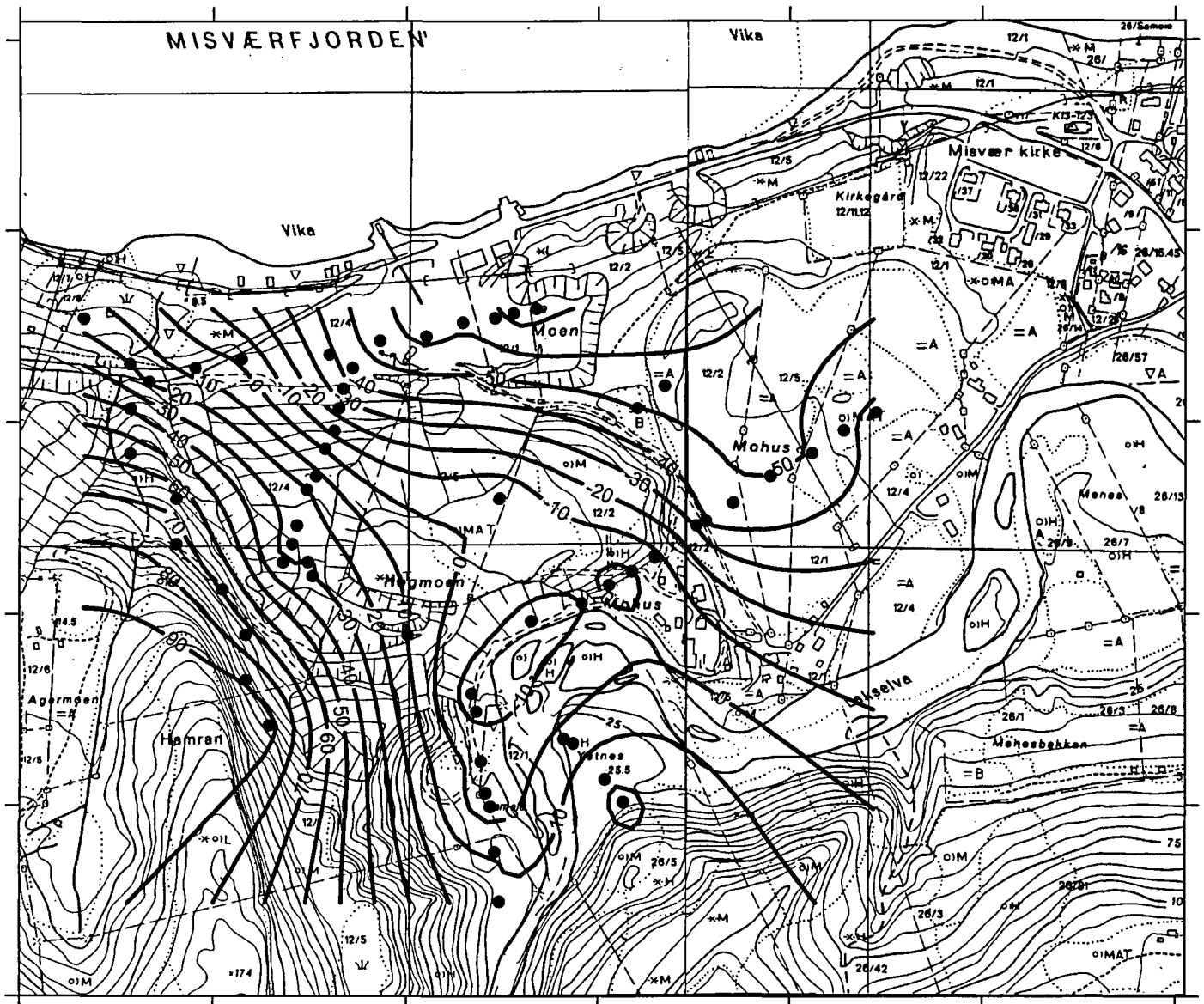


Konturlinje over grunnvannsnivå (i meter o.h.)



Tolket/målt punkt som grunnlag for gridding

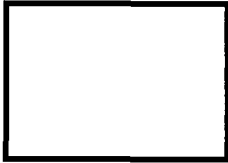
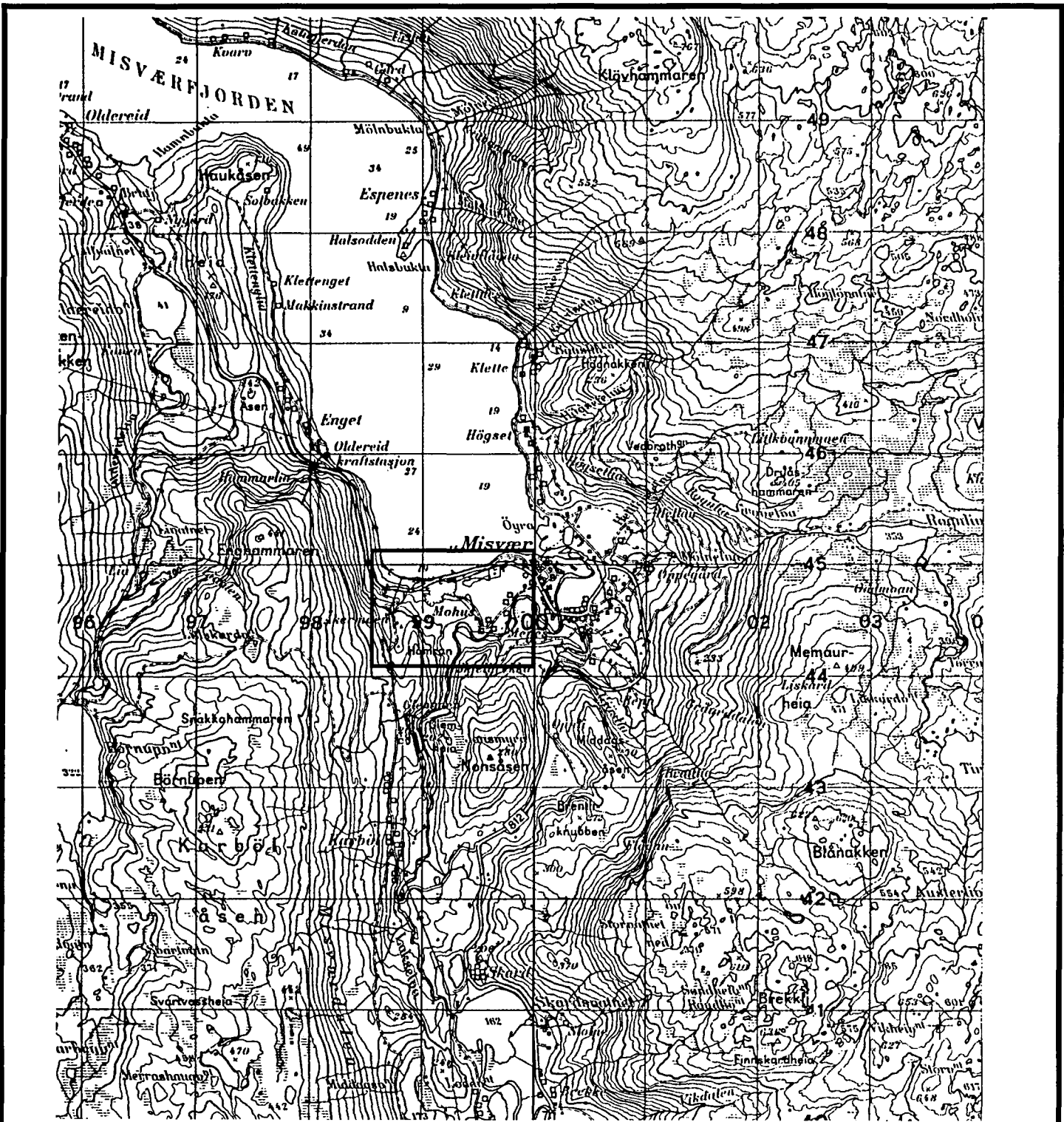
# MISVÆR, topografisk kart over fjellnivå



Konturlinje over fjellnivå (i meter o.h.)

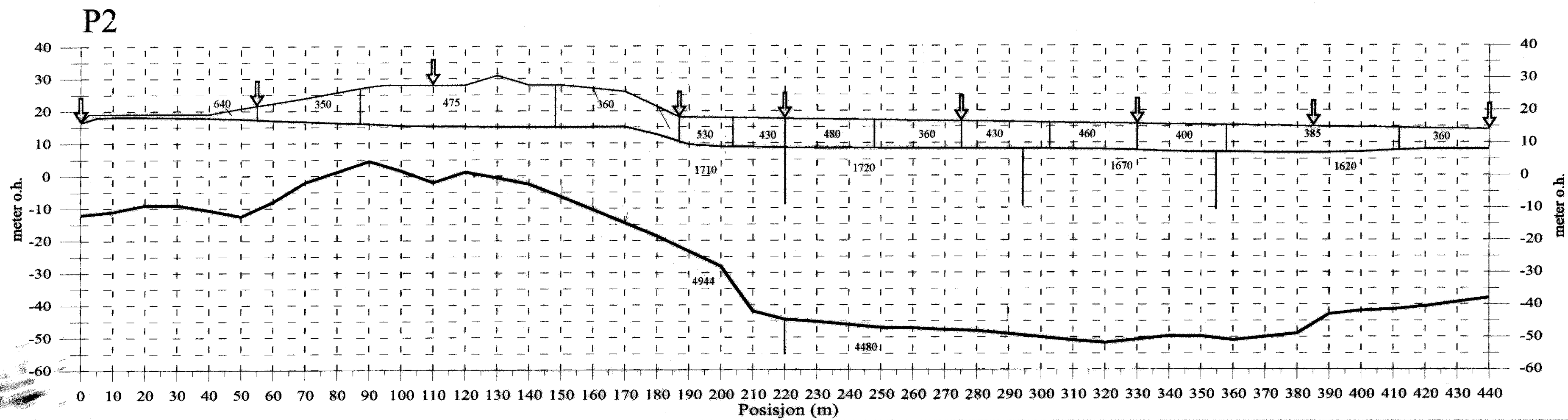
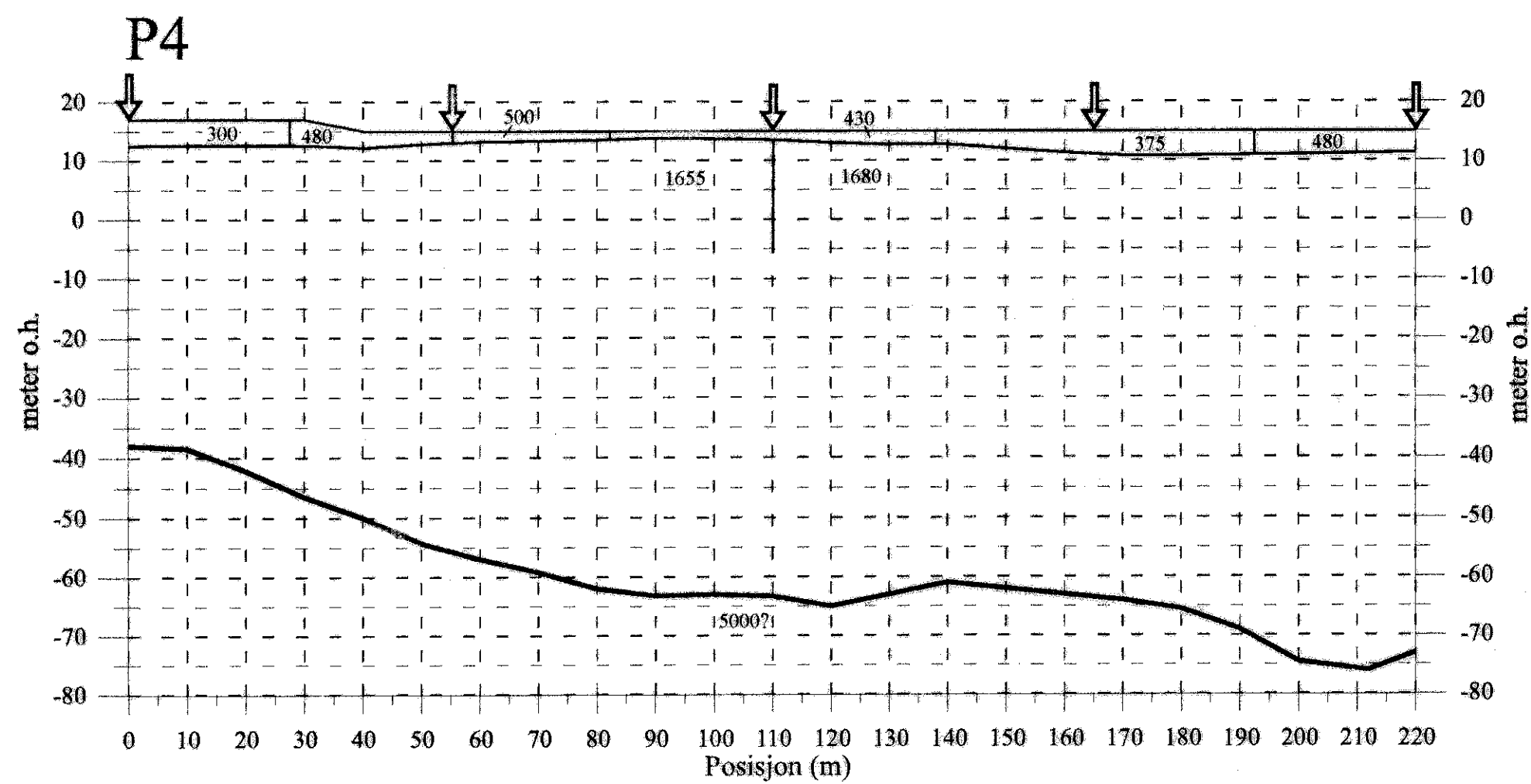
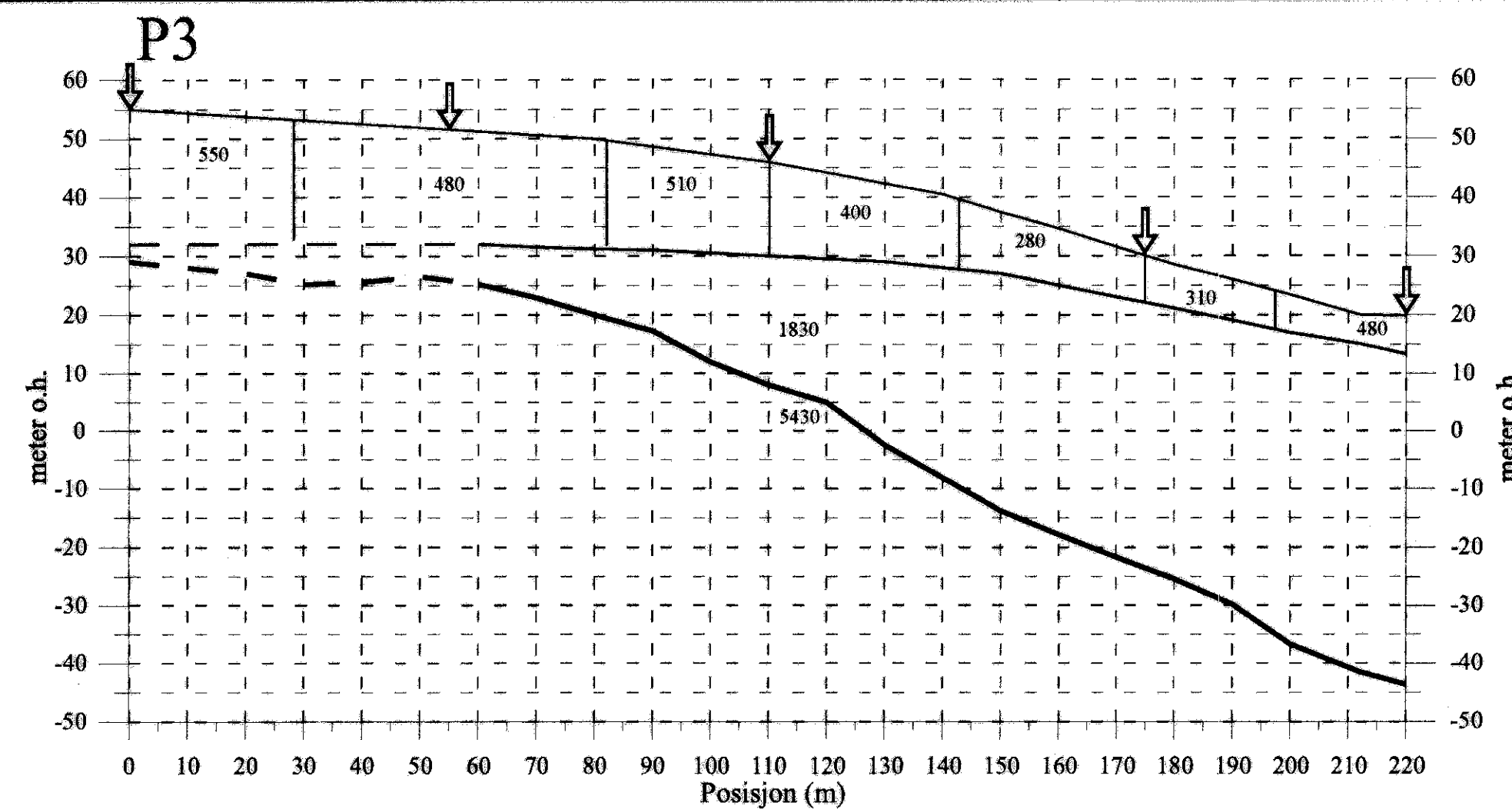
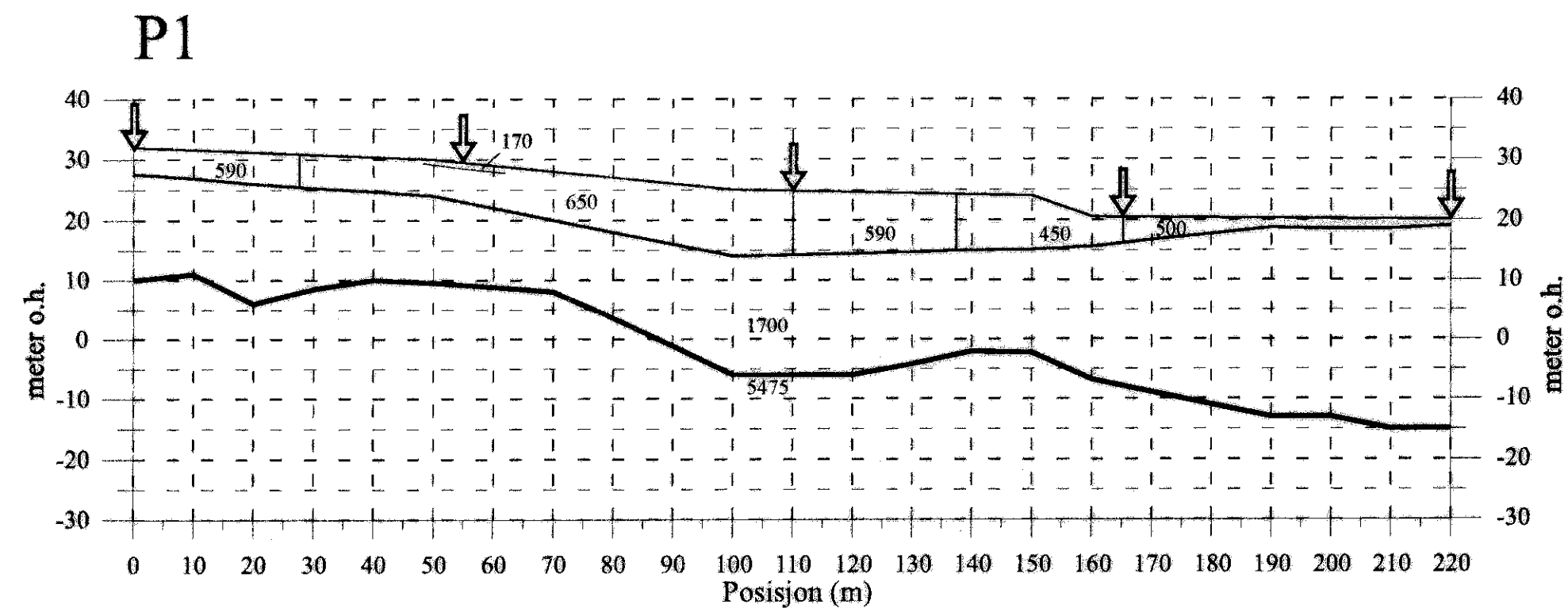


Tolket/målt punkt som grunnlag for gridding



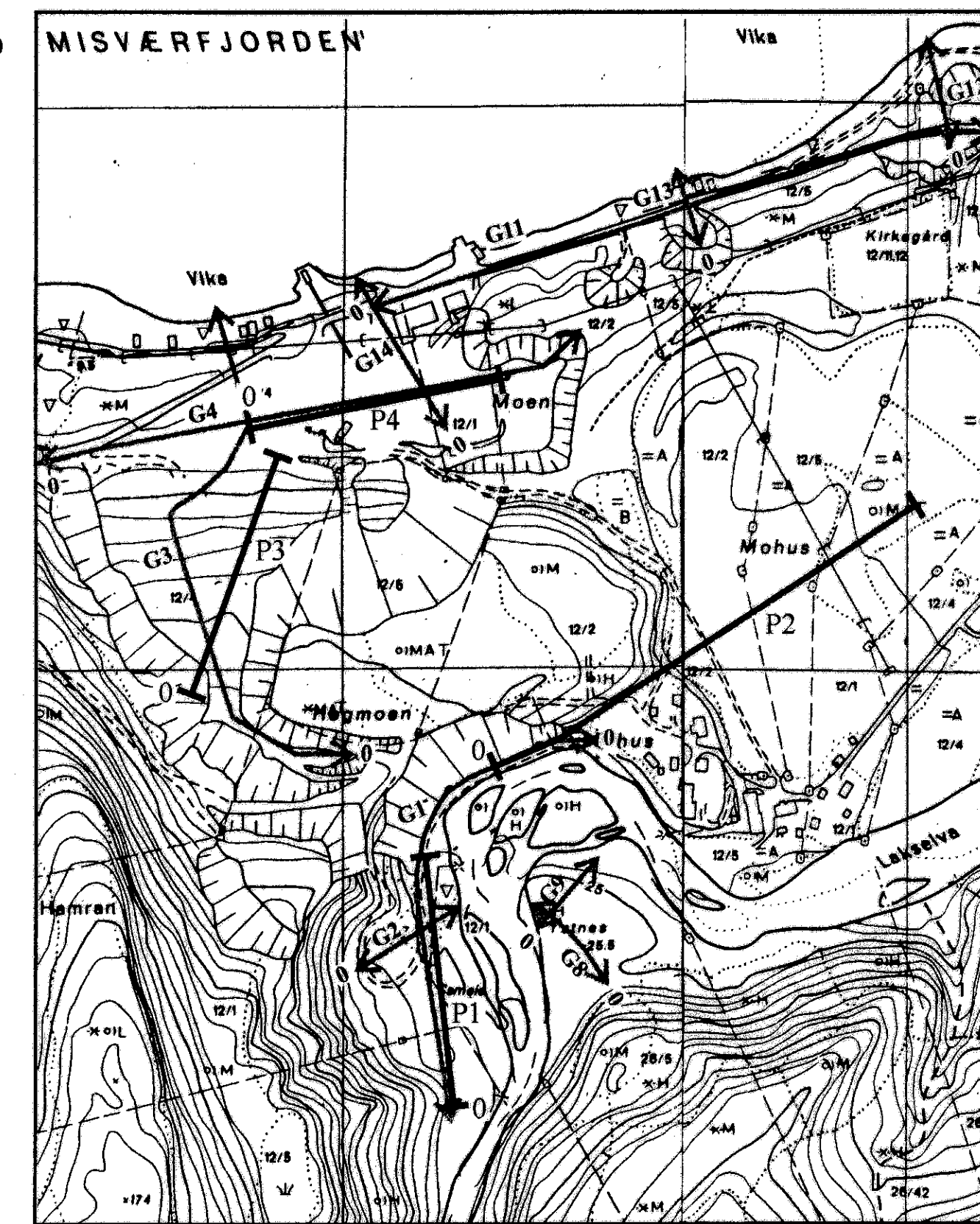
Utsnitt vist i kartbilag -02

NGU OVERSIKTSKART <b>MISVÆR</b> SKJERSTAD KOMMUNE, NORDLAND	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	Sept. -96
	1:50 000	TEGN EM	April -97
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.075-01	KARTBLAD NR 2029 II	



**Tegnforklaring**

- Terrangoverflate m/skuddpunkt
- - - Grunnvannsspeil (i blindsoner)
- - - Fjell (dyp beregnet med blindsoner)
- Grunnvannsspeil
- Fjell
- ↓ Skuddpunkt
- 1700 Seismisk hastighet i m/s



G12 Georadarprofil med startposisjon (Mauring & Tønnesen, 1996)      P4 Refraksjonsseismisk profil med startposisjon

NGU TOLKNING AV REFRAKSJONSSEISMISKE PROFILER <b>MISVÆR</b> SKJERSTAD KOMMUNE, NORDLAND	MÅLESTOKK 1:5000 (Kart) 1:1000 (Profiler)	MÅLT JFT TEGN EM TRAC KFR	Sept. -96 April -97
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.075-02	KARTBLAD NR 2029 II