


NGU Rapport 99.028

Georadarmålinger og refraksjonsseismikk utført
i 1998 i forbindelse med skredfarekartlegging i
strandsonen i Balsfjord kommune

Rapport nr.: 99.028		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Georadarmålinger og refraksjonsseismikk utført i 1998 i forbindelse med skredfarekartlegging i strandsonen i Balsfjord kommune			
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen og Eirik Mauring		Oppdragsgiver: Statens kartverk/NGU	
Fylke: Troms		Kommune: Balsfjord	
Kartblad (M=1:250.000) Tromsø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1533 I Balsfjord og 1533 II Tamokdalen	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 24	Pris: 170,-
Feltarbeid utført: 07.-11.09.1998		Rapportdato: 25.03.1999	Prosjektnr.: 2812.00
		Ansvarlig: 	
Sammendrag: Denne rapporten omfatter resultatene fra georadarmålinger og refraksjonsseismikk på land utført som et ledd i et testprosjekt. Prosjektformålet er å vurdere anvendelse og nytte av ulike geologiske og geofysiske metoder for å påvise skredfarlige sedimenter i sjøen og strandnært på land. Testprosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Statens kartverk og NGU. Med georadarmålingene har en fått kartlagt at overgangen mellom sanddominert materiale og underliggende antatt silt/leirdominerte avsetninger ved Lavangen og Loddbukta ligger nær havnivå. Ved Mo planteskole indikerer metoden også laterale endringer fra sanddominerte avsetninger i øvre del av skråningen og finere materiale nærmere fjorden. Både georadarprofiler og refraksjonsseismikk indikerer at grunnvannsspeil/vannmettet materiale ligger flere meter over havnivå nokså nær strandsonen både ved de tre ovenfor nevnte lokaliteter og ved Kalvebukta. Dette medfører høyt porevannstrykk i avsetningene ut mot strandsonen og kan bidra til å gjøre disse ustabile. Gjennomgående begrenset dyp til fjell gjør at fjelloverflaten er indikert langs en god del av georadarprofilene. Nede på tidevannsflatene (Lavangen og Storsteinnes) og i andre områder med større mektighet av finstoffrikt materiale (dvs. også morene og skredmateriale) er det nødvendig med refraksjonsseismikk for å få fastlagt dyp til fjell. Morene eller skredmateriale opptrer spesielt i Kalvebukta og muligens på østsiden av Loddbukta. Georadarmålingene viser strukturer som tyder på oppsprekking i løsmasser med utglidning og innsynkning av løsmasseblokker ut mot strandsonen både ved Lavangen og Mo planteskole. I Loddbukta er det kartlagt at silt/leir-dominerte fjordsedimenter mellom overliggende sanddominerte avsetninger og fjell strekker seg vel 50 m innover fra strandlinjen. Det er viktig å få undersøkt stabiliteten av dette finstofflaget.			
Emneord: Geofysikk	Georadar	Refraksjonsseismikk	
Løsmasse	Skred		
		Fagrapport	

INNHold

1. INNLEDNING	5
2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	5
2.1 Georadar	5
2.2 Refraksjonsseismikk	6
3. RESULTATER	7
3.1 Lavangen	7
3.1.1 Georadarprofiler (P1 og P2)	7
3.1.2 Refraksjonsseismikk (S1)	8
3.1.3 Samtolkning	8
3.2 Mo planteskole	9
3.2.1 Georadarprofiler (P3, P4 og P5)	9
3.2.2 Refraksjonsseismikk (S2 og S3)	10
3.2.3 Samtolkning	10
3.3 Kalvebukta	10
3.3.1 Georadarprofiler (P6, P7 og P8)	10
3.3.2 Refraksjonsseismikk (S5)	11
3.3.3 Samtolkning	11
3.4 Lodbukta	11
3.4.1 Georadarprofiler (P9A, P9B, P10 og P11)	11
3.4.2 Refraksjonsseismikk (S4)	12
3.4.3 Samtolkning	12
3.5 Storsteinnes	13
3.5.1 Refraksjonsseismikk (S6)	13
4. SAMMENFATTENDE VURDERING	13
5. REFERANSER	14

TEKSTBILAG

1. Georadar – metodebeskrivelse
2. Refraksjonsseismikk – metodebeskrivelse

DATABILAG

1. Lavangen - tolkning av refraksjonsseismisk profil S1
2. Mo planteskole – tolkning av refraksjonsseismisk profil S2
3. Mo planteskole – tolkning av refraksjonsseismisk profil S3
4. Lodbukta – tolkning av refraksjonsseismisk profil S4
5. Kalvebukta – tolkning av refraksjonsseismisk profil S5
6. Storsteinnes – tolkning av refraksjonsseismisk profil S6

KARTBILAG

- 99.028-01 Balsfjord – Oversiktskart nord (1:50 000)
- 99.028-02 Balsfjord – Oversiktskart sør (1:50 000)
- 99.028-03 Lokalkart Lavangen (1:5 000)
- 99.028-04 Lokalkart Mo planteskole (1:5 000)
- 99.028-05 Lokalkart Kalvebukta (1:5 000)
- 99.028-06 Lokalkart Loddbukta (1:5 000)
- 99.028-07 Lokalkart Storsteinnes (1:5 000)
- 99.028-08 Georadaropptak Lavangen (P1 og P2)
- 99.028-09 Georadaropptak Mo planteskole (P3, P4 og P5)
- 99.028-10 Georadaropptak Kalvebukta (P6, P7 og P8)
- 99.028-11 Georadaropptak Loddbukta (P9A, P9B, P10 og P11)

1. INNLEDNING

Denne rapporten omfatter resultatene fra georadarmålinger og refraksjonsseismikk på land utført som et ledd i et testprosjekt. Prosjektformålet er å vurdere anvendelse og nytte av ulike geologiske og geofysiske metoder for å påvise skredfarlige sedimenter i sjøen og strandnært på land. Testprosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Statens kartverk og NGU. En foreløpig oppsummering av prosjektet er framstilt i NGU Rapport 98.146 (Longva m.fl) og omfatter måledata både fra Finneidfjord i Nordland og Balsfjord i Troms.

Georadarmålinger og refraksjonsseismikk i prosjektet er begrenset til 5 lokaliteter i Balsfjord kommune i Troms (se kartbilag –01 og –02). Begge metoder er benyttet på lokalitetene Lavangen, Mo planteskole, Kalvebukta og Loddbukta (kartbilag –03, –04, –05 og –06), mens bare refraksjonsseismikk ble benyttet ved Storsteinnes (kartbilag –07). I utgangspunktet var det også foreslått utprøving av refleksjonsseismikk på land, men de øvrige målingene indikerte stort sett at løsmassemekktigheten var for liten til å ha nytte av denne metoden.

Målingene omfatter 11 georadarprofiler med samlet lengde 1,78 km og 6 refraksjonsseismiske profiler på til sammen 890 m. Målingene ble utført 7.-11. september 1998 av forsker Jan Fredrik Tønnesen (NGU) og ingeniør Bjørn Iversen (NGU).

2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

2.1 Georadar

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag 1. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada).

For alle profilene ble det benyttet en sender på 1000V og antenner med senterfrekvens 100 MHz. Opptakstiden var 800 ns (nanosekunder) med samplingsintervall på 0,8 ns. For å lette gjennomføringen av målingene ble antennene plassert på en håndtrukket spesialvogn med en fast antenneavstand på 1,0 m. Et tilhørende målehjul registrerte avstand langs profilet, og fra en kontrollenhet ble målepunktavstanden forhåndsinnstilt slik at radaren automatisk utførte måling for hver 0,5 m. I hvert målepunkt (posisjon) ble det foretatt 8 registreringer som ble summert. Underveis langs profilet ble det skrevet inn kommentarer om kryssende profiler, veger, jordegrensener og andre terrengdetaljer for å få sikrest mulig profilposisjonering.

Ved utskrift av profilopptakene ble det benyttet egendefinert forsterkning. Ved denne type forsterkning settes bestemte forsterkningsverdier ved bestemte tidspunkt. Ved utskrift blir forsterkningen lineært interpolert mellom forsterkningsverdiene. Terreng høyden langs profilene er hovedsakelig lagt inn ut fra kartgrunnet, men også ut fra visuell vurdering samtidig med målingene. Kartgrunnet er økonomisk kartverk (M 1:5 000) med 5 m koteavstand. Ved Mo planteskole er topografien lagt inn ut fra lokalkart (M 1: 1 000) med 1 m koteavstand. Det er ikke utført noen CMP-måling for å bestemme radarbølgehastigheten i grunnen. En verdi på 0,09 m/ns er benyttet for beregning av høydeskala i profilutskriftene. Den kan være en del for lav for tørre løsmasser og noe for høy for vannmettet materiale (se tekstbilag 1). Informasjon om lokalisering og lengde av profilene er vist i tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over lokalisering og lengde av georadarprofilene.

<u>Profilnr.</u>	<u>Lokalitet</u>	<u>Lengde (m)</u>
P1	Lavangen	214
P2	Lavangen	118
P3	Mo planteskole	219
P4	Mo planteskole	84
P5	Mo planteskole	69
P6	Kalvebukta	185
P7	Kalvebukta	213
P8	Kalvebukta	143
P9A	Loddbukta	146
P9B	Loddbukta	148
P10	Loddbukta	164
P11	Loddbukta	78

2.2 Refraksjonsseismikk

En generell beskrivelse av refraksjonsseismiske målinger er vist i tekstbilag 2. Som registreringsinstrument ble det benyttet en ABEM Terraloc MK6. For samtlige profiler ble det benyttet 24-kanals utlegg med 5 eller 10 meters geofonavstander. Geofonavstandene ble kortet ned til halvparten av de nevnte verdier ved midten og endene av profilene for å få bedre kontroll på seismiske hastigheter i de øverste løsmasselag. Geofonutlegg for profil S6 var i utgangspunktet påtenkt for refleksjonsseismikk og har fast geofonavstand på 5 m langs hele profilet. I de korte profilene ble det plassert skuddpunkt i midten og ved endene, samt i en større avstand fra profilene for å få best mulig dekning av fjellrefraktor. I profil med 10 m geofonavstander er det to skuddpunkt i tillegg for å få samme skuddpunktavstander som langs profil med 5 m geofonavstander. For profil S6 ble haglskudd avfyrt i bakken brukt for energisering, for de øvrige profilene dynamitt. Datakvaliteten var meget god for samtlige profiler. Detaljert informasjon om profilene er vist i tabell 2.

Tabell 2: Detaljert informasjon om de refraksjonsseismiske profilene.

<u>Profilnr.</u>	<u>Lokalitet</u>	<u>Lengde (m)</u>	<u>Geofonavstand (m)</u>	<u>Skuddpunkt plassering (m)</u>
S1	Lavangen	220	10	-70,0,55,110,165,220,270
S2	Mo	110	5	-25,0,55,110,135
S3	Mo	105	5	0,55,105,135
S4	Loddbukta	110	5	-11,0,55,110,135
S5	Kalvebukta	220	10	-70,0,45,110,185,220,250
S6	Storsteinnes	125	5	-30,0,57.5,125,145

3. RESULTATER

Utskrift av georadaropptakene er vist i kartbilagene –08 til –11, mens de refraksjonsseismiske profiltolkningene er framstilt i databilag 1-6.

3.1 Lavangen

3.1.1 Georadarprofiler (P1 og P2)

Utskrift av georadaropptakene samt lokaliseringskart for profilene er vist i kartbilag –08. Langs profil P1 når penetrasjonen stort sett ned til havnivå eller litt dypere, dvs. at den avtar fra rundt 14-15 m i nord til 8-10 m i sentrale deler og til under 7 m lengst sør. I nord ligger reflektor som antas å representere fjelloverflaten rundt 5 m o.h. Den skråner slakt nedover til 2-3 m o.h. ved pos. 40 m, deretter brattere ned mot havnivå ved pos. 55 m og når trolig ned mot 5 m under havnivå ved pos. 70 m. Penetrasjonsbegrensningen videre mot sør regnes å representere overgang mot finkornig materiale (silt og leire). Avsetningene over regnes å være sanddominerte elvedelta-avsetninger, men kan også i betydelig grad være strand-avsetninger.

Mellom pos. 15 m og 105 m er det en gjenfylt erosjonsstruktur. Den avsluttes mot en ganske bratt skråkant mot nordsiden, mens den tynner forholdsvis jevnt ut mot sør. Strukturen kan være utformet ved elveerosjon eller stranderosjon. Innfyllings-materialet er dominert av nær horisontale reflektorer, spesielt i nedre del i nivå 6-8 m o.h., og regnes å bestå av mer finstoffholdig materiale enn avsetningene under. Erosjonsstrukturen faller akkurat sammen med området på lokaliseringskartet som er karakterisert som oppdyrket myr, men myrmaterialet regnes bare å utgjøre overflatelaget i den gjenfylte erosjonsstrukturen.

Videre sørover går profilet også på grasmark, men passerer der et tidligere massetak (se kart). Total utbredelse av massetaket er usikker, men det har trolig bare få meters dybde. Fra pos. 115 m til 175 m opptrer det slak skrålagning med fall mot sør som regnes å reflektere de naturlige strukturene i løsmassene. Steilere skråstrukturer til større dyp i begge retninger

regnes å være støysignaler fra lagret metallmaterieell på overflaten og eventuelt nedgravd i massetaket.

Videre mot sør, dvs. nedover skråningen mot sjøen fra pos. 180, er det nokså varierende strukturer. Det opptrer stedvis skrålagning med fall mot nord (pos. 188-195 m og 200-210 m). Dette kan forklares ved at blokker av løsmasser har glidd ut og sunket ned.

Tverrprofilen P2 viser penetrasjon til tilsvarende dyp som P1 og det regnes stort sett å være silt og leire under havnivå. I vest (pos. 80-117 m) er det utholdende nær horisontale reflektorer, noe som indikerer forholdsvis finkornige men trolig sanddominerte avsetninger fra terrengnivå rundt 8 m o.h. og ned mot havnivå. Øst for krysningpunkt med P1 ligger terrenget 2-3 m lavere. Det opptrer der stedvis skråstrukturer og partier med dårligere penetrasjon i mellom, noe som kan indikere tilsvarende utglidning og innsynkning av løsmasseblokker som i sørligste del av P1. Det antas at terrengoverflaten langs østlige del av P2 opprinnelig kan ha ligget i samme nivå som vestlige del.

3.1.2 Refraksjonsseismikk (S1)

Det ble her målt ett profil (S1 i kartbilag –03). Første halvdel av profilet ble målt langs tidevannsflate, og siste halvdel av profilet ble målt på land. Tolkningen av det refraksjonsseismiske profilet er vist i databilag 1. Tolkningen viser en to-lags hastighetsmodell fram til posisjon 110 der profilet går på land. Mellom posisjonene 110 og 220 er det indikert et tynt topplag av løse sedimenter med seismiske hastigheter i området 280-590 m/s. Laget under representerer løsmasser i vannmettet sone med hastigheter i området 1500-1530 m/s. Hastighetene i vannmettet sone kan representere både sand/grusdominerte avsetninger og finstoffrike avsetninger (silt/leire). Det nederste hastighetslaget representerer fjell. Fjelloverflaten skråner jevnt oppover fra ca. 40 m dyp ved starten av profilet (posisjon 0) til ca. 20 m dyp ved nordenden av profilet (posisjon 220). Seismisk hastighet i fjell er 4550 m/s.

3.1.3 Samtolkning

Refraksjonsseismikken viser at fjelloverflaten skråner jevnt oppover mot nord fra 40 til 30 m under havnivå under tidevannsflaten i sør og fortsetter oppover til 8-10 m under havnivå ved nordenden av profilet. Videre nordover regnes fjelloverflaten å nå opp til 5 m o.h. ved nordenden av georadarprofil P1. Ut fra georadarprofilene tolkes løsmassene å bestå av forholdsvis finkornig men sanddominert materiale ned til rundt havnivå og finstoffdominert materiale under (silt/leir). Grunnvannspeil ser ut til å ligge bare et par m under overflaten i nordlige del og det kan medføre høyt porevannstrykk i avsetningene ut mot strandsonen.

Georadarprofilene viser strukturer som tyder på utglidning og innsynkning av løsmasseblokker i skråningen ned mot strandkanten.

3.2 Mo planteskole

3.2.1 Georadarprofiler (P3, P4 og P5)

Utskrift av georadaropptakene samt lokaliseringskart for profilene er vist i kartbilag –09. Langs alle profilene er det indikert 2 nesten sammenhengende hovedreflektorer. I utgangspunktet ble den dypeste antatt å representere fjelloverflaten. Langs P3 nedover skråningen mot fjorden ligger den på 8-10 meters dyp. Videre sørover nær parallelt med stranda når den ned til et maksimumdyp på ca. 12 m i området pos. 155-170 m og ligger der rundt 8 m under havnivå. Mot sørenden grunner reflektoren opp til 6-7 m dyp. Langs profil P4 og P5 langsetter skråningen ligger tilsvarende reflektor vel 9 m dypt, avtagende til rundt 8 m langs nordlige halvdel av P5.

Den øvre hovedreflektoren ligger 4-6 m dypt langs P4 og vel 6 m dypt langs P5. Nedover skråningen langs P3 ligger den på 5-6 m dyp mellom pos. 0 og 55 m og øker til rundt 7 m dyp videre nedover. Langs fortsettelsen av P3 mot sør er tykkelsen av laget mellom hovedreflektorene bare 1-2 m og laget kiler ut rundt pos. 140 m. Materialet mellom reflektorene har få og uklare strukturer og materialtypen er usikker. Det kan imidlertid heller ikke utelukkes at det er den øvre reflektoren som representerer fjelloverflaten og at den nedre reflektoren kan indikere en struktur i berggrunnen (sprekk, bergartsgrense, spesielt lag?).

I det øvre laget er det nedover langs P3 (spesielt området pos. 35-90 m) markert skrålagning med fall nedover mot fjorden, og materialet består trolig vesentlig av sand-dominerte bekkeavsetninger. Avtagende reflektivitet i materialet nedover skråningen indikerer at avsetningene blir mer finstoffrike nærmere fjorden, og sannsynligvis generelt også mot dypet. Ut fra antydte reflektor kan dyp til grunnvannspeil avta fra vel 3 m til vel 2 m dyp fra pos. 45 m til pos. 95 m langs P3, men med en antatt høyere radarbølgehastighet i tørt overflatemateriale er det sannsynlig at grunnvannspeil ligger vel 1 m dypere. Langs P4 og P5 på tvers av skrålagningen er det uklare strukturer, men i de øverste 2 m er det markerte reflektorer parallelt med overflaten. Overflatematerialet kan være dominert av strandavsetninger.

Ved nordenden av P5 er det teknisk støy fra pos. 60 m. Skråstrukturer i områdene pos. 50-55 m og 32-38 m kan også skyldes teknisk støy, men de kan ikke utelukkes å representere eldre utglidnings/nedsynkningsstrukturer i løsmassene. I nedre del av skråningen langs P3 (pos. 90-125 m) er det inhomogene strukturer overflatenært og lite strukturer i løsmassene dypere. Dette indikerer sannsynligvis de senere års oppsprekking og delvis utglidning og deformasjon av løsmassene som er kartlagt like nord for profilet.

3.2.2 Refraksjonsseismikk (S2 og S3)

Det ble her målt to profiler (S2 og S3 i kartbilag –04) som krysser hverandre. De seismiske opptakene (databilag 2 og 3) gir ikke grunnlag for å tolke mer enn to hastighetslag. Antatt vannmettede løsmasser opptrer i blindsonelag (se tekstbilag 2). Det øverste hastighetslaget representerer tørre løsmasser med seismiske hastigheter i området 290-390 m/s. Den nederste refraktoren som er indikert i datagrunnlaget representerer fjell med seismiske hastigheter i området 3950-4650 m/s. Beregnet dyp til fjell ligger i området 3-6 m. Dersom en antar at vannmettede løsmasser opptrer i blindsonelag med seismisk hastighet på 1600 m/s, kan dyp til fjell være i størrelsesorden 5-8 m, med en maksimal mektighet av vannmettede løsmasser på 2-4 m.

3.2.3 Samtolkning

Ut fra refraksjonsseismikken synes den øverste hovedreflektoren i georadarprofilene å representere fjelloverflaten. Det er mulig at laget mellom hovedreflektorene kan være forvitret fjell. (Muligens indikert som lavere seismisk hastighet i fjell langs øvre del av S3.) Fjelloverflaten vil da stort sett ligge 5-7 m dypt nedover skråningen mot fjorden. I sørlige del av måleområdet nær strandsonen når fjelloverflaten ned til 8 m under havnivå. Ut fra georadarprofilene tolkes løsmassene hovedsakelig å bestå av sanddominerte bekkeavsetninger avsatt nedover skråningen, men finstoffinnholdet øker nedover mot fjorden og generelt også mot dypet. Grunnvannspeil kan ligge rundt 3-4 m dypt i øvre del av skråningen, og det er antatt å være høyt porevannstrykk i avsetningene ut mot strandsonen. Inhomogene strukturer i nedre del av skråningen indikerer trolig den oppsprekking og delvis utglidning av løsmasseblokker som er observert de senere år. Det er mulig, men usikkert om et par strukturer lenger opp i skråningen kan representere eldre oppsprekking/masseutglidning.

3.3 Kalvebukta

3.3.1 Georadarprofiler (P6, P7 og P8)

Utskrift av georadarpptakene samt lokaliseringskart for profilene er vist i kartbilag –10. Profilene er preget av begrenset og varierende penetrasjonsdyp (5-10 m) og kaotisk refleksjonsmønster. Avsetningene er derfor trolig dominert av morene- og/eller skredavsetninger. Fjelloverflaten ligger trolig dypere enn penetrasjonsdypet, men kan også ligge forholdsvis grunt. Det finnes noen reflektorer som antas å indikere endringer i materialtype. Nedover langs profil P8 er det en reflektor på rundt 4 m dyp i området pos. 75-105 m. Overliggende materiale fram til pos. 95 m har nær horisontale reflektorer og kan bestå av bedre sorterte men trolig forholdsvis finkornige strandavsetninger. Nedenfor (fra pos. 75 m)

er refleksjonsmønsteret kaotisk og kan indikere at strandavsetninger der kan ha rast ut. Overflatelag med nær horisontale reflektorer, som kan indikere mulige bevarte strandavsetninger, opptrer stedvis også langs profilene parallelt med strandsonen, f.eks. P6 pos. 80-100 m og P7 pos. 70-100 m og 170-200 m. Reflektor på 4-5 m dyp langs P6 pos. 128-160 m kan representere en grense mellom to skred, eller overgang mot morene eller fjell. Det regnes å være høyest finstoffinnhold og muligens mest kompakt skredmateriale eller morene i områder med dårligst penetrasjon, langs P6 omfatter dette den østlige delen (pos. 0-55 m).

3.3.2 Refraksjonsseismikk (S5)

Det ble målt ett profil langs sørsiden av vei og Balsfjorden (S5 i kartbilag –05). Tolkningen av de refraksjonsseismiske opptakene er vist i databilag 5. En trelags hastighetsmodell er indikert ut fra de refraksjonsseismiske data. Det øverste hastighetslaget er 1-3 m mektig og består av løst lagrete sedimenter (seismiske hastigheter ligger i området 370-450 m/s). Laget under har seismiske hastigheter i området 1820-2290 m/s, med høyest hastighet lengst øst i profilet. Laget representerer trolig kompakt morene med noe avtakende lagringstetthet mot vest. En alternativ tolkning er at laget representerer skredavsetninger. Det nederste hastighetslaget representerer massivt fjell med seismiske hastigheter i området 5000-5500 m/s. Fjelloverflaten har et undulerende forløp, der dypet avtar fra øst (ca. 18 m dyp ved posisjon 0) mot vest (ca. 8 m dyp ved posisjon 220).

3.3.3 Samtolkning

Refraksjonsseismikken viser en ujevn fjelloverflate, men løsmassemekktigheten er størst i øst med ca. 20 m, og med fjelloverflaten liggende rundt 10 m under havnivå, og minst i vest med 8 m. Begrenset penetrasjon og kaotisk refleksjonsmønster i georadarprofilene samt høye seismiske hastigheter fra 2-3 m dyp i refraksjonsseismikken indikerer at avsetningene vesentlig består av morene eller skredmateriale. De mest kompakte og mest finstoffrike avsetningene ser ut til å opptre i østligste del av området. Det er stedvis indikert et overflate-lag av bedre sorterte avsetninger, trolig sanddominerte strandavsetninger. Slike avsetninger kan stedvis være rast ut eller fjernet ved erosjon i nedre del av skråningen mot fjorden.

3.4 Loddbukta

3.4.1 Georadarprofiler (P9A, P9B, P10 og P11)

Utskrift av georadaropptakene samt lokaliseringskart for profilene er vist i kartbilag –11.

Nedover skråningen mot fjorden langs profil P10 ligger antatt fjellreflektor rundt 8 m dypt i øvre del (pos. 0-40 m). Den grunner opp og ligger bare 4-5 m dypt i området pos. 50-70 m, skrånar nedover til rundt 14 m dyp ved pos. 130 m og fortsetter muligens i samme nivå rundt 4 m under havnivå fram til slutten av profilet (pos. 163 m). Profilet er dominert av kraftig skrålagning med fall nedover mot fjorden og materialet regnes vesentlig å bestå av sanddominerte bekkeavsetninger. Fra pos. 125 m og fram til enden av profilet tynner disse avsetningene ut fra 10 til 7 m og underliggende løsmasser regnes å bestå av finstoffrike fjordsedimenter (silt/leire). Grunnvannsspeil kan ligge på 3-4 m dyp (7-8 m o.h.) ved pos. 125 og kommer trolig overflatenært mot enden av profilet. Tverrprofilet P9B parallelt med strandlinjen viser også at det kommer inn finstoffrikt materiale fra rundt havnivå. Mulig fjellreflektor kan ligge dagnært ved begge ender av profilet, men skrånar ned og ligger under havnivå i området pos. 40-125 m. Fjellet ligger trolig dypest ved pos. 65-70 m på rundt 6 m under havnivå. Profil P11 langs vegen parallelt med P9B viser også at det er finstoffrikt materiale omtrent fra havnivå og fjell kan også ligge omtrent i samme nivå som i P9B. Langs P9A er penetrasjonsdypet meget begrenset (ca. 5 m) og refleksjonsmønsteret kaotisk. Fjelloverflaten kan her ligge overflatenært langs hele profilet. Hvis fjellet ligger dypere enn 5 m, må løsmassene bestå av finstoffrik morene eller skredmateriale.

3.4.2 Refraksjonsseismikk (S4)

Det er målt ett profil sør for Loddbukta (S4 i kartbilag -06). Tolkningen av det refraksjonsseismiske profilet er vist i databilag 4. Det er indikert tre hastighetslag i de refraksjonsseismiske data. Det øverste laget representerer tørre løsavsetninger med hastigheter i området 200-320 m/s. Det underliggende laget representerer trolig vannmettet sand/grus med seismiske hastigheter i området 1440-1570 m/s. Fjelloverflaten ligger gjennomgående på 14-15 m dyp langs profilet med en svak trastruktur mellom posisjonene 50 og 70.

3.4.3 Samtolkning

Ut fra georadarmålingene tolkes løsmassene ovenfor Loddbukta i hovedsak å bestå av sanddominerte bekkeavsetninger avsatt nedover skråningen mot fjorden. Nærmest bukta ligger det finstoffrikt materiale, trolig silt/leirdominerte fjordavsetninger, under bekkeavsetningene omtrent fra havnivå. Disse finstoffavsetningene strekker seg vel 40 m innenfor (sør for) vegen. Videre sørover (langs P10) ser det ut til at de 5-10 m tykke bekkeavsetningene stort sett ligger direkte på fjell. Like ovenfor vegen ligger fjelloverflaten 4-8 m under havnivå sentralt innenfor bukta. Fjellet regnes å komme dagnært mot vestsiden av bukta. Refraksjonsseismikken viser imidlertid at fjelloverflaten ikke skrånar opp mot østsiden av bukta. Det er derfor mulig at avsetningene på østsiden av bukta består av finstoffrik

morene eller gamle skredavsetninger. Grunnvannsspeil ligger forholdsvis høyt i bekkeavsetningene like ovenfor vegen og det kan derfor være høyt porevannstrykk i avsetningene ut mot strandsonen. Det er viktig å få undersøkt stabiliteten i de underliggende silt/leir-avsetningene.

3.5 Storsteinnes

3.5.1 Refraksjonsseismikk (S6)

Profilet er målt på tidevannsflata like nord for Storsteinnes (S6 i kartbilag –07). En tolags hastighetsmodell er tolket på bakgrunn av de refraksjonsseismiske data (se databilag 6). Hastigheten i det øverste laget er noe varierende langs profilet, og ligger i området 1510-1890 m/s og indikerer en noe varierende sammensetning av løsmassene (marine avsetninger, muligens i veksling med skredavsetninger der seismisk hastighet er størst, mellom posisjonene 60 og 95). Fjell ligger på ca. 10 m dyp mellom posisjonene 0 og 60, og skrånere oppover til ca. 6,5 m dyp ved posisjon 100. Seismisk hastighet i fjell er ca. 5300 m/s og indikerer at det er massivt.

4. SAMMENFATTENDE VURDERING

Med georadarmålingene har en fått kartlagt at overgangen mellom sanddominert materiale og underliggende antatt silt/leirdominerte avsetninger ved Lavangen og Loddbukta ligger nær havnivå. Ved Mo planteskole indikerer metoden også laterale endringer fra sanddominerte avsetninger i øvre del av skrånningen og finere materiale nærmere fjorden. Både georadarprofiler og refraksjonsseismikk indikerer at grunnvannsspeil/vannmettet materiale ligger flere meter over havnivå nokså nær strandsonen både ved de tre ovenfor nevnte lokaliteter og ved Kalvebukta. Dette medfører høyt porevannstrykk i avsetningene ut mot strandsonen og kan dermed gjøre disse ustabile. Gjennomgående begrenset dyp til fjell gjør at fjelloverflaten er indikert langs en god del av georadarprofilene. Nede på tidevannsflatene (Lavangen og Storsteinnes) og i andre områder med større mektighet av finstoffrikt materiale (dvs. også morene og skredmateriale) er det nødvendig med refraksjonsseismikk for å få fastlagt dyp til fjell. Morene eller skredmateriale opptrer spesielt i Kalvebukta og muligens på østsiden av Loddbukta. Georadarmålingene viser strukturer som tyder på oppsprekking i løsmasser med utglidning og innsynkning av løsmasseblokker ut mot strandsonen både ved Lavangen og Mo planteskole. I Loddbukta er det kartlagt at silt/leir-dominerte fjordsedimenter mellom overliggende sanddominerte avsetninger og fjell strekker seg vel 50 m innover fra strandlinjen. Det er viktig å få undersøkt stabiliteten av dette finstofflaget.

5. REFERANSER

Longva, O., Blikra, L.H., Muring, E., Thorsnes, T. & Reither, E. 1998: Testprosjekt Finneidfjord; Integrert skredfarekartlegging – metodevurdering. Foreløpig rapport. *NGU Rapport 98.146*

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 reflektor 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 reflektor 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 dielektrisitetsstallet. 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 demping 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.

<u>Medium</u>	<u>ϵ_r</u>	<u>v (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<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.

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 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 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 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° .

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

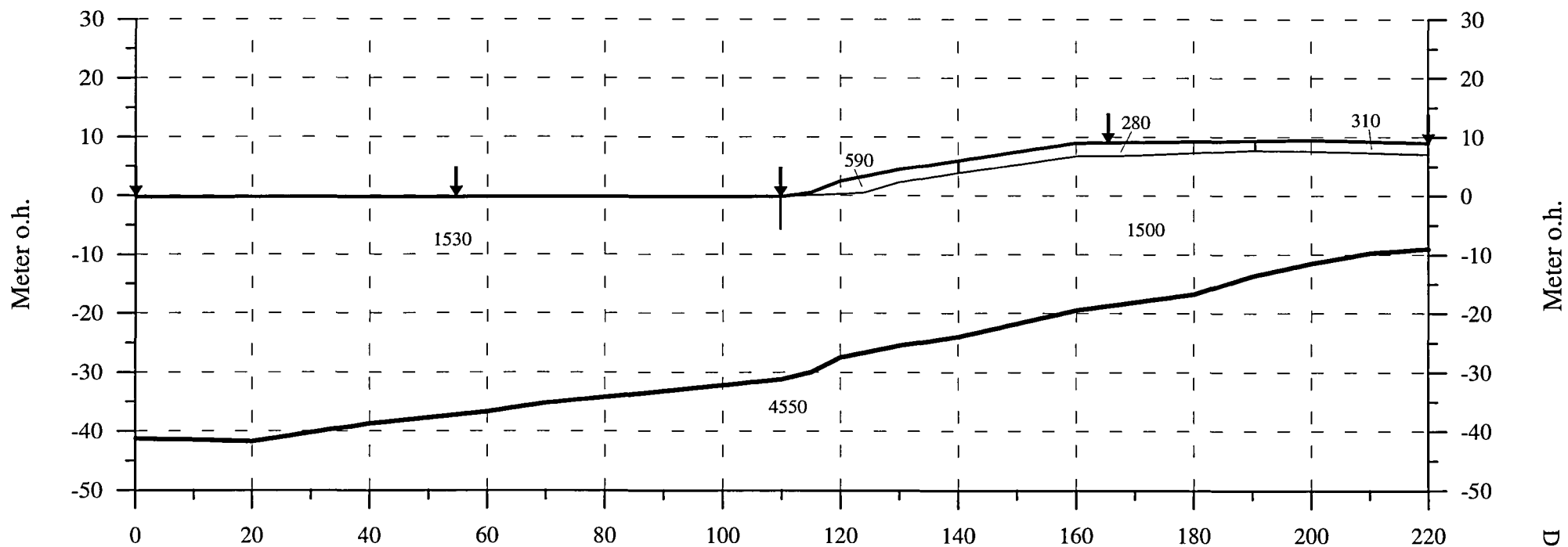
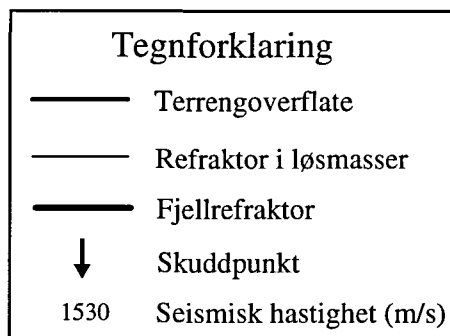
feilkilde er til stede hvis man har et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende. Fra denne sjiktgrense vil det ikke komme refrakterte bølger til overflaten, og lavhastighetssjiktet vil ikke kunne erkjennes av måledata. Generelt kan det sies at usikkerheten i de beregnede dyp øker med antall sjikt. 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.

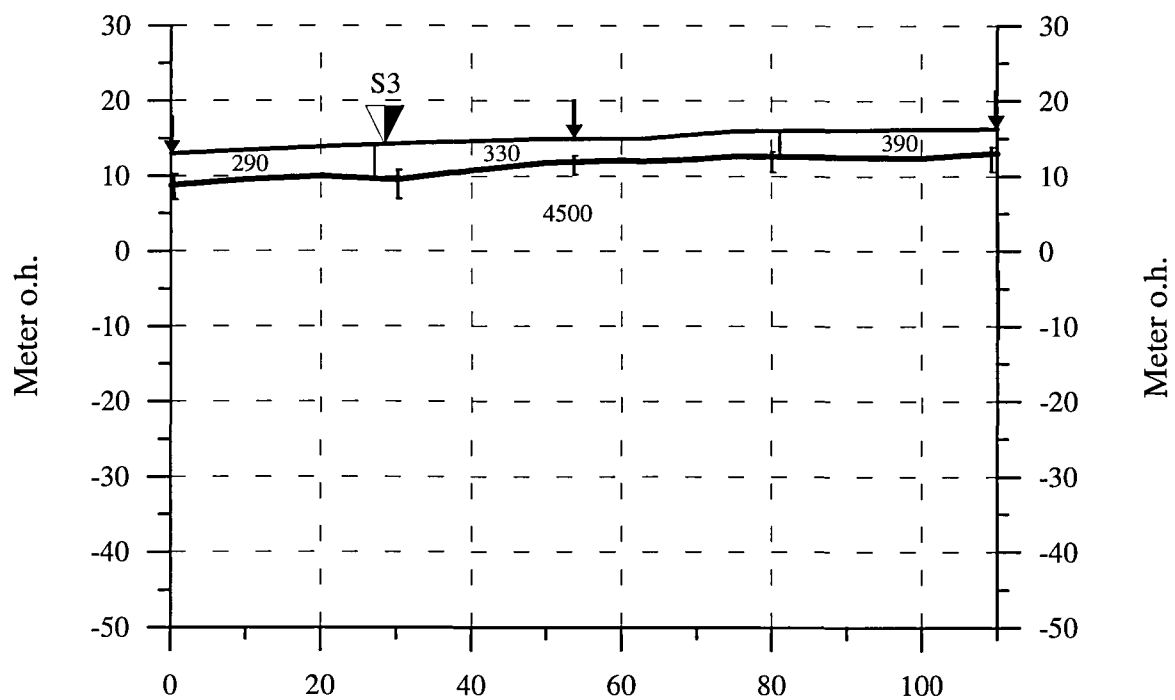
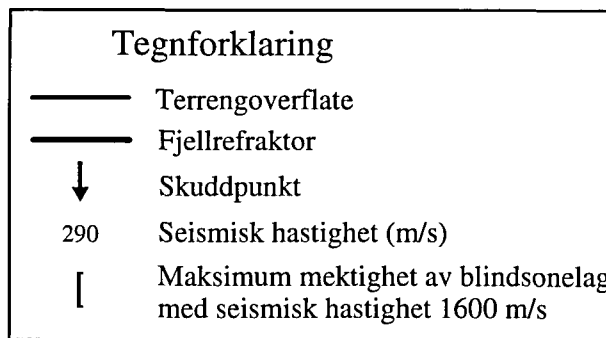
P-BØLGEHASTIGHET I NOEN MATERIALTYPER

<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 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>

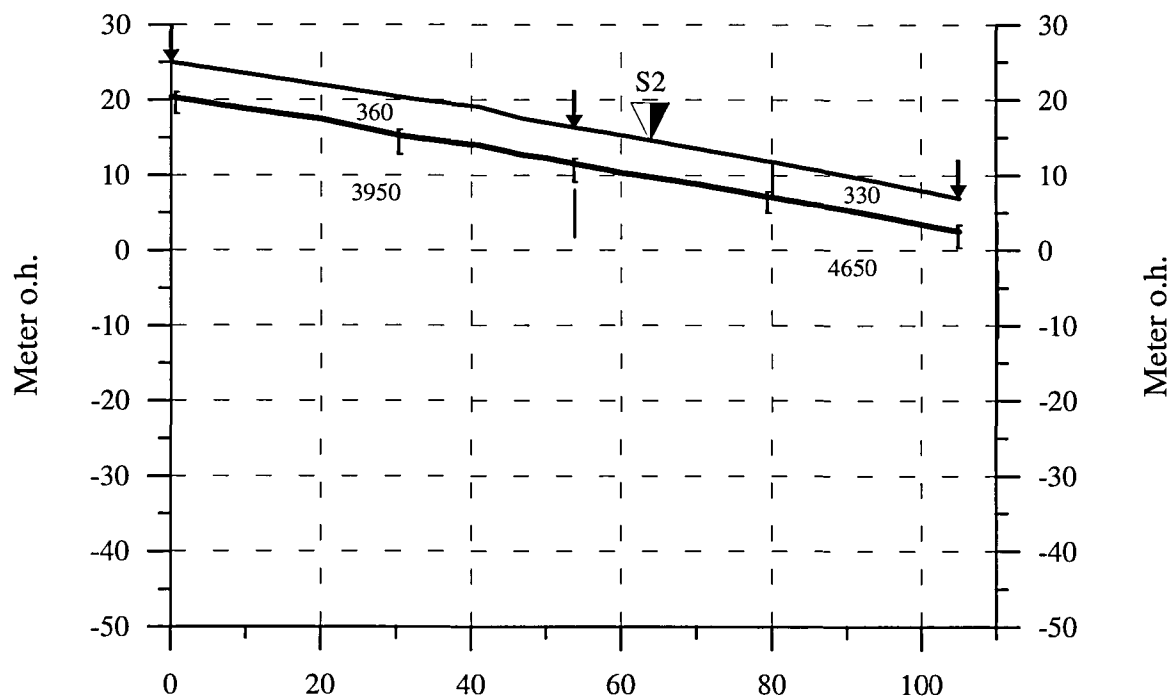
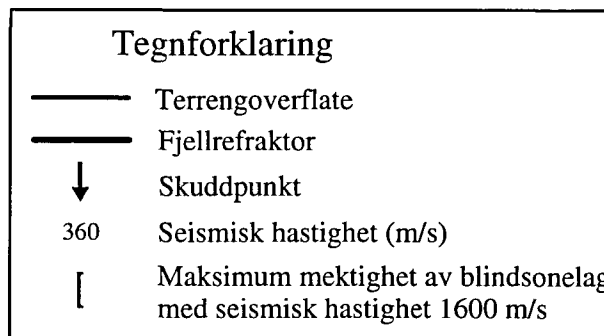
BALSFJORD, refraksjonsseismisk profil 1



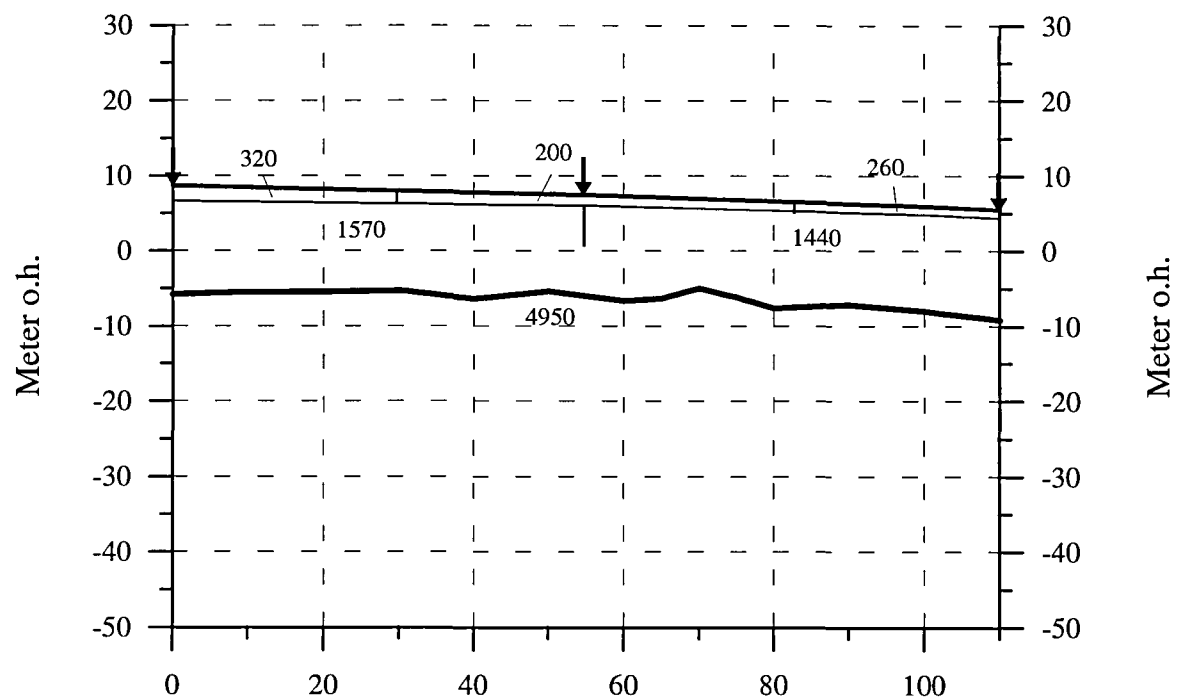
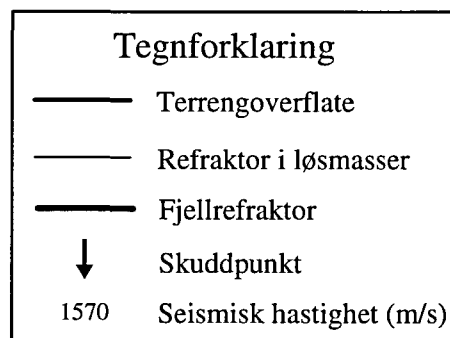
BALSFJORD, refraksjonsseismisk profil 2



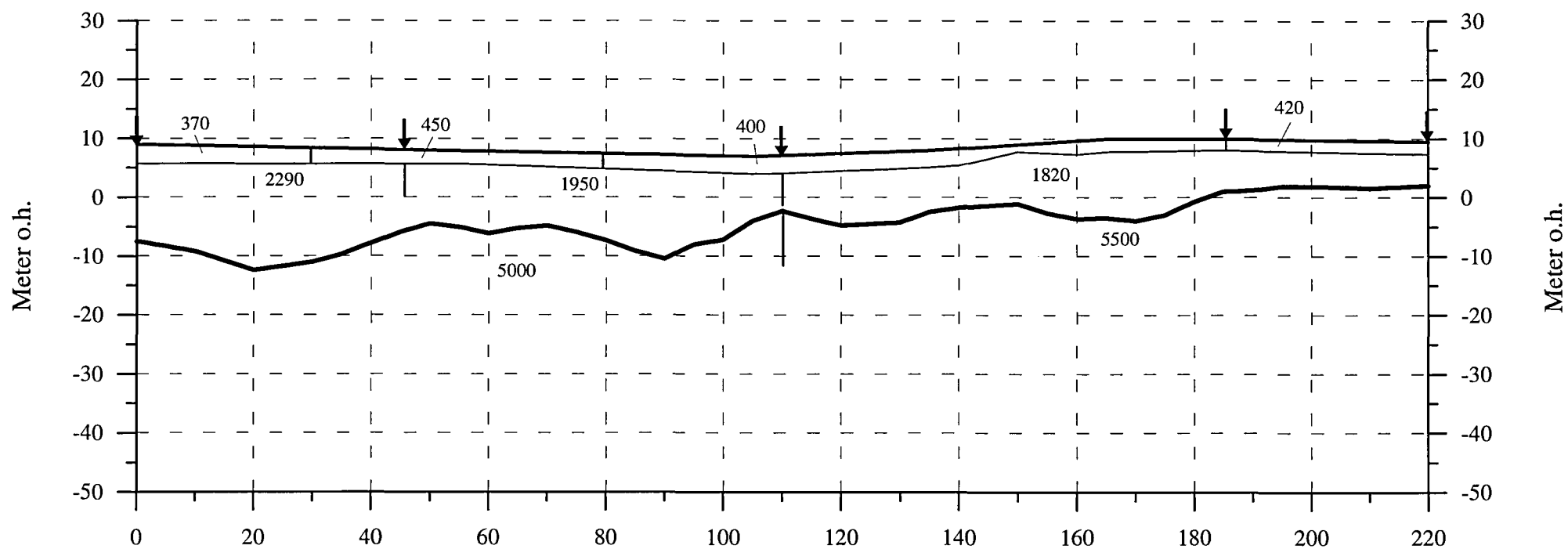
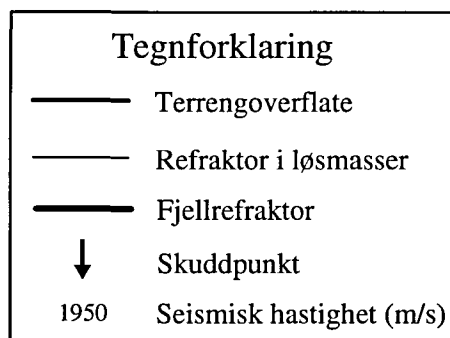
BALSFJORD, refraksjonsseismisk profil 3



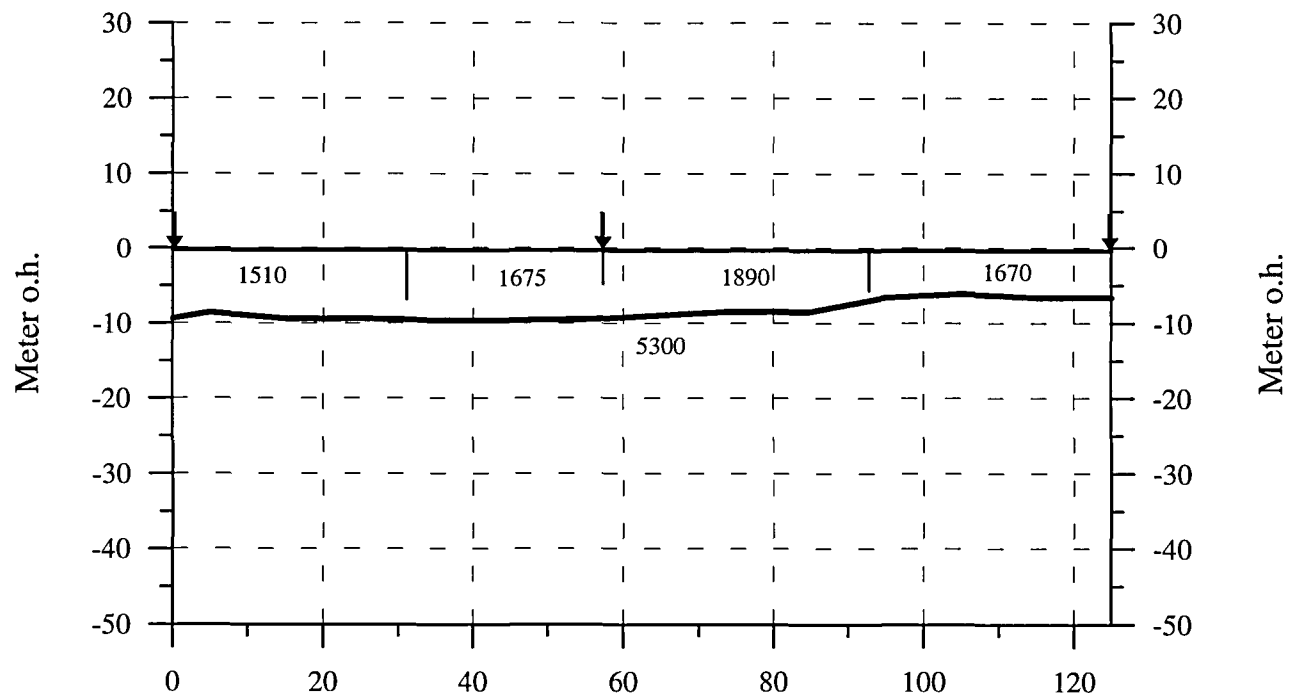
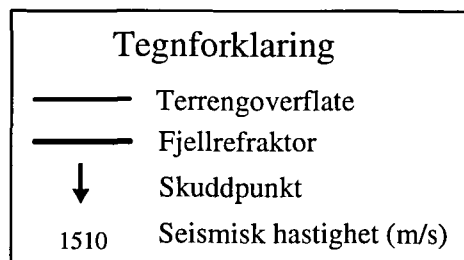
BALSFJORD, refraksjonsseismisk profil 4

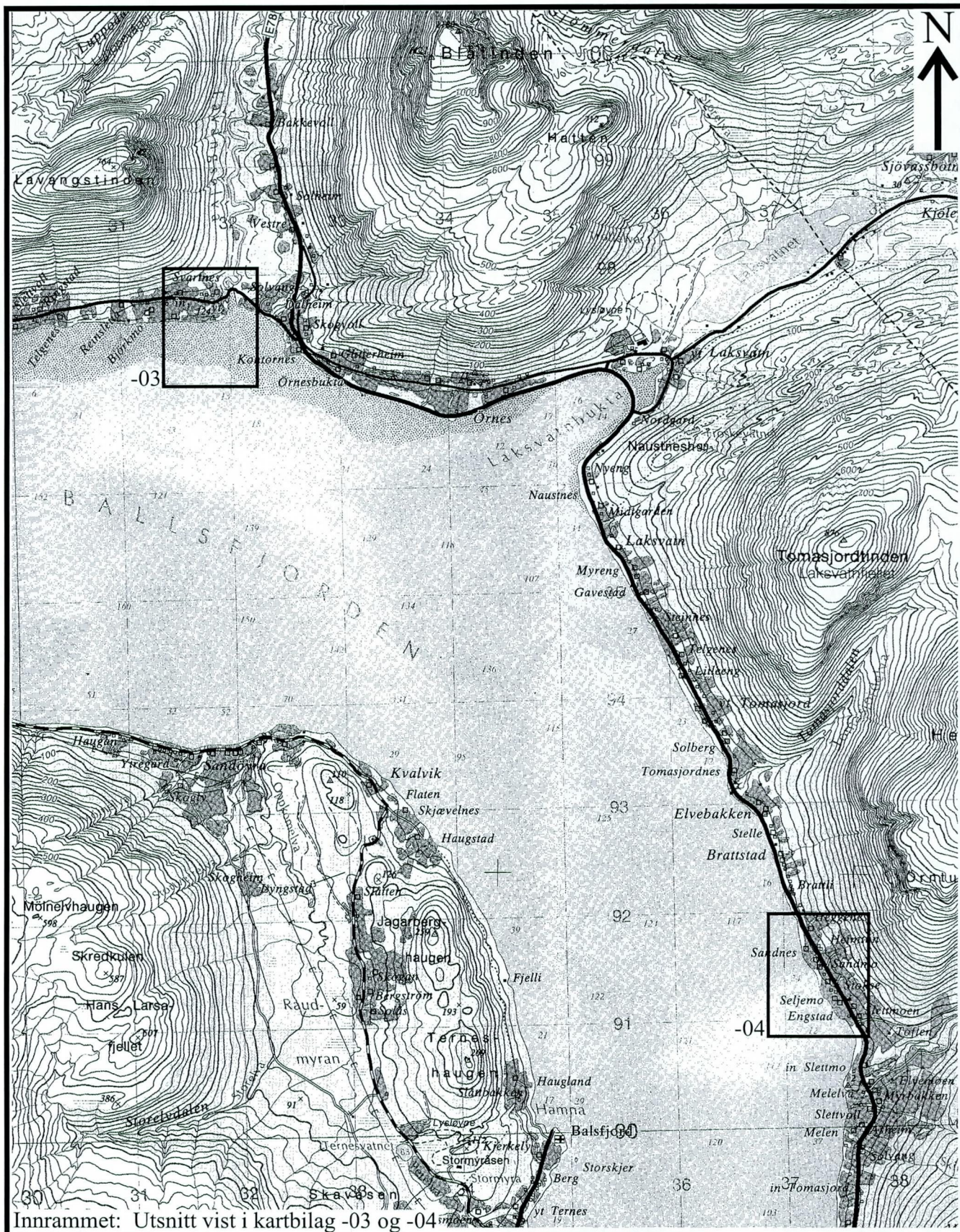


BALSFJORD, refraksjonsseismisk profil 5



BALSFJORD, refraksjonsseismisk profil 6





Innrammet: Utsnitt vist i kartbilag -03 og -04

STATENS KARTVERK / NGU
 OVERSIKTSKART NORD, BAKKEGEOFYSIKK

BALSFJORD

BALSFJORD KOMMUNE, TROMS

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT JFT

TEGN JFT

TRAC

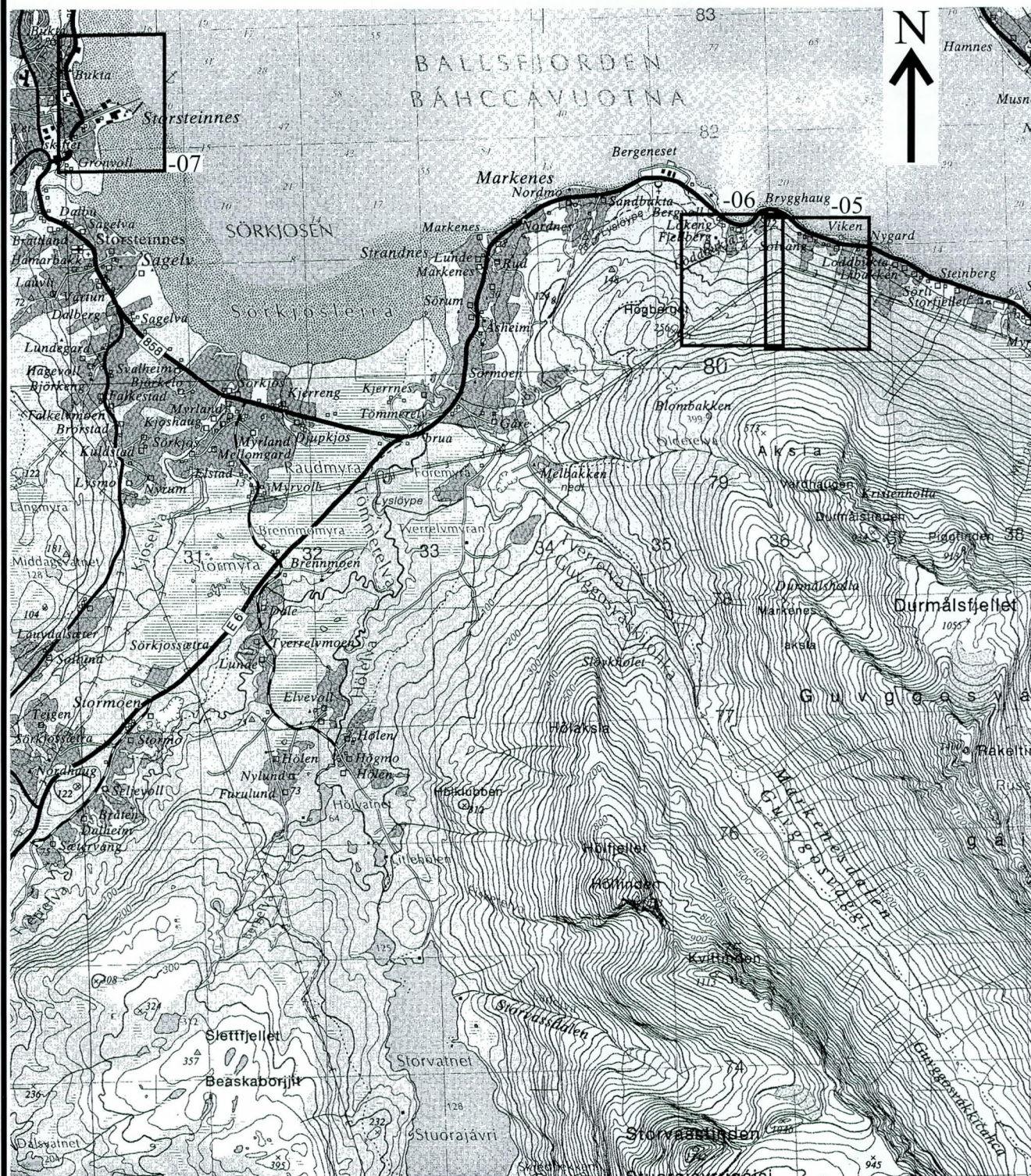
KFR

SEP. -98

MARS -99

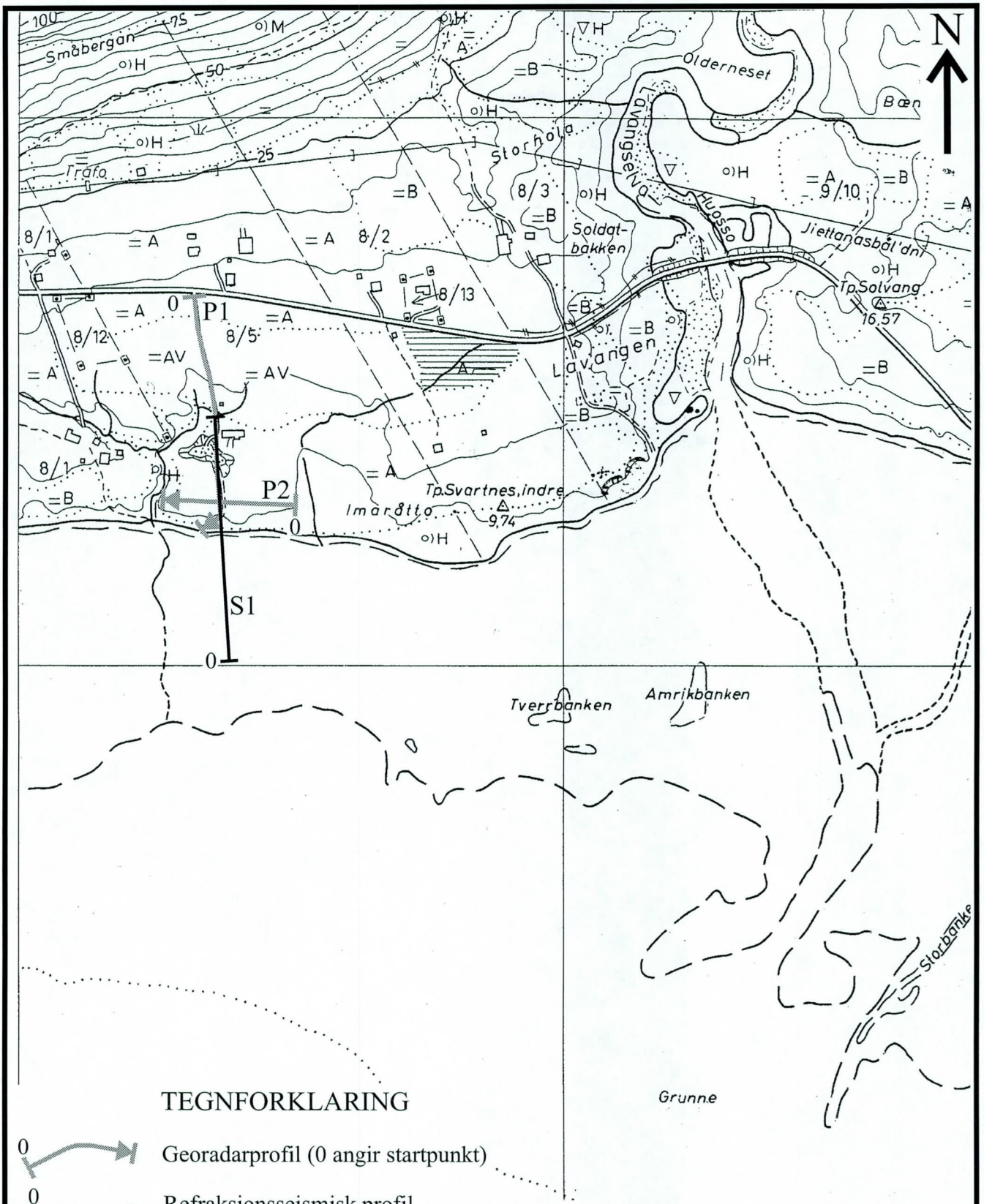
KARTBILAG NR
 99.028-01

KARTBLAD NR
 1533 I





Innrammet: Utsnitt vist i kartbilag -05, -06 og -07

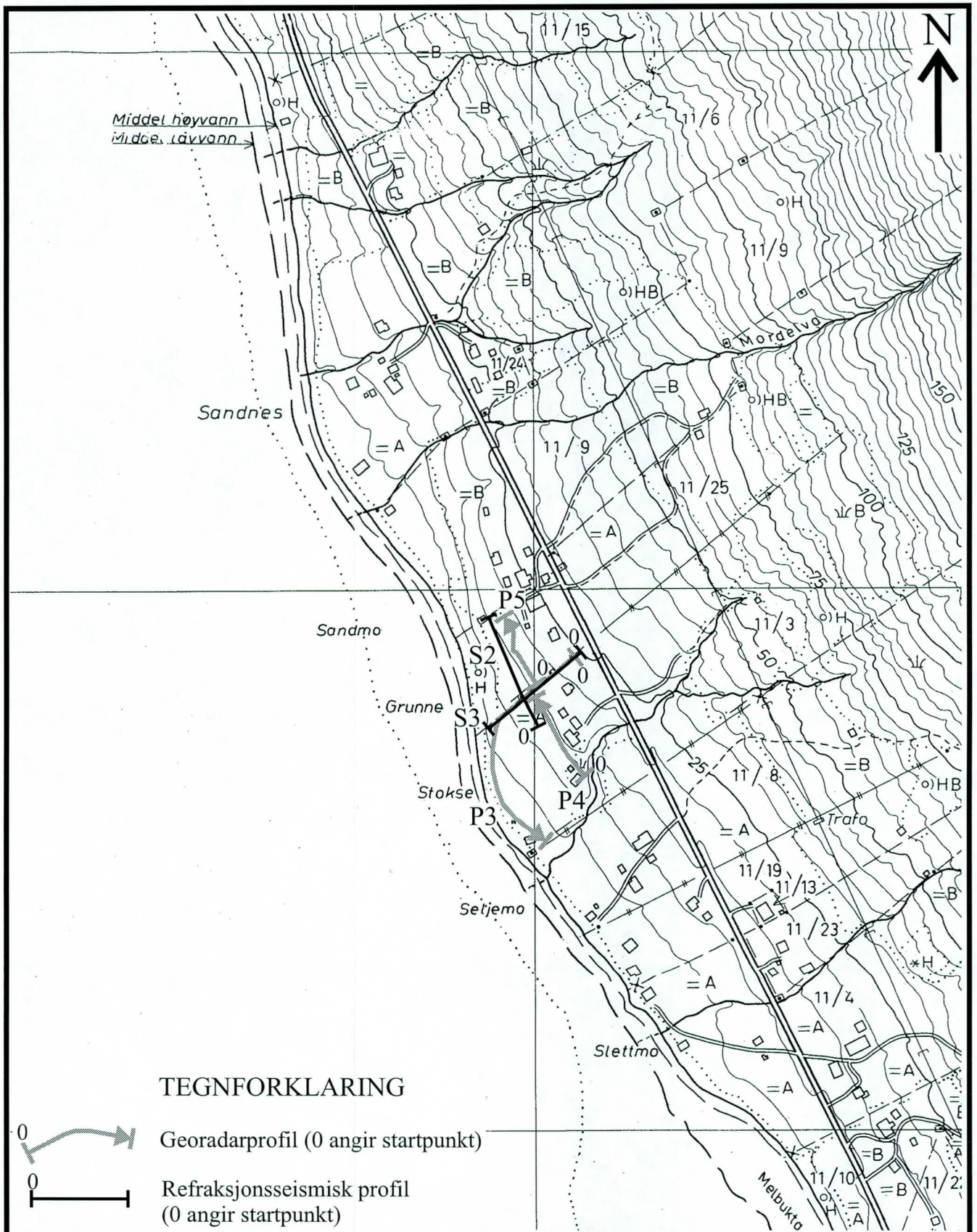
STATENS KARTVERK / NGU OVERSIKTSKART SØR, BAKKEGEOFYSIKK BALSFJORD BALSFJORD KOMMUNE, TROMS	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	SEP. -98
	1:50 000	TEGN JFT	MARS -99
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 99.028-02	KARTBLAD NR 1533 II	



TEGNFORKLARING

-  Georadarprofil (0 angir startpunkt)
-  Refraksjonsseismisk profil (0 angir startpunkt)

STATENS KARTVERK / NGU LOKALKART GEORADAR OG REFR.SEISMIKK LAVANGEN BALSFJORD KOMMUNE, TROMS	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	SEP. -98
	1:5 000	TEGN JFT	MARS -99
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 99.028-03	KARTBLAD NR 1533 I	



STATENS KARTVERK / NGU
LOKALKART GEORADAR OG REFR.SEISMIKK

MO PLANTESKOLE

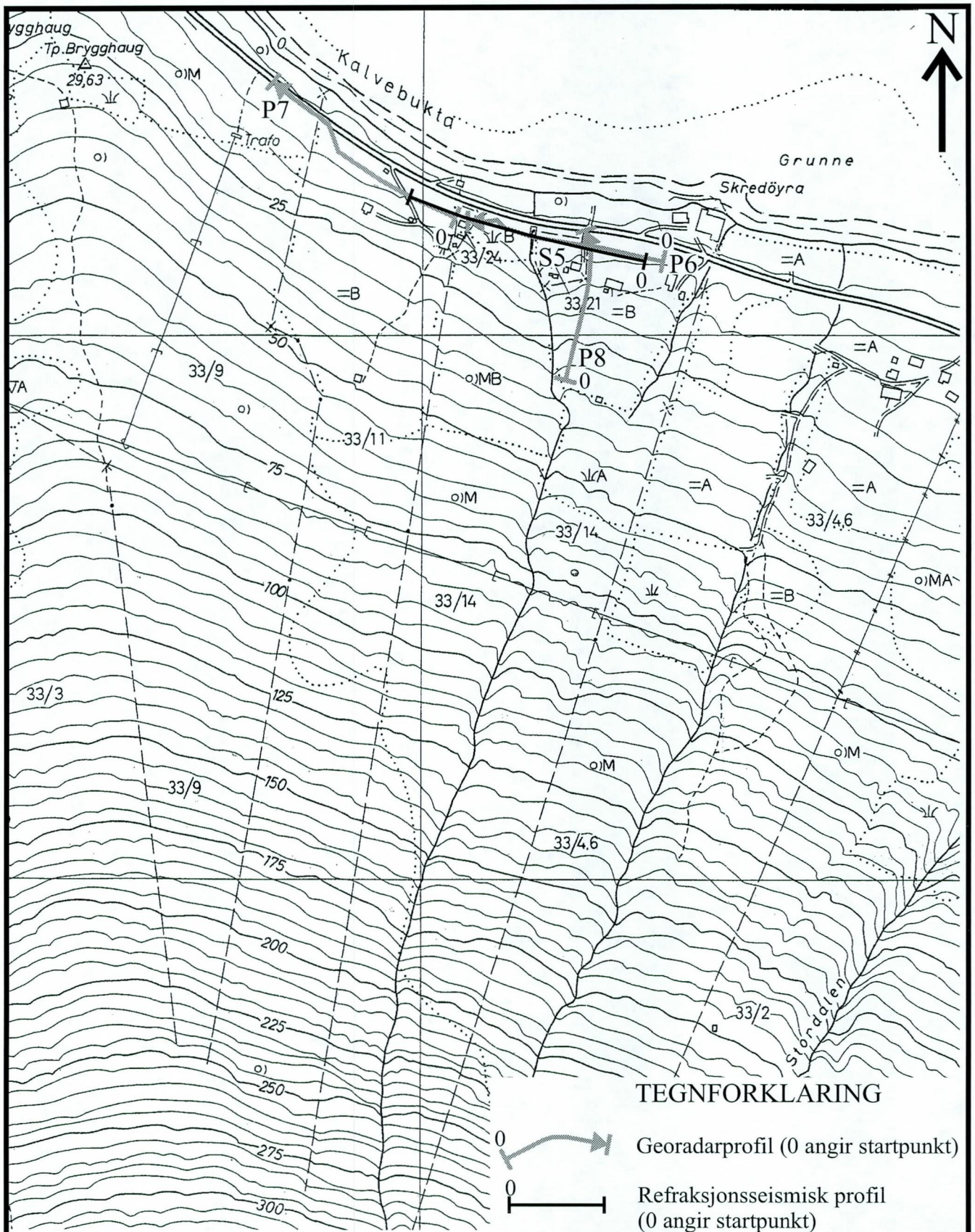
BALSFJORD KOMMUNE, TROMS

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:5 000	MÅLT JFT	SEP. -98
	TEGN JFT	MARS -99
	TRAC	
	KFR	

KARTBILAG NR
99.028-04

KARTBLAD NR
1533 I



TEGNFORKLARING

- 0 → Georadarprofil (0 angir startpunkt)
- 0 — Refraksjonseismisk profil (0 angir startpunkt)

STATENS KARTVERK / NGU
 LOKALKART GEORADAR OG REFR.SEISMIKK

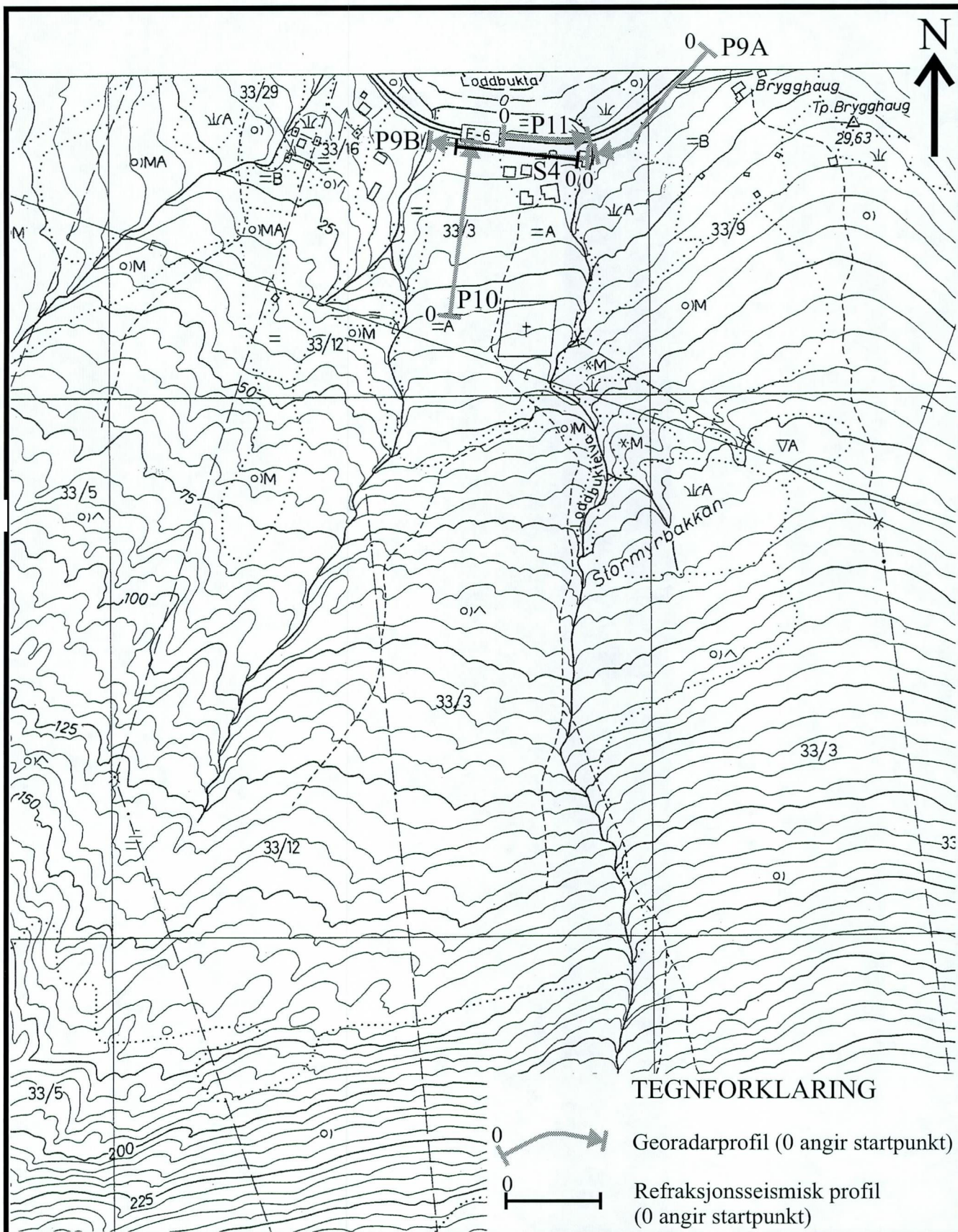
KALVEBUKTA

BALSFJORD KOMMUNE, TROMS

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:5 000	MÅLT JFT	SEP. -98
	TEGN JFT	MARS -99
	TRAC	
	KFR	

KARTBILAG NR 99.028-05	KARTBLAD NR 1533 II
---------------------------	------------------------



TEGNFORKLARING

Georadarprofil (0 angir startpunkt)

Refraksjonsseismisk profil
(0 angir startpunkt)

STATENS KARTVERK / NGU
LOKALKART GRORADAR OG REFR.SEISMIKK

LODDBUKTA

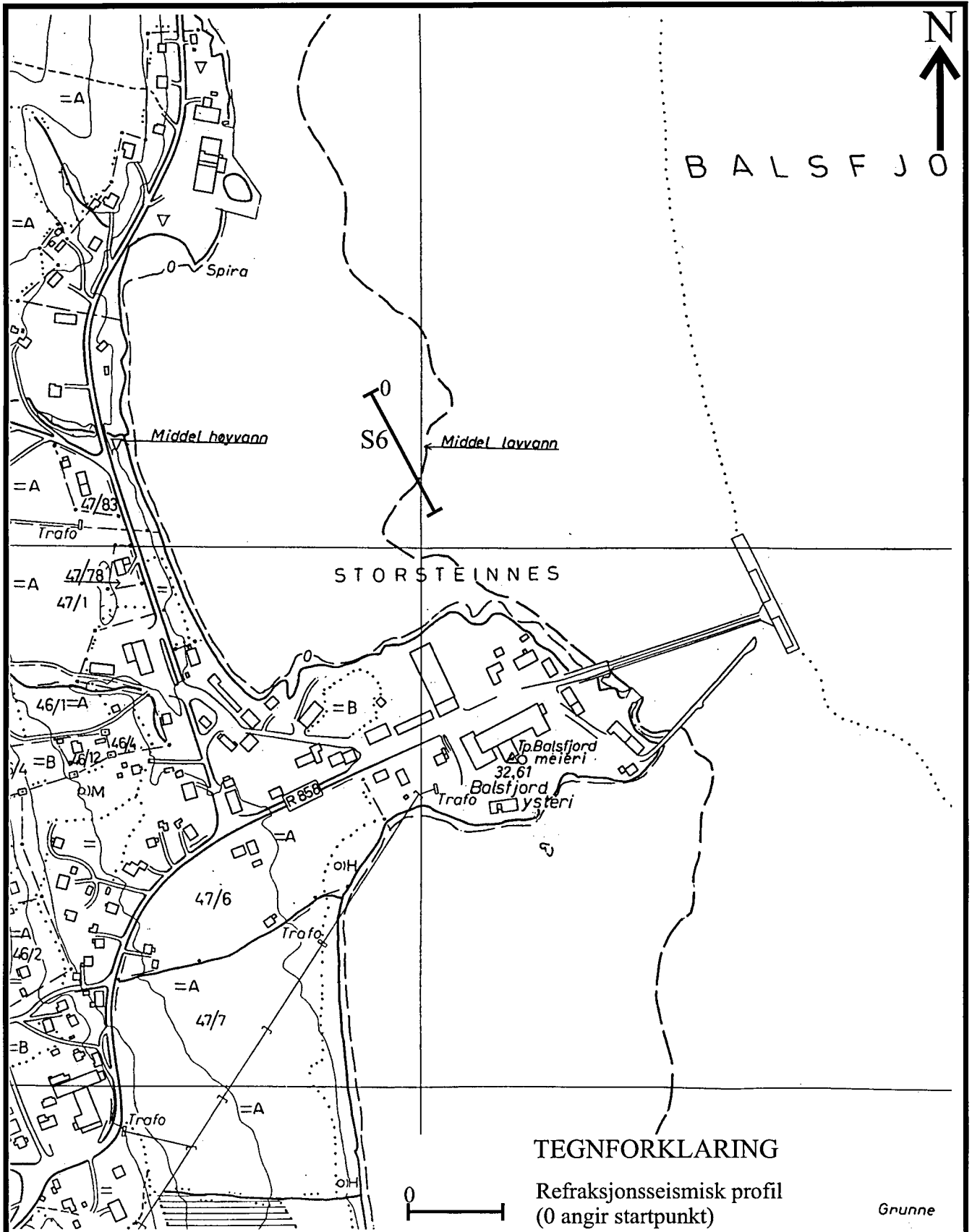
BALSFJORD KOMMUNE, TROMS

MÅLESTOKK 1:5 000	MÅLT JFT	SEP. -98
	TEGN JFT	MARS -99
	TRAC	
	KFR	

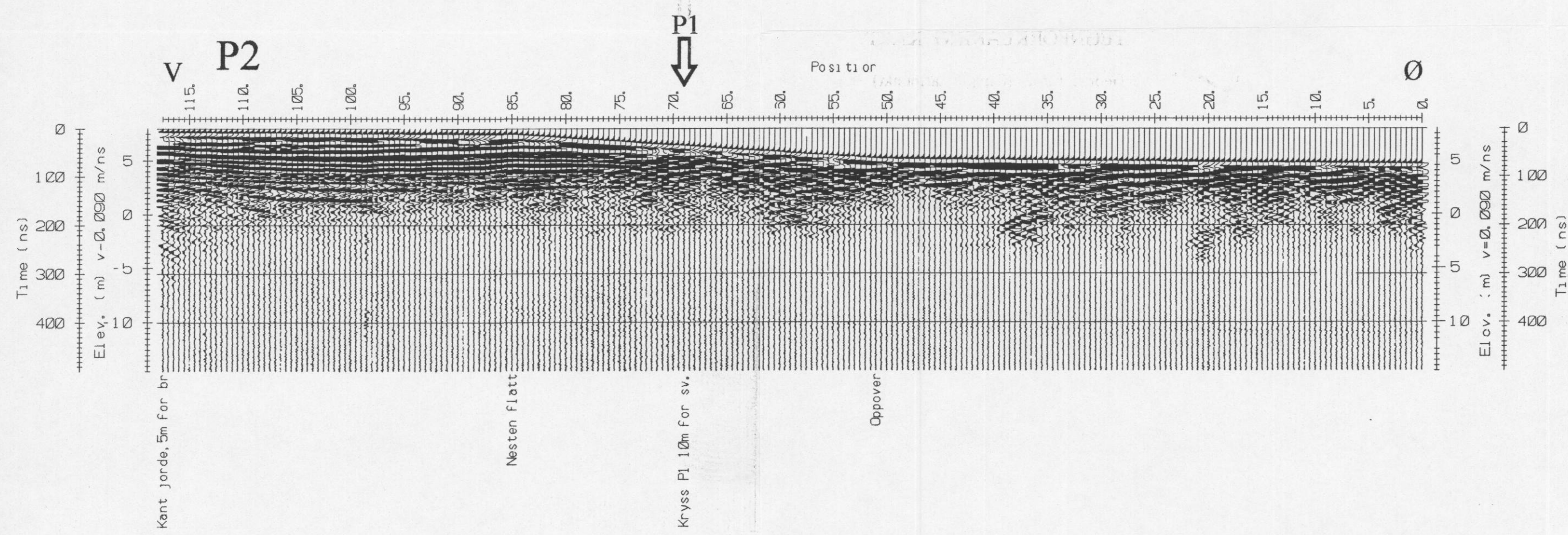
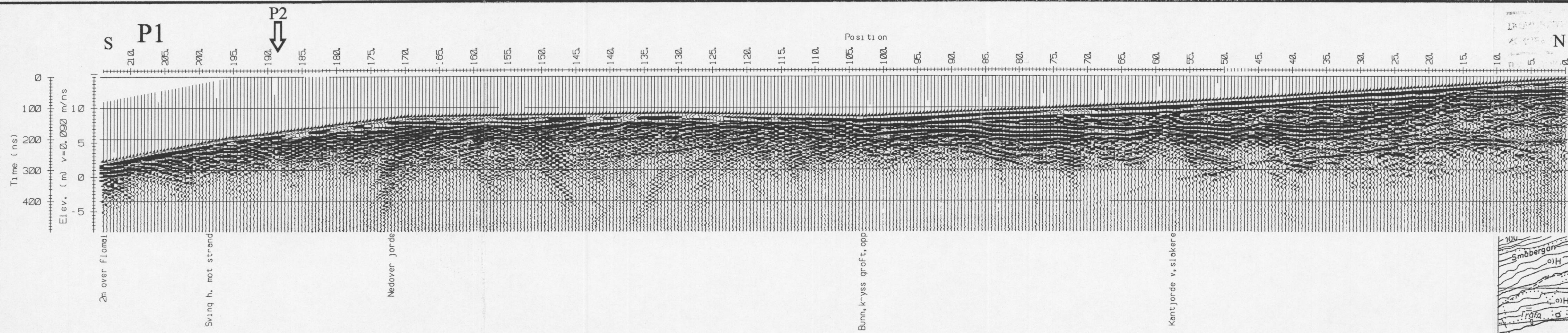
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

KARTBILAG NR
99.028-06

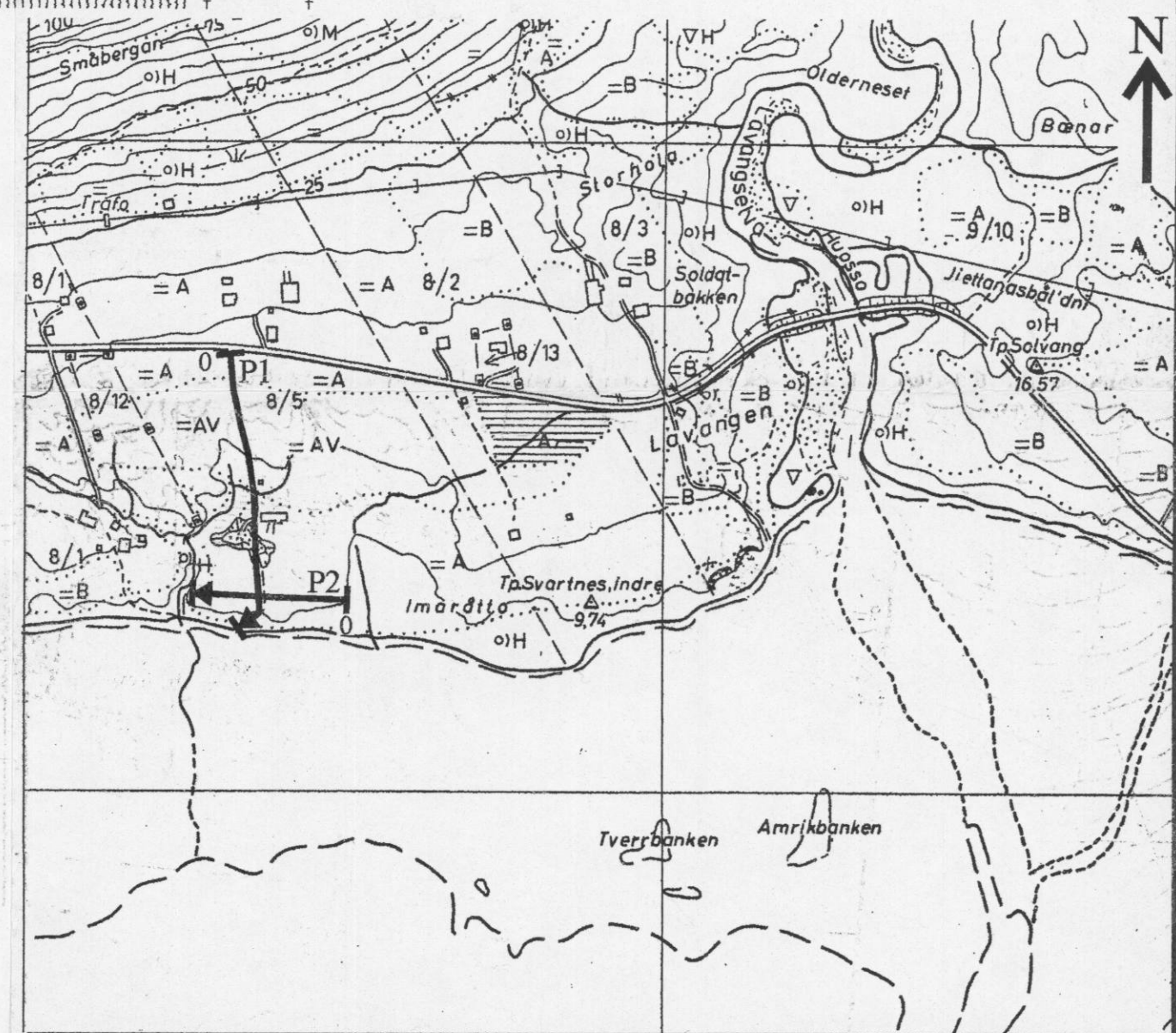
KARTBLAD NR
1533 II



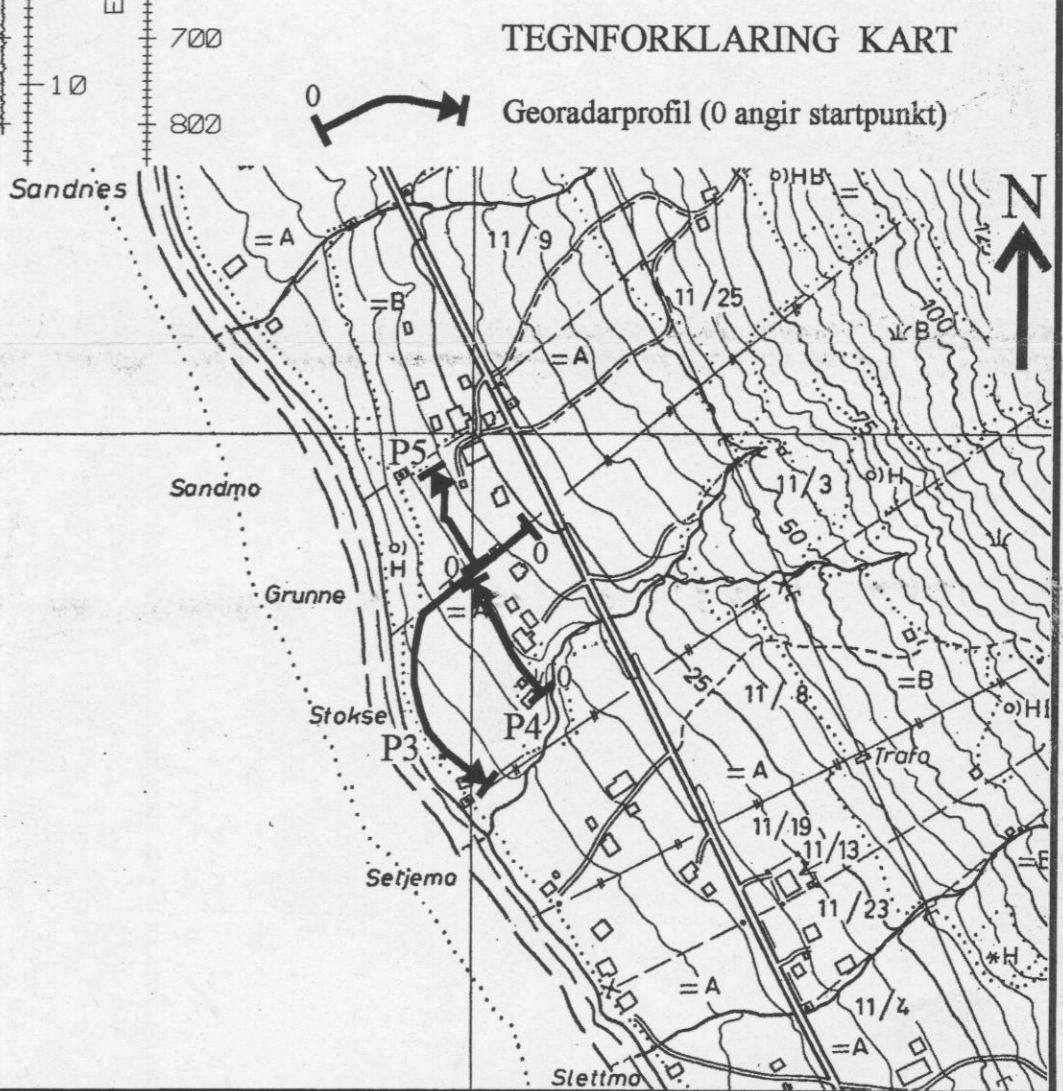
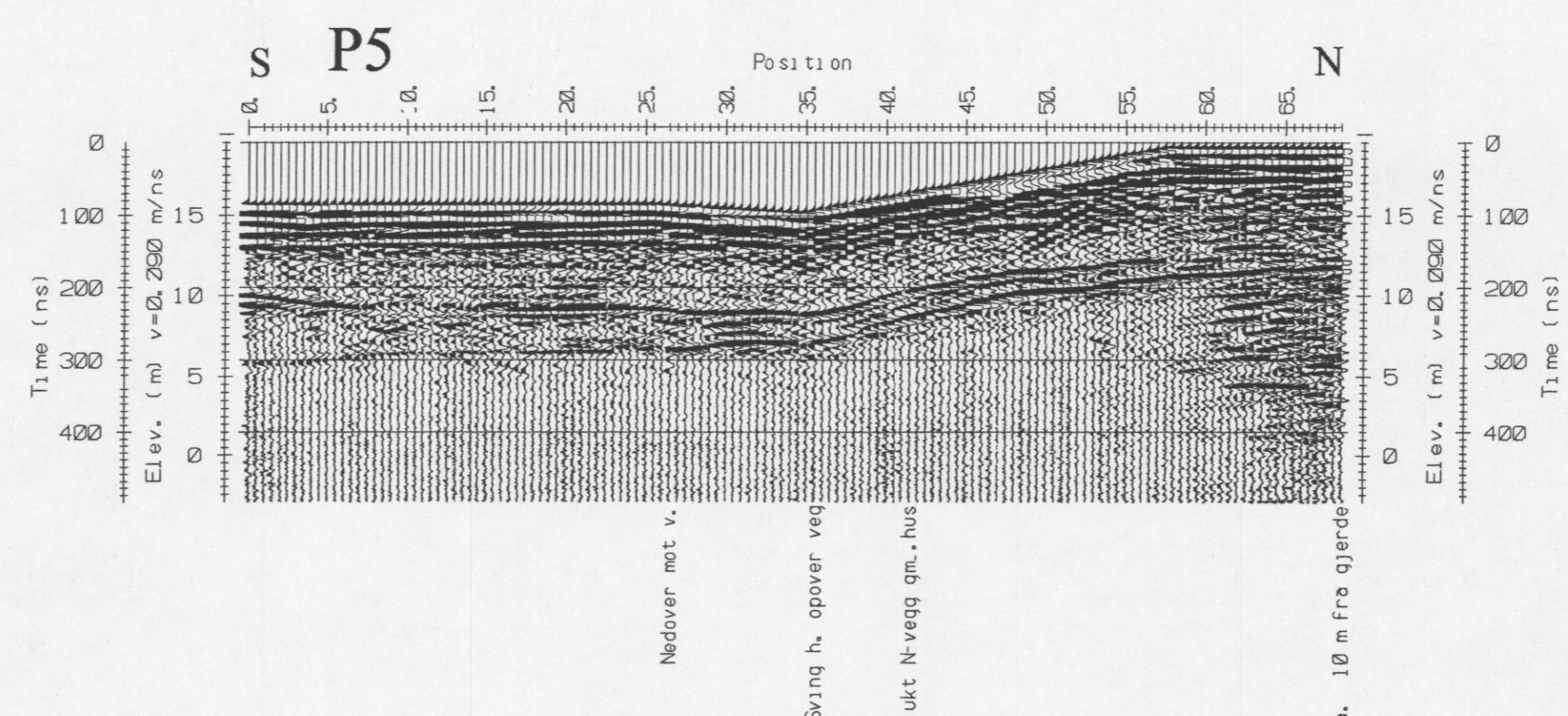
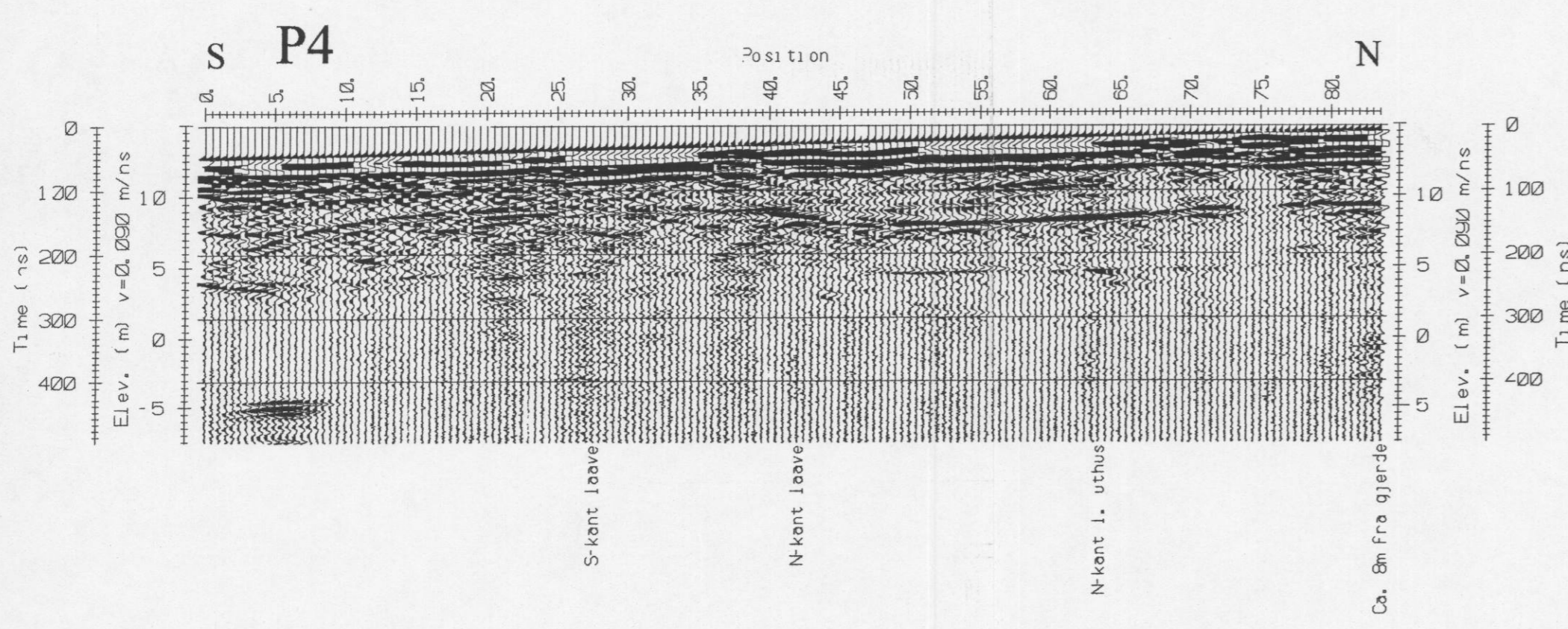
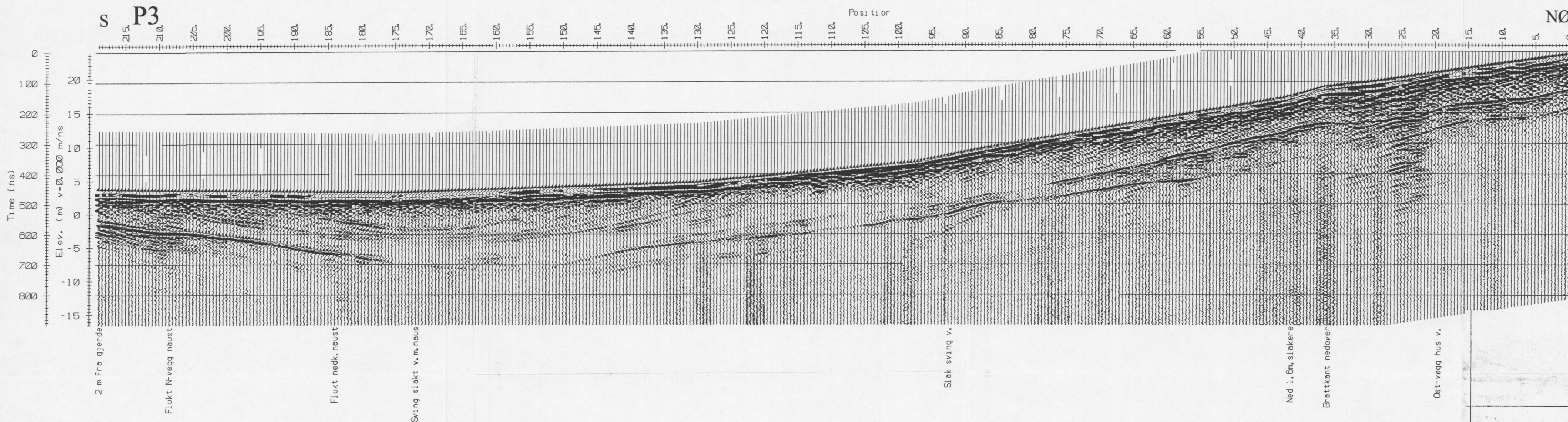
STATENS KARTVERK / NGU LOKALKART REFRAKSJONSSEISMIKK STORSTEINNES BALSFJORD KOMMUNE, TROMS	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	SEP. -98
	1:5 000	TEGN JFT	MARS -99
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 99.028-07	KARTBLAD NR 1533 II	



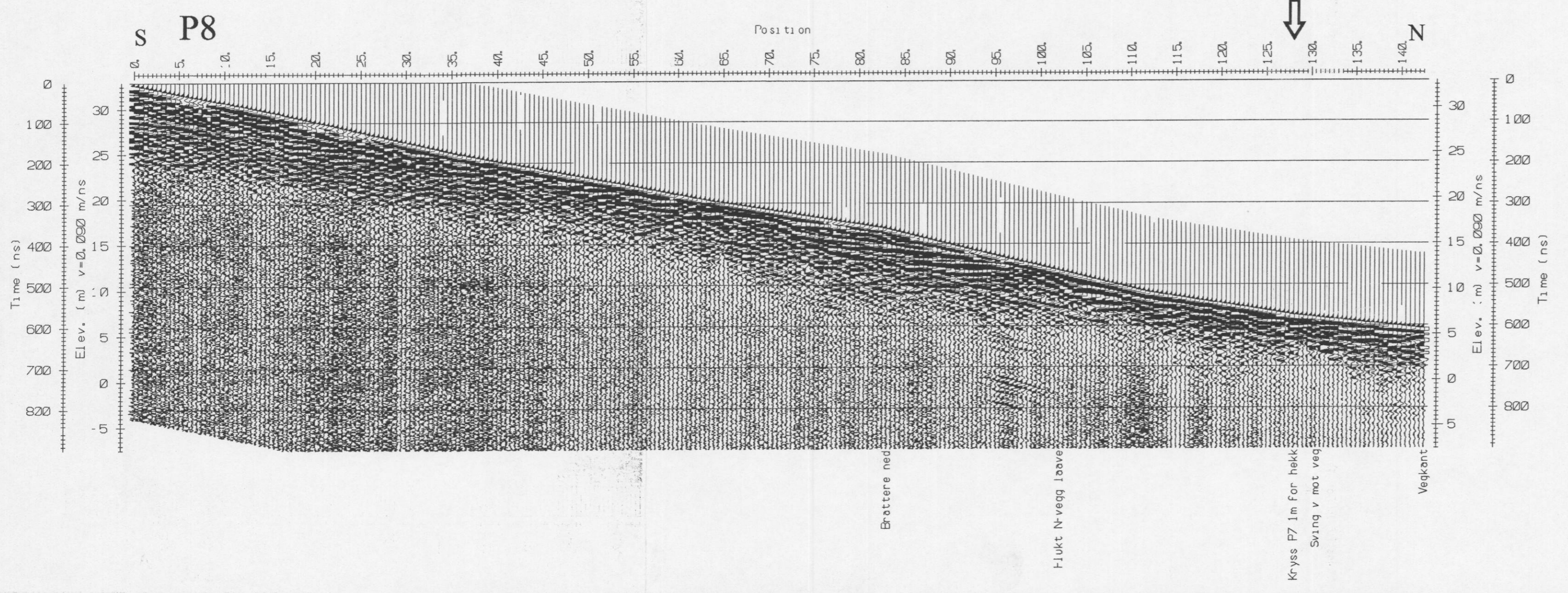
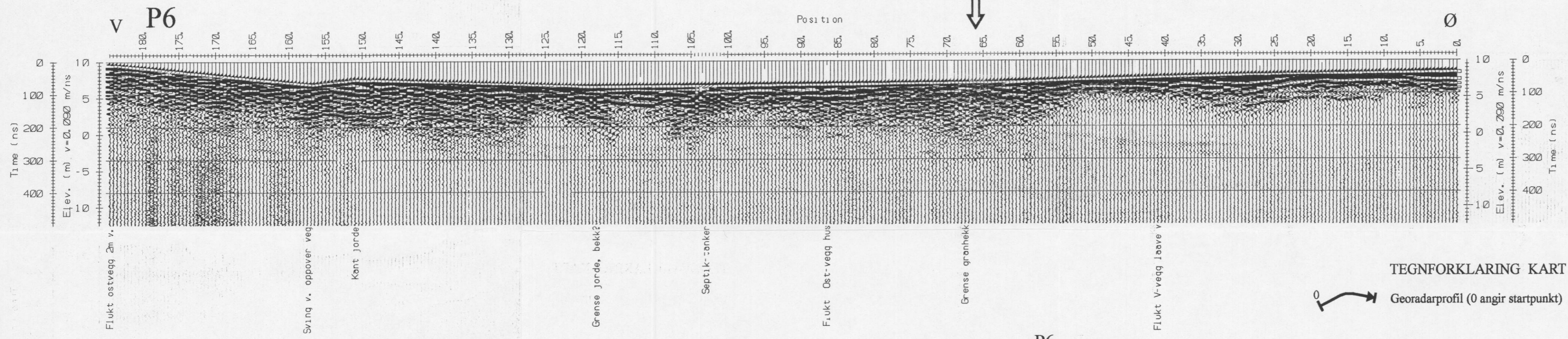
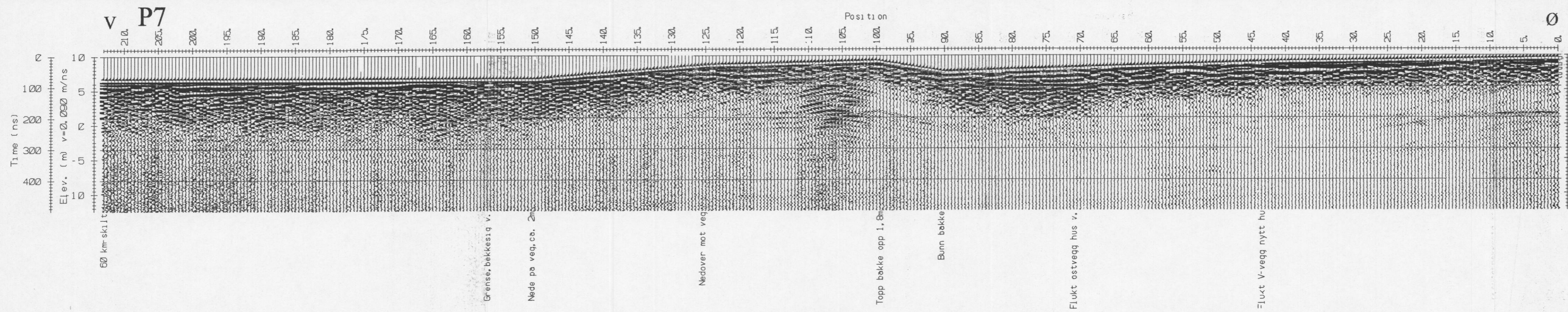
- TEGNFORKLARING KART
Georadarprofil (0 angir startpunkt)
- TEGNFORKLARING PROFIL
Kryssende profil



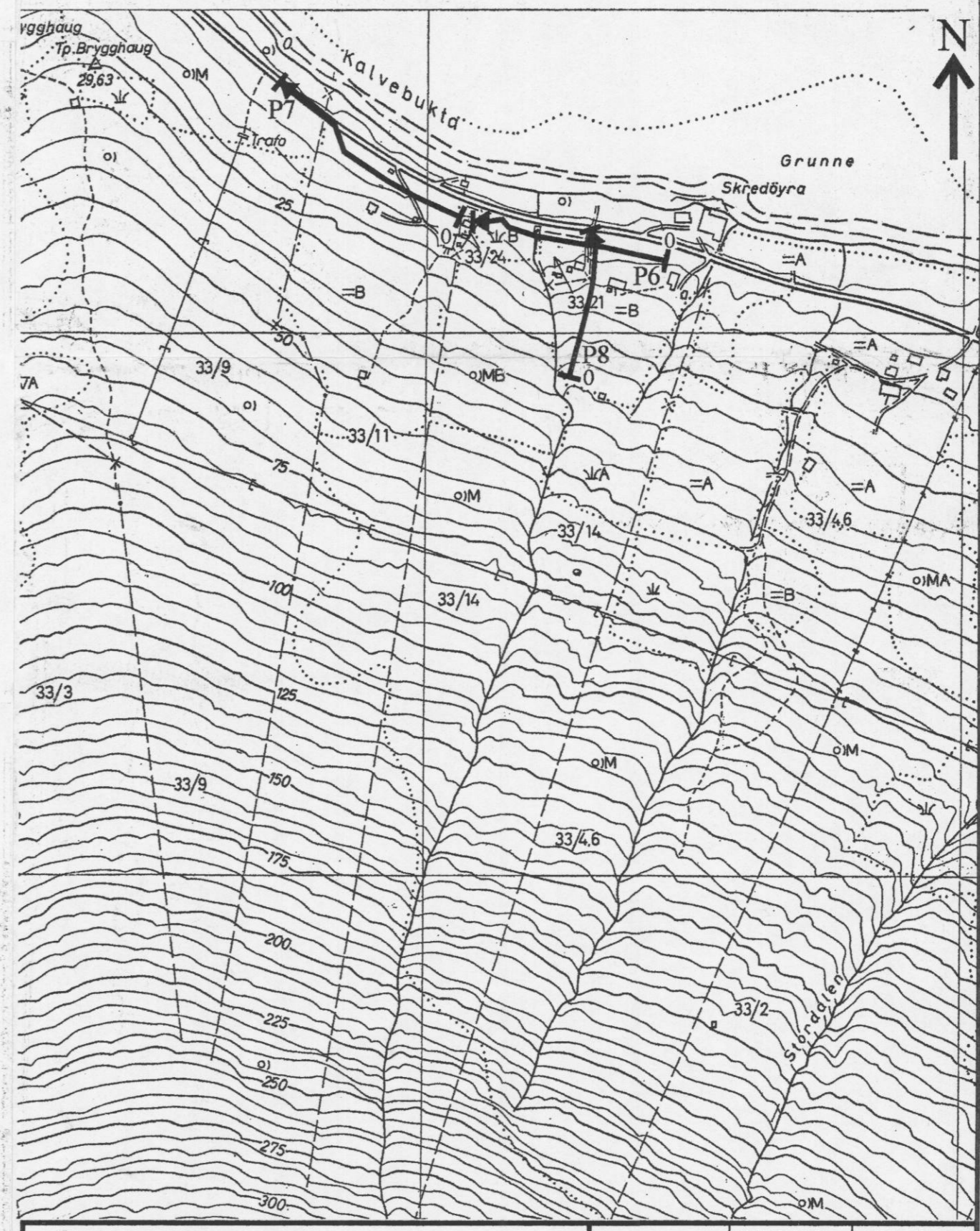
STATENS KARTVERK / NGU GEORADAROPPTAK P1, P2 LAVANGEN BALSFIJORD KOMMUNE, TROMS	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	SEP. -98
	1:5 000 (KART)	TEGN JFT	MARS -99
		TRAC	
	KFR		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 99.028-08	KARTBLAD NR 1533 I	



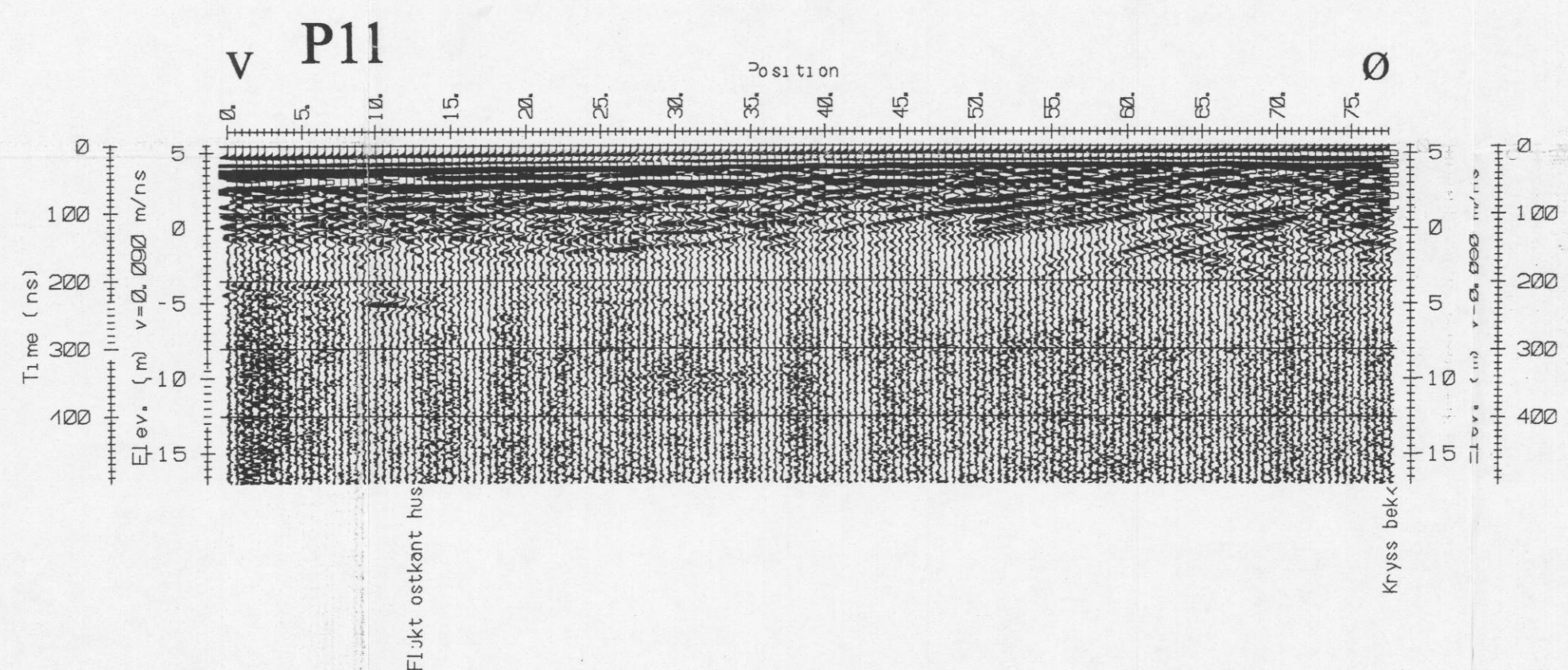
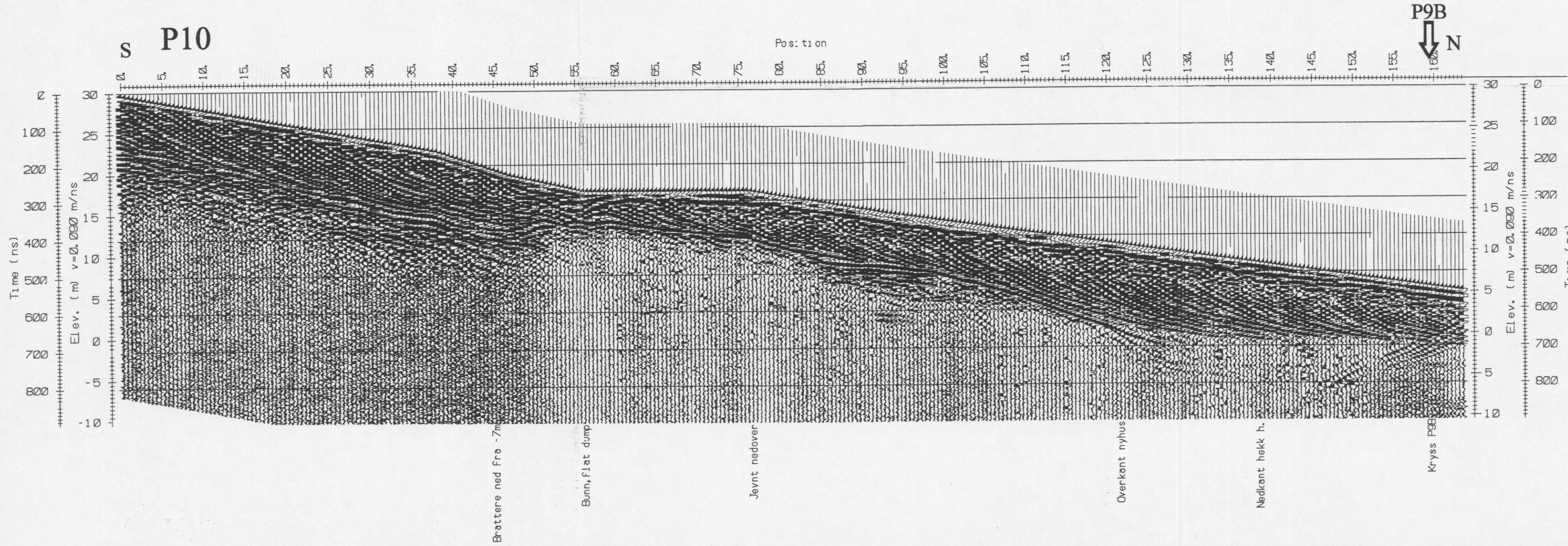
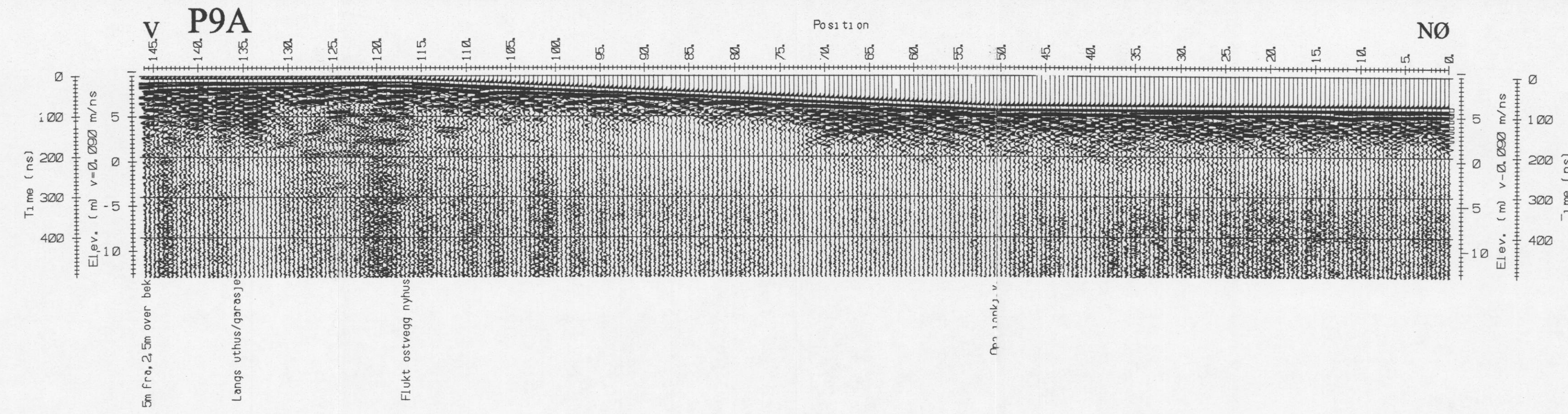
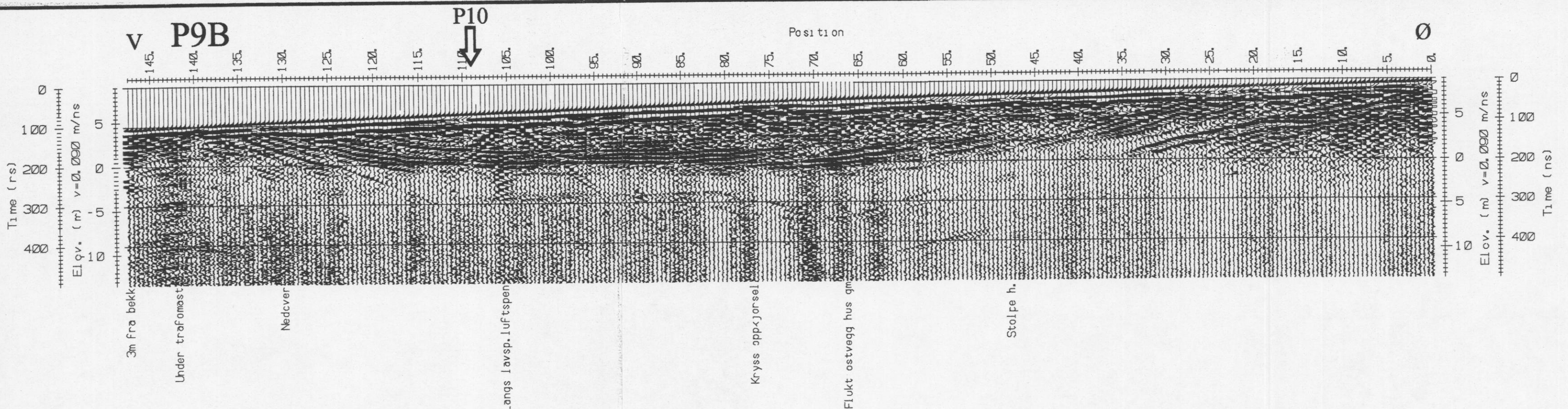
STATENS KARTVERK / NGU GEORADAROPPTAK P3, P4, P5 MO PLANTESKOLE BALSFJORD KOMMUNE, TROMS	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	SEP. -98
	1:5 000 (KART)	TEGN JFT	MARS -99
		TRAC	
	KFR		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 99.028-09	KARTBLAD NR 1533 I	



- TEGNFORKLARING KART**
- Georadarprofil (0 angir startpunkt)
- TEGNFORKLARING PROFIL**
- Kryssende profil

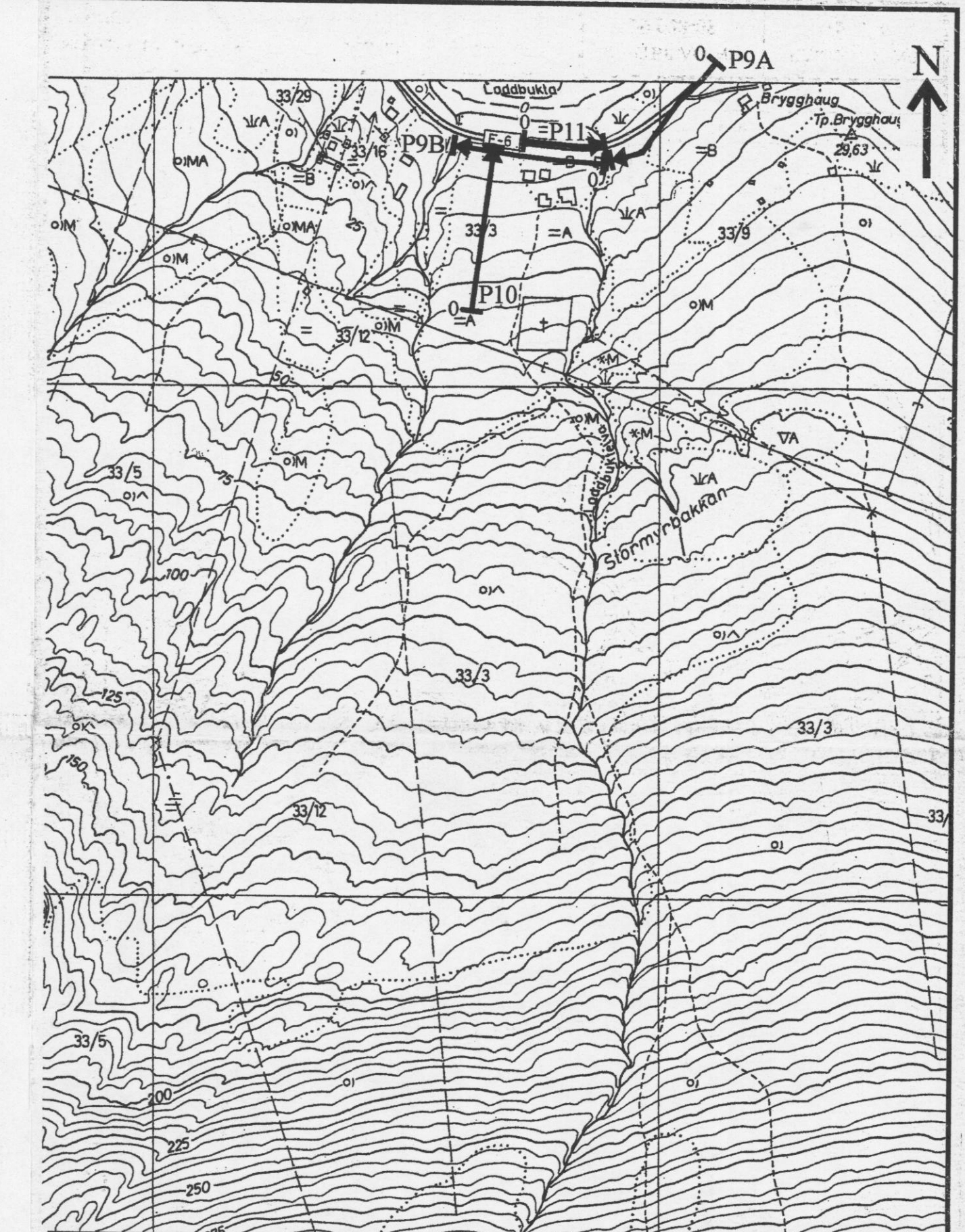


STATENS KARTVERK / NGU GEORADAROPPTAK P6, P7, P8 KALVEBUKTA BALSFJORD KOMMUNE, TROMS	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	SEP -98
	1:5 000 (KART)	TEGN JFT	MARS -99
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR	KARTBLAD NR	
	99.028-10	1533 II	



TEGNFORKLARING KART
Georadarprofil (0 angir startpunkt)

TEGNFORKLARING PROFIL
Kryssende profil



STATENS KARTVERK / NGU	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	SEP -98
GEORADAROPPTAK P9A, P9B, P10, P11	1:5 000 (KART)	TEGN JFT	MARS -99
LODDBUKTA		TRAC	
BALSFJORD KOMMUNE, TROMS		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE	KARTBLAG NR	KARTBLAD NR	
TRONDHEIM	99.028-11	1533 II	