

NGU Rapport 99.013

Georadarmålinger, Jostedalen i Luster kommune

Rapport nr.: 99.013		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Georadarmålinger, Jostedalen i Luster kommune			
Forfatter: Harald Elvebakk		Oppdragsgiver: UiB, NGU	
Fylke: Sogn og Fjordane		Kommune: Luster	
Kartblad (M=1:250.000) Årdal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1418 III, Jostedalen	
Forekomstens navn og koordinater: Myklemyr, 4080 68222, Fossøy 4094 68255 UTM 32V		Sidetall: 15 Kartbilag: 5	Pris: kr 165,-
Feltarbeid utført: 24.-25.06.98	Rapportdato: 1.2.99	Prosjektnr.: 2752.00	Ansvarlig: <i>Jens S. Alvering</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>NGU har på oppdrag av UiB gjort georadarmålinger på to elvesletter i Jostedalen i Sogn og Fjordane. Hensikten med målingene var å bestemme grunnvannspeilets beliggenhet samt å karakterisere løsmassene i umettet sone over grunnvannspeilet. De to måleområdene er utsatt for flom ved sterk avsmelting av Jostedalsbreen med sidebreer. Magasineringsvevnen av flomvann i løsmassene på elveslettene har derfor stor betydning for flommens omfang og skadevirkning.</p> <p>Målingene indikerte et finkornig topplag av tynne horisontale lag (flomsedimenter). Tykkelsen av dette laget varierer fra 0 til 4 m. Grunnvannspeilet ser ut til å ligge mellom 1.5 og 3.5 m dyp. Mesteparten av umettet sone ser dermed ut til å bestå av finkornige masser som silt og sand. Noen steder kommer den underliggende elvegrusen opp over grunnvannspeilet og ut i dagen. Under grunnvannspeilet er det trolig tykke sand/grusavsetninger. Ved Myklemyr er disse massene usorterte uten tydelige lagstrukturer, mens det ved Fossøy indikeres tydelige skrålag som er typisk for breelvavsetninger (deltautbygging).</p> <p>Ved Myklemyr indikeres en geologisk hendelse som trolig er et gjennfylt elveløp fra en breelv som har gravd seg gjennom grusmassene. Dette kan ha skjedd i en tid breene trolig var større og strakk seg lengre fram mot Jostedalen.</p>			
Emneord: Geofysikk	Løsmasse		
Georadar			
			Fagrapport

INNHold

1. INNLEDNING	4
2. MÅLEMETODE, UTFØRELSE	4
3. RESULTATER	5
3.1 Myklemyr	6
3.2 Fossøy.....	9
4. KONKLUSJON	11

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1 : Georadar - metodebeskrivelse

DATABILAG

Databilag 1 : Skjema for tolkning av refleksjonsmønstre ved georadaropptak

KARTBILAG

- 99.013 - 01 Oversiktskart, undersøkte områder, M 1:50000
- 99.013 - 02 Detaljkart, M 1:5000, georadarprofil P1, Myklemyr
- 99.013 - 03 Georadarprofil P2, Myklemyr
- 99.013 - 04 Detaljkart, M 1:5000, georadarprofil P3, P3A, Myklemyr
- 99.013 - 05 Detaljkart, M 1:5000, georadarprofil P4, P5, Fossøy
- 99.013 - 06 Tolkningskart, M 1:5000, Myklemyr

1. INNLEDNING

NGU har i samarbeid med Geologisk inst., UiB, gjort georadarmålinger to steder i Jostedalen i Sogn og Fjordane, kartbilag -01. Målingene var en del av hovedfagstudent Stig H. Lunds hovedoppgave som besto i å kartlegge magasineringsvevnen av flomvann til elveslettene ved Myklemyr og Fossøy. Disse områdene er utsatt for flom ved sterk avsmelting av Jostedalsbreen og sidebreer av denne. For å kunne finne magasineringsvevnen til elveslettene er det viktig å vite dypet ned til grunnvannspeilet, og hva slags masser elveslettene er bygd opp av, spesielt over grunnvannsspeilet. Kornstørrelsen, og dermed porevolumet, i løsmassene har stor betydning for vannets oppholdstid på elveslettene og hvor raskt de kan oppta flomvann. Vet en tykkelse og massesammensetning (porøsitet) av umettet sone, kan en finne hvor mye vann som kan bindes til elveslettene og hvor stor betydning elveslettene vil kunne ha under en flom.

Målingene ble utført i tiden 24.06. - 25.06.98 av Harald Elvebakk og Stig H. Lund.

2. MÅLEMETODE, UTFØRELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. En mer detaljert beskrivelse er vedlagt i tekstbilag 1.

Målingene ble utført med georadar av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada). Det ble brukt 100 MHz-antenner og senderspenningen var 1000V. Ved målingene ble det benyttet en antenneavstand på 1 m og flyttavstand 1 og 0.5 m. Målingene ble utført med vogn påmontert målehjul hvor målingene ble utført automatisk på innstilt målepunktavstand. I det flate terrenget (stort sett veier) ga dette en sikker avstand mellom hvert målepunkt. Profilene ble ikke stukket. Kommentarer under opptakene kan bidra til at en lettere kan plassere posisjoner riktig i forhold til kartet. Ved beskrivelsen av opptakene refereres det til posisjoner angitt over opptakene. Samplingsintervall var 1,6 ns og det ble foretatt 16 summerte registreringer (stacks) i hvert punkt. Opptakstid var 800 - 1200 ns. Det ble målt 5 profiler på til sammen 3.9 km.

Opptakene er ikke terrengekorrigert da terrenget var helt flatt. Ved utskrift av opptakene er det benyttet 5-punkts gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy. Det ble benyttet SEC forsterkning (Spreading and Exponential Compensation). Ved dybdekonvertering er det

benyttet en EM-bølgehastighet på 0,12 m/ns som er bølgehastigheten for tørr sand. Denne hastigheten ble brukt da en først og fremst var interessert i tykkelsen av massene over grunnvannsspeilet. Den indikerte tykkelsen av lag under grunnvannsspeilet blir dermed feil, og riktig mektighet av massene under grunnvannsspeilet blir ca halvparten av de avleste dyp på opptakene da bølgehastigheten i vannmettet sand/grus er 0.06 - 0.07 m/ns. På grunn av en teknisk feil med utstyret ble det ikke gjennomført hastighetsanalyse (CMP) samt at profil 5 ble litt kortere enn planlagt.

3. RESULTATER

Kartbilag -02 til -05 viser georadaropptak og plassering av profiler. Ved Myklemyr ble det målt 3 profiler, et langs dalen over hele elvesletta og to tverrprofiler. Ved Fossøy ble det målt et profil langs dalen og et tverrprofil. Tabell 1 viser en oversikt over de profiler som ble målt.

Tabell 1. Oversikt over profilenes plassering, lengde og opptakstid

Profil	Sted	Lengde (m)	Opptakstid (ns)	Kartbilagsnr.
P1	Myklemyr	1350	1000	-02
P2	Myklemyr	821	800	-03
P3	Myklemyr	158	800	-04
P3A	Myklemyr	320	800	-04
P4	Fossøy	988.5	800	-05
P5	Fossøy	271.5	1200	-05

Ved tolkning av georadaropptakene er det benyttet et skjema som knytter hendelser i opptakene til sedimentenes sammensetning og lagdeling. Dette skjemaet er vist i databilag 1 (etter Beres & Haeni, 1991). Georadarundersøkelser kan gi informasjon om løsmassenes beskaffenhet (grovkornig/finkornig), grunnvannsspeilets beliggenhet, lagtykkelse og dyp til fjell. Hvis grunnvannsspeilet ligger svært grunt (0 - 1 m) kan det være vanskelig å se det på opptakene da refleksjonene fra grunnvannsspeilet faller sammen i tid med de direkte bølgene mellom sender og mottaker (i bakken og i luft). Penetrasjonen (dybderekkevidden) av EM-bølger er avhengig av den elektriske ledningsevnen i undergrunnen. Marin leire demper EM-bølgene raskt, og ved mektigheter større enn 2 m er det i praksis umulig å "se" gjennom den. Dyrket mark som er sterkt gjødslet vil også gi problemer. Variasjoner i reflektivitet, antall reflektorer som observeres, er avhengig av variasjoner i vanninnholdet som igjen er avhengig

av kornstørrelse og massenes sammensetning. Nedenfor blir hvert enkelt profil beskrevet, hvilke masser som indikeres, tykkelsen av disse og dyp til grunnvannsspeil.

3.1 Myklemyr

Profil 1

Profil 1 ble målt fra sørenden av elvesletta ved Myklemyr og langs grusveg til nordenden av elvesletta. Opptaket er vist i kartbilag -02. Flyttavstand var 1 m. Profilet preges av en spesiell hendelse mellom posisjon 110 og 320. Utenom dette området er refleksjonsmønsteret todelt. Øverst har en et horisontalt topplag med parallelt refleksjonsmønster. Dette tyder på finkornige masser, silt/sand, i tynne, horisontale lag. Tykkelsen av dette topplaget ser ut til å variere. Største avlest dyp på opptaket er 5 - 6 m. På grunn av at grunnvannsspeilet trolig ligger grunt, ca 2 m, blir den brukte bølgehastigheten i deler av topplaget feil og den avleste tykkelse må reduseres til 3 - 4 m. Dette topplaget er trolig flomsedimenter (muntlig meddelelse av S. H. Lund, som også har foretatt gravinger i topplaget). Under topplaget er refleksjonsmønsteret kaotisk og det er vanskelig å se lagdelte strukturer. Det kaotiske mønsteret tyder på dårlig sorterte grove masser med stein og blokk. Morene gir ofte et slikt mønster. Avlest penetrasjonen er ca 30 m, mens det reelle dyp vil være 15 - 20 m da massene antas vannmettet med bølgehastighet 0.06 - 0.07 m/ns. Enkelte steder går disse massene helt opp til grunnvannsspeilet. Dette kan observeres fra posisjon 680-720, 745-775, ca 1010-1100 og 1210-1255. Det er ikke mulig å si om de dårlig sorterte massene på disse stedene går over grunnvannsspeilet og opp til overflaten.

Dypet til fjell kan i mange tilfeller styre penetrasjonsdypet men uten at en kan angi fjelldypet eksakt. Overgangen mellom morenemasser og fjell vil ofte vises svært diffus på georadaropptak, og det er vanskelig å angi nøyaktig hvor fjelloverflaten ligger. På profil 1 har en kontroll med fjelloverflaten ved posisjon 1070. Her ble det observert fjell i dagen 6 - 7 m fra profilet, og topografien tilsier at en fjellrygg passerer og denne fortsetter ned under overdekket. Ved posisjon 1070 er penetrasjonen ca 5 m mens den øker gradvis til begge sider. Her kan en med rimelig sikkerhet si at penetrasjonsdypet blir styrt av fjelltopografien under løsmassene, men det eksakte dyp kan en ikke angi (ingen tydelig reflektor).

Som nevnt ligger grunnvannsspeilet grunt, ved ca 2 m dyp. Grunnvannsspeilet vil på opptakene observeres som en horisontal gjennomgående reflektor. I fine masser med parallellstruktur kan det være vanskelig å skille grunnvannsspeilet og horisontale strukturer i løsmassene. I tillegg har en de direkte bølge mellom sender og mottaker i overflaten og i luft som vises som horisontale reflektorer øverst på opptaket. På profil 1 indikeres en grunn horisontal reflektor mer eller mindre langs hele profilet som tolkes til å være

grunnvannsspeilet. Den kan falle sammen med den direkte bølgen i overflaten, og ingen tydelige horisontale reflektorer på dypere nivå kan tolkes som grunnvannsspeilet. Dypet er 1.5 - 2 m. Dette betyr at grunnvannsspeilet ligger i det horisontale topplaget (tolket mektighet ca 3 m, se foran) som trolig består av finkornige masser (silt og finkornig sand), og at de umettede massene over grunnvannsspeilet er av samme type. Det er ikke mulig å se noen variasjoner i massesammensetningen i topplaget. Enkelte steder går de underliggende usorterte massene opp til grunnvannsspeilet, se foran, men det er ikke mulig å si om en har slike masser opp til overflaten i umettet sone. Uansett vil ikke slike masser utgjøre noen stor del i umettet sone på dette profilet.

Som nevnt inledningsvis opptrer en spesiell hendelse mellom posisjon 110 og 320 på profil 1. I dette området er de dårlig sorterte massene (elvegrusen) gjennomskåret av horisontale avsetninger. Refleksjonsmønsteret går brått over til parallelt mønster som indikerer finkornige masser, silt og sand, avsatt i flere tynne skikt. Det ser ut som om de finkornige massene er avsatt i en utgravd kanal, og det er grunn til å tro at det er flomsedimenter som har fylt igjen denne kanalen på samme tid som topplaget på elvesletta ble avsatt. En finner det samme fenomenet igjen på profil 2 og 3, se senere, men resultatene er sammenstilt i kartbilag -06 hvor det også er foreslått en tolkning. Tolkningen er gjort i samarbeid med fung. fagsjef Bjørn Bergstrøm ved faggruppe for løsmassegeologi, NGU. Den utgravde kanalen kan være et gammelt elveløp gravd ut i løsmassene av en breelv i en tid da breene, her Vassdalsbreen, var større og befant seg mye nærmere Jostedalen og Myklemyr. Ved en hurtig avsmelting har smeltevann strømmet ned fjellsiden og gravd seg gjennom elvesletten. Senere, når breen var trukket tilbake og avsmeltingen avtatt, er elveløpet fylt igjen av flomsedimenter fra hovedelva, Jostedøla. Dersom det hadde vært et gammelt elveleie til Jostedøla burde en funnet igjen det gjennfylte elveløpet lenger nord på profil 1 ved ca posisjon 800 - 900. Tykkelsen på de horisontale sedimentene er 6 - 7 m. Det er mulig tykkelsen er større da EM-bølgene dempes raskt i slike finkornige masser.

Profil 2

Profil 2 ble målt på tvers av den bredeste delen av elvesletta og krysset profil 1 ved posisjon 590. Flyttavstand var her 0.5 m. Opptakene, kartbilag -03, gjenspeiler samme type masser og strukturer som beskrevet under profil 1. Et tynt horisontalt topplag, maksimum 4 m, ligger over dårlig sorterte grove masser uten tydelig lagdeling. Penetrasjonen er 15 - 20 m (korrigert for lavere hastighet i mettet sone). En har ikke kontroll på fjelloverflaten på dette profilet og en ser ingen tydelige reflektorer som kan indikere fjellet under løsmassene. Topplaget varierer i tykkelse, og enkelte steder ser det ut til å være borte. Jo nærmere en kommer elva jo mindre blir det å se av topplaget. Dette kan ha sammenheng med avsetningsforholdene som ikke har vært like rolig som lenger inne på elvesletta.

Grunnvannsspeilet ligger grunt, og på grunn av direktebølger og horisontale strukturer er det vanskelig å si eksakt hvor det ligger. Etter som det ikke indikeres på dypere nivå, antar en at den gjennomående reflektoren på ca 2 m dyp representerer grunnvannsspeilet. På grunn av små ujevnheter i overflaten som det ikke er høydekorrigert for, kan en se svake dybdevariasjoner på reflektoren. Grunnvannsspeilet ser ut til for det meste å ligge i det finkornige topplaget, flomsedimentene, og massene i umettet sone antas å være av samme type bortsett fra i de deler av profilet topplaget ikke indikeres som f.eks fra posisjon 380-450, 465-500, 645-750 og 780-821. Her kan de underliggende usorterte massene gå opp til overflaten.

Fra posisjon ca 70 til 245 indikeres de samme horisontale lagene som omtalt under profil 1. Her er ikke start og begynnelse på avsetningen like skarp noe som tyder på mere kompliserte avsetningsforhold. De sentrale delene av avsetningen har identisk refleksjonsmønster (parallelt) som på profil 1. Fra posisjon 250 - 400 har en antydning til skrått og haugemønster. Dette kan minne litt om deltaoppbygging med lagdelt sand og grus. Mest trolig er det da lokale delta fra sideelver (bekker). Den manglende penetrasjonen ved posisjon 230 skyldes passering av en traktorveg dekt med naturgjødning.

Profil 3

Profil 3 ble målt på tvers av elvesletta ca 300 m sør for profil 2 og krysset profil 1 ved posisjon 265. Hele dette profilet indikerer flomsedimenter i det antatte gamle elveløpet. Refleksjonsmønsteret er parallelt og indikerer horisontale lag av silt/sand. Tykkelsen varierer fra 5 til 8 m. Det er usikkert om de svake refleksjonene på et noe større dyp indikerer de samme massene. Som på de andre profilene er det vanskelig å identifisere grunnvannsspeilet. Det ble observert vann i overflaten (tuet beitemark). Hvis dette var grunnvannsspeilet er det ikke mulig å se det på opptakene.

Profil 3A

Profil 3A er en fortsettelse av profil 3 fra veien i retning elva. Her har refleksjonsmønsteret gått over til kaotisk (dårlig sortert sand/grus) nederst med et topplag med parallelt mønster som indikerer tynne horisontale finkornige lag (silt/sand). Også her kan en enkelte steder observere at de underliggende usorterte massene trolig går opp til overflaten. Dette kan observeres mellom posisjon 50-75, 155-175, 200-205, 310-320. Tykkelsen på topplaget er stedvis ca 3 m, mens penetrasjonen i de underliggende masser er ca 15 m (korrigert for lavere hastighet i vannmettet sone). Fra posisjon 170 - 320 (nærmest elva) kan en under de usorterte massene se antydning til skrått refleksjonsmønster som tyder på skrålag av sand og grus. Dette kan tyde på varierende avsetningsforhold med deltautbygging i en tidligere periode.

Som på de andre profilene er det også her noe vanskelig å identifisere grunnvannsspeilet pga. de parallelle strukturene i topplaget. En antar at det faller sammen med direkte bølge på 1.5 - 2 m dyp. Dette betyr at de umettede masser over grunnvannsspeilet hovedsakelig består av finkornige flomsedimenter bortsett fra i de områder de usorterte massene ser ut til å gå opp til overflaten.

3.2 Fossøy

Det andre området som ble undersøkt var Fossøy ca 4 km nord for Myklemyr. Dette er også en elveslette med bratte fjell på begge sider. Georadaropptakene herfra er vist i kartbilag -05. Hovedinntrykket fra Fossøy er de tydelige deltastrukturene som kommer frem og som viser at denne elvesletta trolig er dannet på en annen måte enn ved Myklemyr.

Profil 4

Profil 4 ble målt langs veien fra sørenden av elvesletta til nordenden. Penetrasjonen er bortimot 30 m. Også her indikeres et topplag med parallelstruktur som tyder på horisontale lag av finkornig materiale, silt/sand. Tykkelsen på dette topplaget varierer fra 0 - 4 m. Under dette finstofflaget indikeres et 6 - 7 m tykt lag med hauget refleksjonsmønster som kan indikere lagdelt sand og grus. Under dette igjen ser tydelige skrålag av sand/grus som tyder på breelvavsetninger (deltautbygging). Tykkelsen på disse sand/gruslagene er enkelte steder minst 20 m. Fra posisjon 0 - 200 skifter helningen på lagene. Dette kan skyldes endrede strømningsretninger i avsetningsperioden eller lokale deltaoppbygginger fra sideelver. Fra posisjon 200 til 630 har avsetningene noenlunde samme fall som tyder på masser avsatt nedstrøms foran en bre. Avtakende penetrasjon fra posisjon 440 til ca 500 kan indikere fjelloverflaten, men det kan også være ledende sedimenter som vil dempe EM-bølgene. Penetrasjonen er 15 - 20 m ved posisjon 500. Topografien i dagen kan tyde på at fjelltopografien under løsmassene styrer penetrasjonen. Fra posisjon 630 faller skålagene motsatt retning, og fra posisjon 680 skifter retningen flere ganger. Noe av dette mønsteret kan oppfattes som diffraksjoner. Diffraksjonsmønstre opptrer ved refleksjoner fra store steiner og blokker som ligger begravd i løsmassene. Fjelloverflaten kan også gi diffraksjonsmønster. Den avtakende penetrasjonen fra posisjon 800 til 910 kan være styrt av fjelltopografien under løsmassene. Ved posisjon 910 er penetrasjonen 7 - 8 m som kan tyde på et mindre dyp til fjell her. Dette stemmer også meget godt med topografien i dagen hvor profilet nærmer seg en fjellrygg som stikker ned under løsmassene.

Grunnvannsspeilet er vanskelig å se da det ligger grunt og faller sammen med direktebølger og grunne horisontale lag. På første del av profilet, frem til posisjon ca 400 er det umulig å se grunnvannsspeilet som egen reflektor. Trolig ligger det ikke dypere enn 2 m. Fra posisjon 465

observeres en horisontal reflektor på 3 m dyp som kan være grunnvannsspeilet. Den kan ikke følges kontinuerlig videre. Fra posisjon 800 til 940 observeres en tydelig horisontal reflektor på 3.5 m dyp som antas å representere grunnvannsspeilet. Finkornige flomsedimenter ser ut til å dominere i umettet sone på nedre del av elvesletta da en her har de sikreste indikasjoner på finkornige topplag. Fra ca posisjon 300 synes flomsedimentene mindre utholdende og den underliggende sand/grusavsetningen kommer opp i umettet sone. Enkelte steder kan den gå ut i dagen som f.eks mellom posisjon 550 og 650 hvor det er vanskelig å se noe topplag med parallelt refleksjonsmønster. Områder med lav reflektivitet i de øverste 5 - 6 m gjør det vanskelig å bestemme hva slags masser en har i disse områdene. Et eksempel på et slikt område er mellom posisjon 750 og 940. Hovedinntrykket er likevel mindre flomsedimenter på nordre del av elvesletta og dermed noe grovere masser i umettet sone.

Profil 5

Profil 5 ble målt på tvers av elvesletta og krysset profil 4 ved posisjon 415 - 430. Profilet startet nesten helt inne ved en bratt fjellvegg. På grunn av teknisk svikt i instrumentet fikk en ikke målt helt ned til elva som var planen. Penetrasjonen er 25 - 30 m (etter korrigerings for lavere hastighet i vannmettet sone). Tydelige diffraksjoner fra posisjon 0 (200 ns) til 35 (900 ns) skyldes trolig fjelloverflaten som stuper bratt ned her. Profilet skjærer skrålagene på tvers av avsetningsretningen, se profil 4 posisjon 415 - 430, og lagene vil da vises som tilnærmet horisontale. En ser imidlertid variasjoner i avsetningsretningen. På slutten av profilet vises skrålagningen igjen da profilet svinger 90 grader og går i retning langs dalen og avsetningsretningen. Opptaket bekrefter deltautbygningen som er beskrevet under profil 4. Over skrålagene ser en et 6 - 8 m tykt lag med hauget refleksjonsmønster, lagdelt sand og grus. Topplaget av flomsedimenter med parallelt mønster ser en mindre av på dette profilet. Variasjon i reflektiviteten og direktebølger gjør det vanskelig å bestemme massesammensetningen i umettet sone, men bruddstykker av parallelstruktur indikerer at det også her er finkornige masser i topplaget.

Grunnvannsspeilet er det vanskelig å identifisere. Bruddstykker av en horisontal reflektor kan observeres flere steder på 2 - 3 m dyp som mellom posisjon 230 og 250. Med et grunnvannsspeil på dette dypet vil umettet sone bestå av sand/grus. Selv om det som nevnt foran er vanskelig å se flomsedimentlagene, må en anta at de finnes på dette profilet også. Tykkelsen er mindre, kanskje 1 - 2 m.

Oppsummering

Georadarmålinger på elveslettene ved Myklemyr og Fossøy i Jostedalen har indikert tykke sand/grusavsetninger. Ved Myklemyr synes løsmassene å bestå av dårlig sorterte grove masser uten tydelig lagdeling. Disse massene gjennomskjæres av en utgravd kanal som senere er fylt igjen av flomsedimenter. Dette kan være et gammelt elveløp fra en breelv. Ved

Fossøy indikeres tydelig skrålag av sand/grus som er typisk for deltaoppbygging ved breelvavsetninger.

Målingene har også vist at det på toppen ligger et noe tynnere lag av finkornige sedimenter (flomsedimenter). Dette laget varierer i tykkelse fra 0 -4 m. Det kan synes som om andelen flomsedimenter i umettet sone over grunnvannsspeilet er minst ved Fossøy. Ved Myklemyr indikeres grunnvannsspeilet på ca 2 m dyp og mesteparten av umettet sone består av finkornige flomsedimenter. Ved Fossøy ligger trolig grunnvannsspeilet litt dypere 2 -3.5 m og umettet sone har også innslag av sand/grus uten at det er mulig å anslå hvor mye.

Det er vanskelig å anslå eksakt dyp til fjell. Enkelte steder styrer fjelltopografien under løsmassene penetrasjonen, men noen tydelig fjellreflektor indikeres ikke. Observasjonene tyder likevel på et mindre dyp til fjell på disse stedene noe som samsvarer godt med observert topografi på overflaten.

4. KONKLUSJON

Georadarmålinger på elvesletter ved Myklemyr og Fossøy i Jostedalen har påvist tykke lag av løsmasser, opp til 30 m. Hensikten med målingene har vært å bestemme grunnvannsspeilets beliggenhet og å bestemme hva slags masser det er i umettet sone. Georadarmålinger kan imidlertid ikke gi noe eksakt svar på kornfordelingen i de masser en måler over. Målingene har vist at grunnvannsspeilet ligger grunt, 2 - 3 m. Elveslettene er etter flere flommer blitt dekket av et topplag av meget finkornige sedimenter. Dette er observert i dagen og ved graving. Disse sedimentene har horisontale lagstrukturer som kommer tydelig frem på georadaropptakene. En ulempe er at det i slike strukturer kan være vanskelig å identifisere grunnvannsspeilet som egen reflektor. Det er mulig målinger med en høyere frekvens, 200MHz, kunne gitt bedre oppløsning og dermed en bedre identifikasjon av massene. Tykkelsen av topplaget (flomsedimenter) varierer fra 0 - 4 m. Under topplaget er det sand og grus. Ved Myklemyr betegnes de underliggende massene som dårlig sorterte uten tydelige lagstrukturer. Ved Fossøy vises tydelig skrålagning av sand og grus som er typisk for en breelvavsetning (delta).

Massene i umettet sone over grunnvannsspeilet består for det meste av finkornige flomsedimenter. Enkelte steder kommer de underliggende grovere avsetningene opp over grunnvannsspeilet. Ved Fossøy ser det ut som om de grovere massene går ut i dagen, særlig på nordre del av sletta og ut mot Jostedøla. Det er vanskelig å anslå fordelingen av flomsedimenter og grovere masser i umettet sone.

Ved Myklemyr ble en interessant geologisk hendelse oppdaget. Målingene indikerte en utgravd kanal i løsmassene som senere var fylt med finkornige sedimenter. Dette kan være et gammelt elveløp fra en breelv i en tid da isbreene var større og befant seg lenger fram mot Jostedalen. Hurtig avsmelting har trolig ført store vannmengder ned mot elvesletta og gravd seg ned i denne og elveløpet er senere gjenfylt med finkornige sedimenter (flomsedimenter).

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 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.

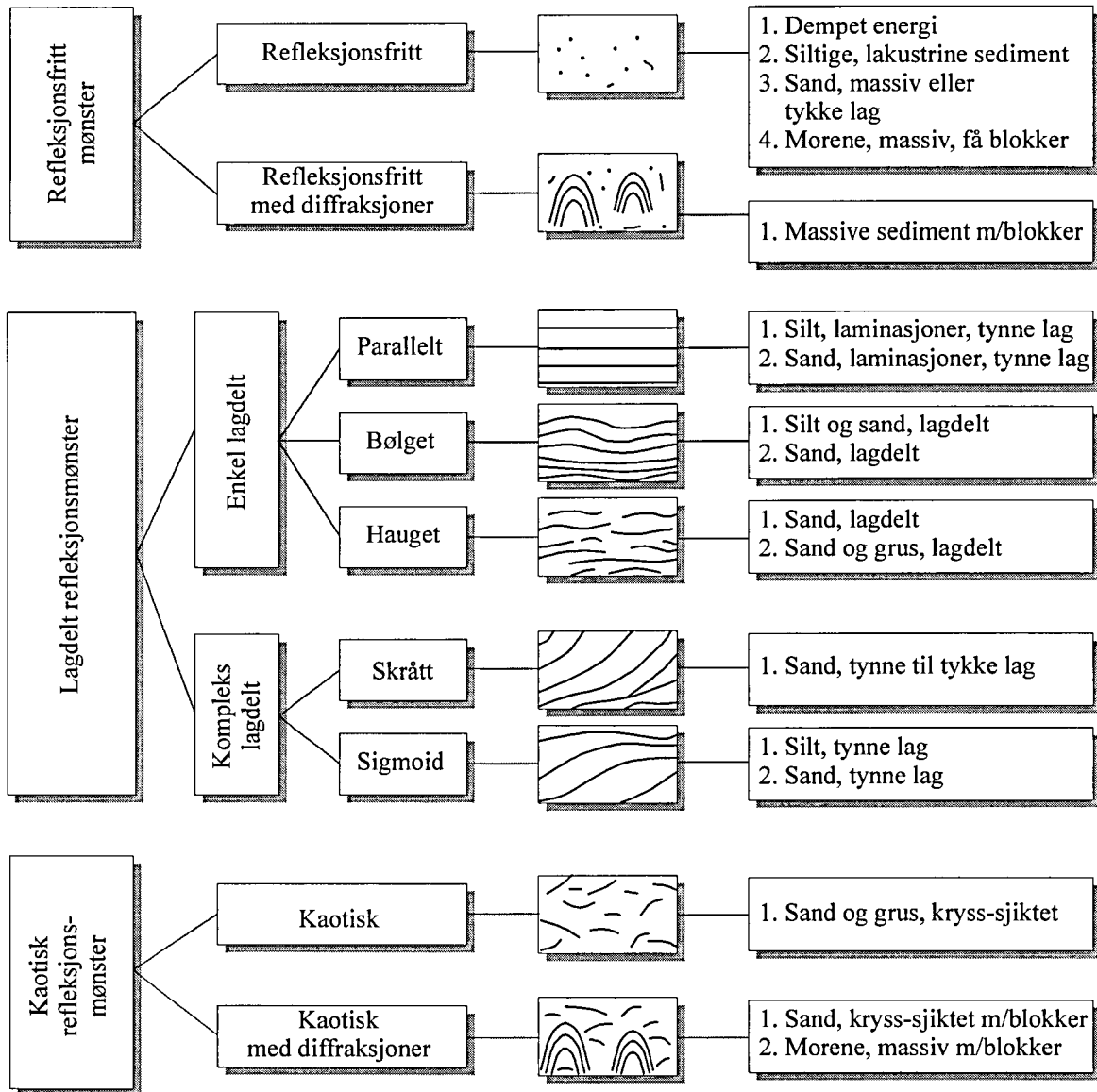
Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere dempning av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin 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.

<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>

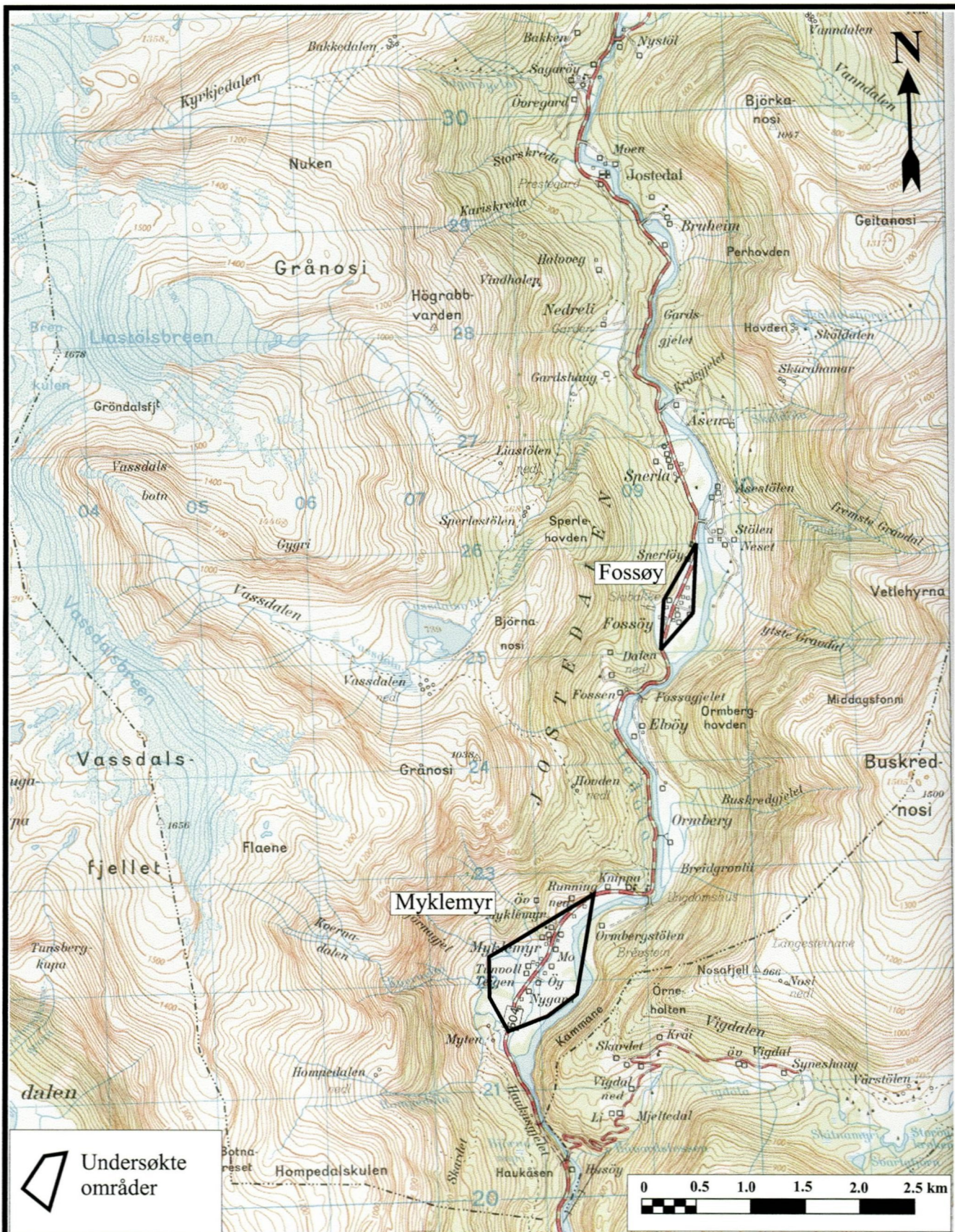
Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.


Refleksjonsmønster

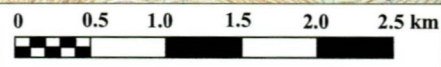
Tolkning



Skjema som knytter refleksjonsmønster på georadaropptak til avsetningstype og lagdeling (etter Beres & Haeni, 1991).



 Undersøkte områder



UiB, NGU
OVERSIKTSKART, UNDERSØKTE OMRÅDER

JOSTEDALEN

LUSTER, SOGN OG FJORDANE

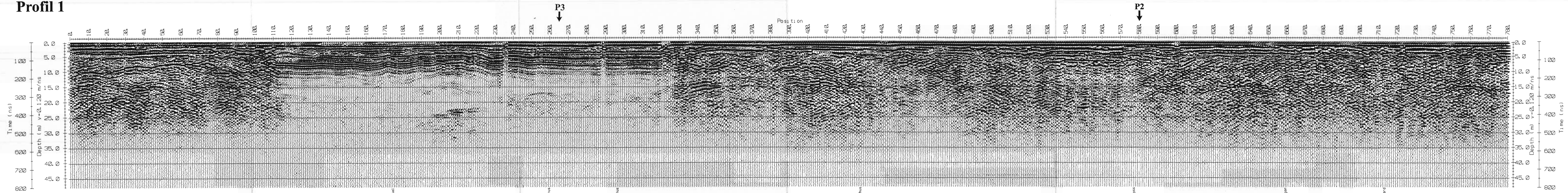
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:50000	MÅLT HE/SHL	Juni -98
	TEGN HE	Jan. -99
	TRAC	
	KFR	

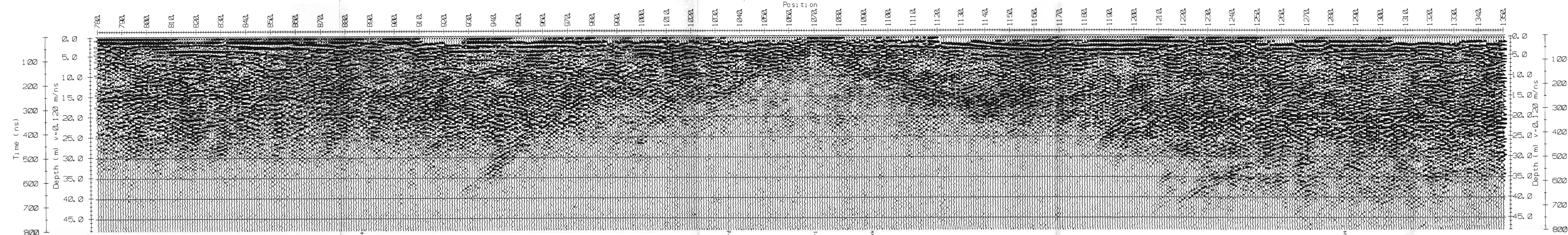
TEGNING NR
99.013-01

KARTBLAD NR
1418 III

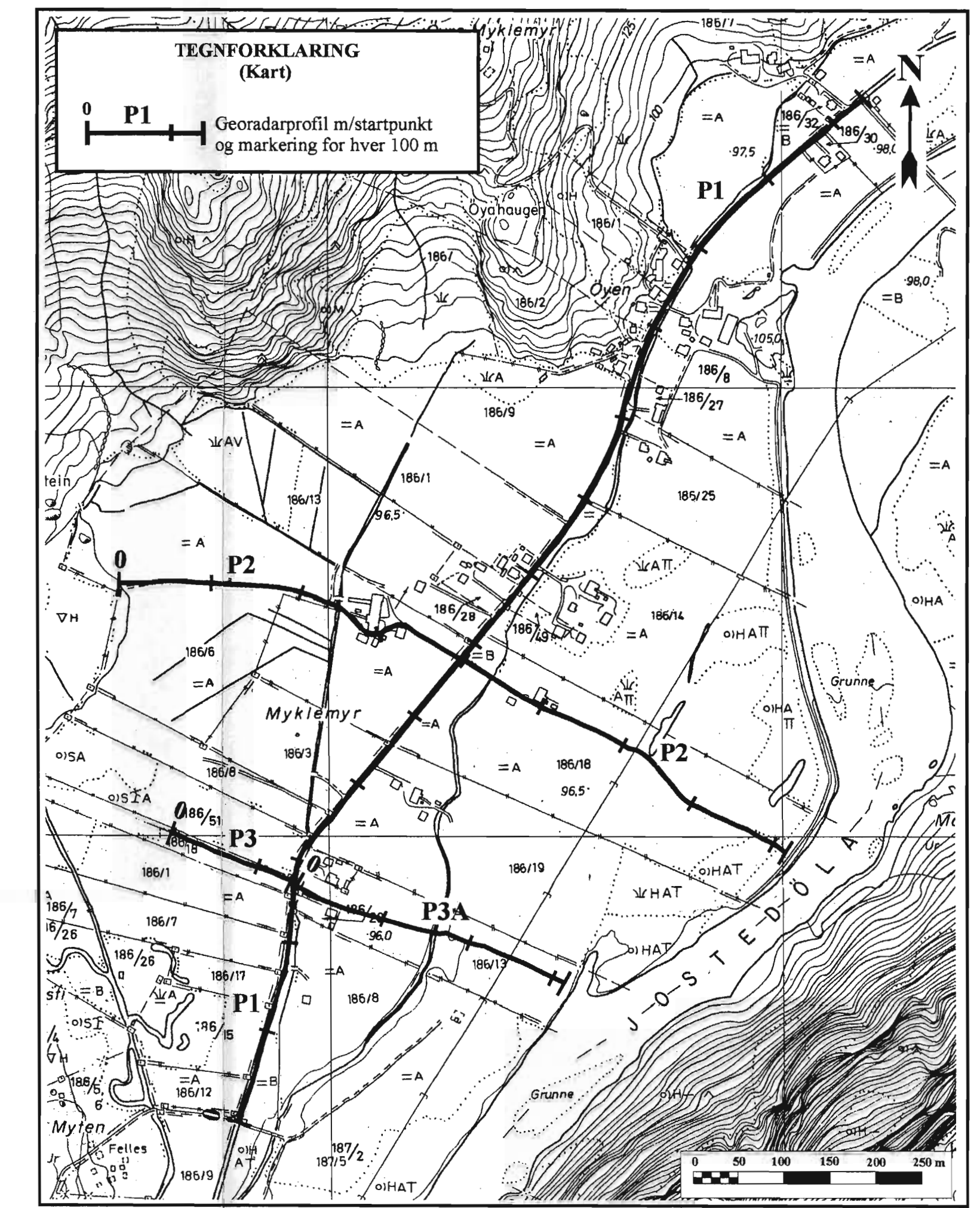
Profil 1



Profil 1 (forts.)

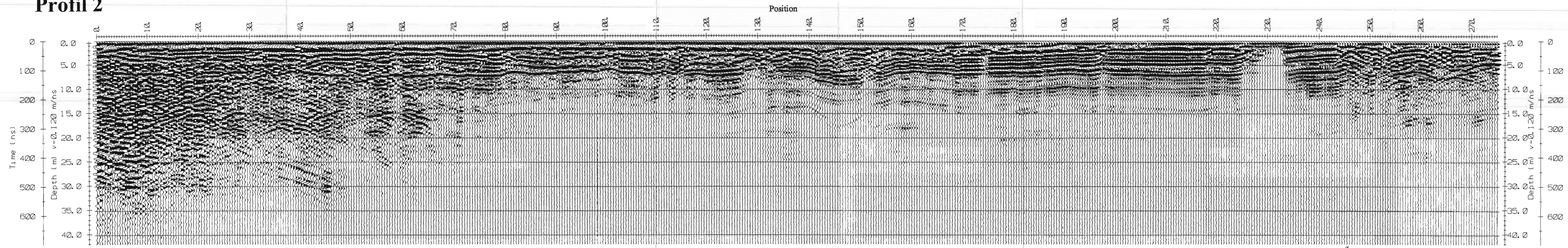


TEGNFORKLARING (opptak)
 P2 ↓
 ↓ Kryssende georadarprofil

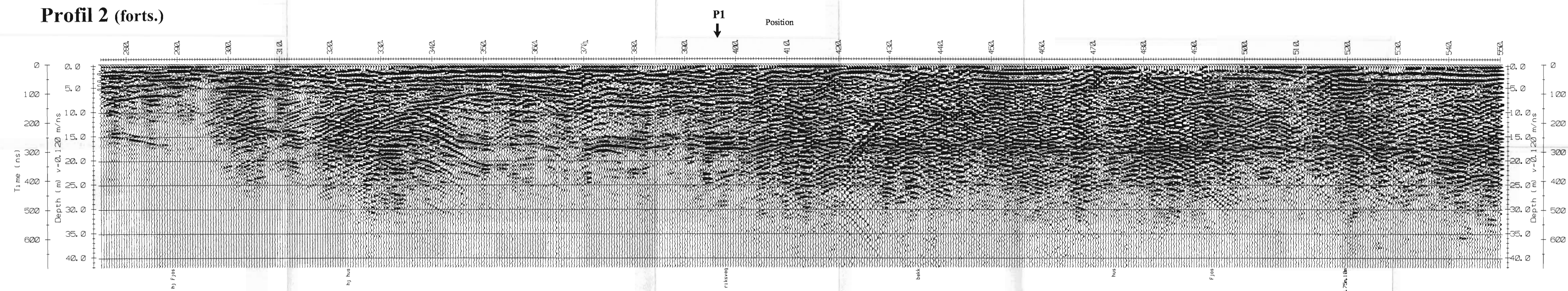


UB, NGU GEORADAROPPTAK MYKLEMYR, JOSTEDALEN LUSTER, SOGN OG FJORDANE	MALESTOKK 1:5000 (kart)	MALT HE/SHI TEKN HE TRAC KFR KONF	Juni -98 Jan. -99
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 99.013-02	KARTBLAD NR 1418 III

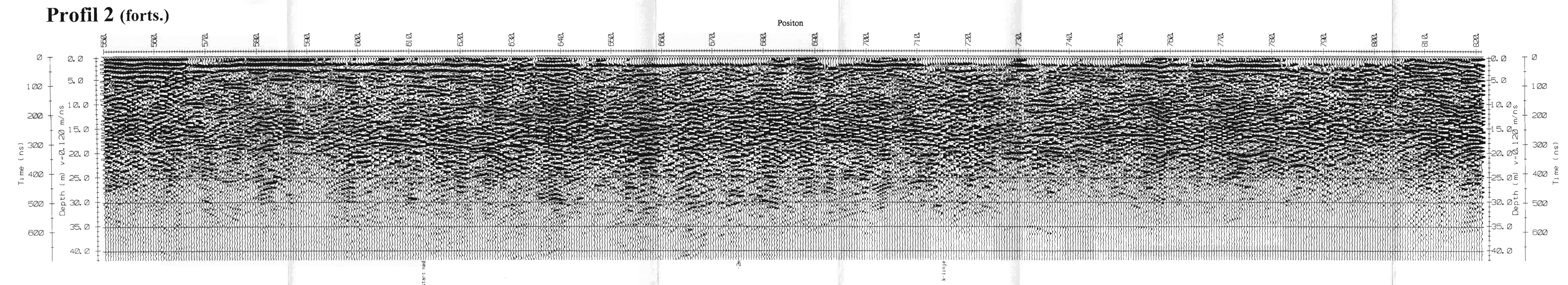
Profil 2



Profil 2 (forts.)



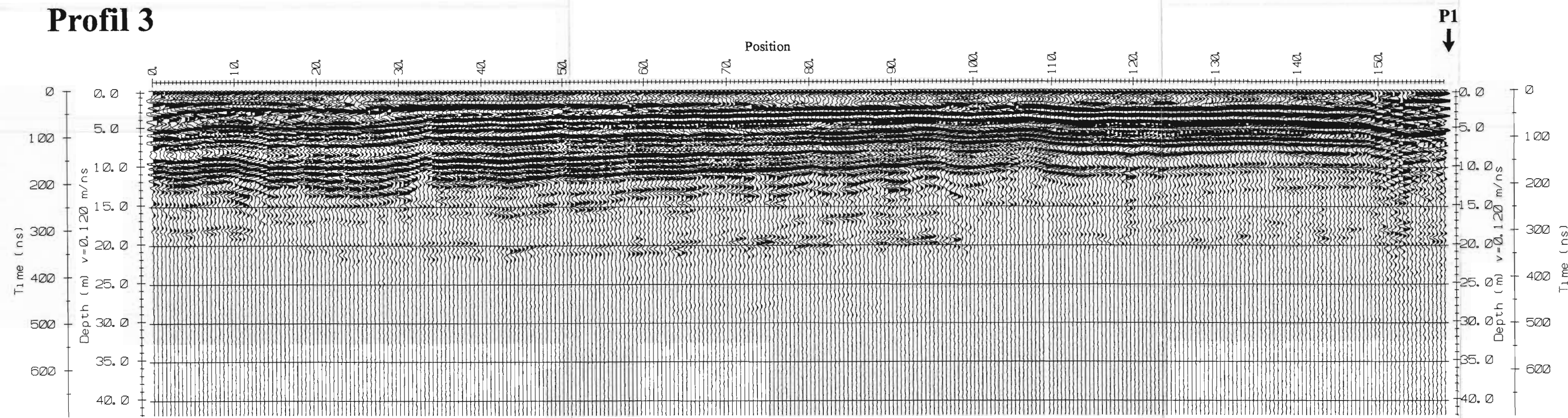
Profil 2 (forts.)



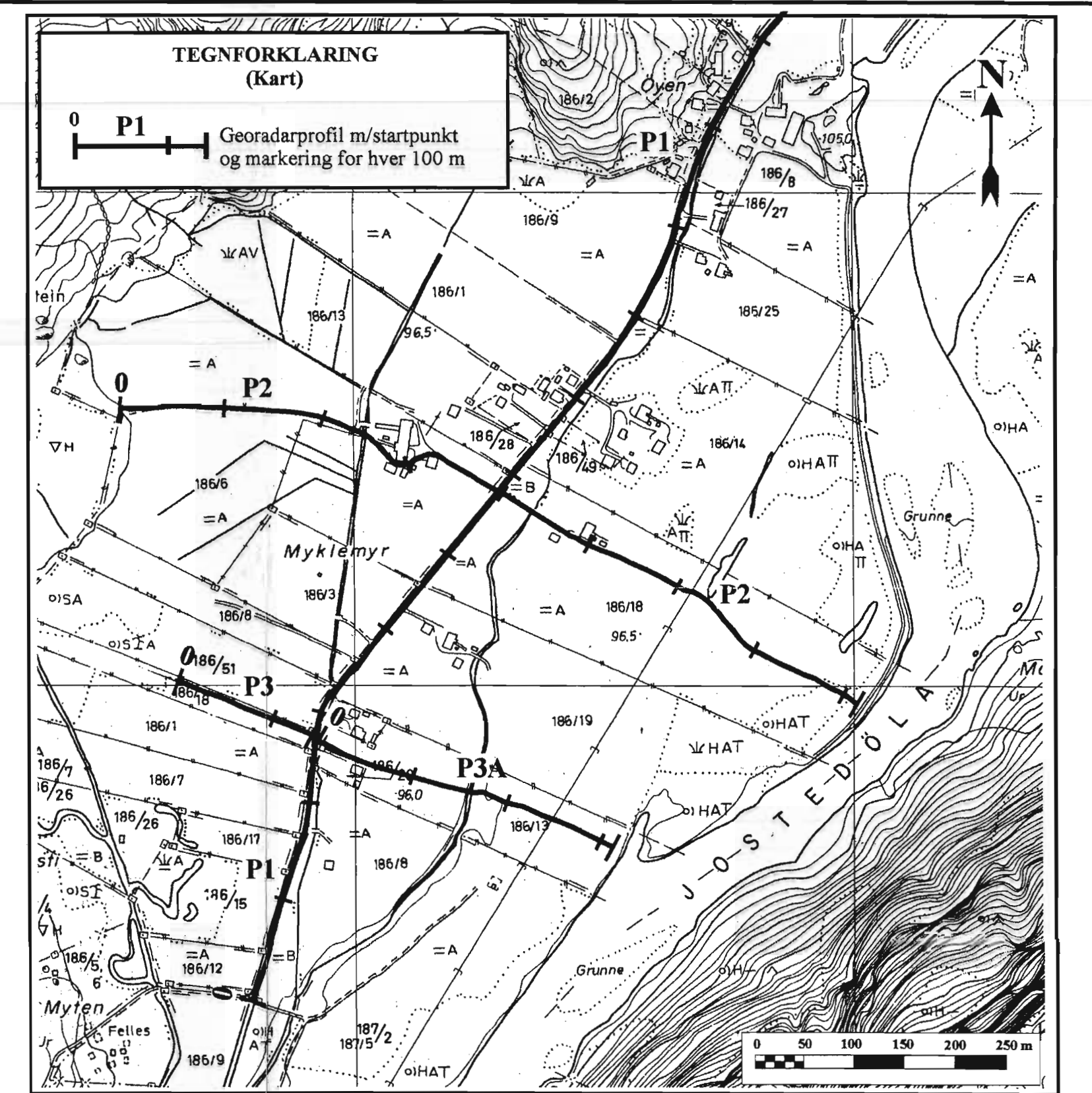
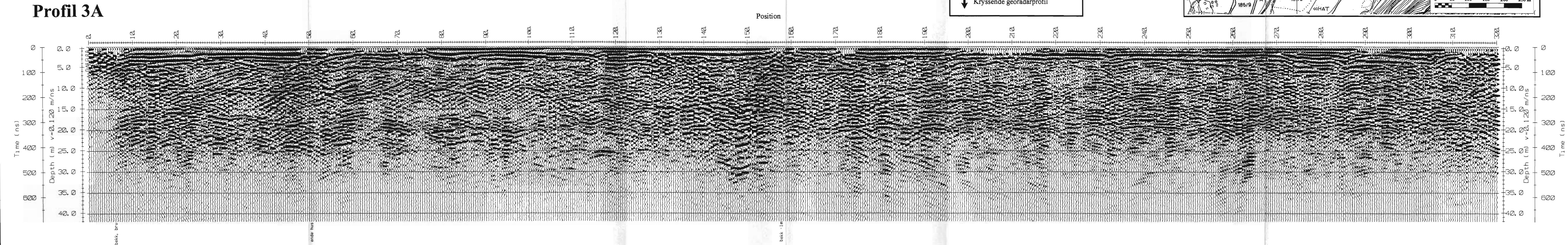
TEGNFORKLARING (optak)
 ↓ Kryssende georadarprofil

UIB, NGU GEORADAROPPTAK MYKLEMYR, JOSTEDALEN LUSTER, SOGN OG FJORDANE	MÅLSTOKK 1:5000 (kart)	MÅLT HE/SHI JUNI -98 TRAC KFR KONF
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 99.013-03

Profil 3



Profil 3A

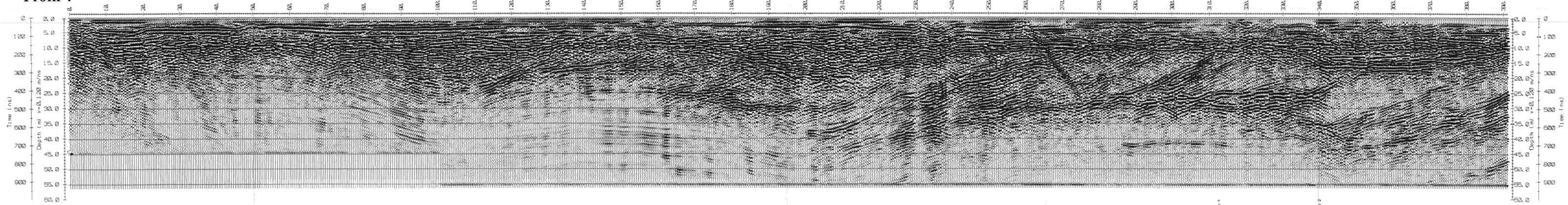


TEGNFORKLARING (opptak)

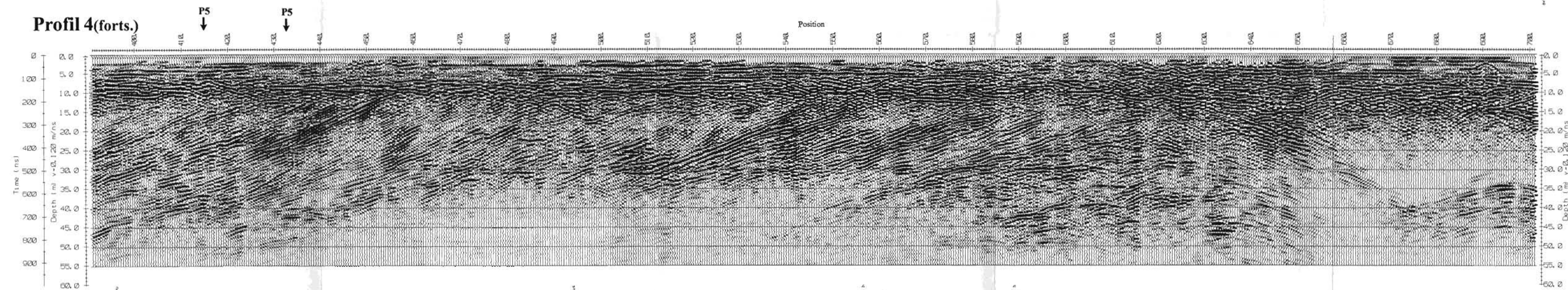
P1 ↓ Kryssende georadarprofil

UIB, NGU GEORADAROPPTAK MYKLEMYR, JOSTEDALEN LUSTER, SOGN OG FIORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT HE/SHJ	Jun -98
	1:5000 (kart)	TEGN HE	Jan -99
		TRAC	
	KFR	KONF	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 99.013-04	KARTBLAD NR 1418 III	

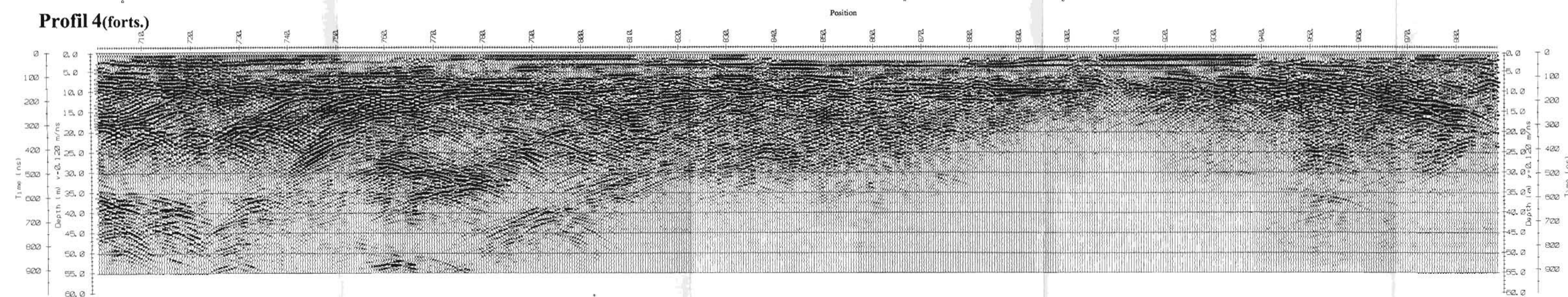
Profil 4



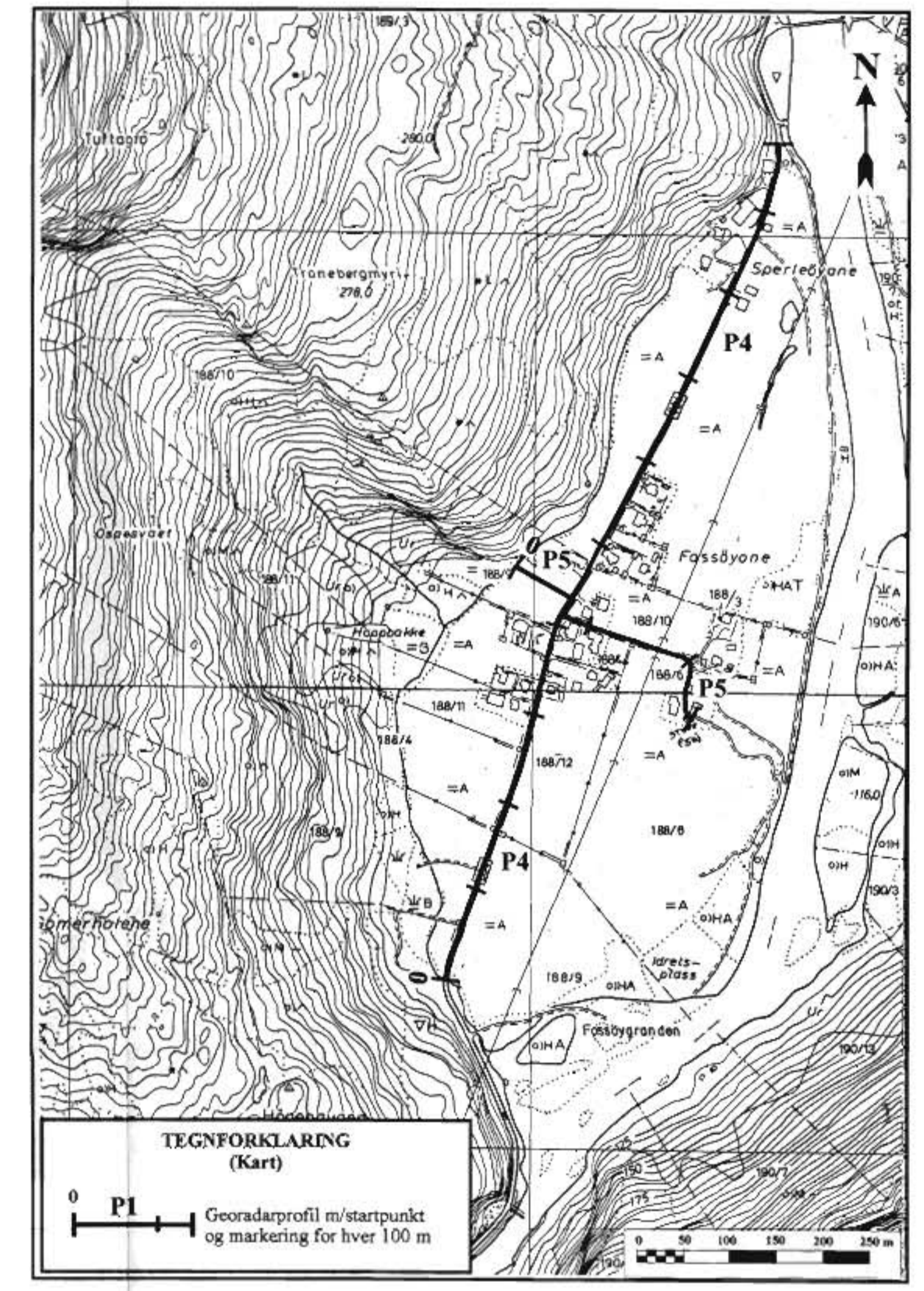
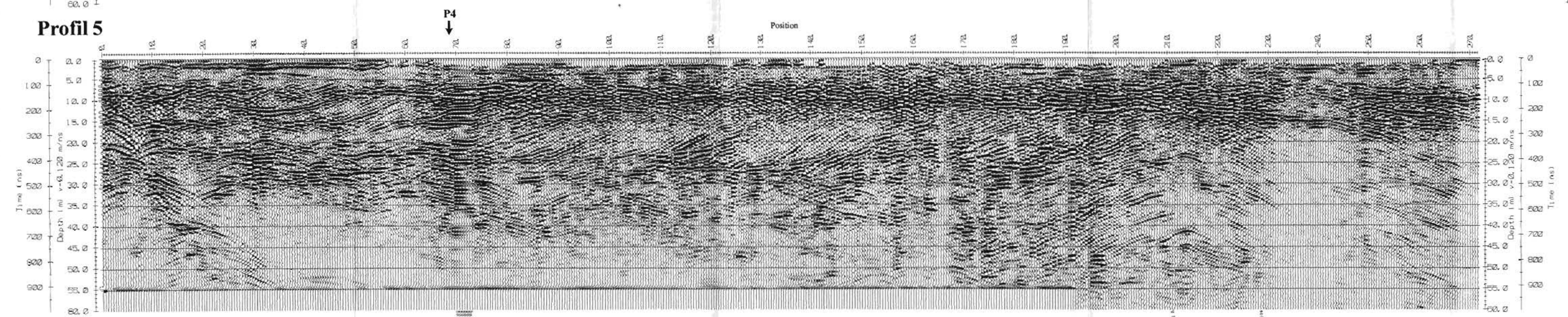
Profil 4(forts.)



Profil 4(forts.)

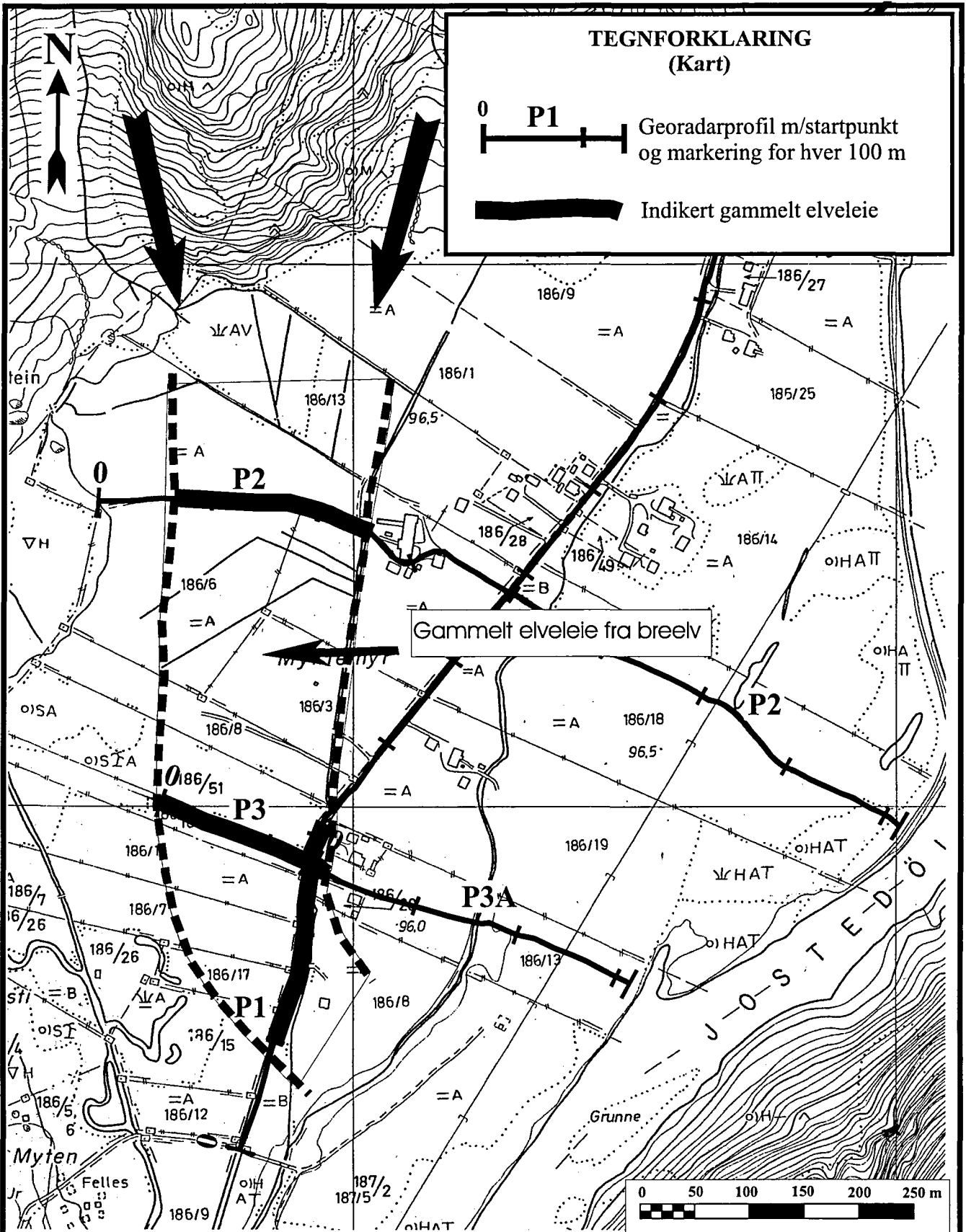


Profil 5



TEGNFORKLARING (opptak)
 ↓ Kryssende georadarprofil

UB, NGU GEORADAROPPTAK FOSSØY, JOSTEDALEN LUSTER, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK 1:5000 (kart)	MÅLT HESHJ. Jan. 98 TEGN HE. Jan. 99 TRAC KFR KONF
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 99.013-05



UiB, NGU
TOLKNINGSKART

MYKLEMYR, JOSTEDALEN

LUSTER, SOGN OG FJORDANE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:5000

MÅLT HE/SHL Juni -98

TEGN HE Jan. -99

TRAC

KFR

TEGNING NR
99.013-06

KARTBLAD NR
1418 III