

NGU Rapport 2000.025

Georadarmålinger i forbindelse med kartlegging
av grunnvarmepotensialet i løsmasser ved Voss

Rapport nr.: 2000.025		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Georadarmålinger i forbindelse med kartlegging av grunnvarmepotensialet i løsmasser ved Voss				
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU / Voss kommune		
Fylke: Hordaland		Kommune: Voss		
Kartblad (M=1:250.000) Odda		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1316 III Voss		
Forekomstens navn og koordinater: Tvildemoen 32V 3599 67247, Vossevangen 32V 3591 67235		Sidetall: 29	Pris: 240,-	
Feltarbeid utført: 31.08.-01.09.1999		Rapportdato: 25.09.2000	Prosjektnr.: 2771.05	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>I samarbeid med Voss kommune har NGU utført georadarmålinger og en del grunnboringer for å vurdere grunnvarmepotensialet i løsmasser nær Voss sentrum. Denne rapporten presenterer opptak og tolkning av georadarmålingene, men for tolkningen er også resultater fra grunnboringene benyttet. Målingene omfatter 11 georadarprofiler med samlet lengde nær 5,2 km, hvorav 4 profiler på til sammen 1,4 km er målt på Tvildemoen og 7 profiler på til sammen vel 3,7 km er målt i området Vossevangen. Det er mektighet og utbredelse av vannmettede sand/grus-dominerte avsetninger som er avgjørende for vurdering av grunnvarmepotensialet i området.</p> <p>På Tvildemoen er det bare under deler av moen at det ligger løsmasser under grunnvannsspeil og mektigheten av vannmettet sone i løsmassene er begrenset til noen få meter. Løsmassene har variabel og til dels kompleks sammensetning og er for en del også morenedominert. Tvildemoen regnes derfor å være dårlig egnet for uttak av større mengder grunnvann og vurderes å ha meget lavt grunnvarmepotensiale.</p> <p>Sentrale deler av Vossevangen, dvs. området mellom Vosso og Vangsvatnet, regnes å ha et høyt grunnvarmepotensiale med mektigheter av vannmettede sand/grus-dominerte avsetninger varierende fra 15 til 25 m. Område vest, dvs. vestover langs nordsiden av Vangsvatnet, synes å ha et meget begrenset grunnvarmepotensiale med aktuelle løsmassemektigheter varierende fra 3 til maksimum 9 m. Område øst, dvs. på løsmasseflaten øst for Vosso, regnes å ha et visst grunnvarmepotensiale, men betydelig mindre enn i området vest for elva. Aktuelle løsmassemektigheter varierer stort sett mellom 6 og 14 m. Område sør, dvs. området mellom utløpene av Vosso og Bordalselva i Vangsvatnet, synes å ha et forholdsvis høyt grunnvarmepotensiale med aktuelle løsmassemektigheter på 10-15 m sentralt i området, men er på 17-24 m både i nordlige og sørlige del av området.</p> <p>Ut fra resultatene av georadarmålingene og grunnboringene skal NVE utføre modellberegninger for mer kvantitativ vurdering av grunnvarmepotensialet for hele området Vossevangen.</p>				
Emneord: Geofysikk		Georadar		Løsmasse
Grunnvann		Grunnvarme		
				Fagrapport

INNHOOLD

1. INNLEDNING	4
2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE	4
3. RESULTATER	5
3.1 Tvildemoen (P1, P1B, P2, P3 og P11)	5
3.1.1 Profilbeskrivelser	6
3.1.2 Konklusjon	6
3.2 Vossevangen (P4, P5, P6, P7, P8, P9 og P10)	7
3.2.1 Profilbeskrivelser	7
3.2.2 Konklusjon	9
4. REFERANSER	10

TEKSTBILAG

1. Georadar – metodebeskrivelse
2. Skjema for tolkning av refleksjonsmønster

DATABILAG

1. Hastighetsanalyser (CMP1 og CMP2)
2. Tabellarisk tolkning av dyp til grunnvannsspeil og dyp til tette masser for P4-P10
3. Resultater grunnboringer Voss (Undersøkelsesbrønner og Sonderboringer)

KARTBILAG

- 2000.025-01 Oversiktskart Voss (M 1:50 000)
- 2000.025-02 Georadaropptak Tvildemoen – profilene P1, P1B og P11
- 2000.025-03 Georadaropptak Tvildemoen – profilene P2 og P3
- 2000.025-04 Georadaropptak Vossevangen – profilene P4 og P5
- 2000.025-05 Georadaropptak Vossevangen – profilene P6 og P7
- 2000.025-06 Georadaropptak Vossevangen – profil P8
- 2000.025-07 Georadaropptak Vossevangen – profilene P9 og P10

1. INNLEDNING

I samarbeid med Voss kommune har NGU i 1999 utført georadarmålinger og en del grunnboringer for å vurdere mulighetene for uttak av grunnvann i løsmasser for bruk i oppvarmingsformål ved hjelp av varmepumpe-teknikk. NVE vil ut fra tolkning av disse grunnlagsdata foreta en datamodellering av grunnvarme-potensialet i de undersøkte områdene. Undersøkelsene er begrenset til områder nær Voss sentrum og er fordelt på to hovedlokaliteter, dvs. Tvildemoen og Vossevangen (vist i kartbilag –01).

Denne rapport presenterer opptak og tolkning av georadarmålingene. For tolkning av måleprofilene er resultatene fra grunnboringene (databilag 3) også benyttet. Det er i alt målt 11 profiler med samlet lengde nær 5,2 km, hvorav 4 profiler på til sammen 1,4 km er målt på Tvildemoen og de øvrige 7 profilene på til sammen vel 3,7 km er målt i området Vossevangen. I tillegg til profilmålingene er det på hver lokalitet utført en CMP-måling for å bestemme radarbølge-hastighet i løsmassene.

Georadarprofilene ble målt 31.08-01.09.1999 av NGU-forskerne Atle Dagestad (prosjektleder) og Jan Fredrik Tønnesen. CMP-målingene ble utført 03.09.1999.

2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. 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. For 3 profiler på Tvildemoen (P1-P3) ble det benyttet antenner med senterfrekvens 100 MHz og med opptakstid på 1000 ns (nanosekunder) med samplingsintervall på 0,8 ns. For de øvrige profilene (P4-P10 på Vossevangen og P11 på Tvildemoen) ble det anvendt antenner med senterfrekvens 50 MHz og med opptakstid på 1400 ns og samplingsintervall 1,6 ns. Nordlige del av P4 ble først målt med 100 MHz antenner, men på grunn av for begrenset dybderekkevidde ble det byttet til 50 MHz antenner, og målingene med 100 MHz antenner for P4 er ikke tatt med i profiltolkningene. For om mulig å øke dybderekkevidden i profil P1 ble de nordligste 200 m målt om igjen med 50 MHz antenner (P1B). Begge datasettene er tatt med i profilbeskrivelsen.

For å lette gjennomføringen av profilmålingene 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, veier, gjerder, kraftlinjer samt bygninger og andre terrengdetaljer for å få sikrest mulig profilposisjonering. Ved CMP-målingen ble det benyttet antenner med senterfrekvens 100 MHz og opptakstid 1000 ns for CMP1, og 50 MHz antenner og opptakstid på 1400 ns for CMP2.

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. Georadaropptakene har et relativt kraftig innslag av teknisk støy. For å bedre signal/støyforholdet i opptakene ble høyfrekvente signaler fjernet ved filtrering. For profilene P1-P3 ble signaler med frekvens over 125 MHz fjernet, for de øvrige profilene ble frekvenser over 94 MHz fjernet før utskrift. I utskriftene er også variasjoner i terrengoverflaten lagt inn. Terreng høyden er avlest fra kommunale kart med 1 m koteavstand, og utskriftene er forsynt med høydeakser som refererer til havnivå. Tabell 1 viser en oversikt over de målte profilene og angir sted, lengde, hvilken antenne-frekvens som er benyttet og i hvilke kartbilag profilutskriftene er gjengitt.

Penetrasjonsdypet (dybderekkevidden) vil være viktigste indikator for mulighetene for uttak av grunnvann fra løsmassene, da dette som regel vil beskrive mektigheten av sand/grus-dominerte avsetninger. Det kan være forholdsvis god penetrasjon også i finsanddominerte avsetninger selv med et visst siltinnhold, men disse vil være dårlige vanngivere. Refleksjonsmønsteret vil som regel kunne gi en del tilleggsinformasjon om avsetningstyper og materialsammensetning. I tekstbilag 2 er vist et skjema (etter Beres & Haeni, 1991) som kan være til hjelp for tolkning av sammenhengen mellom refleksjonsmønster og løsmasstype.

Tabell 1. Oversikt over profilenes plassering, lengde og benyttet antennefrekvens

Profil	Sted	Antenner (MHz)	Lengde (m)	Kartbilagsnr.
P1	Tvildemoen	100	600.5	-02
P1B	Tvildemoen	50	202.0	-02
P2	Tvildemoen	100	204.0	-03
P3	Tvildemoen	100	440.5	-03
P11	Tvildemoen	50	163.0	-02
P4	Vossevangen	50	911.0	-04
P5	Vossevangen	50	567.0	-04
P6	Vossevangen	50	299.0	-05
P7	Vossevangen	50	697.5	-05
P8	Vossevangen	50	557.0	-06
P9	Vossevangen	50	299.5	-07
P10	Vossevangen	50	417.5	-07

3. RESULTATER

Utskrift av georadaropptakene samt lokaliseringkart for georadarprofiler og sonderboringer er vist i kartbilagene -02 – -07. Tolket dyp ned til grunnvannsspeil og finstoff for området Vossevangen framgår av databilag 2. Resultater fra sonderboringer og testpumper framgår av databilag 3.

3.1 Tvildemoen (P1, P1B, P2, P3 og P11)

Utskrift av georadaropptakene samt lokalisering av profilene er vist i kartbilag -02 for P1, P1B og P11 på nordvestlige del av moen og i kartbilag -03 for P2 og P3 på den sørøstlige del

av moen. Utskrift av CMP-opptak (CMP1) med hastighetsanalyse er vist i databilag 1 og det framgår av den at radarbølgehastigheten ned til et tidsdyp på 330 ns ligger på rundt 0,11 m/ns. Denne verdi er brukt for beregning av høydeskala i profilutskriftene. Den forholdsvis høye hastighetsverdien representerer stort sett umettede løsmasseavsetninger og eventuelt også fjell.

3.1.1 Profilbeskrivelser

Langs P1, P1B og P11 (kartbilag -02) er det ingen entydig og gjennomgående fjellreflektor eller entydig grunnvannsspeil. I borpunkt 5 ved pos. 60 i P11 er det sand, grus og stein ned til 3,7 m, sand med noe grovt materiale videre ned til 9,7 m, deretter sand/finsand ned til fjell på 15,5 m dyp (databilag 3 side 5). I P11 ligger da fjell i overgang mellom kraftig reflektor og mer usammenhengende reflektorer under (ca. 66 m o.h.). Det opptrer derfor en god del refleksivitet fra strukturer i berggrunnen. Mot NV-enden av P11 skråner fjellet opp til rundt 70 m o.h. En skarp reflektor rundt 72 m o.h. (pos. 25-100) kan representere grunnvannsspeil og kan muligens følge overflaten av sand/finsand-laget. Fjelloverflaten kan skråne ned mot 60 m o.h. med løsmassemekthet på vel 20 m i sørligste del (fra pos. 120), men kan også ligge opptil 10 m grunnere.

Langs P1 (og P1B) er løsmassemektheten tolket å være rundt 5 m lengst NØ (ca. 75 m o.h.). Den øker til rundt 15 m ved pos. 90-100 men avtar til 10-12 m i området pos. 120-170. Den øker muligens igjen til 15 m ved pos. 200. Videre opptrer det en ryggform av antatt fjell eller muligens morene og i området pos. 250-340 er mektighet av overliggende avsetninger begrenset til 5-8 m. Løsmassemektheten øker trolig til 12-13 m ved pos. 360 og vil da være av denne størrelse fram til pos. 460. Det regnes at dyptgående skråreflektorer med fall mot NØ langs profilet skyldes strukturer i fjell (pos. 470-520) og løsmassemektheten kan være bare 5 m ved pos. 510. Det er usikkert om fjelloverflaten ligger dagnært videre mot SV (pos. 540-600) eller om reflektor i nivå 59-62 m o.h. representerer fjelloverflaten.

Grunnvannsspeil er ikke klart definert langs profilene P2 og P3 (kartbilag -03), men kan ligge på 3-4 m dyp langs sørvestlige del av P2 (51-52 m o.h. pos. 35-75). Indikasjoner på fjelloverflaten er mest usikker langs P2. Reflektor på fra 4 til 6 m dyp (48-51 m o.h.) i området pos. 10-75 kan representere fjell, da må underliggende refleksivitet stamme fra strukturer i fjell. Det kan ikke utelukkes at fjelloverflaten ligger dypere i nivå 42-43 m o.h. Fjelloverflaten kan også fortsette i nivå på vel 40 m o.h. også videre mot nordøst, men kaotisk refleksjonsmønster over tilsier at fjelloverflaten kan ligge overflatenært eller at materialet over fjell er morenedominert. Langs sørvestlige del av P3 regnes fjelloverflaten å ligge 9-12 m dypt i nivå rundt 45 m o.h. fram til pos. 90. Den stiger opp videre under bakkeskråningen, og under terrasseflaten i nordøst (pos. 185-440) fortsetter den som en markert reflektor som varierer fra 56 til 62 m o.h. og ligger 4 –10 m dypt under terrasseflaten. Markerte skråreflektorer i området pos. 80-160 er støysignaler, muligens refleksjoner fra tett granskog langs vegen.

3.1.2 Konklusjon

Tolkningen av georadaropptakene indikerer at løsmassemektheten på Tvildemoen stort sett varierer mellom 5 og 15 m (maks.20 m). Boring har også påvist fjell på vel 15 m dyp sentralt NV på moen. Løsmasser under grunnvannsspeil opptrer bare under enkelte deler av moen, og mektigheten av vannmettet sone i løsmassene er begrenset til noen få meter. Løsmassene har variabel og til dels kompleks sammensetning og er for en del også morenedominert.

Tvildemoen regnes å være dårlig egnet for uttak av større mengder grunnvann og det vil ikke bli utført oppfølgende modellberegninger for kvantitativ vurdering av grunnvarmepotensialet.

3.2 Vossevangen (P4, P5, P6, P7, P8, P9 og P10)

Utskrift av georadaropptakene samt lokaliseringskart for profilene er vist i kartbilag -04 for P4 og P5 sentralt plassert i området, i kartbilag -05 for P6 og P7 lokalisert lenger mot nordvest, i kartbilag -06 for P8 langs østsiden av Vosso og i kartbilag -07 for P9 og P10 lenger sør i området mellom elvemunningene av Vosso og Bordalselva. Utskrift av CMP-opptak (CMP2) med hastighetsanalyse er vist i databilag 1 side 2, og det framgår av den at den gjennomsnittlige radarbølgehastigheten ned til et tidsdyp på 700 ns ligger på rundt 0.08 m/ns. For avsetningene i umettet sone øverst vil nok hastigheten være noe høyere.

For området Vossevangen skal NVE på grunnlag av georadartolkninger og grunnboringer utføre modellberegninger for mer kvantitativ vurdering av grunnvarmepotensialet. For hvert profil er det i den forbindelse gjort en tabellarisk tolkning som viser dyp til grunnvannsspeil og dyp til tette masser, dvs. dyp ned til finstoffrikt materiale, morene eller fjell. Disse tolkningene er vist i databilag 2. Dyp til tette masser samsvarer stort sett med penetrasjonsdypet langs profilene.

3.2.1 Profilbeskrivelser

Profil P4 (kartbilag -04) langs vestsiden av Vosso følger gruslagt gangveg.

Grunnvannsspeilet kan sees som en markert reflektor langs store deler av profilet fra nær 48 m o.h. i nord til rundt 46 m o.h. i sør og ligger 5-6 m under terrengoverflaten. Opptaket er dominert av skrålagning med fall mot sør langs profilet og indikerer markert deltautbygging av sand/grus-dominert materiale ut mot Vangsvatnet. En del av eller hele overflatelaget over grunnvannsspeil er dominert av horisontale reflektorer. Penetrasjonsdypet varierer betydelig langs profilet og likeså reflektiviteten. En del variasjoner skyldes nok demping av georadarsignalet på grunn av laterale variasjoner i elektrisk ledningsevne overflatenært, men kan også skyldes materialendringer på større dyp. Penetrasjonen er begrenset til 9-10 m under grunnvannsspeilet lengst nord i profilet, men varierer stort sett mellom 15 og 24 m i området pos. 50- 720 m. I området pos. 270-600 m er det innslag av nær horisontale reflektorer i de dypere partier. Det kan bety at avsetningene her er mer finkornige enn ellers, men kan også skyldes at materialet er avsatt mer på tvers av profilretningen. I området pos. 720-780 m stikker det opp en ryggform av antatt morene eller fjell, og toppunkt ved pos. 750 m ligger bare få meter under grunnvannsspeil. Sør for ryggen øker penetrasjonen kraftig og når ned til vel 30 m under grunnvannsspeil mot sørenden av profilet. Sonderboring 3 noen få m til side for P4 i nord (pos. 65 m) indikerer sand/grus ned til 5 m dyp, sand/finsand ned til 12 m og finsand/silt videre ned til vel 35 m under terrengoverflaten (databilag 3 side 3). Dette indikerer at påvist skrålagning stedvis kan representere forholdsvis finkornige masser (finsand-dominerte). I silt-dominerte masser vil radarbølgeenergien bli absorbert.

Profil P5 (kartbilag -04) følger gruslagt gangveg fra P5 og vestover forbi idrettsplasser (pos. 0-235 m), asfaltert veg fram til pos. 493 og gressmark og åpen strand mot vestenden ved Vangsvatnet. Grunnvannsspeilet kan sees som en markert reflektor langs store deler av profilet i nivå 48-46 m o.h. og dypet varierer stort sett mellom 4 og 7 m med unntak av

strandsonen lengst vest. Avsetningene er dominert av skrålagning med fall mot vest langs profilet, men det er stedvis også innslag av tilsynelatende mer flattliggende reflektorer. Langs store deler av de sentrale deler av profilet er reflektiviteten svak og utydelig, noe som tyder på forholdsvis lite variasjon i lagsammensetningen, men det er usikkert om svak reflektivitet skyldes finstoffrike masser. Det ser ut til å være betydelig demping av georadarsignalet overflatenært og høyt støynivå på grunn av ulike tekniske anlegg og bygninger.

Penetrasjonsdypet under grunnvannsspeilet øker fra rundt 15 m ved østenden til 25-26 m i området pos.75-190 m og avtar til rundt 15 m igjen pos. 280-460 m for så å øke til rundt 25 m igjen i vestligste del. Undersøkelsesbrønn 6 sør for pos. 155 m i profilet viser at avsetningene består av grusig sand ned til et dyp på nærmere 25 m under terrengoverflaten med noe variabel men god pumpekapasitet (databilag 3 side 6). Undersøkelsesbrønn 2 lenger vest og vel 100 m sør for profilet rundt pos. 385 m viser at det er sand og grus med god vannkapasitet ned til vel 18 m under overflaten (15 m under grunnvannsspeil) med finsand/silt under (databilag 3 side 2). Dette samsvarer med redusert penetrasjon i georadarprofilen.

Profil P6 (kartbilag -05) følger åpen mark, dels harvet jord og dels eng. Grunnvannsspeilet opptrer nær gjennomgående rundt 46 m o.h. og 4-5 m under terrengnivå. Penetrasjonsdypet under grunnvannsspeil er rundt 15 m sentralt i profilet (pos. 55-225 m), mens det er opp mot 20 m i sørøst og øker til vel 20 m mot nordvestenden. Det er indikert slak skrålagning med tilsynelatende fall mot nordvest langs profilet i begge ender, mens det sentralt er mer horisontale reflektorer, men også til dels kaotisk refleksjonsmønster. Begrenset penetrasjon sentralt kan indikere innslag av mer finstoffrike avsetninger mot dypet. Dette samsvarer med undersøkelsesbrønn 1 som ligger ca. 70 m nordøst for profilet ved pos. 155 m. Der er det indikert sand/grus med brukbar vanngiverevne ned til rundt 17 m under grunnvannsspeil, mens det under er antatt å være tette morenemasser (databilag 3 side 1).

Profil P7 (kartbilag -05) går vestover parallelt med strandlinjen langs nordsiden av Vangsvatnet, og østenden ligger ca. 60 m vest for slutten av P6. Grunnvannsspeilet er bare stykkevis synlig langs profilet på 3-4 meters dyp og nær 46 m o.h. I østlige del (pos. 0-180 m) indikerer svak reflektivitet fra 8-9 m dyp under grunnvannsnivå overgang til forholdsvis finstoffrike avsetninger. Reflektor som skråner opp fra vel 20 m dyp under overflaten ved pos. 60 m til knapt 10 m dyp ved pos. 215 m er antatt å være fjelloverflaten. Videre vestover er det bare 3-6 m dyp under grunnvannsspeil til antatt finstoffrikt materiale fram til pos. 340 m, og det er mulig at fjelloverflaten bare ligger få meter dypere. Langs resten av profilet indikeres forholdsvis kraftig reflektivitet i materialet over antatt fjellreflektor som varierer stort sett mellom 8 og 11 m dyp under terrengoverflaten. Kraftig reflektivitet mot tilsynelatende større dyp i området pos. 515-665 m skyldes siderefleksjoner fra bygninger/mur. Sonderboring 4 ved pos. 442 m bekrefter at fjelloverflaten ligger på ca. 10 m dyp. Øverst er det 3-4 m med stein, sand og grus og derunder sand med noe grovt materiale (databilag 3 side 4).

Profil P8 (kartbilag -06) er målt langs gang- og vegbane parallelt med østsiden av Vosso. Grunnvannsspeil ligger rundt 47-48 m o.h. og er høyest i nord. Plasseringen er noe usikker da det er flere kraftige horisontale reflektorer i overflatematerialet, og umettet sone kan være 6-7 m tykk. Materialet under har slak skrålagning med fall mot sør langs profilet og indikerer sand/grus-dominerte deltaavsetninger som i P4. Mektigheten av vannmettet materiale over finstoff er ut fra penetrasjonsdypet anslått til 12-15 m i området pos. 0-240 m og 8-10 m videre fram til pos.440 m. Fjelloverflaten (eller morene) kommer opp mot sørenden av profilet og kan ligge mindre enn 6-7 m under overflaten de sørligste 25 m. Sonderboring 9 (databilag 3 side 9) ved pos. 377 m i P8 indikerer stein, grus og sand ned til 4 m dyp, derunder vesentlig sand ned til 12 m hvor det ser ut til å komme inn mer finstoffrikt materiale (siltig finsand).

Profilene P9 og P10 (kartbilag -07) er målt i området mellom utløpet av Vosso fra nordøst og Bordalselva fra sørøst. For P9 nordøstover langs Vosso ligger grunnvannsspeil bare 1-2 m under overflaten og er vanskelig å skille ut fra direktebølgen i opptaket. Penetrasjonsdypet i materialet under er mellom 18 og 24 m, men noe mindre lengst sør. I området pos. 40-150 m er avsetningene preget av skråreflektorer med fall mot sørvest. I området pos. 125-250 m stikker det opp en slak ryggformet avsetningsstruktur som når opp til rundt 40 m o.h. Det er usikkert om dette materialet, som må være avsatt før det overliggende, er noe mer finstoffrikt eller om det er tilsvarende materiale, men avsatt på tvers av profilretningen. Lengst i sørvest er det indikert noen skråstrukturer med østlig fall, men det er usikkert om disse skyldes reell skrålagning i løsmassene eller diffraksjoner/støy. Litt lenger mot sørvest, i nordligste del av P10, er det indikert skråreflektorer med fall mot nord og viser at materialet er avsatt i nordlig retning fra utløpet av Bordalselva. Grunnvannsspeilet opptrer som en meget markert refleksor sørover langs hele P10 i nivå rundt 46 m o.h. Penetrasjonsdyp under grunnvannsspeil er 10-15 m i nordlige del (pos. 0-220 m). I området pos. 140-210 m er imidlertid reflektiviteten meget svak. Dette skyldes sannsynligvis infiltrasjon i grunnvannet av forurenset vann fra slamdeponiet like ved. I området pos. 155-185 m er det også redusert reflektivitet i en del av materialet over grunnvannsspeil. Penetrasjonsdypet videre mot sørvest er i området 17-22 m og er dominert av skråreflektorer med vestlig fall.

3.2.2 Konklusjon

Sentrale deler av Vossevangen mellom Vosso og Vangsvatnet synes å ha et høyt grunnvarmepotensiale. I området som dekkes av georadarprofilene P4, P5 og P6 og boringene 1, 2, 3, 6 og 7, er det indikert at mektigheter av vannmettede sand/grus-avsetninger stort sett varierer mellom 15 og 25 m, med unntak av en ryggform av fjell eller morene som stikker nær opp til grunnvannsspeil i P4.

Område vest, dvs. vestover langs nordsiden av Vangsvatnet, synes å ha et meget begrenset grunnvarmepotensiale. I området som dekkes av georadarprofil P7 og boring 4, er det indikert at mektigheter av vannmettede sand/grus-avsetninger er forholdsvis små og varierer fra 3 til maksimum 9 m. Boring viser at dyp til fjell fra terrengoverflaten der er 10 m.

Området øst for Vosso, dvs. området som dekkes av georadarprofil P8 og boringene 8 og 9, synes å ha et visst grunnvarmepotensiale, men betydelig mindre enn i området vest for elva. Mektighet av vannmettede sand/grusavsetninger varierer stort sett i området 6-14 m, men lengst sør i området kommer morene/fjell opp over grunnvannsspeil.

Område sør, dvs. området mellom utløpene av Vosso og Bordalselva i Vangsvatnet, synes å ha forholdsvis høyt grunnvarmepotensiale. Mektigheter av vannmettede sand/grus-avsetninger er begrenset til mellom 10 og 15 m sentralt i måleområdet (dvs. sørligst i P9 og nordlige halvdel av P10), mens de er på 17 til 24 m både videre sørover og nordover i området.

4. REFERANSER

Beres, M. Jr. & Haeni, F. P. 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeologic studies. *Ground water* 29, 375-386.

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;

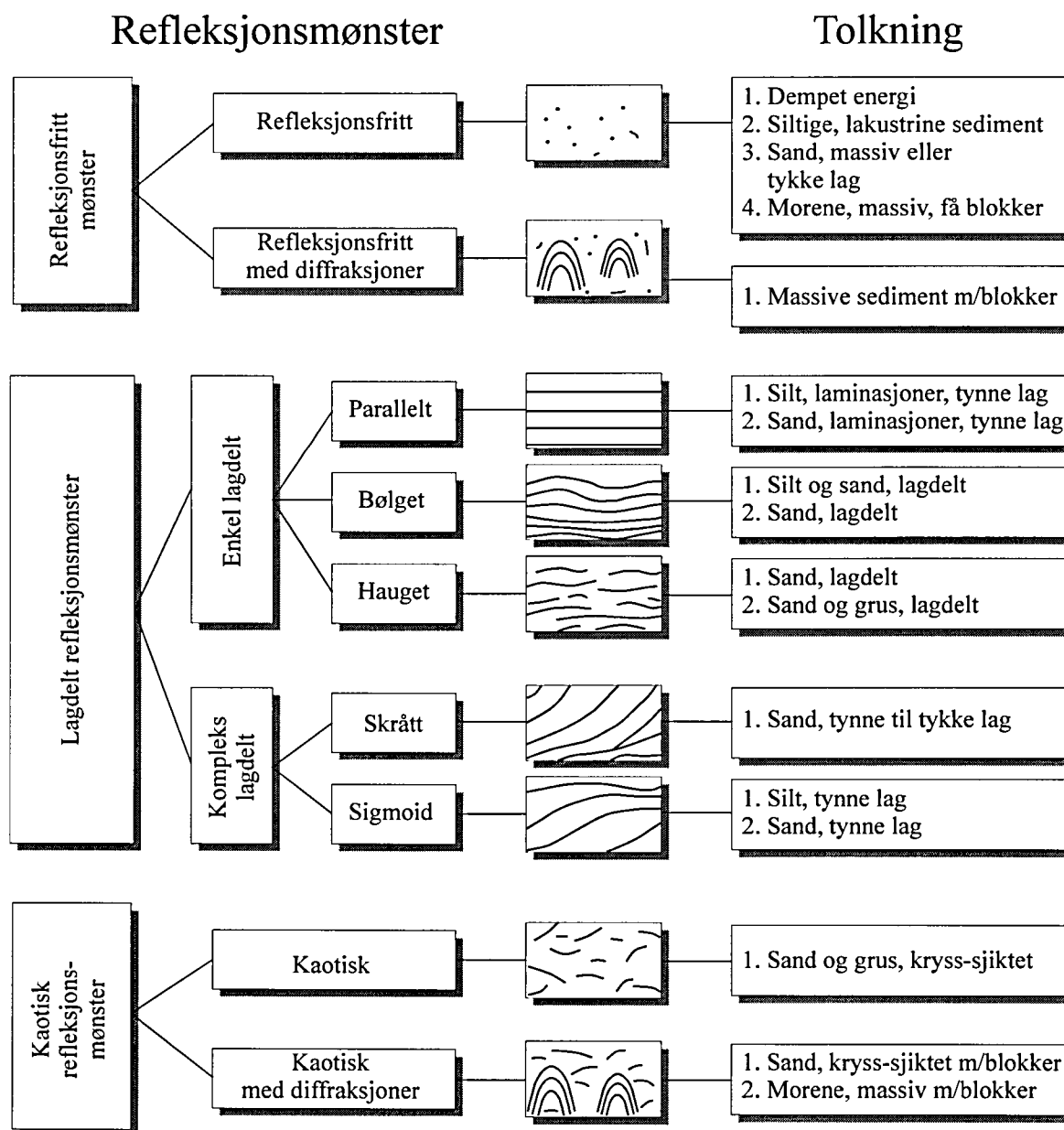
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

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 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.

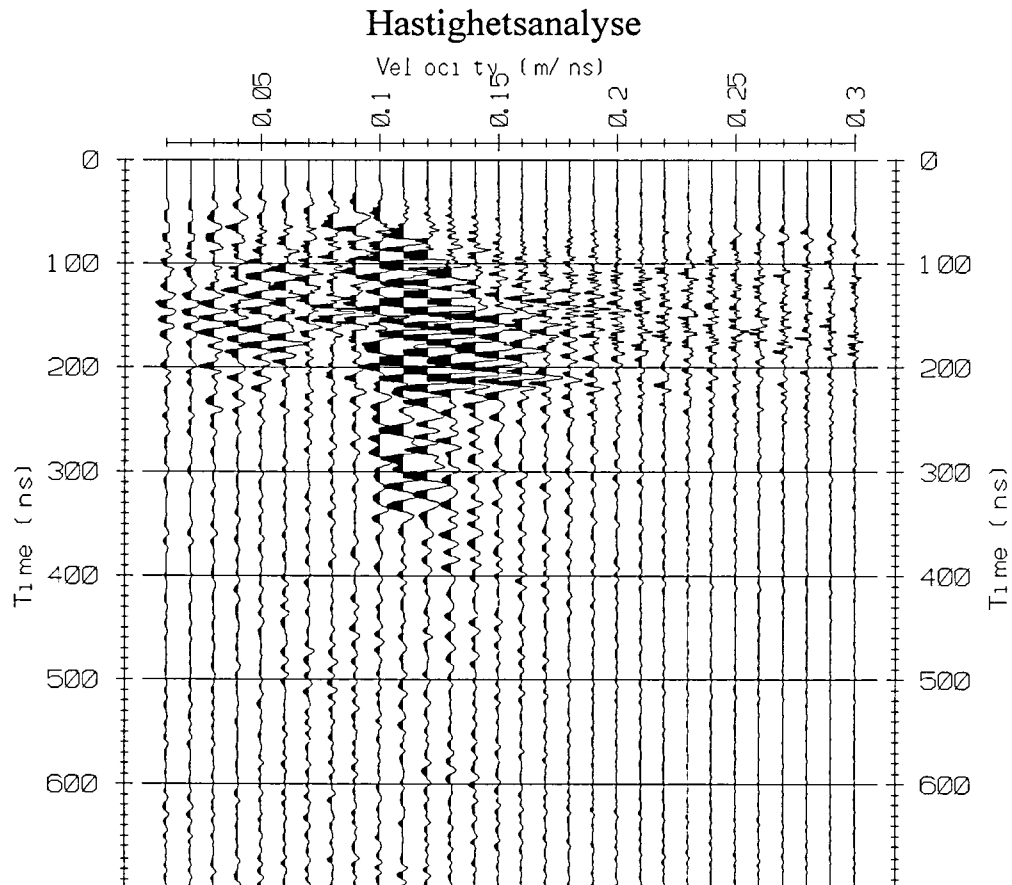
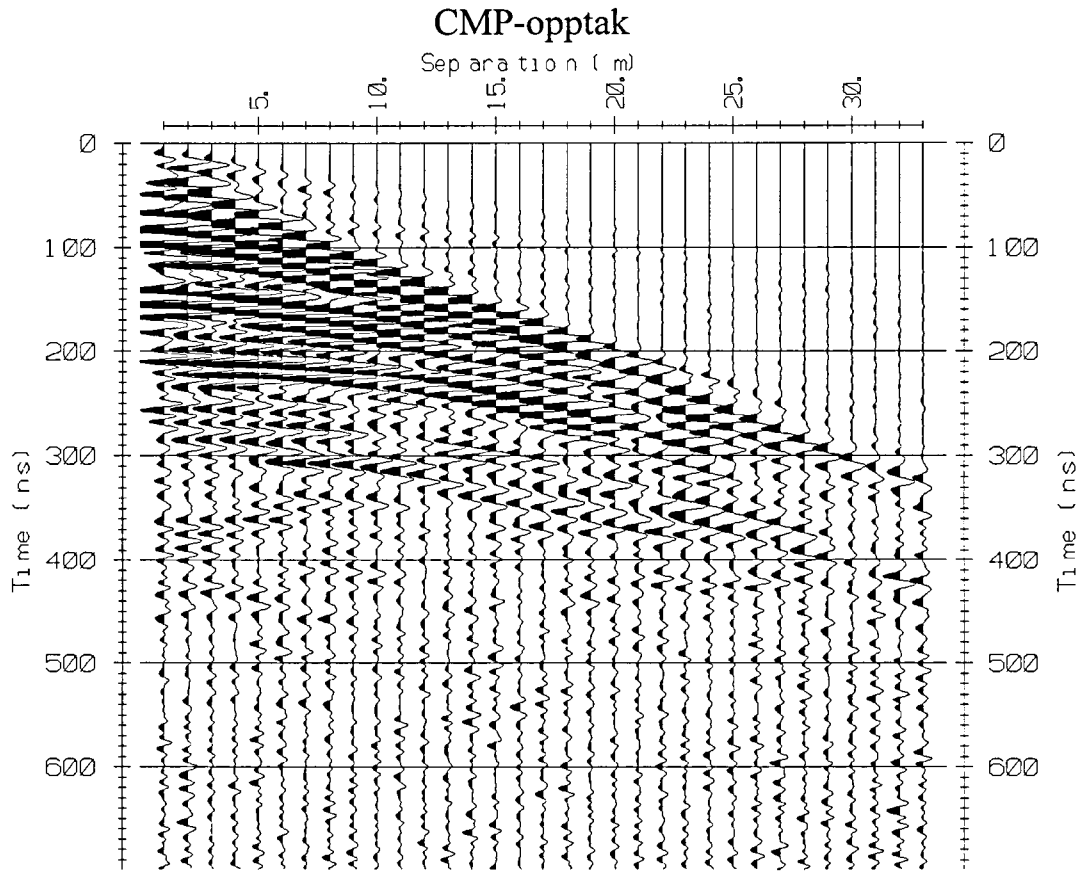
<u>Medium</u>	<u>ϵ_r</u>	<u>v (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14</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.

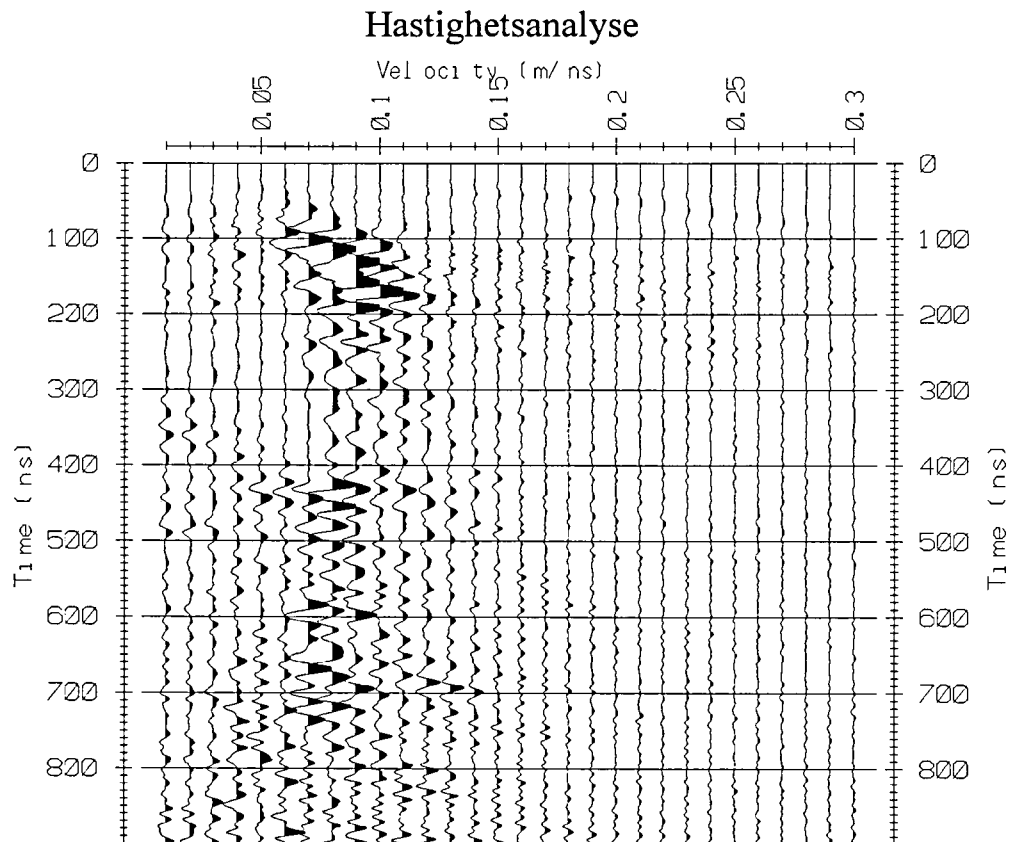
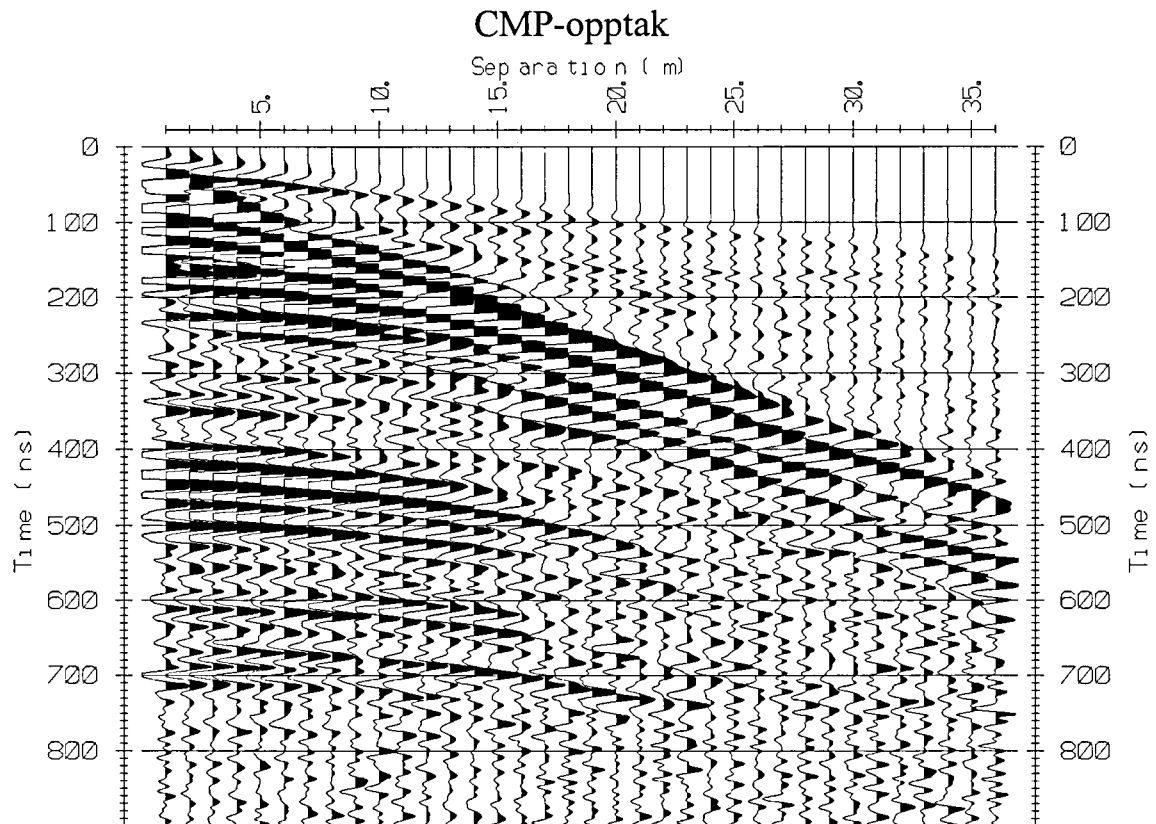


Skjema som knytter refleksjonsmønster på georadaropptak til avsetningstype og lagdeling (etter Beres & Haeni, 1991).

Voss, Tvildemoen, CMP1, lokalisert ved pos.118 m i P1



Voss, Vossevangen, CMP2, lokalisert ved pos. 454 m i P4



Tabellarisk tolkning av dyp til grunnvannspeil og dyp til tette masser for P4-P10**Tabell 1: Tolket dyp ned til grunnvannspeil, finstoff og morene/fjell i profil 4.**

GRUNNVANN		FINSTOFF		MORENE/FJELL	
Posisjon (m)	Dyp (m)	Posisjon (m)	Dyp (m)	Posisjon (m)	Dyp (m)
0	5	0	14	710	24
100	5	45	19.5	740	12.5
200	5	75	19.5	750	8.5
260	6	90	23.5	780	16.5
400	6	125	27.5	800	23
500	6	140	27.5		
560	6	160	19.5		
620	5	210	20		
750	5	255	22		
820	5	320	24.5		
840	5.5	340	22		
911	5.5	400	22		
		430	30		
		500	23.5		
		525	29		
		560	28		
		600	23.5		
		680	27		
		710	24		
		800	23		
		911	37		

Tabell 2: Tolket dyp ned til grunnvannspeil og finstoff i profil 5.

GRUNNVANN		FINSTOFF	
Posisjon (m)	Dyp (m)	Posisjon (m)	Dyp (m)
0	6	0	22
35	7	35	22
90	6.5	75	31
125	5	90	32
240	5	125	31
280	6.5	180	31
290	6.5	240	25
325	5.5	280	20
390	5	390	20
460	5	460	20
525	4	525	27
568	0	568	25

Tabell 3: Tolket dyp ned til grunnvannsspeil og finstoff i profil 6.

GRUNNVANN		FINSTOFF	
Posisjon (m)	Dyp (m)	Posisjon (m)	Dyp (m)
0	4.5	0	25
100	5	80	20
160	5	200	19
250	5	250	19
299	5	299	27

Tabell 4: Tolket dyp ned til grunnvannsspeil, finstoff og morene/fjell i profil 7.

GRUNNVANN		FINSTOFF		MORENE/FJELL	
Posisjon (m)	Dyp (m)	Posisjon (m)	Dyp (m)	Posisjon (m)	Dyp (m)
110	5	0	12.5	60	21.5
200	4	180	12	110	15
300	4			200	11.5
500	4	225	6	215	9
550	4	255	8		
		300	9	320	14
		340	10	345	9.5
				360	8
				395	11
				425	8.5
				450	10.5
				480	11
				565	9
				615	10
				660	16

Tabell 5: Tolket dyp ned til grunnvannsspeil, finstoff og morene/fjell i profil 8.

GRUNNVANN		FINSTOFF		MORENE/FJELL	
Posisjon (m)	Dyp (m)	Posisjon (m)	Dyp (m)	Posisjon (m)	Dyp (m)
0	6	0	18	490	15
100	6	100	20.5	525	6
200	6	190	20	540	6.5
300	6	240	17	550	4.5
350	6.5	350	15.5		
400	6.5	380	14.5		
475	6.5	440	15		
525	6	490	11		

Tabell 6: Tolket dyp ned til grunnvannsspeil og finstoff i profil 9.

GRUNNVANN		FINSTOFF	
Posisjon (m)	Dyp (m)	Posisjon (m)	Dyp (m)
0	1.5	0	18
100	1	100	25
250	1	190	20
300	2	300	20

Tabell 7: Tolket dyp ned til grunnvannsspeil og finstoff i profil 10.

GRUNNVANN		FINSTOFF	
Posisjon (m)	Dyp (m)	Posisjon (m)	Dyp (m)
0	6	0	22
25	6	25	19
65	9	65	19
160	9	160	18
200	8.5	200	18
230	6	240	27
280	6	280	23
310	4.5	310	21
350	3	360	24
418	2.5	390	27
		418	25

RESULTATER GRUNNBORINGER VOSS (UNDERSØKELSESTRØNNER OG SONDERBORINGER)**Tabell 1: Resultater fra undersøkelsesbrønn 1 (ved Tinghuset)**

Dyp (m)	Materialtype	Testpump. (l/min)	Temp (°C)	Ledn.evne (uS/cm)	pH	Jern (mg/l)	Merknad
0-1,7	Stein, sand						
1,7-2,7	Sand og grus						
2,7-3,7	Stein, sand, grus						
3,7-4,7	Sand og grus						
4,7-5,7							Grunnvannst. ca. 5,0 m
5,7- 6,7	Grus						
6,7-7,7	Sand og grus	50	10,2	177,6	6,50		
7,7-8,7	-----"						
8,7-9,7	-----"	90	8,8	135,0	5,33		
9,7-10,7	-----"						
10,7-11,7	-----"	90	8,7	143,3	5,40	< det.gr.	
11,7-12,7	-----"						
12,7-13,7	-----"	40	9,4	136,4	5,49	< det.gr.	
13,7-14,7	-----"						
14,7-15,7	-----", noe grovere	40	9,4	134,5	5,38	< det.gr.	8,6 °C målt i røret
15,7-16,7	-----"						
16,7-17,7	-----"	15	9,9	137,5	5,46	0,02	
17,7-18,7	-----", vekslende grovt						
18,7-19,7	-----"	30	9,3	136,5	5,44	0,49	Jernanalyse noe usikker
19,7-20,7	-----"						
20,7-21,7	-----"	30	9,4	133,2	5,27	0	
21,7-22,7	Morene (?) fra ca. 22 m						
22,7-23,7	Morene (?)	Ingen					Tette harde masser
23,7-24,7	Sand, noe grus						-----"
24,7-25,7	Morene (?)						-----"
25,7-26,7	Morene (?)						-----"
26,7-27,7	Morene (?)						-----"
27,7-28,7	Morene (?)						-----"
28,7-29,7	Morene (?)						-----"

Tabell 2: Resultater fra undersøkelsesbrønn 2 (ved behandlingsanlegget)

Dyp (m)	Materialtype	Testpump. (l/min)	Temp (°C)	Ledn.evne (uS/cm)	pH	Jern (mg/l)	Merknad
0-1,7	Jord, sand						
1,7-2,7	Sand og grus						
2,7-3,7	Stein, sand, grus						Grunnvannst. ca. 3,36 m
3,7-4,7	Sand						
4,7-5,7	Sand, noe grus						
5,7- 6,7	Sand						
6,7-7,7	Sand og grus	200	6,8	63,3	Def.		
7,7-8,7	-----"-----						
8,7-9,7	Sand	40	7,0	60,6			
9,7-10,7	Sand og grus						
10,7-11,7	-----"-----	45	7,2	69,1		0,05	
11,7-12,7	Sand						
12,7-13,7	Sand og grus	60	6,7	69,9		< det.gr	Temp. målt i brønn: 6,7°C
13,7-14,7	Sand						
14,7-15,7	Sand	90	6,9	73,4			
15,7-16,7	Sand og grus						
16,7-17,7	-----"-----, noe hardt	55	7,1	85,0			
17,7-18,7	-----"-----, vekslende hardt						
18,7-19,7	Finsand, silt	Dårlig vanngj.					
19,7-20,7	-----"-----						
20,7-21,7	-----"-----						
21,7-22,7	-----"-----						

Tabell 3: Resultater fra sonderboring 3 (ved Vossabygg)

Dyp (m)	Materialtype	Testpump. (l/min)	Temp (°C)	Ledn.evne (uS/cm)	pH	Jern (mg/l)	Merknad
0-1,7	Sand						
1,7-2,7	Sand og grus						
2,7-3,7	Sand						
3,7-4,7	--"--						
4,7-5,7	--"--						
5,7- 6,7	Sand, finsand						
6,7-7,7	-----"						
7,7-8,7	-----"						
8,7-9,7	-----"						
9,7-10,7	-----"						
10,7-11,7	-----"						
11,7-12,7	Finsand, silt						
12,7-13,7	-----"						
13,7-14,7	-----"						
14,7-15,7	-----"						
15,7-16,7	-----"						
16,7-17,7	-----"						
17,7-18,7	-----", vekslende hardt						
18,7-19,7	Finsand, silt						Finsand, silt helt ned til 35,7 m
19,7-20,7	-----"						
20,7-21,7	-----"						
21,7-22,7	-----"						
v							
34,7-35,7	-----"						

Tabell 4: Resultater fra sonderboring 4 (ved hotell Fleicher)

Dyp (m)	Materialtype	Boreslamfarge	Vanntrykk (kg)	Merknad
0-1,7	Stein, sand	Grå/brun		
1,7-2,7	Stein, sang,grus	-----"		
2,7-3,7	Stein, sand, grus	-----"		
3,7-4,7	Sand med noe grovt matr.	-----"		
4,7-5,7	-----"	-----"	4	
5,7- 6,7	-----"	-----"	4	
6,7-7,7	-----"	-----"	1	
7,7-8,7	-----"	-----"	1	
8,7-9,7	-----"	-----"	1	Spylt; dårlig vanngjennomgang
9,7-10,7	Fjell fra 10,2 meter			

Tabell 5: Resultater fra sonderboring 5 (ved Tvildemoen)

Dyp (m)	Materialtype	Boreslamfarge	Vanntrykk (kg)	Merknad
0-1,7	Stein, sand	Grå		
1,7-2,7	Stein, sang,grus	Borte		
2,7-3,7	Stein, sand, grus	-----"	4	
3,7-4,7	Sand med noe grovt matr.	-----"	4	
4,7-5,7	-----"	-----"	5-8	
5,7- 6,7	-----"	-----"	4	
6,7-7,7	-----"	-----"	4-6	
7,7-8,7	Sand	-----"	4-6	
8,7-9,7	Sand med noe grovt matr.	-----"	4-6	
9,7-10,7	Sand / finsand	Grå	3	Harde tette masser
10,7-11,7	-----"	-----"	3	
11,7-12,7	-----"	-----"	3	
12,7-13,7	-----", noe grovt	-----"	3	
13,7-14,7	-----"	-----"	2	
14,7-15,7	Fjell fra 15.5 meter	-----"		

Tabell 6: Resultater fra undersøkelsesbrønn 6 (ved Idrettsplassen)

Dyp (m)	Materialtype	Testpump. (l/min)	Temp (oC)	Ledn.evne (uS/cm)	pH	Jern (mg/l)	Merknad
0-1,7	Stein, sand						
1,7-2,7	Sand						
2,7-3,7	Sand, noe grovt						
3,7-4,7	Sand						Grunnvannst. ca. 4,31 m
4,7-5,7	Grusig sand						
5,7- 6,7	-----"						
6,7-7,7	-----"	60	7,7	212			Masseprøve, pumpet
7,7-8,7	-----"						
8,7-9,7	-----"						
9,7-10,7	-----"						
10,7-11,7	-----"	40	7,7	109			Masseprøve, pumpet
11,7-12,7	-----"						
12,7-13,7	-----"						
13,7-14,7	-----"						
14,7-15,7	-----", hardt	75	7,2	92			
15,7-16,7	-----", ---"						
16,7-17,7	-----", ---"	70	6,6	92			
17,7-18,7	-----", løsere						
18,7-19,7	-----", ---"	120	6,3	101			Masseprøve, pumpet
19,7-20,7	-----", hardt						
20,7-21,7	-----"	135	6,0	96		< det.gr.	
21,7-22,7	-----"						
22,7-23,7	-----"	120	6,2	90			
23,7-24,7	-----"						
24,7-25,7	Sand	5-10					

Tabell 7: Resultater fra undersøkelsesbrønn 7 (ved Hestavangen), 12 meter står igjen som peilerør.

Dyp (m)	Materialtype	Boreslamfarge	Vanntrykk (kg)	Merknad
0-1,7	Stein, sand,grus			
1,7-2,7	-----"-----			
2,7-3,7	Sand,			
3,7-4,7	Grusig sand			
4,7-5,7	-----"-----			
5,7- 6,7	-----"-----		3	
6,7-7,7	-----"-----, hardt		3	
7,7-8,7	-----"-----,"-----			
8,7-9,7	-----"-----,"-----			Grunnvannst. 8,99 m dvs. ingen sugepumping
9,7-10,7	-----"-----			
10,7-11,7	-----"-----			
11,7-12,7	-----"-----			
12,7-13,7	-----"-----			God vanngjennomgang ved spyling
13,7-14,7	-----"-----			
14,7-15,7	-----"-----			Noe vanngjennomgang ved spyling
15,7-16,7	-----"-----, noe stein			
16,7-17,7	-----"-----			Noe vanngjennomgang ved spyling, masseprøve
17,7-18,7	-----"-----		2	
18,7-19,7	Sand		2	Noe vanngjennomgang ved spyling, masseprøve
	-----"-----			
	-----"-----		Økende vanntrykk	Blåsing med kompressor gav bare finsand
	-----"-----		mot dypet	
28,7-29,7	-----"-----			

Tabell 8: Resultater fra sonderboring 8 (Tverrvegen 10)

Dyp (m)	Materialtype	Boreslamfarge	Vanntrykk (kg)	Merknad
0-1,7	Stein, sand,grus	Brunt		
1,7-2,7	-----"-----	Brunt/grått		
2,7-3,7	Sand,	Grått		
3,7-4,7	---"---	---"---	0-4	
4,7-5,7	---"---	---"---	2-4	
5,7- 6,7	---"---	---"---	2-4	
6,7-7,7	---"---, noe grovt	---"---	2-4	
7,7-8,7	Sand, finsand	---"---	2	
8,7-9,7	---"---,---"---	---"---	2	
9,7-10,7	---"---,---"---	---"---	2-6	
10,7-11,7	---"---,---"--- noe grovt	---"---	2-6	
11,7-12,7	---"---,---"---	---"---	0-4	
12,7-13,7	-----"-----	Brunt/grått	0-4	
13,7-14,7	-----"-----	-----"-----	8-10	
14,7-15,7	-----"-----	-----"-----	8-10	
15,7-16,7	Morene (?)	Grått	8	
16,7-17,7	-----"-----	-----"-----	8	
17,7-18,7	-----"-----	-----"-----	6	
18,7-19,7	-----"-----	-----"-----	6	

Tabell 9: Resultater fra sonderboring 9 (Krysset Moveien/ Gjernesveien)

Dyp (m)	Materialtype	Boreslamfarge	Vanntrykk (kg)	Merknad
0-1,7	Stein, sand, grus			
1,7-2,7	-----"-----			
2,7-3,7	-----"-----			
3,7-4,7	Sand, noe grovt materiale	Brunt		
4,7-5,7	---"---, -----"-----	---"---		
5,7- 6,7	Sand			
6,7-7,7	---"---			
7,7-8,7	---"---			
8,7-9,7	---"---		4-6	
9,7-10,7	---"---, finsand		4-6	
10,7-11,7	---"---,---"---		4-6	
11,7-12,7	Finsand, siltig, hardt		4-6	
12,7-13,7	---"---,---"---, ---"---		4-6	

Tabell 10: Resultater fra sonderboring 10 (Utstillingsplassen ved Raundalselvi)

Dyp (m)	Materialtype	Boreslamfarge	Vanntrykk (kg)	Merknad
0-1,7	Jord og stein			
1,7-2,7	Stein, grus, sand			
2,7-3,7	Sand, grus			
3,7-4,7	Fjell fra ca. 4 meter			
4,7-5,7	Fjell			

Tabell 11: Resultater fra sonderboring 11 (Utstillingsplassen ved Raundalselvi)

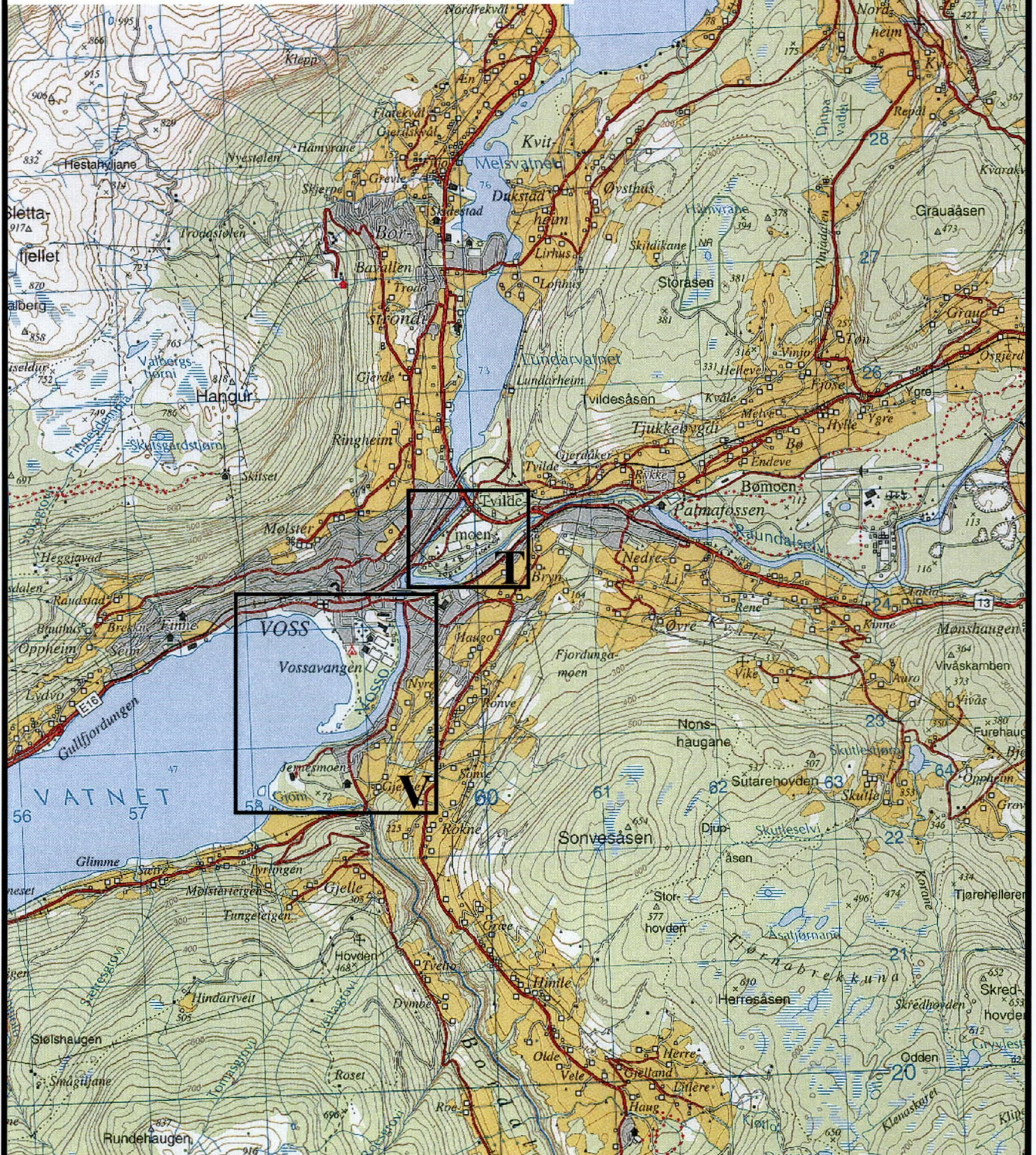
Dyp (m)	Materialtype	Boreslamfarge	Vanntrykk (kg)	Merknad
0-1,7	Sand med blokk			
1,7-2,7	Sand, stein			
2,7-3,7	Sand med noe grus			
3,7-4,7	Fjell fra ca. 3,5 meter			
4,7-5,7	Fjell			

Tabell 12: Resultater fra sonderboring 12 (ved Utstillingsplassen)

Dyp (m)	Materialtype	Boreslamfarge	Vanntrykk (kg)	Merknad
0-1,7	Stein og blokk			
1,7-2,7	Sand			
2,7-3,7	Sand med noe grovt matr.			
3,7-4,7	-----"-----			
4,7-5,7	-----"-----			
5,7- 6,7	-----"-----			
6,7-7,7	-----"-----			
7,7-8,7	Finsand			
8,7-9,7	----"---			
9,7-10,7	Sand og finsand			
10,7-11,7	-----"-----			
11,7-12,7	-----"-----			Tette masser, mye finstoff
12,7-13,7	-----"-----			-----"-----
13,7-14,7	-----"-----			-----"-----
14,7-15,7	-----"-----			-----"-----
15,7-16,7	-----"-----			-----"-----
16,7-17,7	-----"-----			-----"-----
17,7-18,7	Antatt fjell på 18,2 meter			

Innrammet område **T** : Georadarmålinger Tvildemoen
(vist i kartbilag -02 og -03)

Innrammet område **V** : Georadarmålinger Vossevangen
(vist i kartbilag -04 til -07)



NGU / VOSS KOMMUNE
OVERSIKTSKART - GEORADARMÅLINGER

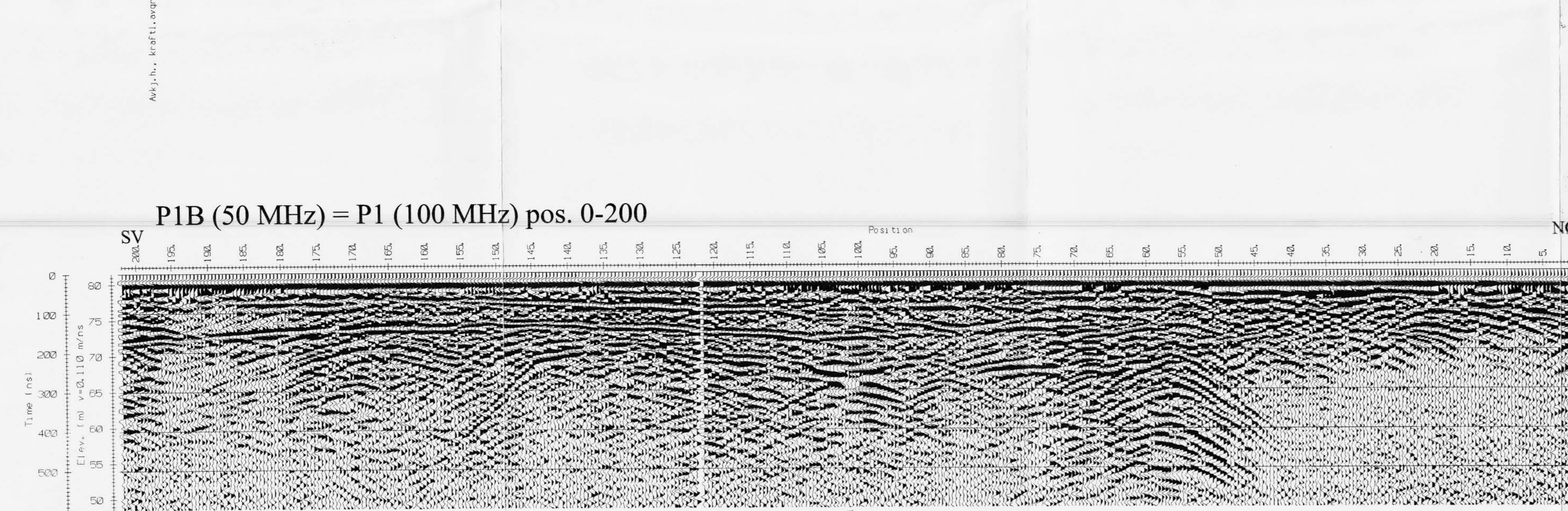
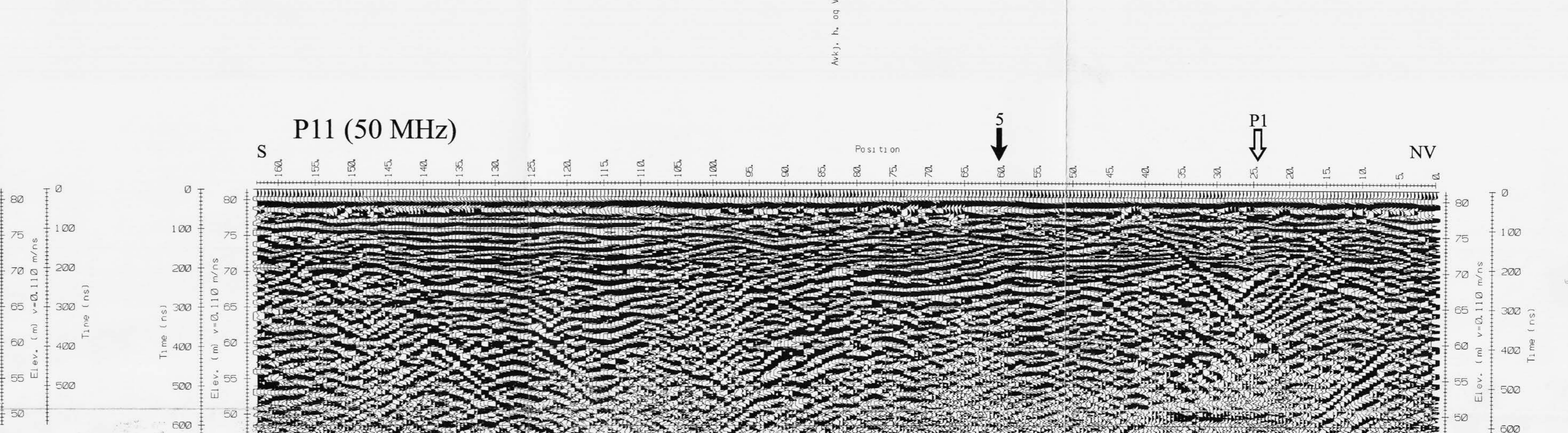
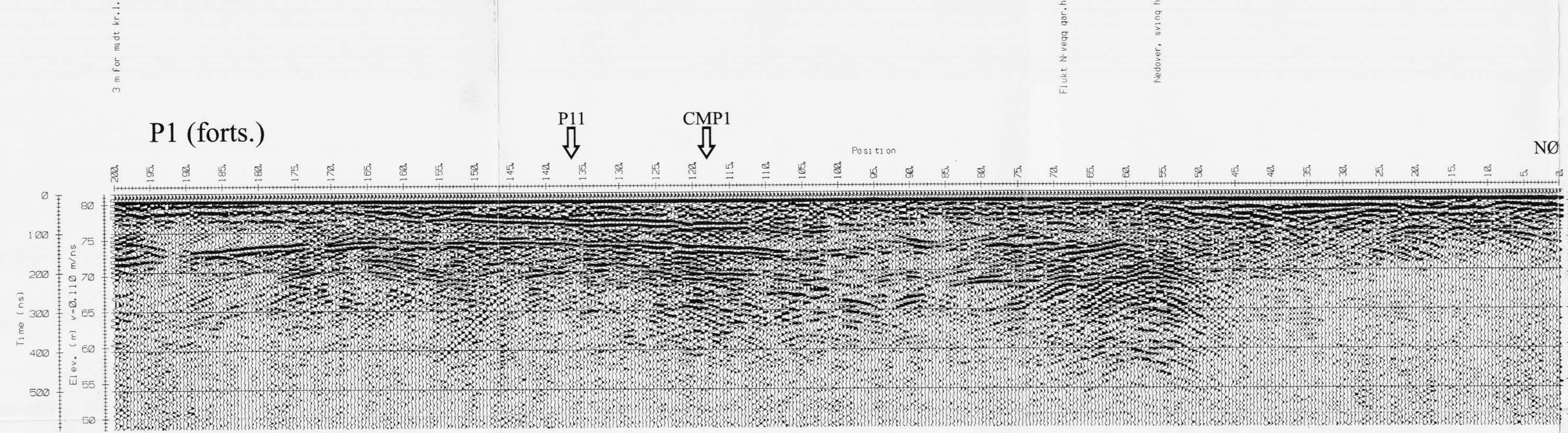
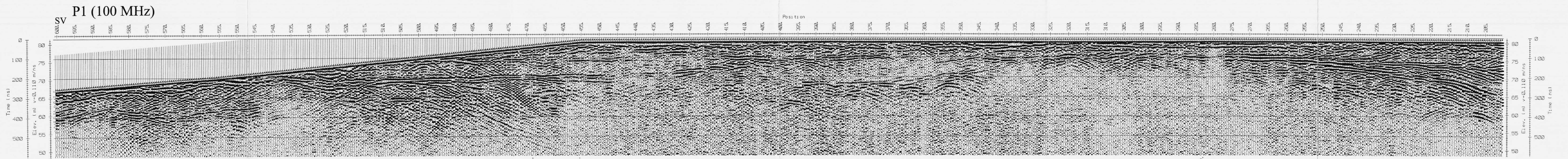
VOSS

VOSS KOMMUNE, HORDALAND

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

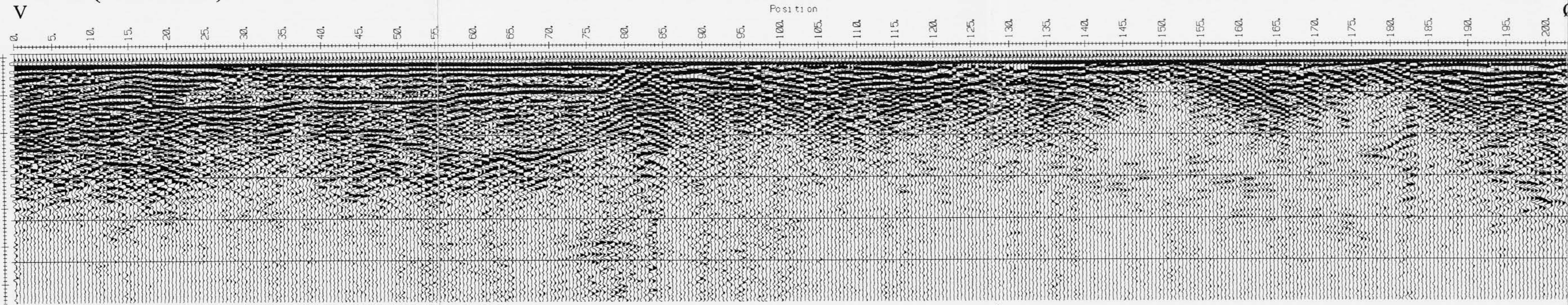
MÅLESTOKK 1:50 000	MÅLT JFT	SEP. 1999
	TEGN JFT	FEB. 2000
	TRAC	
	KFR	

KARTBILAG NR 2000.025-01	KARTBLAD NR 1316 III
-----------------------------	-------------------------



NGU / VOSS KOMMUNE GEORADAROPPTAK P1, P1B OG P11 TVILDEMOEN VOSS KOMMUNE, HORDALAND	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	AUG. 1999
	1:10 000 (KART)	TEGN JFT	FEB. 2000
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR	KARTBLAD NR	
	2000.025-02	1316 III	

P2 (100 MHz)

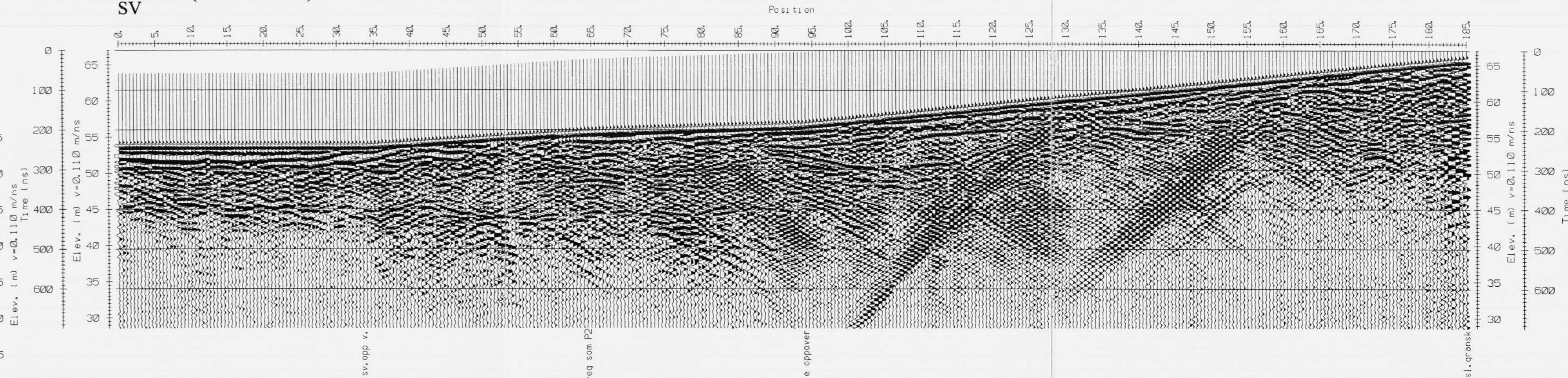


N-kant bygn.

S-kant V.N. Kulturak.

S-kant rod bygn.h.

P3 (100 MHz)



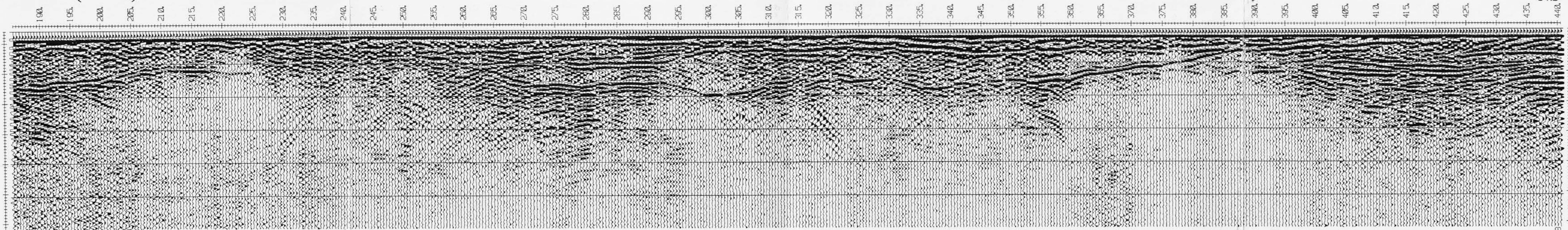
N-kant by. sv-opp v.

Opp på veg som P2

Erstatte oppover

Topp bakke, sl. grønn.

P3 (forts.)

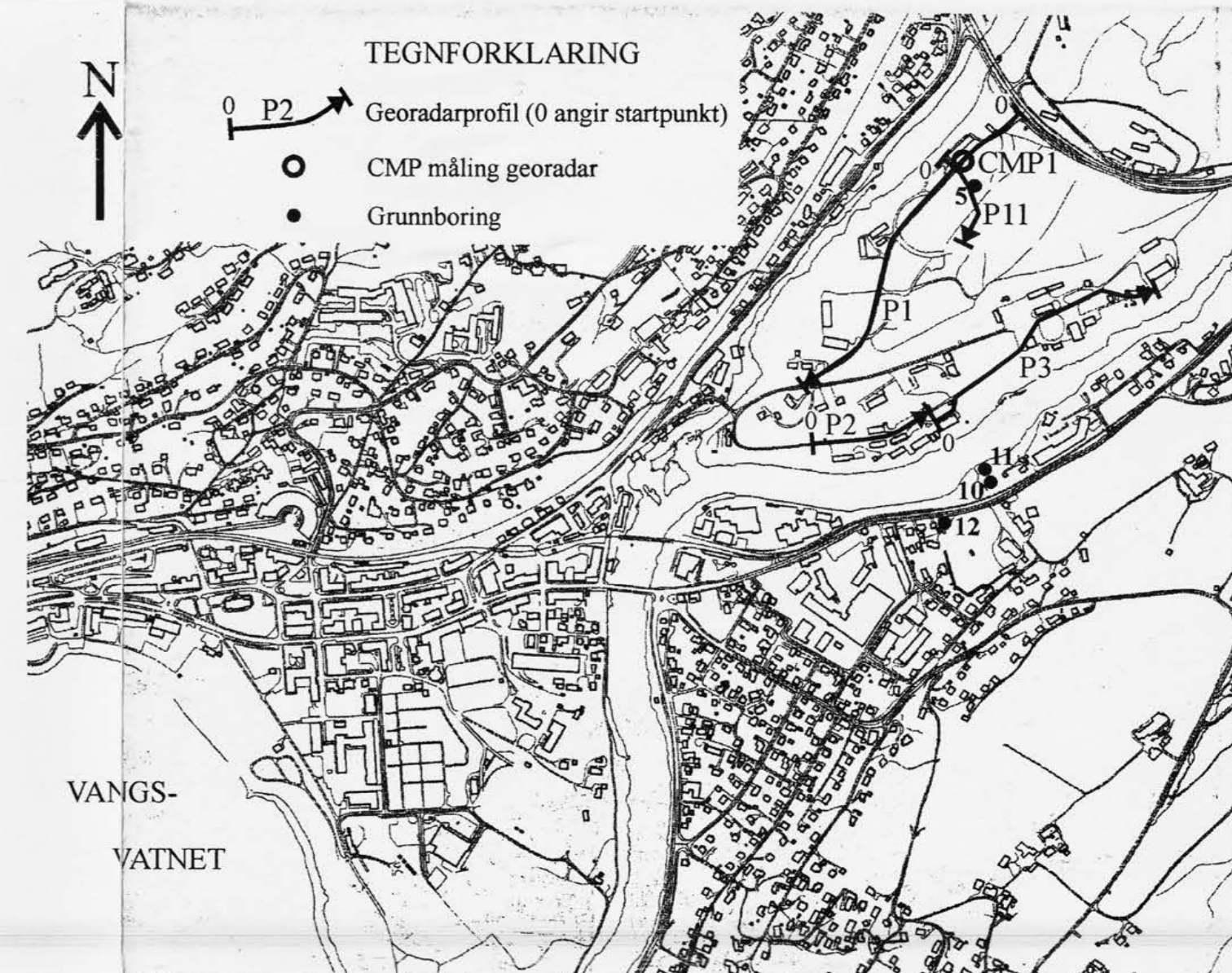


S-kant bygn.v.nr. 41

Vegkryss, dreier h.

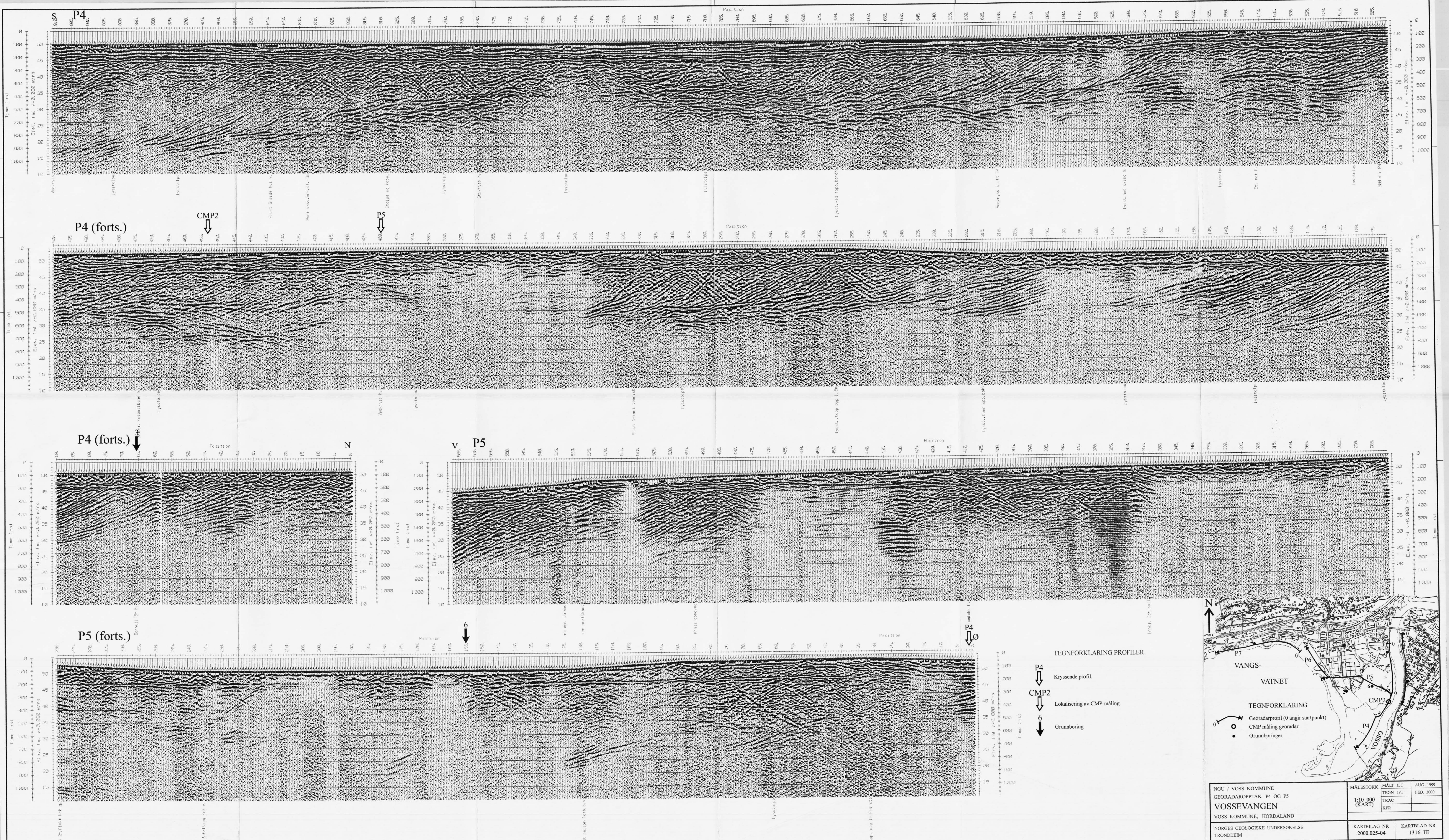
Kryss lavsp.l.

S-kant Bygn.v.nr. 48



- TEGNFORKLARING
- P2 Georadarprofil (0 angir startpunkt)
 - CMP måling georadar
 - Grunnboring

NGU / VOSS KOMMUNE GEORADAROPPTAK P2 OG P3 TVILDEMOEN VOSS KOMMUNE, HÖRDALAND	MÅLESTOKK 1:10 000 (KART)	MÅLT JFT AUG. 1999
	TRAC KFR	MÅLT JFT FEB. 2000
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2000.025-03	KARTBLAD NR 1316 III



P4 (forts.)

CMP2

P5

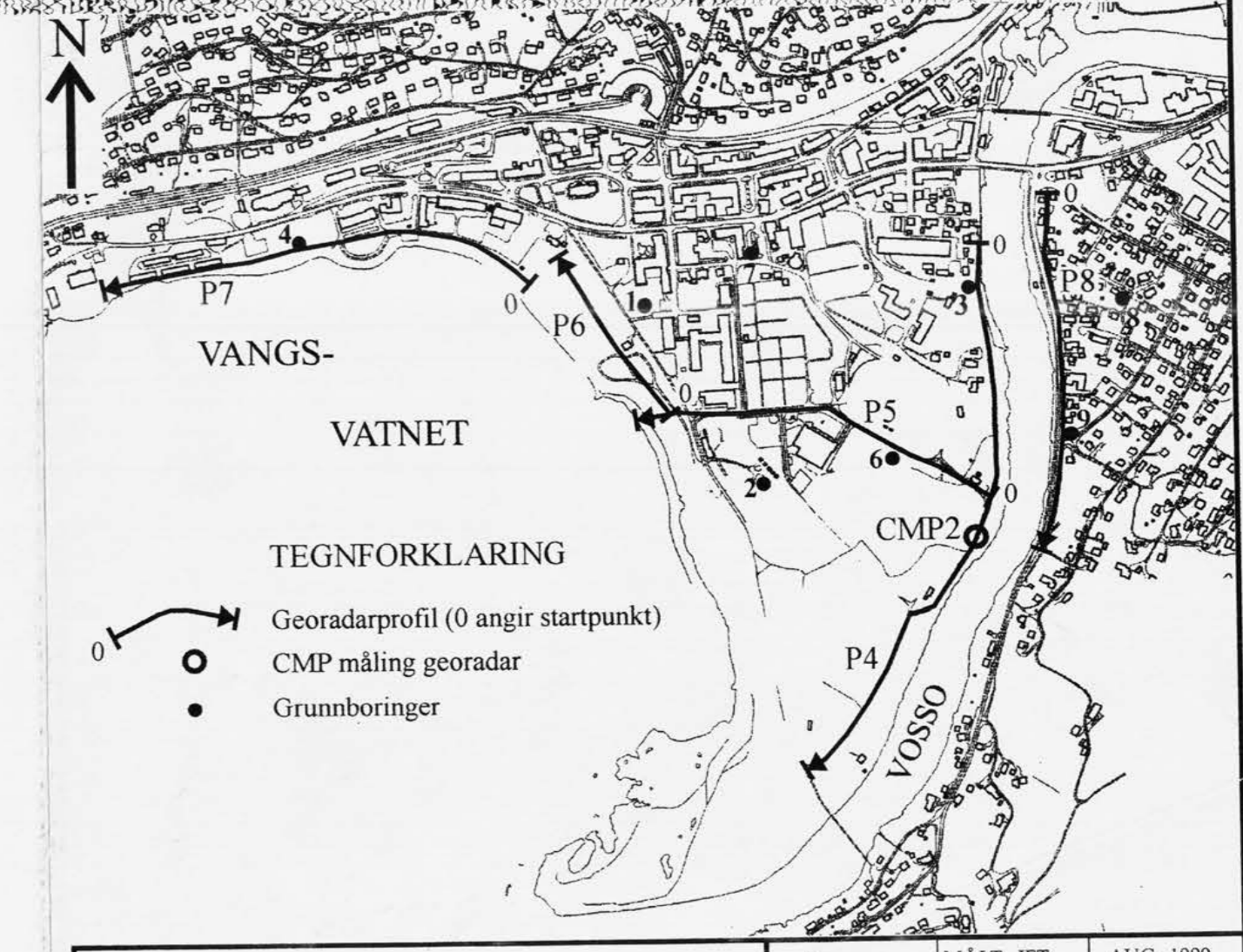
P4 (forts.)

P5

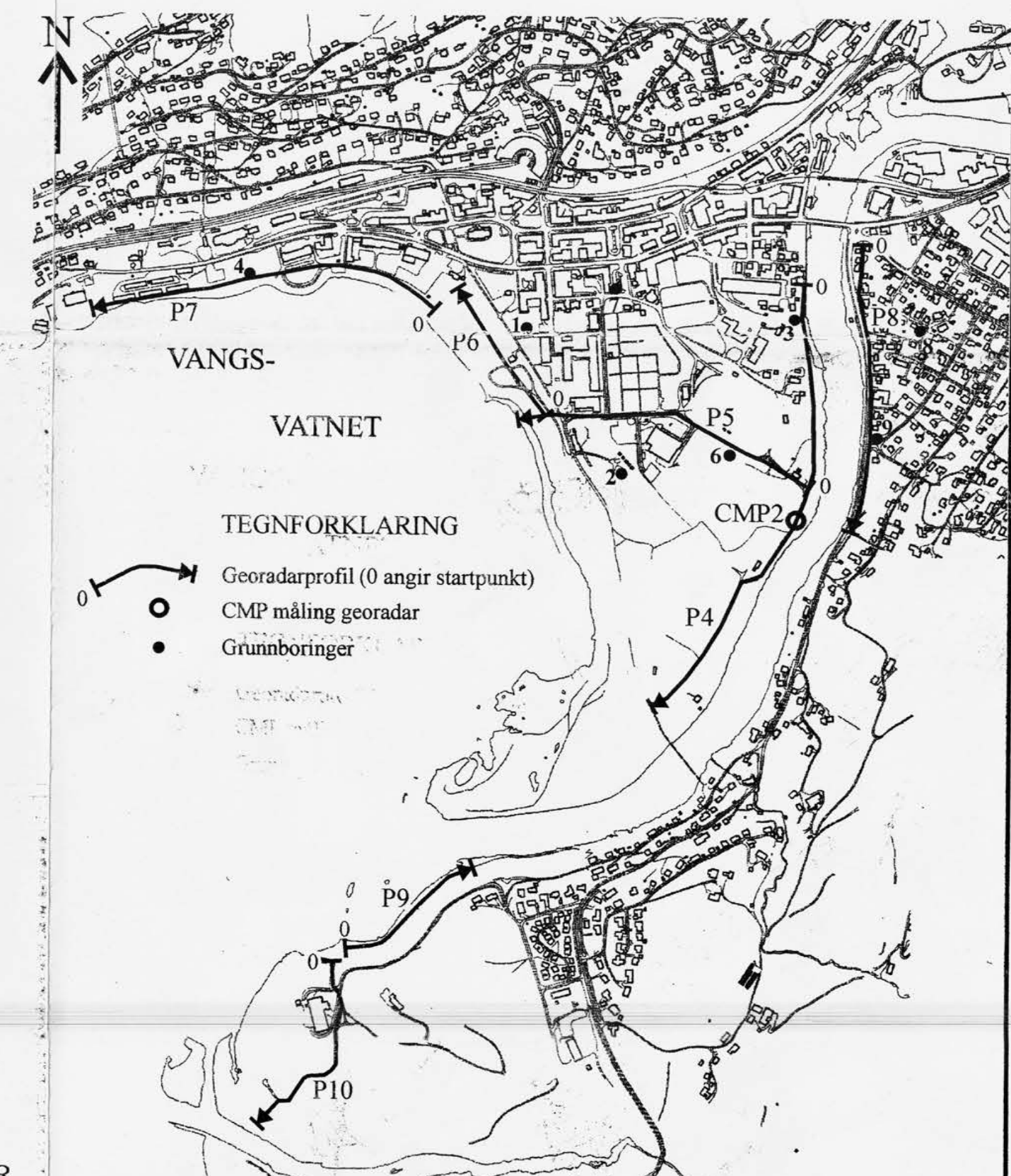
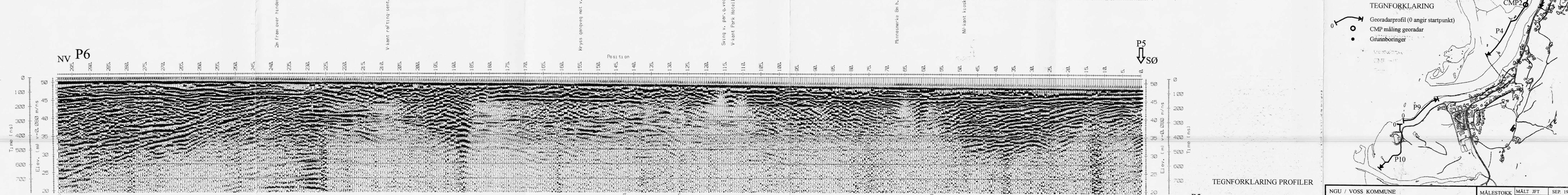
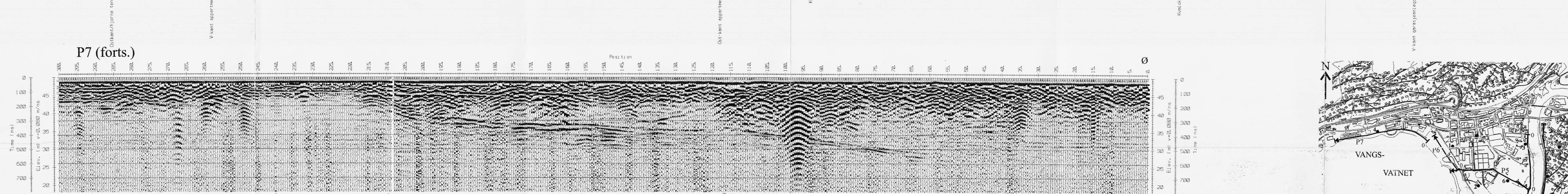
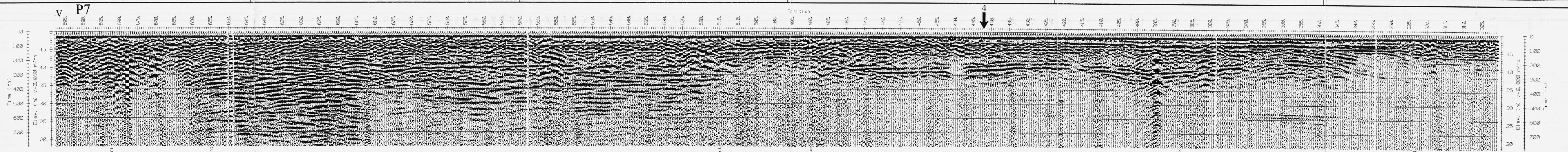
P5 (forts.)

TEGNFORKLARING PROFILER

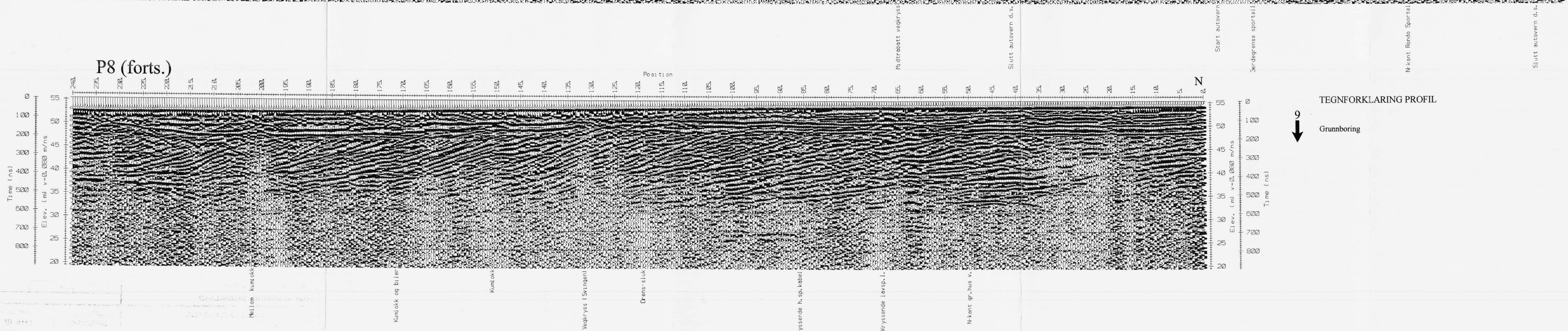
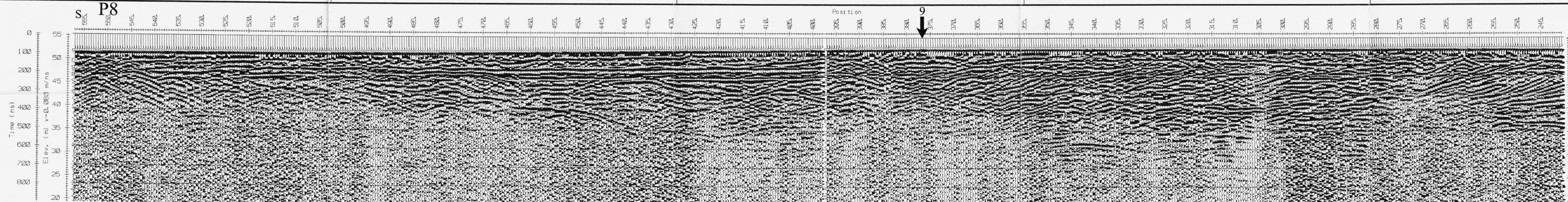
- P4 ↓ Krystende profil
- CMP2 ↓ Lokalisering av CMP-måling
- 6 ↓ Grunnboring



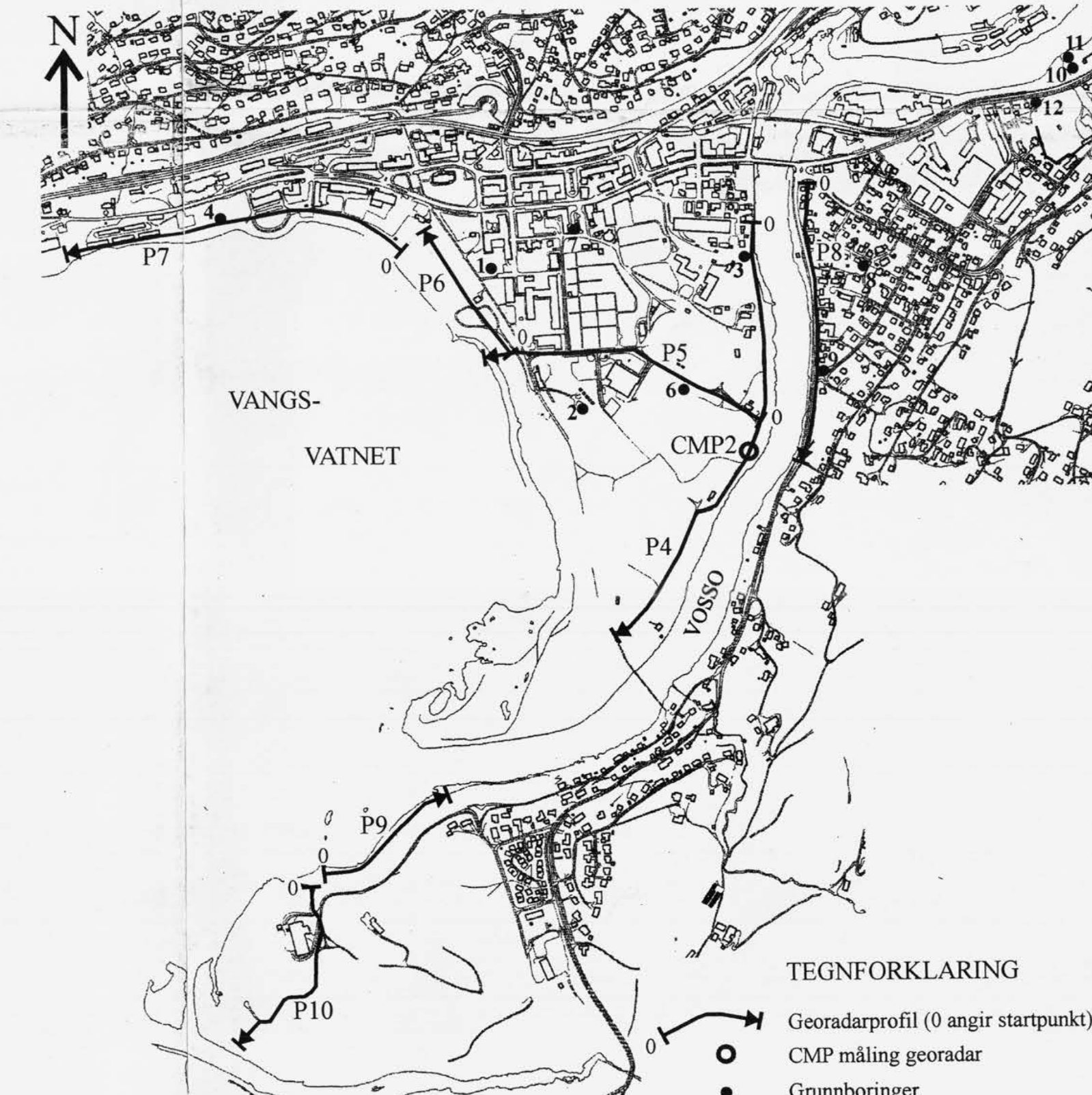
NGU / VOSS KOMMUNE GEORADAROPPTAK P4 OG P5 VOSSSEVANGEN VOSS KOMMUNE, HORDALAND	MALESTOKK MALT IFT TEGN IFT TRAC KFR	AUG. 1999 FEB. 2000
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAG NR 2000.025-04	KARTBLAD NR 1316 III



NGU / VOSS KOMMUNE GEORADAROPPTAK P6 OG P7 VOSSEVANGEN VOSS KOMMUNE, HORDALAND	MÅLESTOKK 1:10 000 (KART)	MÅLT JFT TEGN JFT TRAC KFR	SEP. 1999 FEB. 2000
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2000,025-05	KARTBLAD NR 1316 III

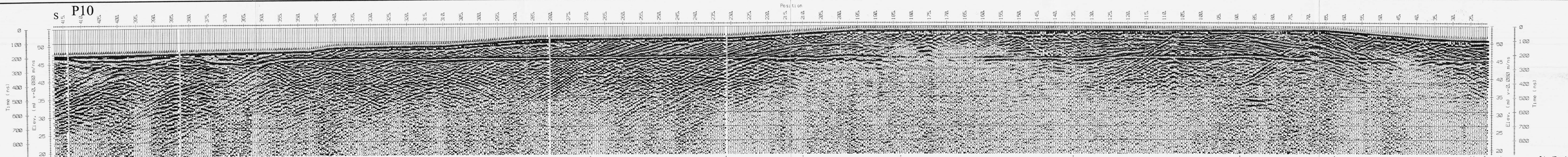


TEGNFORKLARING PROFIL
 ↓ 9
 Grunnboring



TEGNFORKLARING
 ○ Georadarprofil (0 angir startpunkt)
 ● CMP måling georadar
 ● Grunnboringer

NGU / VOSS KOMMUNE GEORADAROPPTAK P8 VOSEVANGEN VOSS KOMMUNE, HORDALAND	MÅLESTOKK 1:10 000 (KART)	MÅLT JFT TRAC	SEP. 1999 FEB. 2000
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2000.025-06	KARTBLAD NR 1316 III



Position

415, 410, 405, 400, 395, 390, 385, 380, 375, 370, 365, 360, 355, 350, 345, 340, 335, 330, 325, 320, 315, 310, 305, 300, 295, 290, 285, 280, 275, 270, 265, 260, 255, 250, 245, 240, 235, 230, 225, 220, 215, 210, 205, 200, 195, 190, 185, 180, 175, 170, 165, 160, 155, 150, 145, 140, 135, 130, 125, 120, 115, 110, 105, 100, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25

Time (ns) 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800

Elev. (m) $v=0.080$ m/ns

Nede på grasmark

From 2m over hinder

Sving v.

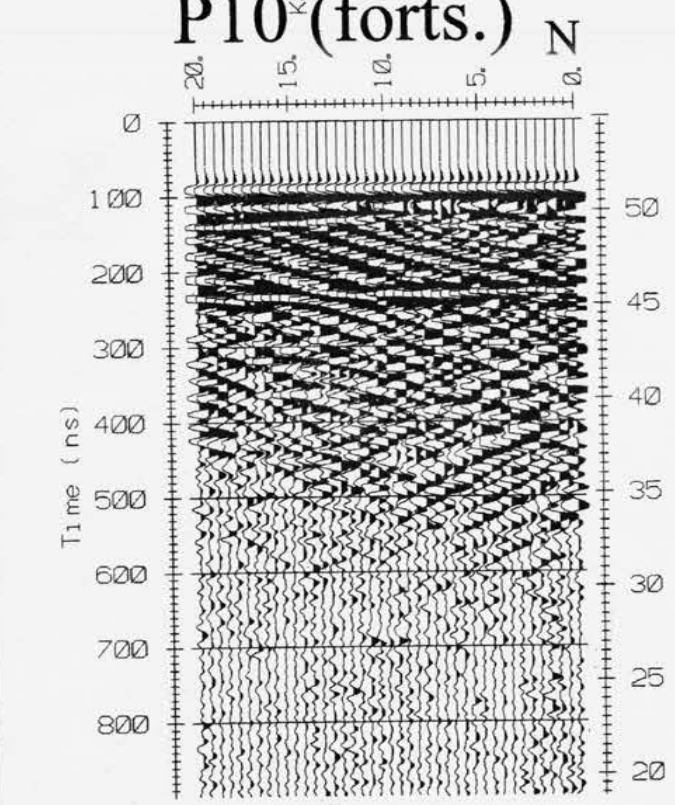
Sving mer h.

Sving h.

Port sløsspott v.

Flukt S-kant r. anl.

Bom asf. kant skogsvei



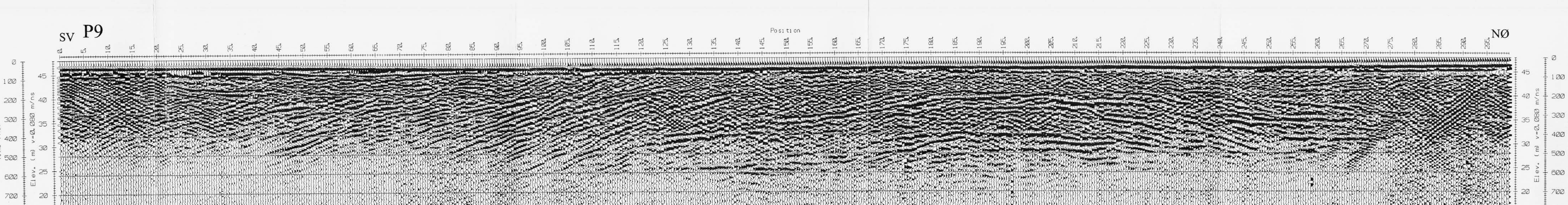
P10 (forts.)

Position

20, 15, 10, 5, 0

Time (ns) 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800

Elev. (m) $v=0.080$ m/ns



sv P9

Position

0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 155, 160, 165, 170, 175, 180, 185, 190, 195, 200, 205, 210, 215, 220, 225, 230, 235, 240, 245, 250, 255, 260, 265, 270, 275, 280, 285, 290, 295

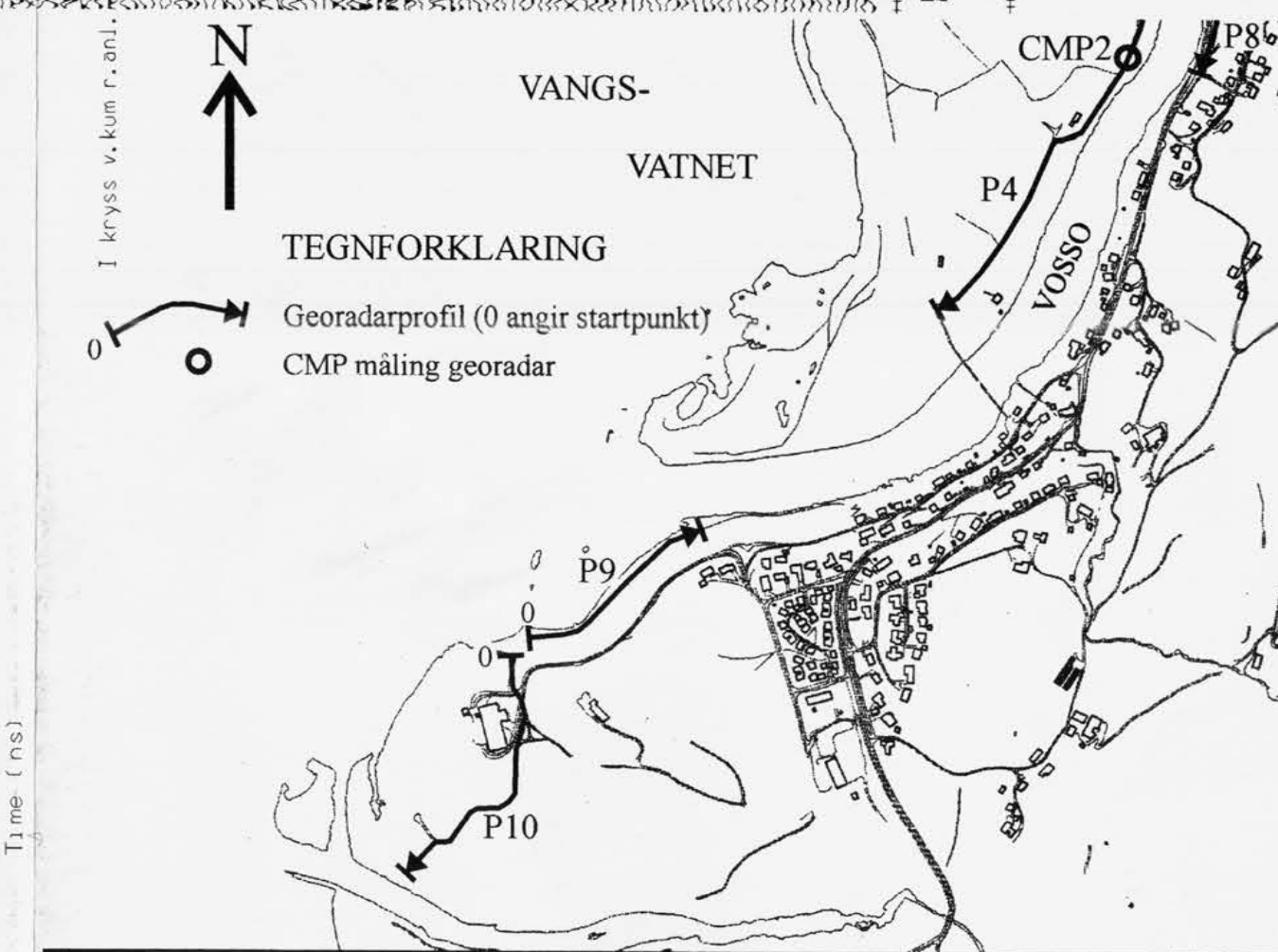
Time (ns) 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800

Elev. (m) $v=0.080$ m/ns

Svak sving v.

Østspiss øy v.

Litt opp mot h.



NGU / VOSS KOMMUNE GEORADAROPPTAK P9 OG P10 VOSSEVANGEN VOSS KOMMUNE, HORDALAND	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	SEP. 1999
	1:10 000 (KART)	TEGN JFT	FEB. 2000
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR	KARTBLAD NR	
	2000.025-07	1316 III	