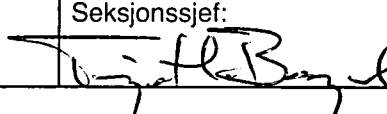


NGU-rapport nr. 88.129

Refleksjonsseismiske undersøkelser i
Karmsundet, Boknfjorden og
Kvitsøyfjorden, Rogaland.

Rapport nr. 88.129		ISSN 0800-3416	Åpen/ For Åpen
Tittel: Refleksjonsseismiske undersøkelser i Karmsundet, Boknfjorden og Kvitsøyfjorden, Rogaland			
Forfatter: Reidulv Bø Heidi A. Olsen		Oppdragsgiver: Vegkontoret i Rogaland NGU	
Fylke: Rogaland		Kommune: Bokn, Karmøy, Kvitsøy Randaberg og Rennesøy	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Haugesund		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1113 I Haugesund 1113 II Skudeneshavn 1213 III Rennesøy	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 21	Pris: 200,-
		Kartbilag: 8	
Feltarbeid utført: Mai 1988	Rapportdato: 20.08.1988	Prosjektnr.: 2301.13.51	Seksjonssjef: 
Sammendrag:			
<p>NGU har utført regionale refleksjonsseismiske undersøkelser i Karmsundet, Boknfjorden og Kvitsøyfjorden som skal danne grunnlag for samferdselsplanlegging, spesielt med tanke på faste veiforbindelser. Resultatene er presentert i form av tolkede refleksjonsseismiske profiler og sedimentmektighetskart.</p> <p>I Karmsundet er totalt dyp til fjell minst i delområdene I, II, III, VII og VIII. Det er i disse områdene ikke registrert større totale dyp til fjell enn 150 m. Problemer med å skille morenemasser og fjell har enkelte steder ført til usikkerhet i verdiene for totale dyp til fjell. Dette gjelder særlig i område I og III. Mellom Vestre Bokn og Kvitsøy i Boknfjorden ligger totalt dyp til fjell på 300-350 m. Legges traséen lenger øst øker dybden til fjell. I Kvitsøyfjorden avtar totalt dyp til fjell mot sør. Totalt dyp til fjell sørvest av Fjøløy er ca. 310 m.</p>			
Emneord	Kvartærgeologi	Marin geologi	
Strukturgeologi	Refleksjonsseismikk	Mektighet	
Fagrapport			

INNHOOLD

	Side
1. INNLEDNING	4
2. SJØBUNNSTOPOGRAFI	5
2.1 GENERELT	5
2.2 KARMSUNDET	5
2.3 BOKNFJORDEN OG KVITSØYFJORDEN	5
3. BERGGRUNNSGEOLOGI	6
4. REFLEKSJONSSEISMISK TOLKNING	7
4.1 GENERELT	7
4.2 KARMSUNDET	8
4.3 BOKNFJORDEN OG KVITSØYFJORDEN	11
5. DISKUSJON OG KONKLUSJON	13
5.1 GENERELT	13
5.2 KARMSUNDET	13
5.3 BOKNFJORDEN OG KVITSØYFJORDEN	14
6. OPPFØLGING	16
REFERANSER	17
APPENDIX:	
1. REFLEKSJONSSEISMISKE MÅLINGER	
2. RADARPOSISJONERING	

KARTBILAG:

- 88.129-01: Sjøbunnstopografisk kart Karmsundet. M 1:50 000.
- 88.129-02: Sjøbunnstopografisk kart Boknfjorden og Kvitsøyfjorden. M 1:50 000.
- 88.129-03: Profilkart Karmsundet. M 1:50 000.
- 88.129-04: Tolkede refleksjonsseismiske profiler Karmsundet.
- 88.129-05: Mektighetskart Karmsundet. M 1:50 000.
- 88.129-06: Profilkart Boknfjorden og Kvitsøyfjorden. M 1:50 000.
- 88.129-07: Tolkede refleksjonsseismiske profiler Boknfjorden og Kvitsøyfjorden.
- 88.129-08: Mektighetskart Boknfjorden og Kvitsøyfjorden. M 1:50 000.

1. INNLEDNING

I mai 1988 utførte NGU refleksjonsseismiske målinger i Karmsundet, Boknfjorden og Kvitsøyfjorden i Rogaland.

Prosjektet inngår i en regional forundersøkelse av mulige fjordkrysningsområder i Nord-Rogaland, og rapporten gir en generell oversikt over sedimentmektigheter og kvartær stratigrafi. Til sammen ble det skutt ca. 185 km refleksjonsseismikk.

Som kartgrunnlag er det benyttet Sjøkart i målestokk 1:50 000 og "Hydrografiske originaler" i målestokk 1:10 000 og 1:20 000 fra Statens kartverk, Norges Sjøkartverk. Posisjonering under målingene ble utført ved hjelp av radar.

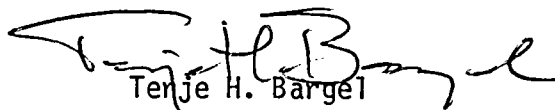
Feltarbeidet ble utført fra NGUs forskningsfartøy "Seisma" (55 fot) med følgende besetning:

R. Bøe	(geolog/navigatør, NGU)
P. T. Moen	(ingeniør/teknisk drift, NGU)
K. Amundsen	(skipper)

O. Longva (NGU) deltok som skipper en uke av toktet.

Prosjektet er et samarbeide mellom Vegkontoret i Rogaland og NGU.

Trondheim, 20. august 1988
Seksjon for løsmassekartlegging


Tenje H. Børgel
seksjonssjef

Reidulv Bøe
forsker
(sign.)

Heidi A. Olsen
avd.ing.

2. SJØBUNNSTOPOGRAFI

2.1 Generelt

Som datagrunnlag for konturering av de sjøbunnstopografiske kartene er det brukt "Hydrografiske originaler" utarbeidet av Statens kartverk, Norges Sjøkartverk. Karmsundet dekkes av originalene nr. IV-133 og IV-134 i målestokk 1:10 000 samt av nr. IV-137 i målestokk 1:20 000. I Boknfjorden og Kvitsøfjorden er originalene nr. III-75 (1:10 000), nr. IV-115 (1:20 000) og nr. IV-138 (1:20 000) samt sjøkart nr. 16 benyttet.

Vanndyp er konturert med femti meters konturintervall i forhold til havnivå ved springfjære. Etter konturering er kartene nedfotografert til målestokk 1:50 000. De sjøbunnstopografiske kartene må ikke brukes til navigasjon.

2.2 Karmsundet

Den sørlige delen av Karmsundet (sør for linja Sørstokke-Lammaneset er karakterisert av en forholdvis bred og jevn fjordbunn og bratte fjordsider (Tegning 88.129-01). Største vanndyp finnes i sørøst (300 m). Nord for Vestre Bokn smalner selve Karmsundet, og vanndypet avtar gradvis mot nord. Vest for øyene Selen og Lauvøya er største dyp ca. 220 m. Øst for disse øyene ligger et område med flere små øyer og uregelmessig bunntopografi. Sundet mellom Lauvøya og Lammaneset har maksimal dybde på 255 m. Øst for Lammaneset, mot Krogøynå, er største vanndyp ca. 120 m i to basseng. Mellom disse bassengene er maksimalt dyp 95 m, mens vanndypet mellom Svartøynå og Østre Bokn er ca. 110 m.

Utenfor Kopervik ligger dypålen på 100-170 m, med jevn oppgrunning mot nord. Mellom Alnor og Fosen er største vanndyp vel 80 m. Dybden øker noe videre nordover til tvers av Rondaskjeret for så igjen å avta. I det smale sundet mellom Bukkholmen og Vormedal er største dybde 58 m.

Boknfjorden og Kvitsøyfjorden

Den vestligste del av Boknfjorden fra Kvitsøy og nordover er preget av en undulerende sjøbunnstopografi med høydedrag og lavereliggende forsenkninger (Tegning 88.129-02). Sør og sørvest av Vestre Bokn er der et grunnområde med dybder fra 0 til litt over 100 m. Omtrent midt i fjorden

kommer det så en NV-SØ-gående renne med dybder rundt 300 m før et nytt høydedrag med minste vanddyp på 80 m. En Ø-V-gående forsenkning med dyp i overkant av 200 m skiller denne høyden fra grunnområdet nord av Kvitsøy.

Øst av disse grunnområdene øker havdypet gradvis til et maksimum på 600 m ØSØ av Vestre Bokn. Fjordbunnen er her relativt jevn, og skrånene gradvis oppover i sørvestlig retning mot Kvitsøy.

Også Kvitsøyfjorden har en relativt jevn bunn med svakt skrånende fjord-sider både fra øst og vest. Vanddypet i det undersøkte området øker gradvis fra ca. 250 m i sør til ca. 400 m ved utløpet til Boknfjorden i nord. Her ligger det et N-S-gående høydedrag med dybder som gradvis øker mot nord. En annen høyde vest av dette høydedraget har et minste vanddyp på 312 m.

3. BERGGRUNNSGEOLOGI

Berggrunnsgeologien i områdene rundt Karmsundet, Boknfjorden og Kvitsøyfjorden er grovt sammenfattet av Sigmond et al. (1984). Bergartene på Karmøy og i den nordlige del av Karmsundet består av granitter, granodioritter, dioritter, trondhjemitter, gabbroer, amfibolitter og fyllitter av kambro-silursk alder. Disse bergartene tilhører Karmøy ofiolittkompleks og Vest-Karmøy intrusivkompleks, og er ca. 450-500 mill. år gamle (Sturt et al., 1979; Sturt et al., 1980; Dunning og Pedersen, 1988). Bergartene ligger ikke der de opprinnelig ble dannet, men tilhører skyvedekker transportert østover under deformasjonsfaser i ordovicium- og silurtiden for ca. 400-500 mill. år siden. Over de nevnte bergartene ligger det på den sørlige del av Karmøy konglomerater av silursk alder (Sturt og Thon, 1978).

Langs østsiden av den sørlige del av Karmsundet ligger prekambriske bergarter, hovedsaklig migmatittiske, granittiske og granodiorittiske gneisser samt øyegneisser. Et lite område på sørøstsiden av Vestre Bokn består av fyllitt og kvartsglimmerskifer av antatt ordovicisk alder (Sigmond et al., 1984).

Sørøst av Boknfjorden kommer man inn i bergarter tilhørende Hardanger-Ryfylke skyvedekkekompleks. Disse er av prekambrisk alder, men er senere skjøvet og deformert under den kaledonske fjellkjededannelse slik at de nå stedvis ligger over yngre, kambro-silurske fyllitter og kvartsglimmerskifer (Heier et al., 1972; Andresen, 1974; Sturt og Thon, 1978; Dunning

og Pedersen, 1988). På Kvitsøy og øyene rundt finnes hovedsaklig grønnsteiner og amfibolitter, mens det på østsiden av Kvitsøyfjorden ligger amfibolitter, gabbroer, granitter og migmatittiske glimmergneisser (Sigmond et al., 1984).

Et detaljert studium av lineamenter (sprekker og forkastninger) i dette området er utført av Gabrielsen og Ramberg (1979). Generelt kan det konkluderes at de dominerende sprekk-/forkastningsretningene langs Karmsundet er N-S og NNW-SSØ. Sør for Boknfjorden har de fleste lineamenter en retning ØNØ-VSV, men også her finnes lineamenter orientert NNW-SSØ. Denne siste retningen samsvarer godt med bl. a. viktige forkastninger som avgrensner de forskjellige bergartene på Karmøy.

4. REFLEKSJONSSEISMISK TOLKNING

4.1 Generelt

Som seismisk signalkilde under innsamling av data i Karmsundet ble det benyttet fem-kubikktommers luftkanon. I Boknfjorden/Kvitsøyfjorden ble profil 1-24 skutt med fem-kubikktommers luftkanon og profil 25-31 skutt med 20-kubikktommers luftkanon. Fordelene med å variere lydkilde på denne måten er beskrevet i Appendix 1. Posisjonering av båten ble utført ved hjelp av radar (Appendix 2).

Resultatene fra de enkelte områdene er presentert hver for seg.

I Karmsundet er det generelt liten profiltetthet, og målingene er derfor ikke egnet til å gi et fullstendig bilde av løsmassetykkelsene. Av denne grunn er mektighetene i Karmsundet angitt som punktobservasjoner langs profillinjene, og ikke som konturert mektighetskart. I Boknfjorden og Kvitsøyfjorden er det foretatt en mer systematisk undersøkelse, og det er utarbeidet mektighetskart.

Eksempler på tolkede refleksjonsseismiske profiler er gitt. Her er det viktig å være oppmerksom på at dybdeskalaen i millisekunder (ms) to-veis gangtid ikke alltid starter ved havnivå (0 ms). Videre bør det bemerkes at den vertikale skalaen på disse tolkede profilene er 2-3 ganger større enn den horisontale skalaen.

Lydhastigheten i sedimentene er ikke kjent, og dybdeverdier i millisekunder to-veis gangtid kan derfor ikke uten videre omregnes til dybdeverdier

i meter. Forutsetningene og framgangsmåten for å konvertere disse er gitt i Appendix 1.

Flere faktorer gjør at det kan være vanskelig å identifisere fjellreflektoren og derved kunne finne total sedimentmektighet. Vanligst er kanskje tilstedeværelsen av en bunnmorene som maskerer fjelloverflaten. I områder hvor det er indikasjoner på hardpakket morenemateriale over fjell, er det angitt mektighet ned til dypeste tolkbare reflektor, som da enten kan være fjell eller morene. Sidedrefleksjoner (Appendix 1) har også enkelte steder skapt problemer under tolkning av refleksjonsseismikken.

Et spesielt problem oppstod under feltarbeidet i Boknfjorden og Kvitsøyfjorden p.g.a. støy fra Rogaland Radios kortbølgesender på Kvitsøy. Denne sender med en effekt på hele 30 MW, og det sterke spenningsfeltet kunne merkes i hele området. Det viste seg å være umulig å fjerne støyen fra registreringene, men ved å kjøre profiler hovedsaklig fra nord mot sør kunne den reduseres betrakelig. P.g.a. støyproblemene ble det i området rundt Kvitsøy kjørt noen flere profiler enn opprinnelig planlagt. Dette antas å ha kompensert for usikkerheter som oppstod under feltarbeidet og tolkningen av seismikken. Man bør imidlertid i framtida være oppmerksom på støyproblemene hvis det skal gjøres oppfølgende undersøkelser i dette området.

4.2 Karmsundet

Tegning 88.129-03 viser de utseilte refleksjonsseismiske profilene i Karmsundet. Det er skutt et sammenhengende lengdeprofil fra munningen av Karmsundet mot Boknfjorden til Salhus i nord. I de fem delområdene, merket I til V, er det supplert med tverrprofiler. Nord av Vestre og Austre Bokn er det skutt to kryssende profiler i hvert av delområdene VI til VIII. Ut fra dette beskjedne datagrunnlaget har det ikke vært mulig å lage mektighetskart, og dataene er presentert som punktobservasjoner og tolkede seismiske profiler (Tegning 88.129-04). Tegning 88.129-05 gir en oversikt over løsmassemektighetene i Karmsundet.

På de tolkede profilene (Tegning 88.129-04) er det skilt ut to hovedtyper løsmasser; silt/leir og morene. Det bør bemerkes at løsmassene angitt som leir/silt kan inneholde sand, grus og grovere materiale. Særlig gjelder dette i de øvre lag på grunnvannsområder.

Område I (Bukkøya-Vormedal)

Et utsnitt av profil 3 som går gjennom sundet mellom Bukkøya og Vormdal er presentert i Tegning 88.129-04. Det er i dette området relativt klare indikasjoner på at det ligger morenemateriale over fjellet. De oppgitte mektigheter er tykkelse av løsmasser ned til moreneoverflaten, og de representerer minimumsmektigheter. Største minimumsmektighet er målt til ca. 20 ms omtrent midt i sundet.

Område II (Alnor-Fosen)

Profil 15 (Tegning 88.129-04) krysser sundet tre ganger. Det er ca. 200 m mellom hver kryssing. Det kan ikke utelukkes at det også i dette området kan finnes en del morenemateriale over fjellet, men det er antatt at de løsmassene som er skilt ut her ligger direkte på fjell. Sedimentmektigheten midt i sundet ligger rundt 10-15 millisekund.

Område III (Kopervik-Fosen)

Profil 13 (Tegning 88.129-04) viser et eksempel på et tolket refleksjonsseismisk profil som krysser sundet mellom Kopervik og Fosen fra vest mot øst. Linjen merket morene/fjell i profilet er den dypeste reflektoren som kan skilles ut på den seismiske registreringen, men signaturen i det underliggende materialet har stedvis karakter av morene. Tykkelsen av de sedimentene som ligger over antas derfor å være minimumsmektigheter. Største minimumsmektighet, 40 ms, er lokalisert til dyprenna noe øst for midtlinja i sundet. I fortsettelsen av dyprenna lenger nord er største registrerte mektighet ca. 30 ms. Også i den sørvestlige del av området er det funnet mektigheter rundt 20-30 ms.

Område IV

I Tegning 88.129-04 er gjengitt profil 11 som går fra Nord-Stokke tvers over Karmsundet. Tolkningen er noe usikker p.g.a. siderefleksjoner (Appendix 1), men det antas å ligge ca. 40 ms sedimenter i dypålen. Langs profil 10 lenger sør (Tegning 88.129-04) er det antydte mektigheter på ca. 70 ms, men også her er tolkningen noe usikker p.g.a. siderefleksjoner.

Område V

Profil 1 i Tegning 88.129.04 viser lagfølge og sedimentmektigheter tvers over Karmsundet i område V. Relativt sikre mektigheter er målt opp mot

begge fjordsidene. Midt i sundet er tolkningen noe mer usikker, og det er ikke lokalisert sikre fjellreflektorer. Her er mektigheten av løsmasser målt ned til den dypeste reflektoren som kan følges sammenhengende, og de oppgitte mektigheter bør betraktes som minimumsmektigheter. Materialet som ligger over reflektoren er antatt å bestå av morene, og framkommer i den østlige del av profilet som en ryggform (rundt posisjonspunkt 2, profil 1). På begge sider av denne ryggformen ligger ca. 100 ms silt/leir. Det er funnet minimumsmektigheter på rundt 150 ms innen store deler av område V. Mektigheter på minst 170 ms er lokalisert både sør og nord for profil 1.

Område VI (Lammaneset-Lauvøya)

Største sikre sedimentmektighet, ca. 50 ms, finnes omtrent midt i sundet mellom Lammaneset og Lauvøya. Litt lengre vest er det antydning ca. 70 ms løsmasser, men tolkningen her er noe usikker (Tegning 88.129-04, profil 9). Ifjellsiden ut fra Lammaneset er det lokalisert ca. 30 ms løsmasser i en hylle i fjellet. Løsmassene er ellers konsentrert til det N-S-gående hovedbassenget.

Område VII (Lammaneset-Krogøynå)

Mellom Lammaneset og Krogøynå er det registrert ubetydelige mengder løsmasser. Det kan imidlertid ikke utelukkes at det stedvis kan ligge tette morenemasser som vanskelig kan skilles fra fjellreflektoren. Profil 7, som er gjengitt i Tegning 88.129-04, er tolket å vise tilnærmet bart fjell langs hele profilet. I det kryssende profilet er det observert to små basseng (på hver side av profil 7) med ca. 10 millisekund løsmasser.

Område VIII (Austre Bokn-Svartøynå)

Profil 4 (Tegning 88.129-04) viser profilet som går fra Svartøynå i retning Austre Bokn. Det er tolket tilnærmet bart fjell langs hele profilet, bortsett fra i et lite basseng med maksimalt 10 millisekund løsmasser. Bassenget antas å fortsette mot sør med økende sedimentmektighet. Største observerte mektighet er ca. 25 millisekund i den sørlige del av det undersøkte området. Stedvise forekomster av tette morenemasser kan ikke utelukkes; men vi har valgt å tolke området som fjell med bassengfyllinger bestående av silt/leir.

4.3 Boknfjorden og Kvitsøyfjorden

Tegning 88.129-06 viser en oversikt over de utseilte refleksjonsseismiske profiler i Boknfjorden og Kvitsøyfjorden. Det er tilsammen skutt 31 profiler med intern profilavstand varierende fra ca. 500 m til 2 km. P.g.a. problemer med støy på registreringene fra Rogaland Radios sender på Kvitsøy (Kap. 4.1) er det opprinnelige forslag til profilnett en del forandret. Det antas imidlertid ikke at disse problemene har hatt vesentlig innvirkning på nøyaktigheten i tolkningene.

Eksempler på tolkede refleksjonsseismiske profiler er presentert i Tegning 88.129-07 og det utarbeidede mektighetskartet er vist i Tegning 88.129-08. På sedimentmektighetskartet er dybdeverdier gitt i millisekunder (ms) toveis-gangtid. To kontursymboler er benyttet. Sammenhengende linjer er trukket der man med forholdsvis stor sikkerhet har kunnet beregne total mektighet av løsmasser. Stiplede konturer er trukket der de fysiske og geologiske forhold ikke har muliggjort en sikker identifisering av fjell-reflektoren, og indikerer hvis ikke annet er nevnt minimumsmektigheter.

Lengst i nord, på det relativt grunne området sørover fra Vestre Bokn, varierer sedimenttykkelsene fra 0 ms til 30 ms. Vest av grunnområdet øker avsetningenes tykkelse inn mot Karmsundet, og i den nordligste av de Ø-V-gående rennene ligger det over 140 ms sedimenter (Tegning 88.129-07, profil 1). Videre sørover passerer en topografisk høyde før neste Ø-V-gående forsenkning påtreffes. I denne forsenkningen øker mektighetene mot vest til over 115 ms. Maksimal mektighet er målt ca. 500 m sørvest av enden på profil 20, m.a.o. nord av det dypeste parti i forsenkningen. Målingene i dette området er noe usikre, og det antas at de oppgitte verdier representerer minimumsmektigheter.

Rett nord av Kvitsøy ligger det opp til 55 ms løsmasser. Følges rennen i havbunnen mot nordøst avtar tykkelsen før den igjen øker til maksimalt 90 ms 2.5 km nordøst av Kvitsøy. Sedimentene i dette området ligger bevart inn mot dyprennene nord og øst av Kvitsøy. Mot nord avtar tykkelsen til tilnærmet lik null.

Langs dypålen i Boknfjorden videre mot nordøst øker sedimentmektighetene gradvis til rundt 100 ms. Maksimal tykkelse ble målt til 120 ms. Dette må betraktes som en minimumstykkelse da en tynn bunnmorene enkelte steder kan ligge over fjellet. Profil 30 (Tegning 88.129-07) viser hvordan sedimentmektighetene gradvis øker mot nord.

Sørøst av dypålen i Boknfjorden (NV av Fjøløy) kommer et område med sedimentoverdekning varierende fra null til 20 ms. Det antas at høydedraget som går fra starten av profil 20 og nordover representerer en fjellrygg. Vest av denne, rett sør for utløpet av Kvitsøyfjorden mot Boknfjorden (ved punkt 2 på profil 20), ligger det et basseng med minst 120 ms sedimenter. Mektigheten avtar gradvis sørsørøstover inn i Kvitsøyfjorden.

I Kvitsøyfjorden vest av Fjøløy er dypålen i fjellgrunnen forskjøvet mot øst. Sedimentmektighetene avtar gradvis fra ca. 120 ms i nord til ca. 70 ms sørvest av Fjøløy (Tegning 88.129-07, profil 14). Et geologisk svært komplisert område ligger i fortsettelsen av dypålen nordvest av Fjøløy (fra starten av profil 19 til punkt 2 på profil 11). Vi har tolket sedimentene i denne rennen som en moreneavsetning (Tegning 88.129-07, profil 11). Det er imidlertid svært usikkert hvor mektig denne er og hvor dypt det er til fjell. Den underste av de godt synlige reflektorene er tolket som fjelloverflate, og det antas derfor at 140 ms tykkelse som angitt i Tegning 88.129-08 representerer en maksimal mektighet. Hvis derimot denne reflektoren er falsk, for eksempel en siderefleksjon (Appendix 1), kan tykkelsen av avsetningen være vesentlig mindre (Kap. 5).

Langs vestsiden av Kvitsøyfjorden ligger det et jevnt dekke av sedimenter. Tykkelsen øker gradvis fra tilnærmet lik null i vest til ca. 140 ms inn mot midten av fjorden (Tegning 88.129-07, profil 14). Lengst sør i Kvitsøyfjorden, nordøst av Alstein, øker mektigheten på nytt til i overkant av 80 ms.

Løsmassene i Boknfjorden og Kvitsøyfjorden består hovedsaklig av glasi-marine leir, silt og sand. Under de glasi-marine sedimentene finnes ofte morene, spesielt i de dypere partier av fjordene. Enkelte steder, f.eks. i den sydlige del av Kvitsøyfjorden, når morene mektigheter på opp under 100 ms. På steder der leir/silt ser ut til å ligge rett på fjell kan det ligge en tynn bunnmorene som imidlertid er vanskelig å skille ut. Under avsmeltingen etter den siste istiden for ca. 10 500 år siden lå iskanten en lang stund i tilnærmet samme posisjon lenger inne i Boknfjorden (Aarseth og Mangerud, 1974; Austbø, 1988). Randavsetningen nordvest av Fjøløy er derfor trolig av eldre dato.

På toppen av de glasi-marine avsetningene både i Karmsundet, Boknfjorden og Kvitsøyfjorden ligger det pakker av post-glacial, marine leire avsatt etter

at isen hadde trukket seg tilbake fra området. Skjellsand forekommer trolig i de grunnere og mer værutsatte deler av Boknfjorden og Kvitsøyfjorden.

5. DISKUSJON OG KONKLUSJON

5.1 Generelt

Denne undersøkelsen gir mektigheter i millisekund to-veis gangtid, og omregning til meter er gjort ut fra antatte lyd hastigheter i sedimentene. I Appendix 1 er det gitt en oversikt over en del sedimenttyper med tilhørende lyd hastigheter. I de følgende beregninger er det benyttet en lyd hastighet på 1600 m/s for finkornige sedimenter og 2000 m/s for morene.

Med uttrykket totalt dyp til fjell menes dyp i meter fra havnivå til fjellreflektoren. Dette inkluderer vanddyp og sedimenttykkelse.

Uttrykket totalt minimumsdyp betyr dyp i meter fra havnivå og ned til dypeste synlige reflektor, og inkluderer vanddyp og minimumssedimenttykkelse.

5.2 Karmsundet

De oppgitte løsmassemektigheter innen område I i Karmsundet er minimumsmektigheter. Største minimumsmektighet er målt til ca. 20 ms (ca. 16 m) omtrent midt i sundet. Vanddypet i det samme området er i underkant av 60 m, slik at det største totale minimumsdyp vil ligge rundt 75 m.

Mellom Alnor og Fosen (område II) finner vi de største mektigheter midt i sundet eller noe øst for midtlinja. Med en maksimal sedimentmektighet på ca. 15 ms (10-15 m) og et vanddyp på vel 80 m, vil totalt dyp til fjell bli 90-100 m.

Innen område III er største sedimentmektighet ca. 40 ms (30 m) lokalisert til dypålen. Med et vanddyp på rundt 110 m blir totalt dyp til fjell ca. 140 m. I den nordlige del av område III er både minimumsmektighet av løsmasser og vanddyp mindre. Med største minimumsmektighet på 30 ms (20-25 m) løsmasser og et vanddyp på rundt 90 m, vil totalt minimumsdyp til fjell ligge rundt 115 m.

Største vanddyp i område IV varierer mellom 200 og 220 m. Største registrerte mektighet i områdets nordlige del er ca. 40 ms (30 m). Legger en til vanddypet på ca. 200 m blir største totale dyp til fjell ca. 230 m. I

den sørlige delen er sedimentmektigheten 60-70 ms (45-55 m) og vanddypet 210-215 m. Dette gir totalt dyp til fjell på 255-270 m.

Innen område V ligger største mektighet på 150-170 ms (120-140 m). Dette antas å representere en minimumsmektighet. Med vanddyp på vel 300 m ligger totalt dyp til fjell på 420-440 m.

Største vanddyp mellom Larmaneset og Lauvøya (område VI) ligger rundt 250 m. Sedimentmektigheten er målt til ca. 50 ms, men er sannsynligvis noe større i den vestlige del av det undersøkte området. Totalt dyp til fjell blir mellom 290 m og 310 m.

Innen område VII, mellom Larmaneset og Krogøynå, er det ikke observert sedimentmektigheter over 10 ms (i underkant av 10 m). Med vanddyp på 110-120 m vil totalt dyp til fjell bli 110-130 m. Mellom de to bassengene som framkommer på Tegning 88.129-01 er det tilnærmet bart fjell. Vanddypet er ca. 95 m, og totalt dyp til fjell blir rundt 100 m.

I område VIII, mellom Austre Bokn og Svartøynå, opptrer største vanddyp (varierende mellom 100 og 120 m) i en smal, N-S-gående renne. Største mektighet er målt til ca. 25 ms (ca. 20 m), og totalt dyp til fjell blir 130-140 m.

I kap. 4.2 er det anført muligheter for morenemasser over fjell i området VII og VIII. Tilstedeværelse av morene kan stedvis gi noe større totale dyp til fjell enn det som er oppgitt.

5.3 Boknfjorden og Kvitsøyfjorden

Det gunstigste området for en fjordkryssing med tunnel under Boknfjorden ser ut til å ligge relativt langt mot vest. Ved å gå rett sørover fra Vestre Bokn og følge grunnområdet i fjorden følger man samtidig området med minst sedimentoverdekning (varierende fra 0 m til 35 m). Største dyp til fjell ca. 2 km sør for Vestre Bokn blir da 110-120 m.

Videre sørover kan det siktes inn mot den lille topografiske høyden på 292 m vanddyp og i dette området dreies mot sørøst og øst. Største dyp til fjell vil her variere fra 300-350 m alt etter hvor man velger å legge traseen.

I det dypeste partiet av Boknfjorden 3-3.5 km NNØ av Kvitsøy ser det ut til å være tilnærmet bart fjell og et vanddyp varierende rundt 400 m. I

retning Kvitsøy herifra øker sedimenttykkelsen til ca. 90 ms (ca. 80 m) samtidig som vanddypet avtar. Dyp til fjell ligger derfor relativt konstant på rundt 400 m til ca. 2 km NNØ av Kvitsøy, for deretter å avta hurtig.

Ved å gå fra den topografiske høyden på 292 m vanddyp og sikte seg inn mot Kvitsøy vil dyp til fjell bli mindre enn om man dreier østover lenger nord. Omtrent midt mellom disse to punktene (midt på profil 24) er vanddypet 260-270 m og sedimentoverdekningen 20-40 ms (20-40 m). Dyp til fjell vil derfor ligge på 290-310 m. Følger man dette alternativet og går langt nok mot sør før det dreies østover kan den NØ-SV-gående dypålen i Boknfjorden unngås.

I Kvitsøyfjorden blir dyp til fjell mindre dess lenger sørover traseen legges. Fra vest av Fjøløy og sørover ligger sedimentmektighetene noenlunde jevnt på 70-100 ms (60-90 m). Et minimum på ca. 50 ms (ca. 50 m) er imidlertid observert rett vest av skjæringen mellom profil 12 og profil 15. Vanddypet er her ca. 260 m, og dyp til fjell blir ca. 310 m. Krysser traseen dypålen sør for dette punktet avtar dyp til fjell gradvis. Nordover øker dyp til fjell til ca. 350 m vest av Fjøløy.

Området vest og nordvest av nordspissen av Fjøløy er geologisk komplisert og bør undersøkes nærmere (Kap. 4.3 og 6). Største vanddyp vil variere fra 300-400 m alt etter hvor traséen legges. I tillegg kommer sedimentmektigheter på over 100 ms (80-100 m).

Gneissbergartene på østsiden lengst syd i Karmsundet antas å være av generelt god kvalitet for tunnelbygging. Det samme gjelder for intrusivbergartene, f.eks. granittene og gabbroene, lenger nord i Karmsundet og på Karmøy. Derimot kan de mer skifrige bergartene langs etter Karmsundet være av dårligere kvalitet.

På østsiden av Boknfjorden, i området rundt Kvitsøyfjorden, er det hovedsaklig prekambriske bergarter. Disse burde i utgangspunktet være av bra kvalitet for tunnelbygging, men også her kan de yngre fyllittene og kvartsglimmerskifrene forårsake problemer.

Sprekker og forkastninger i berggrunnen vil trolig representere det største problemet for tunnellingbygging i disse områdene. Spesielt kan svakhetssoner med nordlig og nordvestlig orientering forårsake problemer ved

kryssing av Boknfjorden, da de vil bli liggende nesten parallelt med en eventuell tunnel. Her går trolig også svakhetssoner langs Boknfjorden. Også langs Karmsundet går det svakhetssoner, men disse vil bli liggende mer vinkelrett på en eventuell tunneltrasee, noe som antas å være gunstig.

6. OPPFØLGING

Undersøkelsene foretatt i Karmsundet og Boknfjorden/Kvitsøyfjorden må betraktes som innledende forundersøkelser. Undersøkelsene gir imidlertid en brukbar indikasjon på hvilke områder som egner seg best for fjordkryssing med tunnel og som bør undersøkes nærmere.

I Karmsundet vil det være naturlig å konsentrere videre undersøkelser omkring områdene hvor den totale dybden til fjell er antatt å være minst. Det vil være særlig viktig å få avklart om det kan ligge morenemasser over fjell i de områder hvor dette er pekt på som en mulighet.

I Boknfjorden/Kvitsøyfjorden er usikkerheter spesielt knyttet til området nordvest av Fjøløy (Kap. 4.3) der det bør skytes et tettere profilnett for å kartlegge ubredelsen og mektigheten av moreneavsetningen.

Under eventuelle oppfølgende undersøkelser bør det benyttes både refleksjonsseismiske og refraksjonsseismiske målemetoder, samt foretas en grundig kartlegging av geologien på land. Dette vil gi grunnlag for utarbeidelse av mer detaljerte kart i større målestokk.

REFERANSER

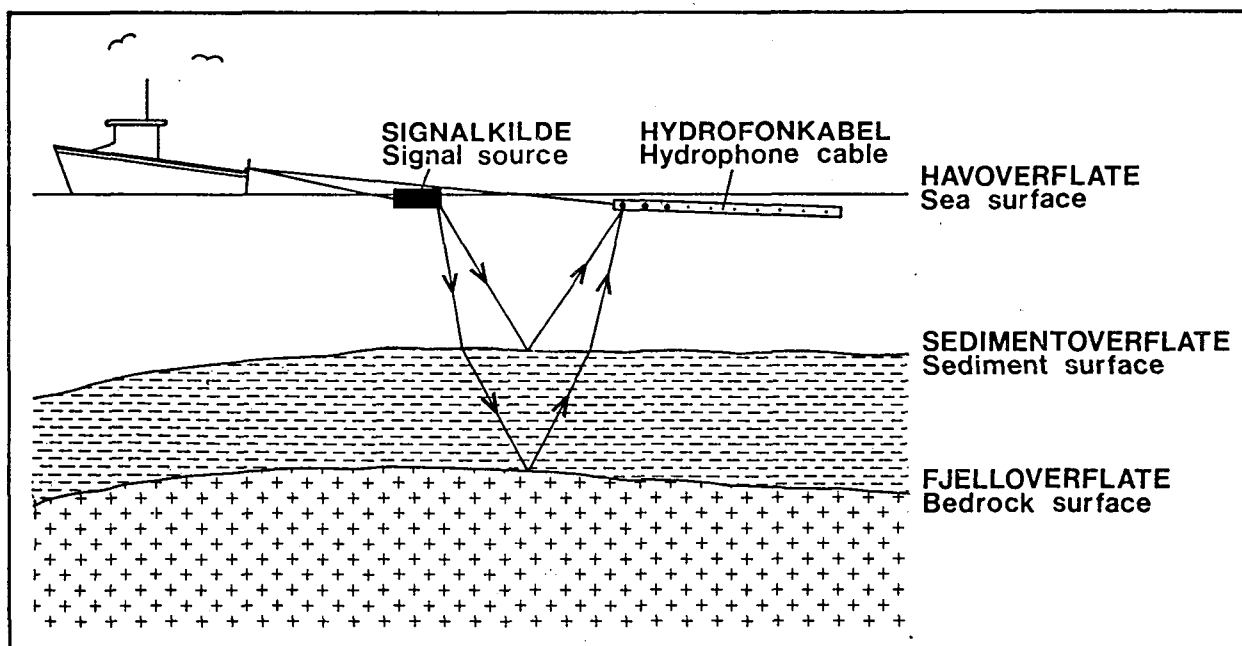
- Andresen, A. 1974: New fossil finds from the Cambro-Silurian meta sediments on Hardangervidda. NGU 304, 55-60.
- Austbø, P.K. 1988: Seismostratigrafi av israndavsetninger i Jøsenfjorden, Erfjorden, Ytre Sandsfjord og Ytre Vindafjord, Ryfylke i Rogaland. Upubl. hovedfagsoppgave. Universitetet i Bergen.
- Dunning, G.R. og Pedersen, R.B. 1988: U/Pb ages of ophiolites and arc-related plutons of the Norwegian Caledonides: implications for the development of Iapetus. *Contr. Mineral. Petrol.* 98, 13-23.
- Gabrielsen, R. og Ramberg, I. 1979: Fracture patterns in Norway from landsat imagery: results and potential use. *Proc. Norwegian Sea Symp.*, Tromsø. 28 s.
- Heier, K.S., Naterstad, J. og Bryhni, I. 1972: A Rb-Sr wholerock isochron date from the Stavanger area, south Norway. *Norsk Geol. Tidsskr.* 52, 377-383.
- Sigmond, E.M.O., Gustavson, M. og Roberts, D. 1984: Berggrunnskart over Norge - M 1:1 000 000. *Norges Geol. Unders.*
- Sturt, B.A. og Thon, A. 1978: Caledonides of southern Norway. *Geol. Surv. Canada Pap.* 78-113, 39-47.
- Sturt, B.A., Thon, A. og Furnes, H. 1979: The Karmøy ophiolite, southwest Norway. *Geology* 7, 316-320.
- Sturt, B.A., Thon, A. og Furnes, H. 1980: The geology and preliminary geochemistry of the Karmøy ophiolite, S.W. Norway. *Proc. Int. Ophiolite Symp.*, Cyprus, 538-554.
- Aarseth, I. og Mangerud, J. 1974: Younger Dryas end moraines between Hardangerfjorden and Sognefjorden, Western Norway. *Boreas* 3, 3-22.

APPENDIX 1

REFLEKSJONSSEISMISKE MÅLINGER.

Ved den refleksjonsseismiske målemetoden sendes en seismisk bølge (lydpuls) ut fra ett punkt, og mottas i et annet punkt.

I praksis skjer dette ved at det sendes lydsignaler ut fra en signalkilde. Lyden vil forplante seg i det mediet den sendes ut i, for så å reflekteres ved overgangen til et annet medium. Mottak av det reflekterte signalet skjer ved hjelp av en hydrofonkabel ("lyttekabel").



Ved refleksjonsseismiske målinger registreres den utsendte lydimpulsen "2-veis gangtid". Dette er tiden lydimpulsen bruker på å forplante seg fra lydkilden, ned til en reflekterende horisont, og derfra tilbake til hydrofonkabelen. De reflekterende horisontene representerer grenseflater mellom medier med forskjellige fysiske egenskaper, blant annet forskjell i tetthet og seismisk hastighet. Eksempel på slike grenseflater er overgangen mellom vann/sediment og overgangen sediment/fast fjell.

Dersom en kjenner den seismiske hastigheten for et lag, kan en ved å måle tiden fra utsendelse til mottak av en lydimpuls, finne lagets mektighet.

Beregningseksempel:

Lydhastighet for laget: 2000 m/s
Målt 2-veis gangtid : 100 ms = 0.1s

Lagets mektighet: $2000 \text{ m/s} * 0.1 \text{ s} / 2 = 100\text{m}$

Vanlige lydhastigheter (seismiske hastigheter) for sedimenter i sjøen vil være:

Vann	:	ca. 1500 m/s
Leir	:	1500 - 1800 m/s
Sand/grus	:	1500 - 1700 m/s
Morene	:	1500 - 2800 m/s
Fjell	:	> ca. 4000 m/s

Penetrasjonsevne (evne til å trenge ned i løsmasser/bergarter) vil være avhengig av type signalkilde, men også av geologiske forhold. Lydpulsen vil generelt forplante seg lett gjennom silt/leir- holdige sedimenter, selv om disse kan inneholde en del sand og grus. En større del av energien vil derimot reflekteres fra overflaten av morene og godt sortert sand/grus.

Den vertikale oppløsningen (detaljeringsgraden) vil hovedsakelig avhenge av type signalkilde. Seismiske signalkilder som Uniboom, Sparker, Luftkanon og Elma, gir registreringer med vertikal oppløsning mellom ca. 5 - 15 ms.

Den refleksjonsseismiske metoden kan gi en del uønskede reflektorer som vil være vanskelig å skille fra reelle reflektorer. De viktigste av disse er multipler og sideekko.

Multipler: Noe av energien fra en lydbølge som er reflektert til havoverflaten vil bli reflektert ned igjen fra grenseflaten hav/luft. Lydbølgen vil dermed gå en, eller normalt flere ganger ned til underliggende grenseflater for så å bli reflektert til overflaten og bli registrert på nytt. På de seismiske profilene vil dette bli tegnet ut som nye horisonter mot økende dyp. Disse "falske" horisontene kalles multipler. I mange tilfeller vil det være vanskelig å identifisere geologiske grenseflater under 1. multipl.

Sideekko: Sideekko eller siderefleksjoner oppstår fordi lydbølger etter utsending sprer seg i alle retninger i stedet for ideelt sett bare å gå loddrett ned. I smale og dype fjorder kan lyden bli reflektert fra fjordsidene og forårsake uønskede ("falske") reflektorer. Det samme kan skje ved svært kuperte bunnforhold. Slike "falske" reflektorer kan dels skygge helt over, og dels være vanskelig å skille fra reelle reflektorer.

De signalkilder NGU benytter er:

Luftkanon , oppløsning	8 - 10 ms
Elma , oppløsning	5 - 7 ms

POSIJONERING.

Radarposisjonering.

Utstyr: Furuno FCR 1411 fargeradar , gyrostabilisert via
Anschuts gyrokompass. 2 variable avstandsringer
Elektronisk peilelinjal

Posisjonsberegningene er basert på avstandsmålinger til to
peilepunkter på land, samt kurspeilinger. Avstandsmålingene
plottes fortløpende ut i kart. Etter utplotting i kart, blir
posisjonspunktene digitalisert, og kan om ønskelig, plottes ut
sammen med posisjonsdata fra det automatiske
posisjoneringssystemet.

Posisjonering ved hjelp av radar benyttes kun til oversikts-
kartlegging og orienterende profiler. Nøyaktigheten ved denne
type posisjonsbestemmelse vil være ca. 20 - 80m.



59°20'

NAVNEFORKORTELSER

- D = Drageøya
- S = Selen
- L = Lauvøya
- B = Bukkøya
- K = Krogøynå
- Sv = Svartøynå

TEGNFORKLARING

— 100 — VANNDYP I METER
 EKVIDISTANSE 50 m

KARTET MÅ IKKE BRUKES TIL NAVIGASJON!

NGU - ROGALAND VEGKONTOR SJØBUNNSTOPOGRAFISK KART KARMSUNDET ROGALAND FYLKE	MÅLESTOKK	OBS.	RB	MAI 1988
	1:50 000	TEGN.	HAO	JUNI 1988
		TRAC.	IL	AUG. 1988
		KFR. <i>K. B.</i>		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 88.129-01	KARTBLAD NR. 1113 I, 1113 II		

5°20'

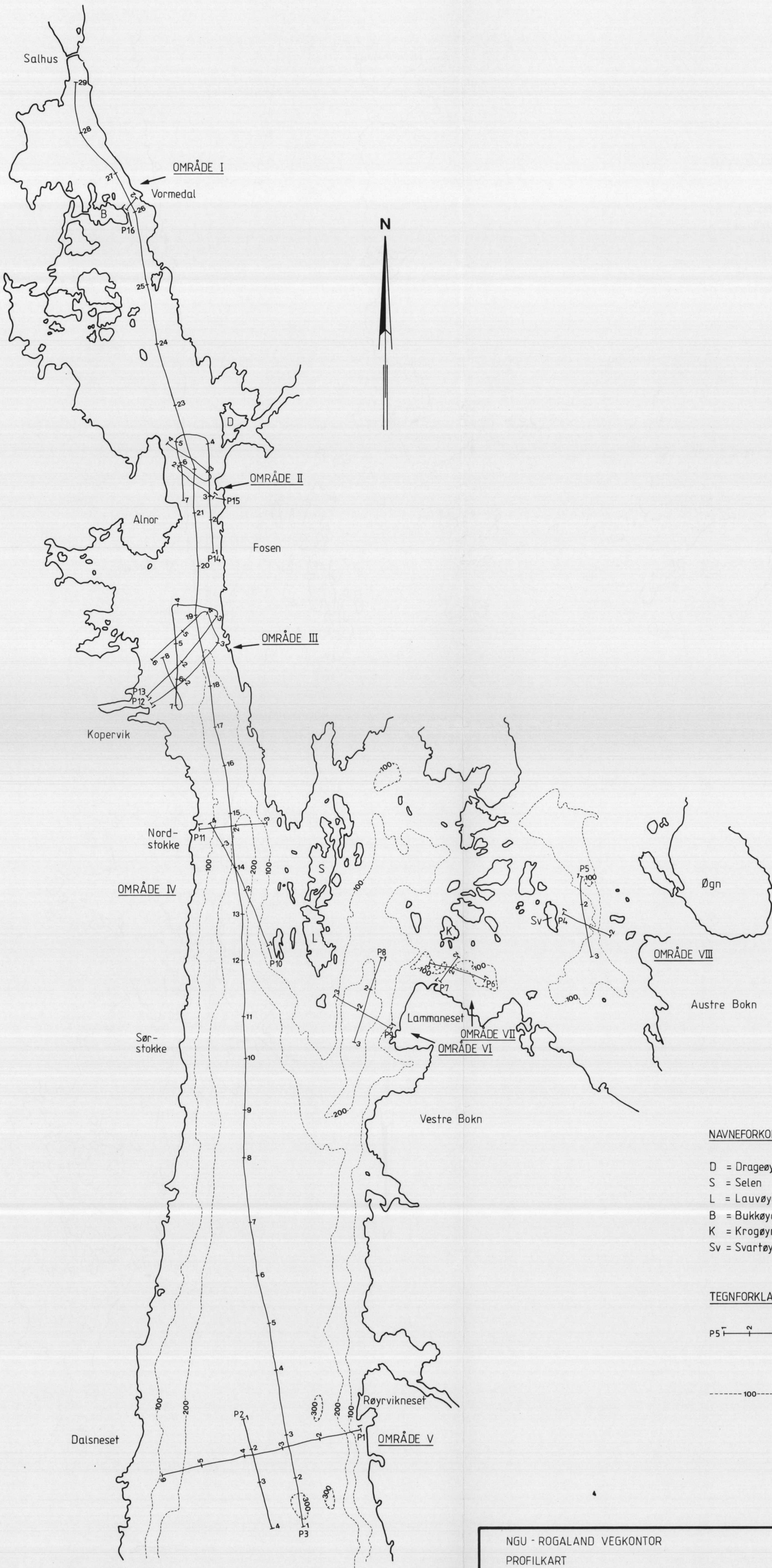


TEGNFORKLARING

— 50 — VANNDYP I METER (EKVIDISTANSE 50 m)

KARTET MÅ IKKE BRUKES TIL NAVIGASJON!

NGU - ROGALAND VEGKONTOR SJØBUNNSTOPOGRAFISK KART BOKNFJORDEN OG KVITSØYFJORDEN ROGALAND FYLKE	MÅLESTOKK	OBS. RB	MAI 1988
	1: 50 000	TEGN. RB	JULI 1988
TRAC. IL		JULI 1988	
KFR. K. Bj:			
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 88.129-02	KARTBLAD NR. 1113 II, 1213 III, 1213 IV	



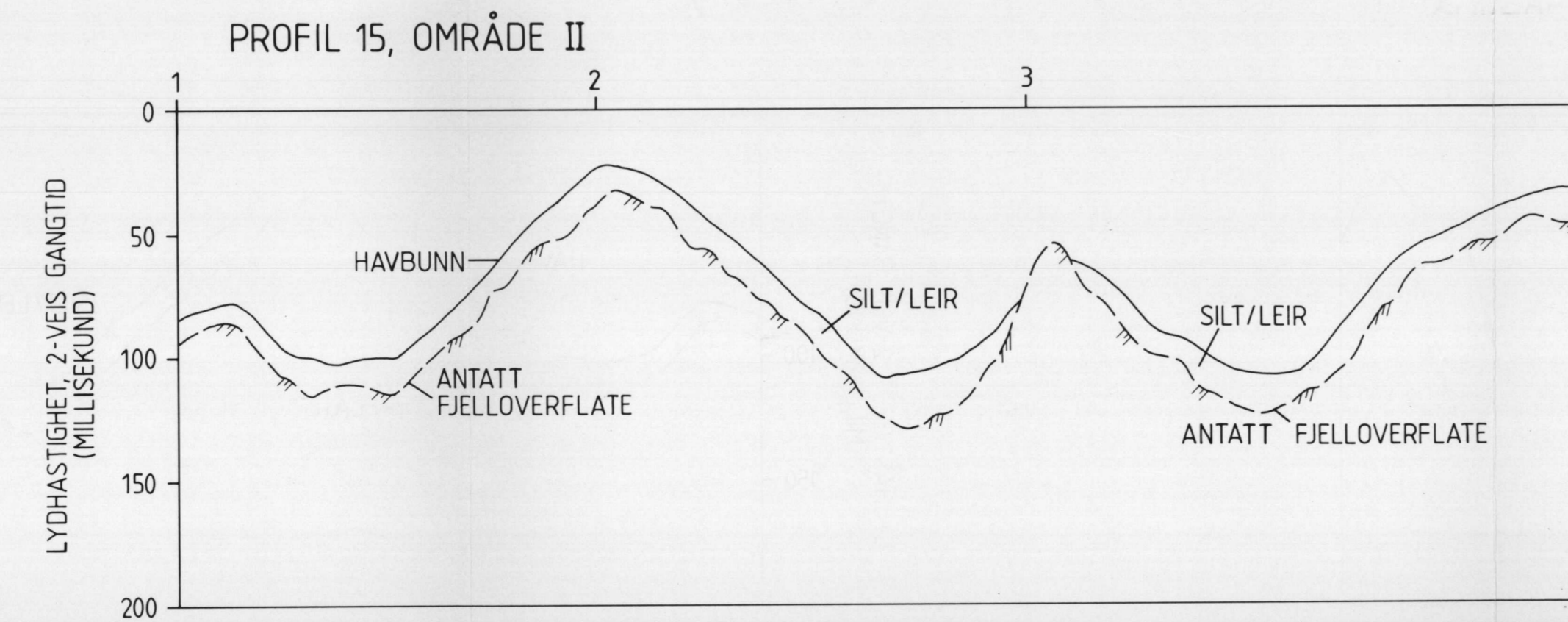
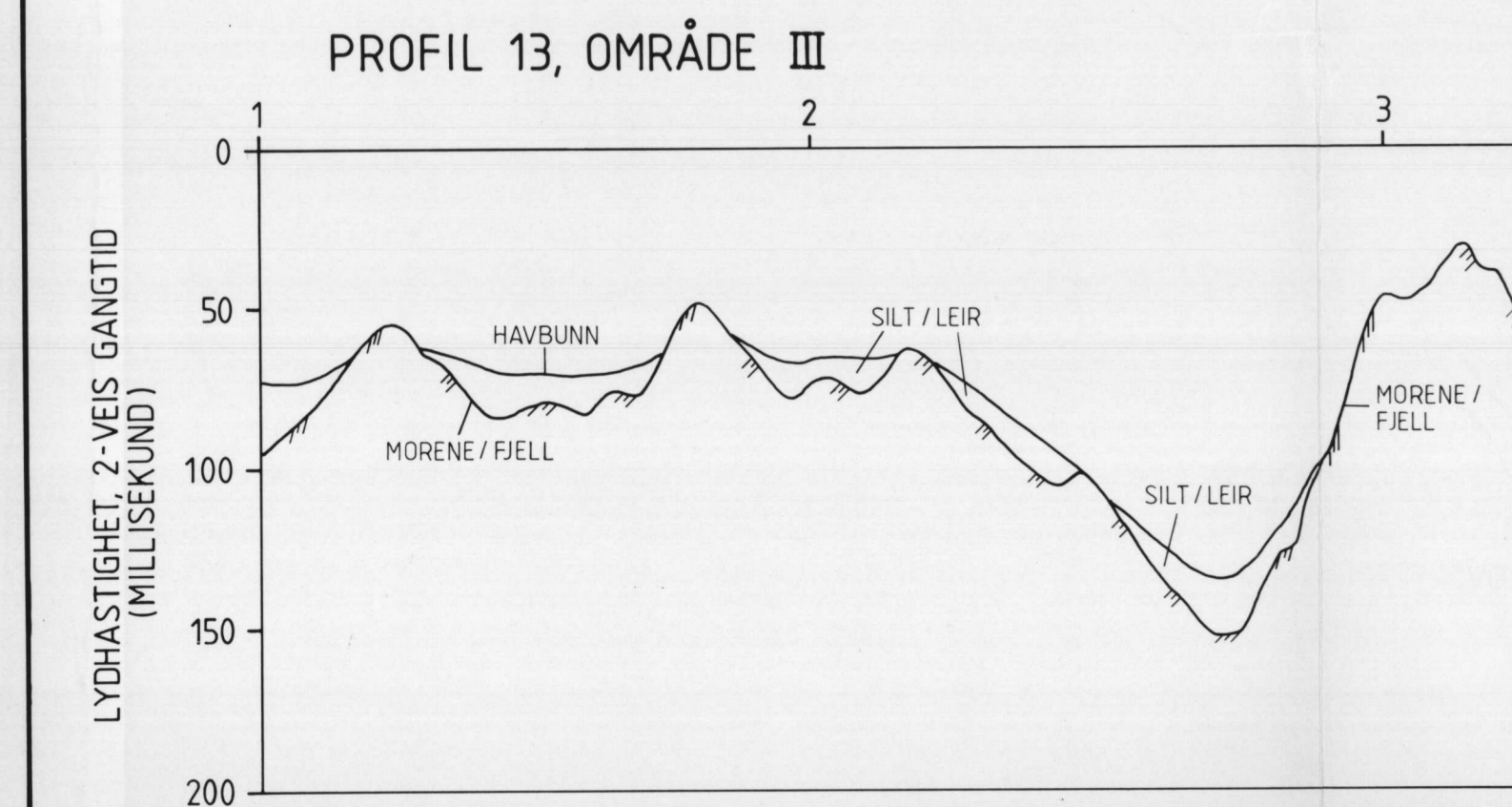
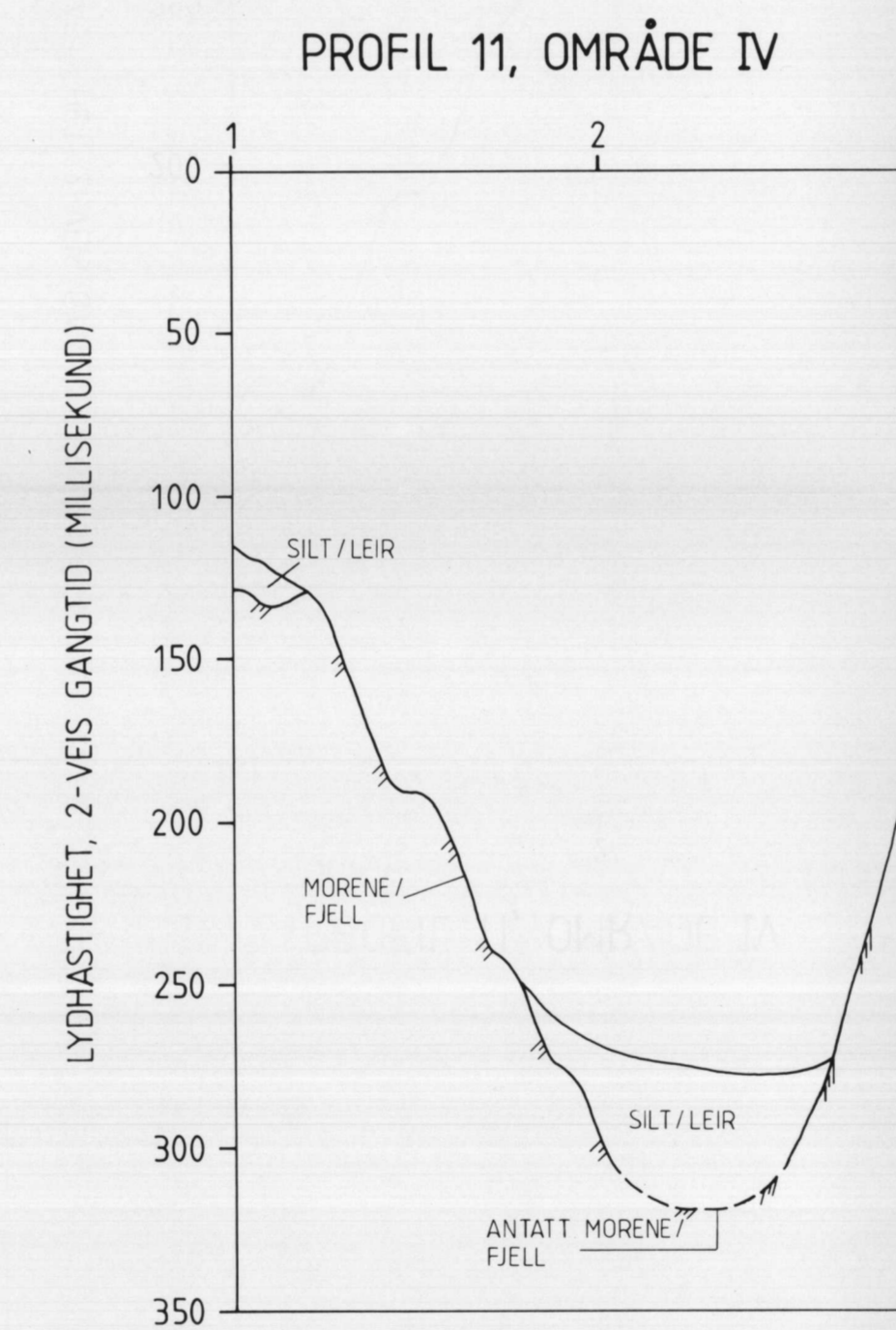
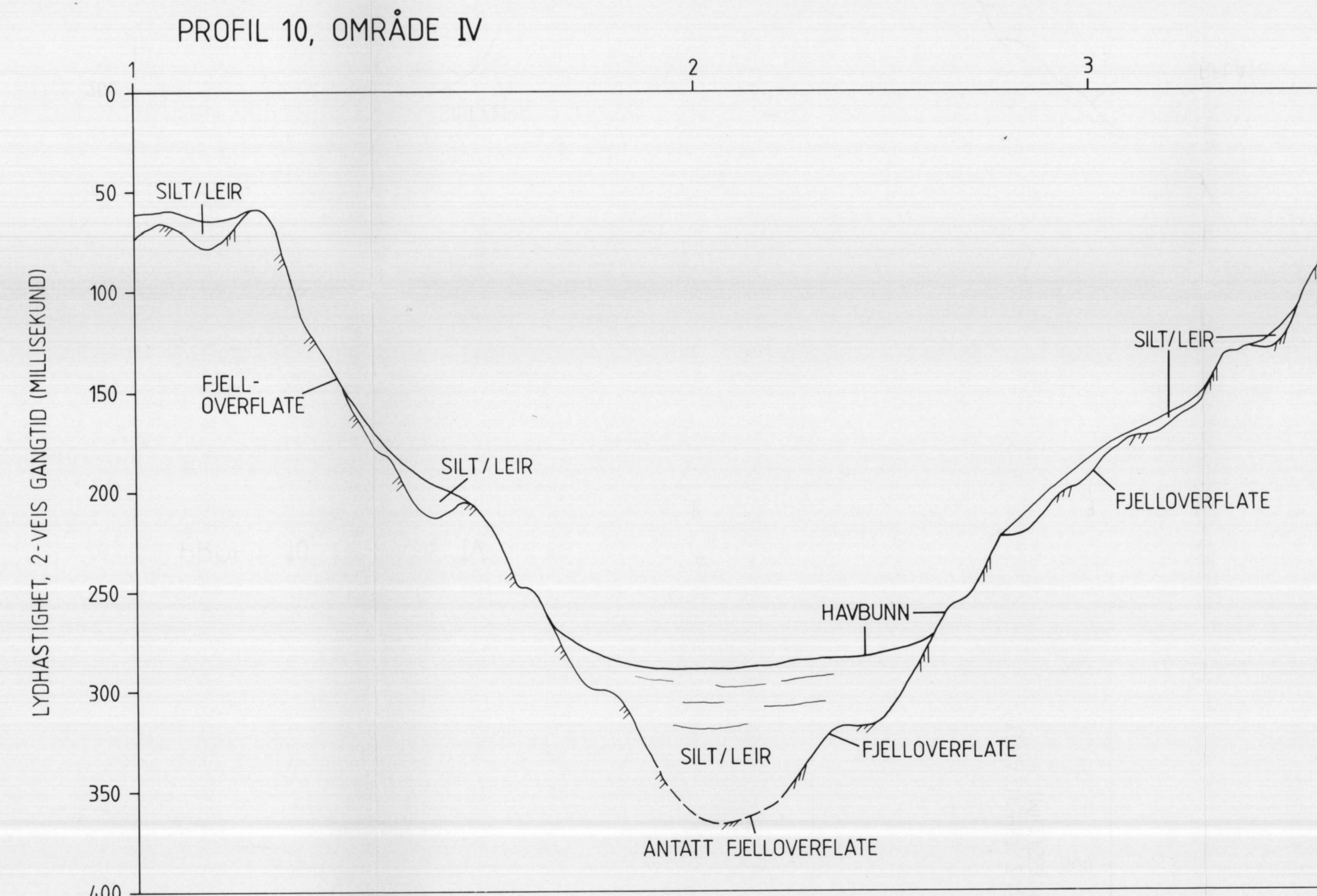
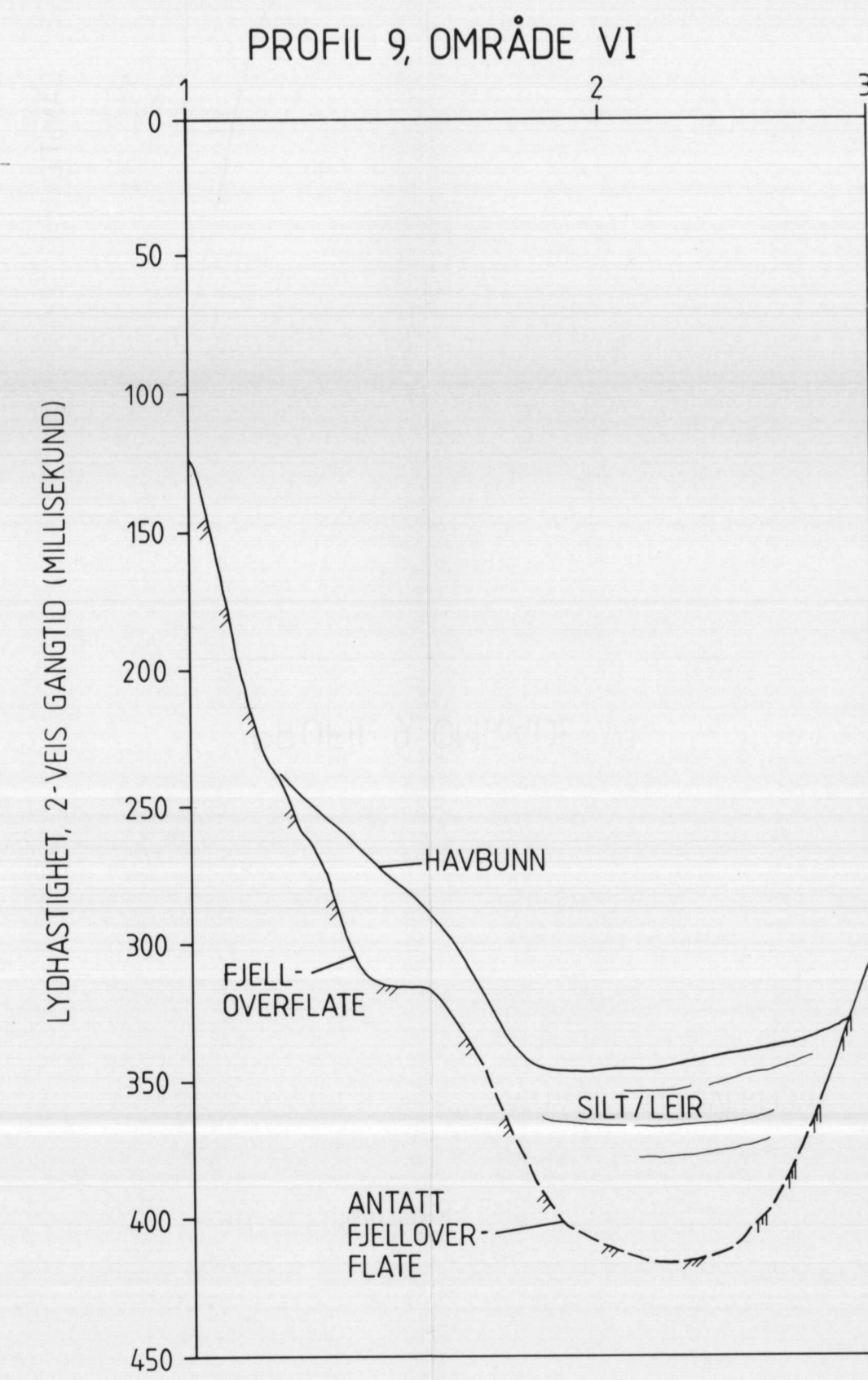
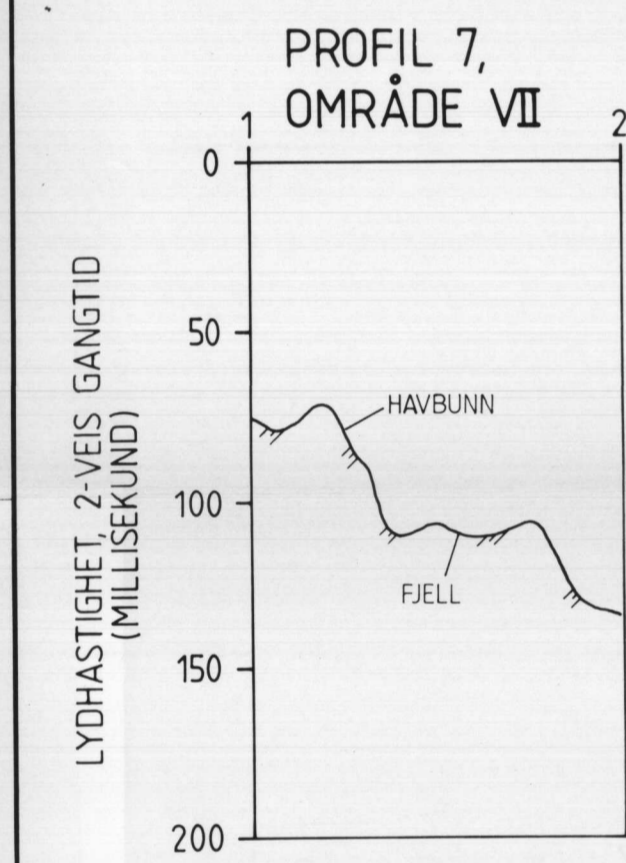
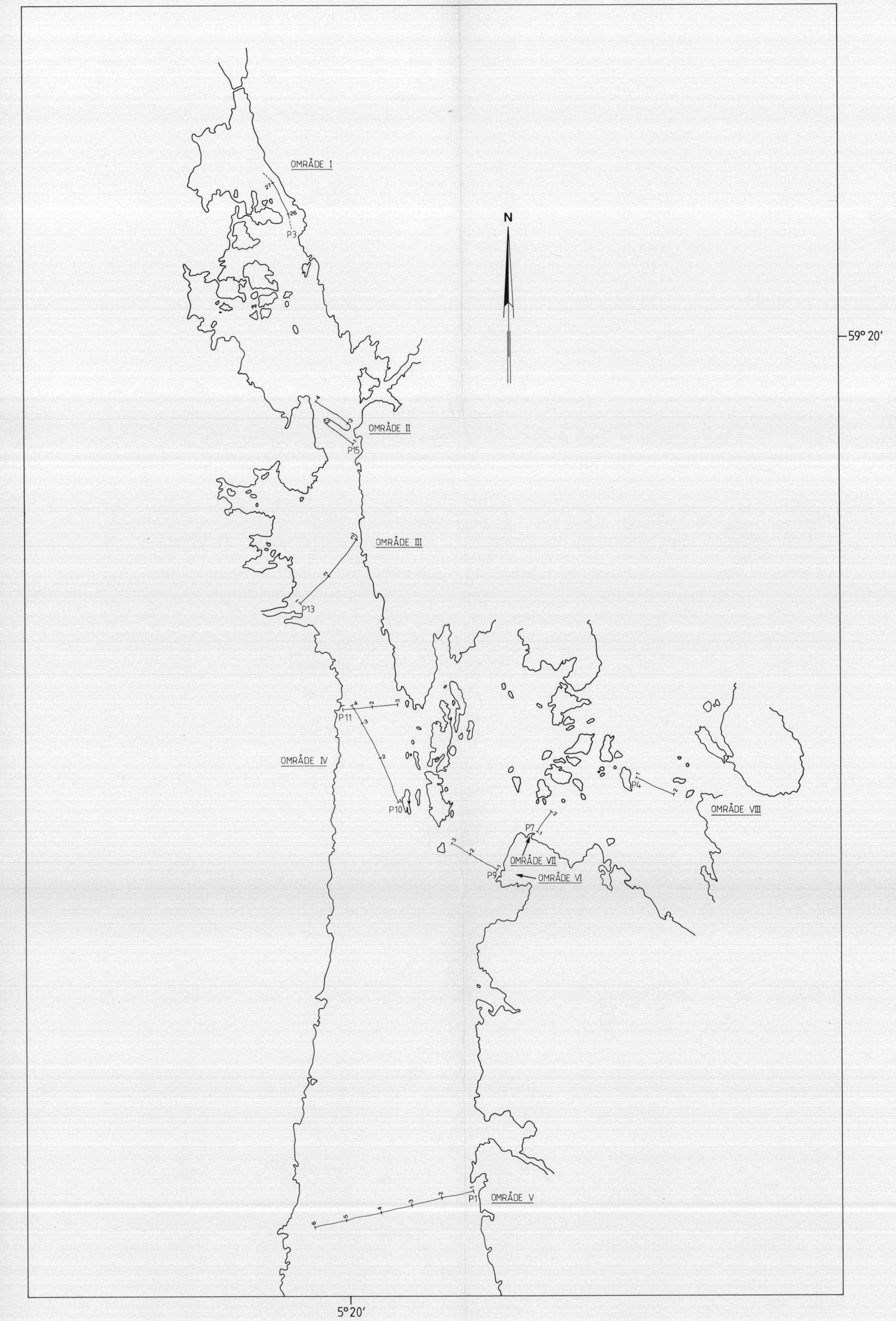
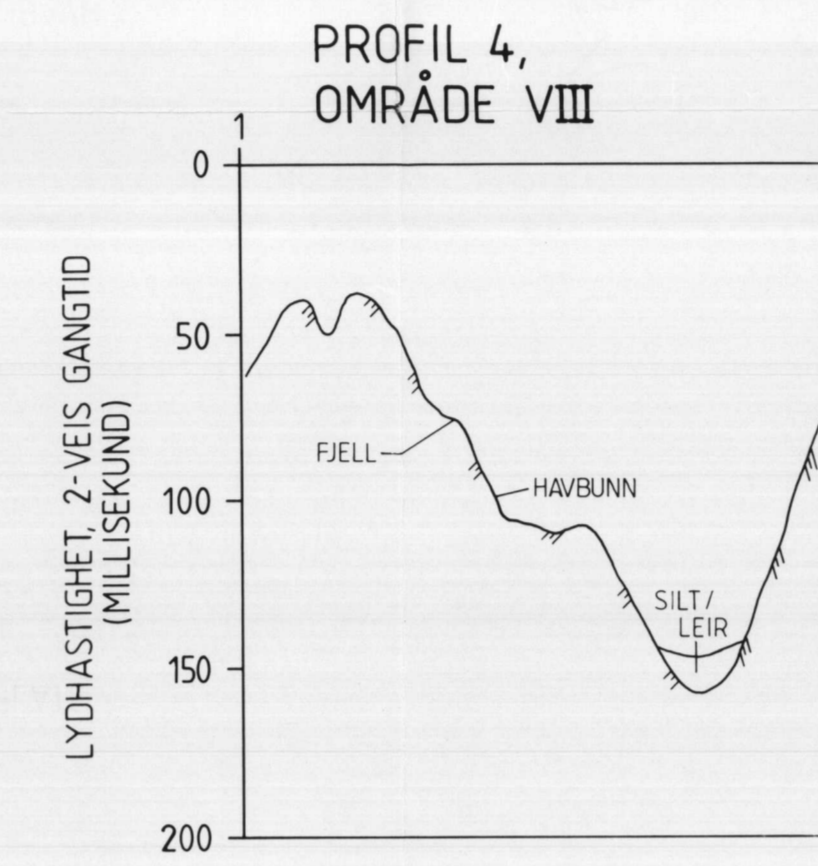
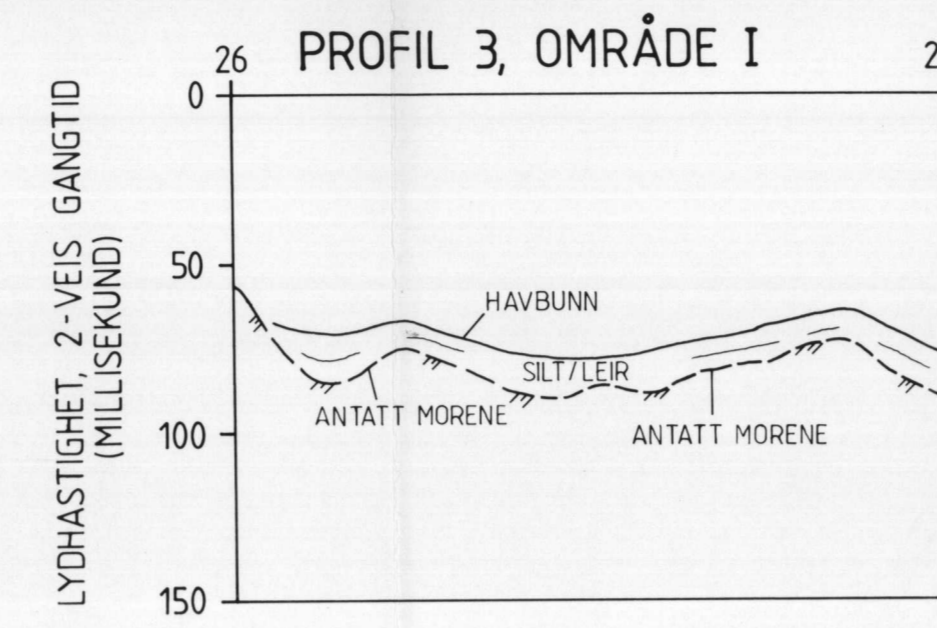
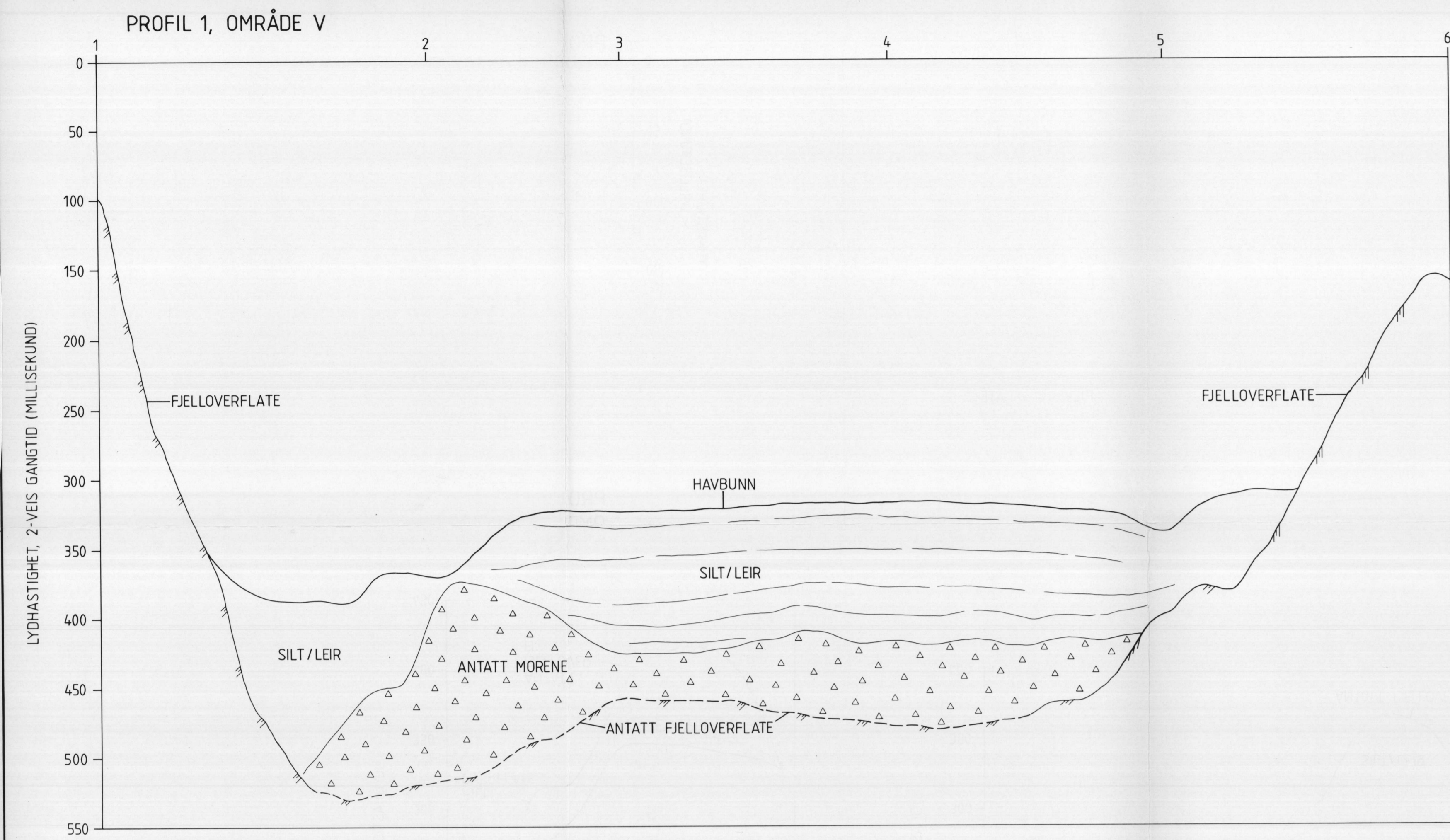
NAVNEFORKORTELSER

- D = Drageøya
- S = Selen
- L = Luvøya
- B = Bukkøya
- K = Krogøyna
- Sv = Svartøyna

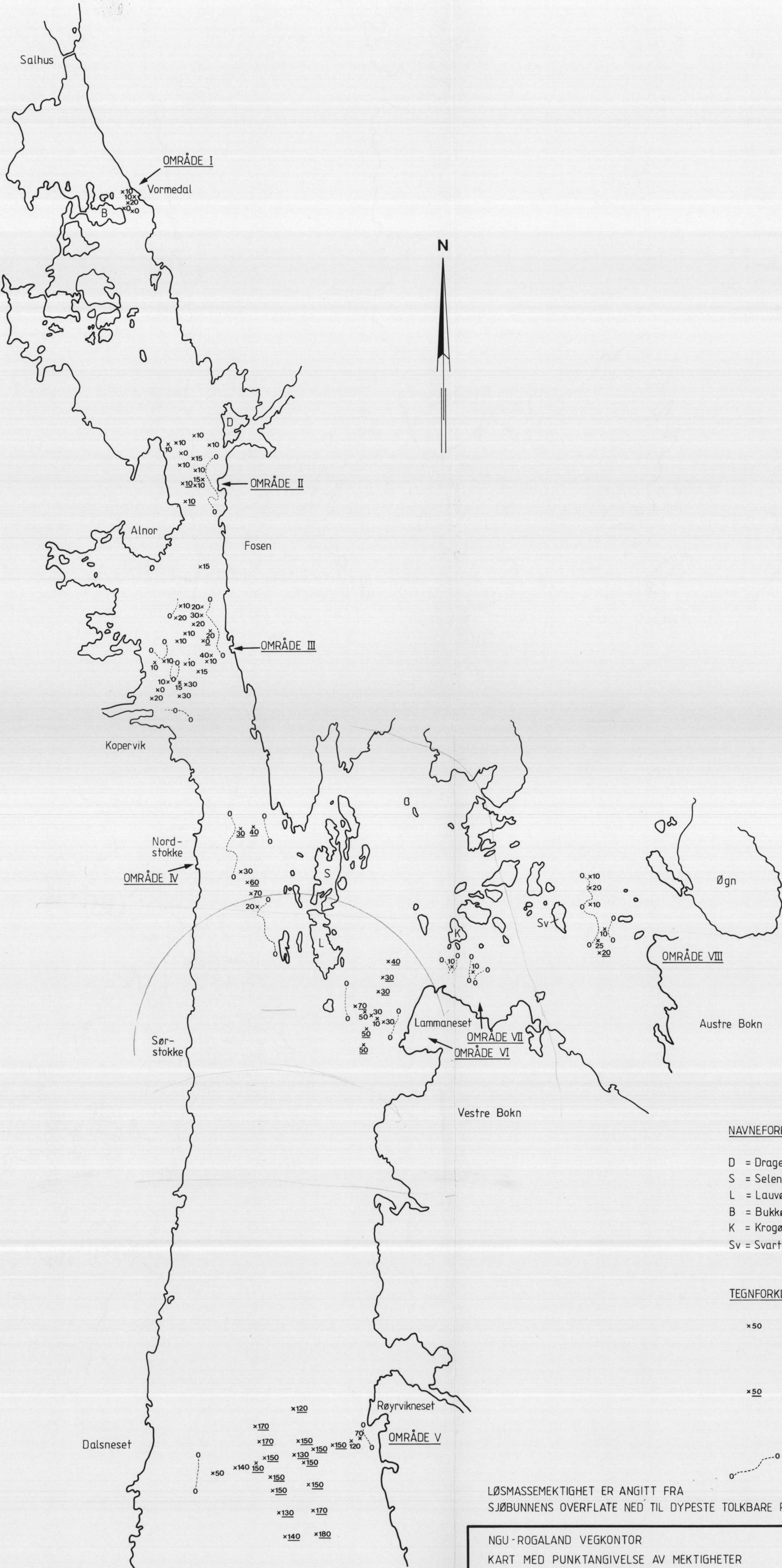
TEGNFORKLARING

- REFLEKSJONSSEISMISK PROFILLINJE MED PROFILNUMMER (VED PROFILSTART) OG POSISJONSANGIVELSE
- 100 VANDDYP I METER

NGU - ROGALAND VEGKONTOR PROFILKART KARMSUNDET ROGALAND FYLKE	MÅLESTOKK	OBS. RB	MAI 1988
	1: 50 000	TEGN. HAO	JUNI 1988
		TRAC. IL	AUG 1988
		KFR. <i>K. Bj.</i>	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 88.129-03	KARTBLAD NR. 1113 I, 1113 II	



NGU - ROGALAND VEKONTOR TOLKEDE REFLEKSIJONSSEISMISKE PROFILER KARMSUNDET ROGALAND FYLKE	MÅLESTOKK	OBS. RB	MÅI 1988
	TEGN. HAD	JUNI 1988	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC. KL	AUG 1988	
	KFR	K. B.	
TEGNING NR.	88.129-04	KARTBLAD NR.	1113 I, 1113 II



59° 20'

5° 20'

NAVNEFORKORTELSER

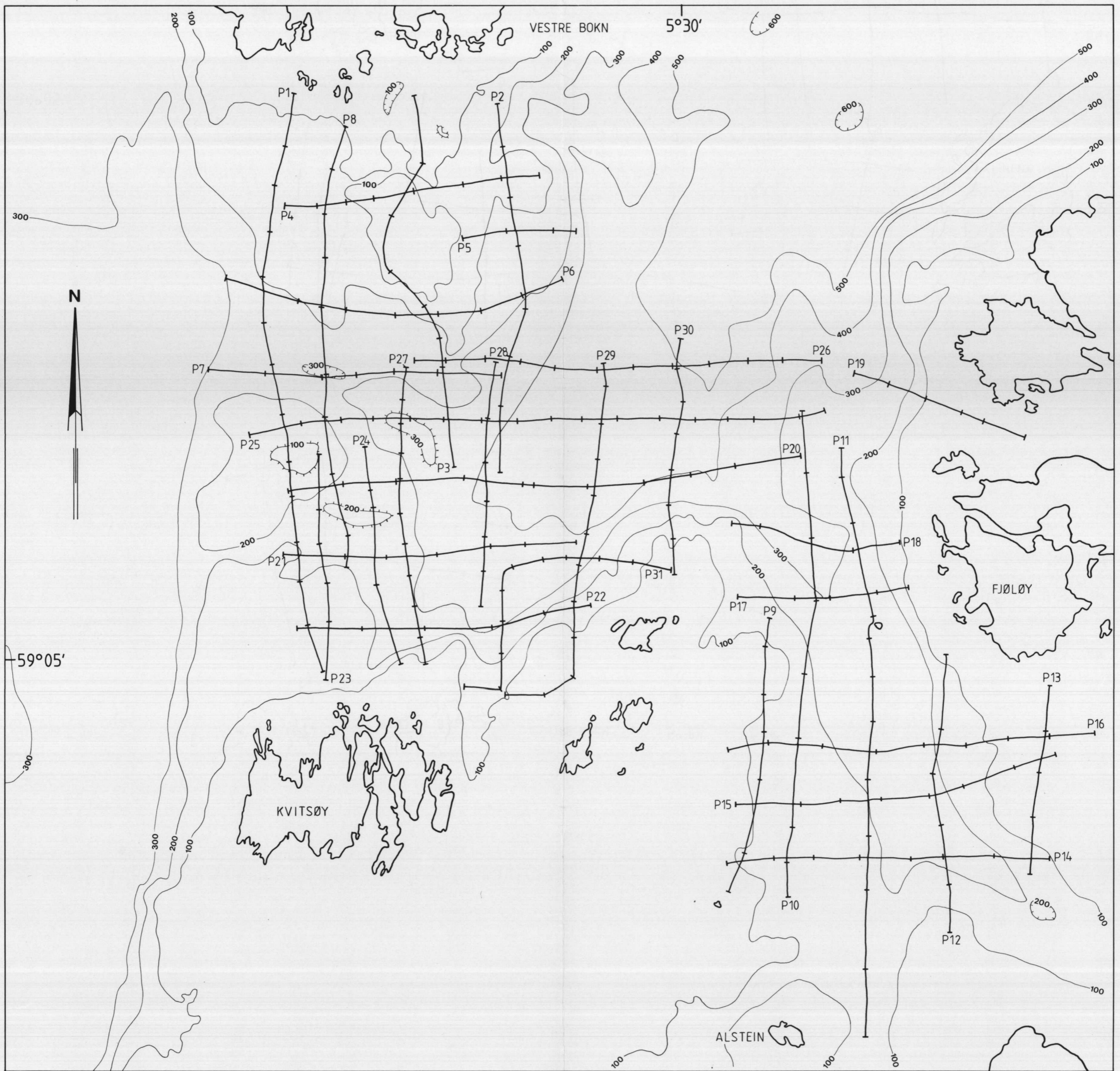
- D = Drageøya
- S = Selen
- L = Lauvøya
- B = Bukkøya
- K = Krogøynå
- Sv = Svartøynå

TEGNFORKLARING

- x50 PUNKTOBSERVASJON AV LØSMASSEMEKTIGHET I MILLISEKUND (RELATIV SIKKER TOLKNING)
- x50 PUNKTOBSERVASJON AV LØSMASSEMEKTIGHET I MILLISEKUND (USIKKER TOLKNING)
- - - KONTUR SOM AVGRENSER OMRÅDER MED TILNÆRMET BART FJELL / MORENE

LØSMASSEMEKTIGHET ER ANGITT FRA SJØBUNNENS OVERFLATE NED TIL DYPESTE TOLKBARE REFLEKTOR (FJELL ELLER MORENE)

NGU-ROGALAND VEGKONTOR KART MED PUNKTANGIVELSE AV MEKTIGHETER KARMSUNDET ROGALAND FYLKE	MÅLESTOKK	OBS. RB	MAI 1988
	1:50 000	TEGN. HAO	JUNI 1988
TRAC. IL		AUG. 1988	
KFR. <i>K. Bj</i>			
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 88.129-05	KARTBLAD NR. 1113 I, 1113 II	



TEGNFORKLARING

P5-|- REFLEKSJONSSEISMISK PROFILLINJE MED
PROFILNUMMER (VED PROFILSTART) OG
POSISJONSANGIVELSE

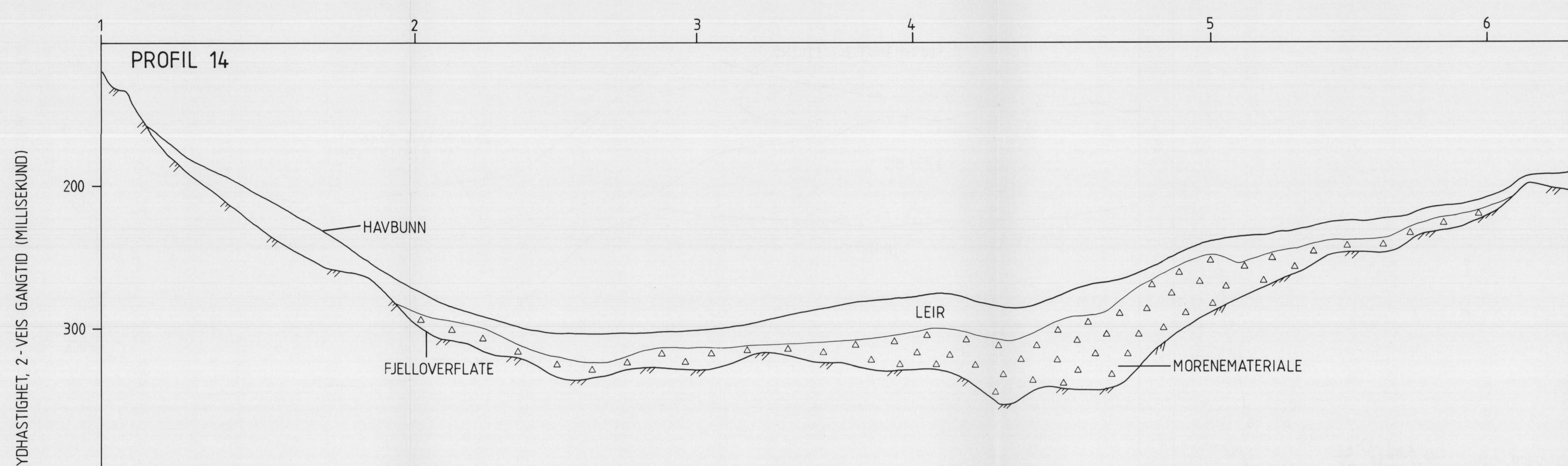
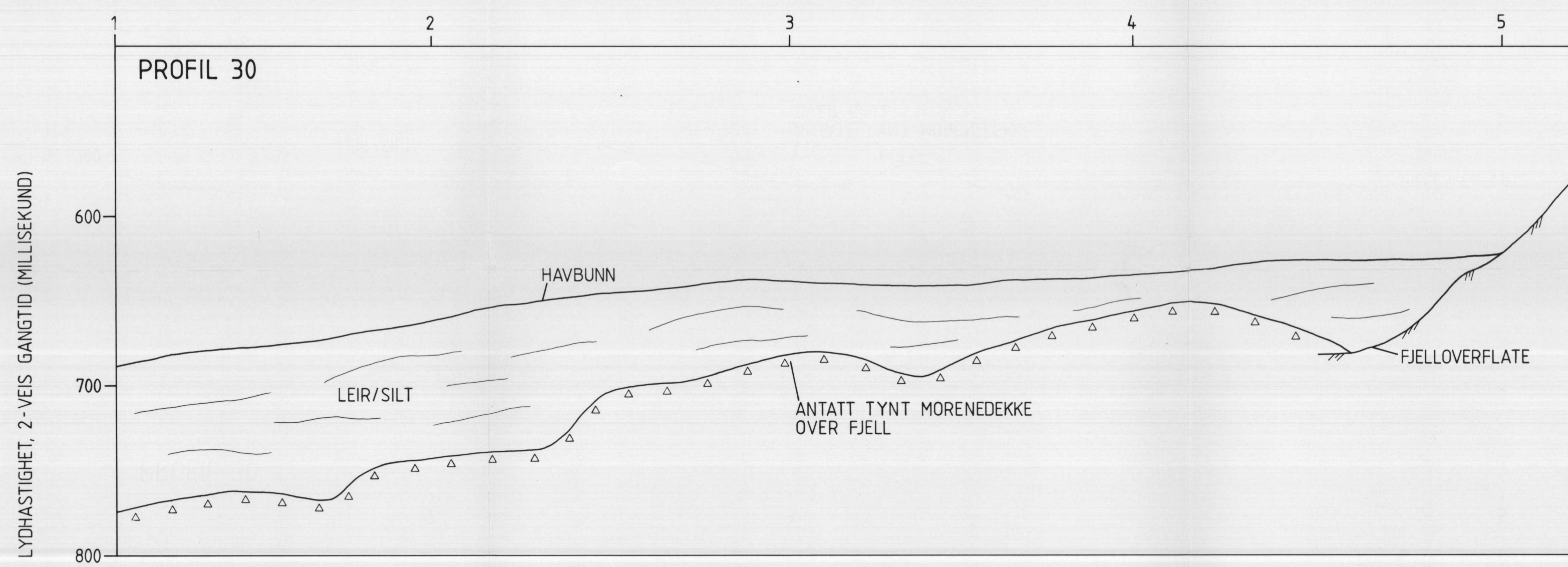
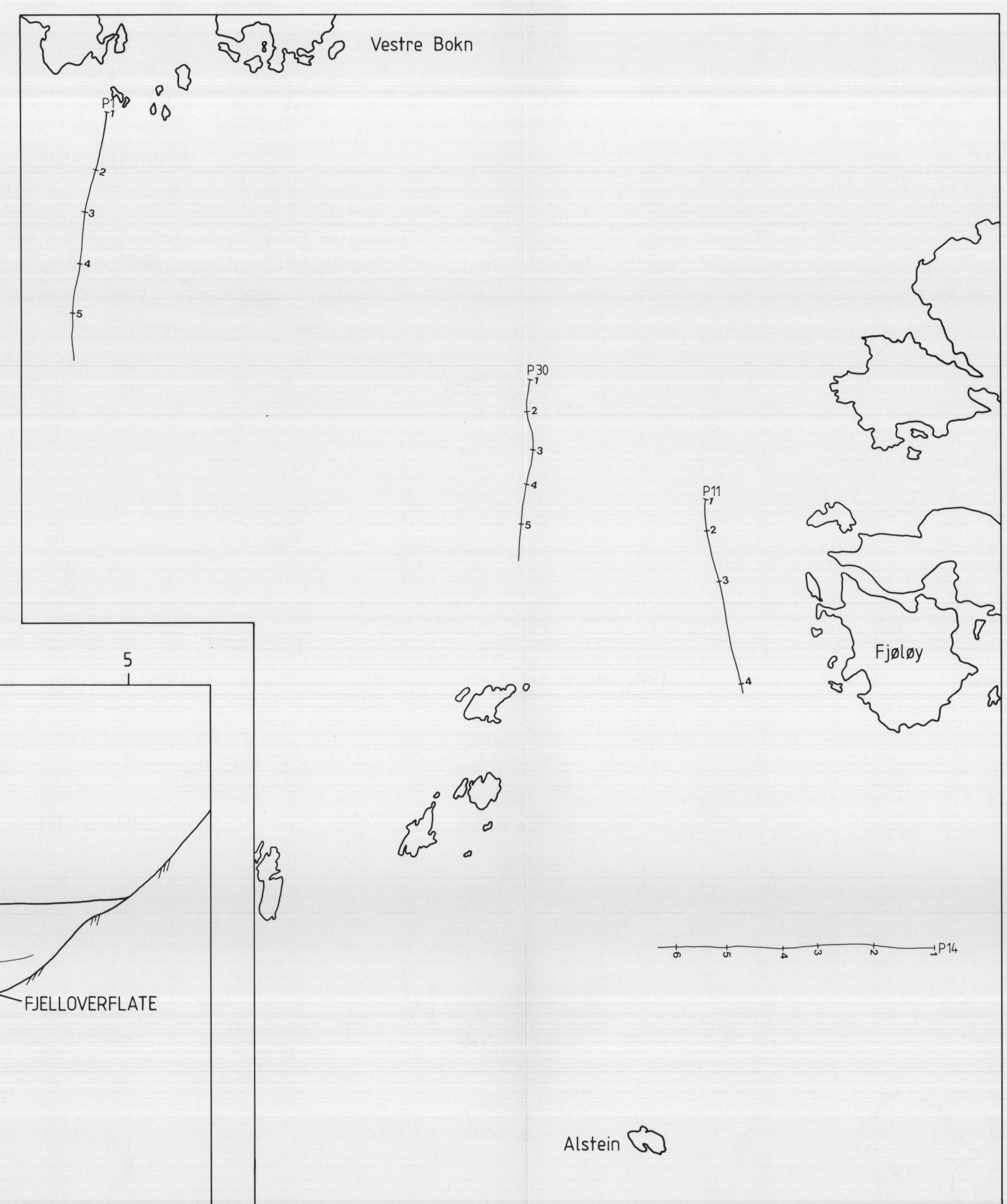
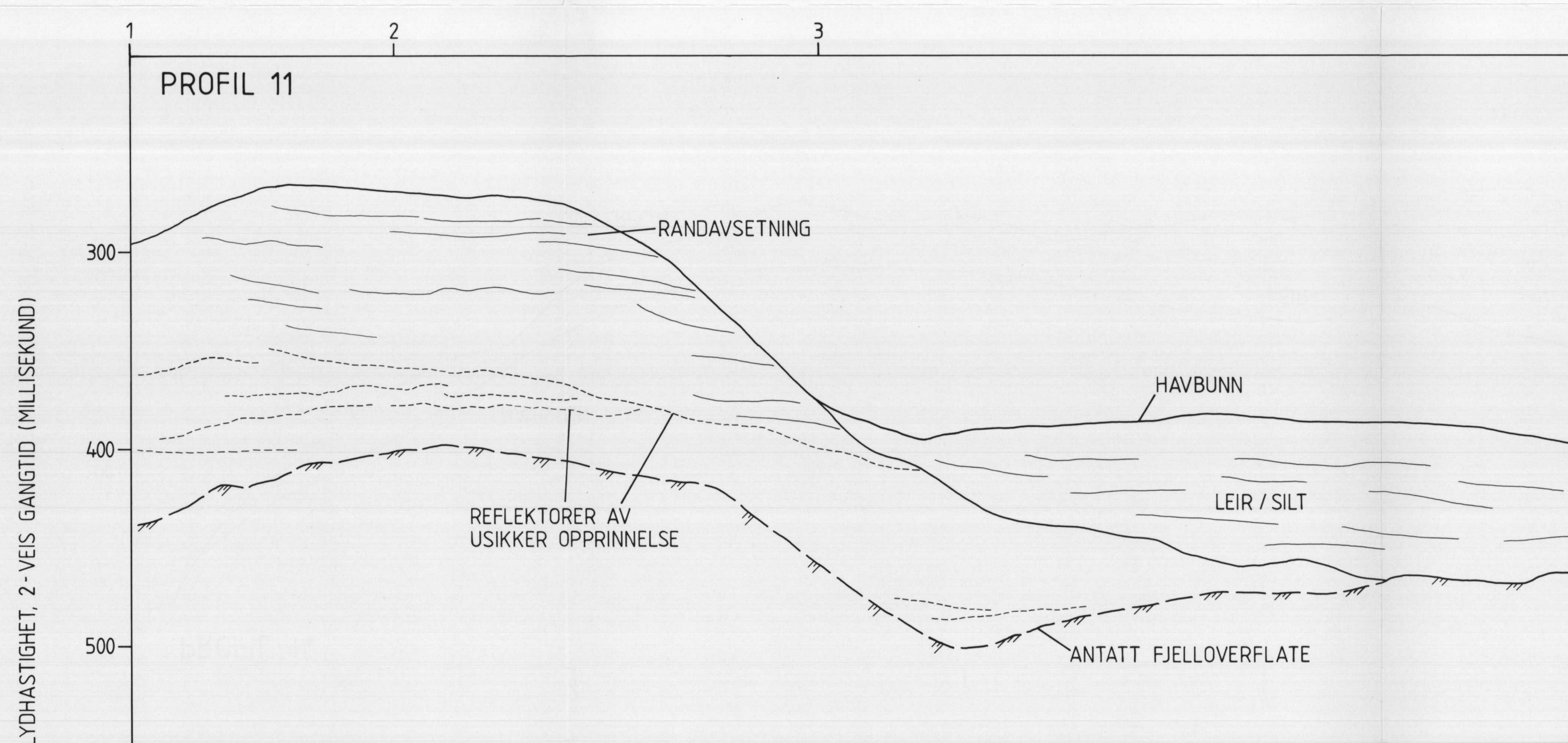
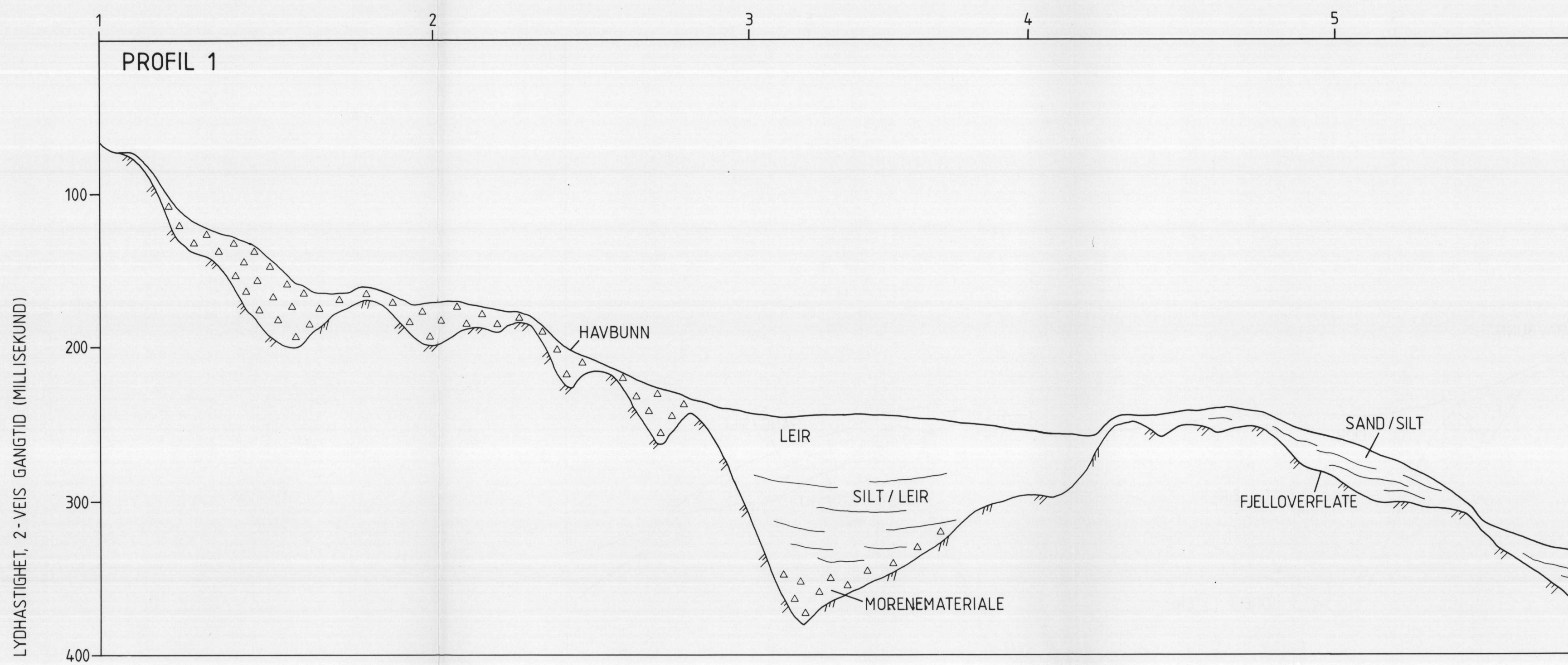
— 100 — VANNDYP I METER

NGU - ROGALAND VEGKONTOR
PROFILKART
BOKNFJORDEN OG KVITSØYFJORDEN
ROGALAND FYLKE

MÅLESTOKK	OBS. RB	MAI 1988
1:50 000	TEGN. RB	JULI 1988
	TRAC. IL	AUG 1988
	KFR. <i>K.B.</i>	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
88.129-06	1113 II, 1213 III, 1213 IV



NGU-ROGALAND VEGKONTOR TOLKETE REFLEKSJONSSEISMISKE PROFILER BOKNFJORDEN OG KVITSØYFJORDEN ROGALAND FYLKE	MÅLESTOKK	OBS. RB	MAI 1988
		TEGN. RB	JULI 1988
		TRAC. IL	AUG. 1988
		KFR. K.B.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	88.129-07	1113 II, 1213 III, 1213 IV	



TEGNFORKLARING

- 20 — LØSMASSEMEKTIGHET I MILLISEKUNDER (SIKKER)
(EKVIDISTANSE 20 ms)
- - - 40 - - - LØSMASSEMEKTIGHET I MILLISEKUNDER (USIKKER)
(EKVIDISTANSE 20 ms)
- 100 VANNDYP I METER
- 28 PUNKTOBSERVASJON AV LØSMASSEMEKTIGHET (ms)

NGU - ROGALAND VEGKONTOR MEKTIGHETSKART BOKNFJORDEN OG KVITSØYFJORDEN ROGALAND FYLKE	MÅLESTOKK	OBS. RB	MAI 1988
	1:50 000	TEGN. RB	JULI 1988
		TRAC. IL	AUG. 1988
		KFR. <i>K. B.</i>	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 88.129-08	KARTBLAD NR. 1113 II, 1213 III 1213 IV	