

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Blindern

0-91/69

MJØSPROSJEKTET

SEDIMENTOLOGISKE UNDERSØKELSER

1972 - 1974

Resultater og kommentarer

Delrapport nr. 7

Prosjektleder: Cand.real. Per Aagaard

Saksbehandler: Cand.real. Hans Holtan

Instituttetsjef: Kjell Baalsrød

Rapporten avsluttet januar 1976

ISBN 82-577-0101-7

F O R O R D

Denne undersøkelsen kom i stand som et samarbeide med NIVA's Mjøsprosjekt under et møte høsten 1972 hvor cand. real. Hans Holtan fra NIVA og dosent Per Jørgensen og vitenskapelig assistent Per Aagaard fra Institutt for geologi, Universitetet i Oslo deltok.

NIVA har vært behjelpelig med utstyr, kjemiske analyser og finansiell støtte; likeledes har vi mottatt bevilgninger fra A/S Norsk Varekrigsforsikrings Fond til leie av seismisk refleksjonsutstyr.

Blindern, januar 1976

Per Aagard
Vit.ass.

Per Jørgensen
Dosent

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
Innledning	5
Prøvetaking	5
Oppbevaring og laboratoriebehandling	6
Kornfordeling	11
Sedimentasjonshastighet	14
Leirmineralogi	15
Tungmetaller	18
Porevannsanalyser	32
Seismisk profilering	37
Litteraturliste	45
Appendiks 1	48
Appendiks 2. Prosedyre for absorberte tungmetaller	50
Appendiks 3. A. Lengdeprofil Brøttum - Moelv	51

TABELLFORTEGNELSE

1. Prøvelokaliteter for sedimentprøver fra Mjøsa	8
2. Tilført suspendert uorganisk materiale til Mjøsa gjennom hovedelvene i 1973	13
3. Leirfraksjonens mineralogi i 19 av Mjøsas overflatesedimenter	17
4. Adsorberte tungmetaller i overflatesedimenter fra Furnesfjorden - Akersvika regionen	26
5. Adsorberte tungmetaller i Mjøsas overflatesedimenter	27
6. Tungmetaller i Mjøsas overflatesedimenter	28
7. Tungmetaller i Mjøsas overflatesedimenter	29
8. Tungmetaller i to sedimentkjerner fra Mjøsa	30
9. Porevannsinhold av klor og silisium i kjerne 29B	35
10. Kornfordelingsdata fra 74 overflateprøver	48

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
Innledning	5
Prøvetaking	5
Oppbevaring og laboratoriebehandling	6
Kornfordeling	11
Sedimentasjonshastighet	14
Leirmineralogi	15
Tungmetaller	18
Porevannsanalyser	32
Seismisk profilering	37
Litteraturliste	45
Appendiks 1	48
Appendiks 2. Prosedyre for absorberte tungmetaller	50
Appendiks 3. A. Lengdeprofil Brøttum - Moelv	51

TABELLFORTEGNELSE

1. Prøvelokaliteter for sedimentprøver fra Mjøsa	8
2. Tilført suspendert uorganisk materiale til Mjøsa gjennom hovedelvene i 1973	13
3. Leirfraksjonens mineralogi i 19 av Mjøsas overflatesedimenter	17
4. Adsorberte tungmetaller i overflatesedimenter fra Furnesfjorden - Akersvika regionen	26
5. Adsorberte tungmetaller i Mjøsas overflatesedimenter	27
6. Tungmetaller i Mjøsas overflatesedimenter	28
7. Tungmetaller i Mjøsas overflatesedimenter	29
8. Tungmetaller i to sedimentkjerner fra Mjøsa	30
9. Porevannsinhold av klor og silisium i kjerne 29B	35
10. Kornfordelingsdata fra 74 overflateprøver	48

FIGURFORTEGNELSE

	Side:
1. Prøvelokaliteter	7
2. Mjøsas overflatesedimenter plottet i sand-silt-leire trekantdiagrammet.	10
3. Fordeling av Mjøsas overflatesedimenter basert på deres sand-silt-leirforhold	12
4. Fordeling av sjiktmineraler i leirfraksjonen	19
5. Adsorbent mengde av Zn i sedimenter fra Furnesfjorden - Akersvika området	21
6. Adsorbent mengde av Pb i sedimenter fra Furnesfjorden - Akersvika området	21
7. Adsorbent mengde av Cu i sedimenter fra Furnesfjorden - Akersvika området	22
8. Adsorbent mengde av Hg i sedimenter fra Furnesfjorden - Akersvika området	22
9. Adsorbente Pb-mengder i Mjøsas toppsedimenter, projisert på et profil fra Lillehammer til Minnesund	24
10. Adsorbente Pb-mengder i Mjøsas toppsedimenter, projisert på et profil fra Lillehammer til Minnesund	24
11. Adsorbente Cu-mengder i Mjøsas toppsedimenter, projisert på et profil fra Lillehammer til Minnesund	25
12. Totalinnhold av Zn, Pb og Cu i fraksjonen <180 µm i toppsedimenter, projisert på et lengdeprofil fra Lillehammer til Minnesund	25
13. Zn-innholdet i kjerne 29B	33
14. Pb- og Cu-innholdet i kjerne 29B	33
15. Porevannets innhold av Na, K, Ca og Mg i kjerne 29B	34
16. Elektrodemålinger fra kjerne 29B	34
17. Stabilitetsdiagram	36
18. Oversiktskart over seismisk profilering i nordre del av Mjøsa	38
19. Originalt "boomer"-opptak	39
20. Blokkdiagram over seismiske profiler i Lillehammer - Rindal området	41
21. Skisse over bunntopografi sør for Lillehammer	42
23. Tverrsnitt av Mjøsas sedimenter vest for Moelv	42
22. Lengdeprofil Brøttum - Gjøvik angitt som lengde-tid-diagram	43

Innledning

Innsjøsedimenter har i de senere år vært gjenstand for økende interesse. De danner i geologisk henseende en forholdsvis kontinuerlig sedimentserie og kan gi referanseverdier for dagens sterkere menneskelige påvirkning. Dette gjelder f.eks. innsjøers biologiske utvikling og graden av tungmetallforurensing kontra geologiske bakgrunnsverdier.

Hensikten med denne undersøkelsen var tosidig. Ved siden av en mere generell beskrivelse av Mjøsas sedimenter, ønsket man opplysninger om sedimentenes tungmetallinnhold både regionalt og nedover i sedimentmassen. Denne rapport omfatter kornfordelingsdata for 74 overflate-sedimentprøver og en leirmineralogisk undersøkelse av 19 overflateprøver samt resultatene av seismisk profilering i Mjøsas nordre del.

Tungmetallinnholdet i en rekke sedimentprøver er analysert og vurdert i forhold til geologiske bakgrunnsverdier og eldre sedimenters innhold. Det er også søkt å finne korrelasjoner mellom tungmetallinnhold og mengden av karbon, svovel og leirfraksjon.

Det er sammentegnet et berggrunnsgeologisk kart over Mjøsas nedslagsfelt basert på Gvein et al. (1973) og Bjørlykke (1973). Kartet er vedlagt.

Prøvetaking

Kjerne og grabbprøver av Mjøsas sedimenter fra 81 lokaliteter ble innsamlet gjennom høsten 1972, sommer og høst 1973 og sommeren 1974. Kjerneprøvene ble tatt med "gravity corer" med indre plastforing. Til de første 15 prøvene ble en prøvetaker med kjernediameter på 3 cm utlånt

fra NIVA, benyttet. Den "gravity corer" fra Institutt for geologi, Universitetet i Oslo, som de øvrige kjernene ble tatt med, ga en sedimentkjerne med 4,5 cm's diameter. Den benyttede grabb av rustfritt stål var utlånt fra Limnologisk institutt og ga 1-2 dm³ sedimentmengde. Fra denne prøven ble det umiddelbart etter opptak tatt ut mindre prøver hvor man unngikk materiale som hadde vært i kontakt med stålbeholderen. Disse prøvene ble oppbevart i plastbegre.

Posisjonsbestemmelse av lokalitetene er angitt med den nøyaktighet som kompass og kart kan gi. Vanndybden som ble bestemt med loddesnor og/eller ekkolodd, kunne i enkelte tilfelle ved hjelp av Mjøsas dybdekart (Huitfeldt-Kaas 1906) være til hjelp ved posisjonsbestemmelsene.

I tabell 1 er angitt prøvetakingsmetode og vanndybde, mens fig. 1 angir lokalitetene geografisk. Som fig. 1 viser, skulle disse sedimentprøvene gi en grov regional dekning av Mjøsas resente bunnsedimenter.

Oppbevaring og laboratoriebehandling

En rekke av kjernene ble radiografert for å få opplysninger om indre strukturer, idet de tilsynelatende virket helt homogene. Hvis det gikk lang tid fra prøvetaking til laboratoriebehandling, ble prøvene oppbevart i dypfryser.

Kjerneprøvene ble videre oppdelt i underprøver: Overflateprøvene representerer de øvre 1-2 cm, mens man har en gradvis grovere inndeling (til 5 cm) nedover i kjernen. Grabbprøvene representerer gjennomsnittet av de øvre 5-10 cm. Fra disse underprøvene ble det videre tatt ut materiale for tungmetallanalyse og kornfordelingsanalyse.

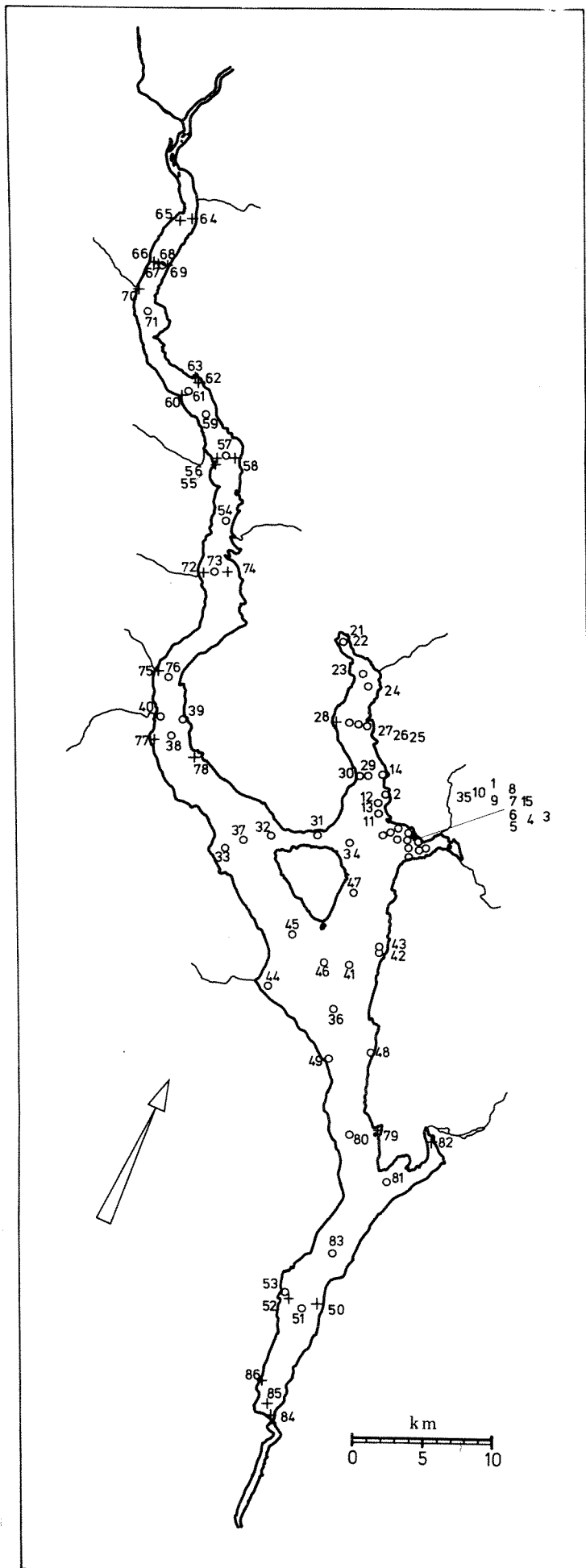


Fig. 1. Prøvelokaliteter (● Kjerneprøver, + Grabprøver)

Tabell 1. PRØVELOKALITETER FOR SEDIMENTPRØVER FRA MJØSA

Prøvenr.	Dybde m	Type	Navn
1	12	Kjerne	Storhamarstrand 1
2	15	Kjerne	Hamar Vannverk
3	2	Kjerne	Akersvika 1
4	2	Kjerne	" 2
5	2,5	Kjerne	" 3
6	3	Kjerne	" 4
7	8	Kjerne	Tjuvholmen 1
8	5	Kjerne	Hamar brygge
9	15	Kjerne	Storhamarstrand 2
10	15	Kjerne	" 3
11	14	Kjerne	Domkirkeodden
12	10	Kjerne	Martodden 1
13	10	Kjerne	" 2
14	16	Kjerne	Furuberget
15	2	Kjerne	Tjuvholmen 2
21	13	Kjerne	Botsenden 1
22	13	Kjerne	" 2
23	40	Kjerne	Brumundal 1
24	40	Kjerne	" 2
25	8,5	Kjerne	Ile - Lia 1
26	60	Kjerne	" 2
27	32	Kjerne	" 3
28	3,5	Grabb	" 4
29	120	Kjerne	Snippsandodden 2
30	29	Kjerne	" 1
31	11	Kjerne	Nessundet 1
32	53	Kjerne	" 2
33	52	Kjerne	Kapp
34	152	Kjerne	Hamar-Helgøya 2
35	27	Kjerne	" 1
36	420	Kjerne	IHD-stasjon
37	404	Kjerne	Nes-Kapp
38	295	Kjerne	Gjøvik 2
39	80	Kjerne	Mengshol
40	82	Kjerne	Gjøvik 1
41	430	Kjerne	Helgøya S 2
42	20	Kjerne	Stange 1
43	20	Kjerne	" 2
44	17	Kjerne	Totenvika
45	405	Kjerne	Helgøya SV
46	70	Kjerne	" S 1
47	270	Kjerne	" Ø
48	42	Kjerne	Rotlia
49	168	Kjerne	Fjellhaug
50	42	Grabb	Morskogen - Feiring 1
51	317	Kjerne	" " 2
52	56	Grabb	" " 3
53	17	Kjerne	" " 4
54	34	Kjerne	Moelv
55	5	Grabb	Biri-Ring 1
56	24	Grabb	" 2
57	26	Kjerne	" 3
58	13	Grabb	" 4
59	76	Kjerne	Biskopåsen

(Tabell 1 - fortsatt)

Prøvenr.	Dybde m	Type	Navn
60	30	Grabb	Brøttum 1
61	76	Kjerne	" 2
62	3	Grabb	" 3
63	2	Grabb	" 4
64	32	Grabb	Lillehammer 1
65	22	Grabb	" 2
66	12	Grabb	Vingrom 1
67	42	Grabb	" 2
68	56	Kjerne	" 3
69	17	Grabb	" 4
70	2	Grabb	Rinda 1
71	80	Kjerne	" 2
72A	1,5	Grabb	Redalen - Ringsaker 1
72B	3	Grabb	" " 1
73	71	Kjerne	" " 2
74	35	Grabb	" " 3
75	10	Grabb	Bråstad 1
76	217	Kjerne	" 2
77	17	Grabb	Gjøvik 3
78	10	Grabb	Smedstua
79	11	Grabb	Svarthus
80	430	Kjerne	Tangen - Skreikampen
81	110	Kjerne	Espa
82A	8	Grabb	Tangen
82B	11	Grabb	"
83	380	Kjerne	Strandlykkja
84	10	Grabb	Minnesund 1
85	70	Grabb	" 2
86A	7	Grabb	Byrud
86B	17	Grabb	"

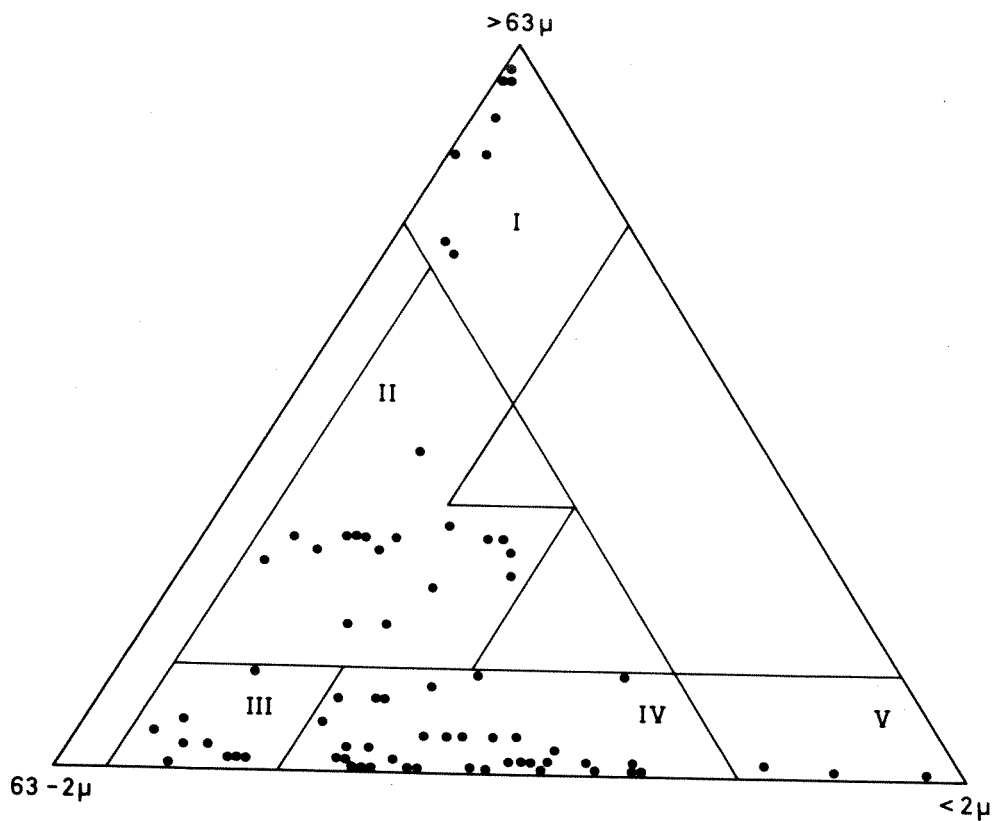


Fig. 2. Mjøsas overflatesedimenter plottet i sand-silt-leire trekantdiagrammet. Det benyttede klassifikasjonssystem er inntegnet.

Kornfordeling

Kornfordelingsanalyse ble utført etter standard sikte- og pipette-metoder, hvor materialet var dispergert med ultralyd. Kornfordelingen fra 74 prøver er vist i tabell 1 i appendiks og inntegnet i fig. 2.

Müller (1966) og Sturm & Matter (1972) inndelte innsjøsedimenter etter deres posisjon i sand-silt-leire trekantdiagrammet. Denne forholdsvis enkle klassifikasjon ga et godt bilde av den resente sedimenttransport i Bodensee og Thunersee; begge dominert av stor sedimenttilførsel gjennom en hovedelv. Det er brukt en noe annen inndeling i fig. 2, basert på den aktuelle gruppering man finner i Mjøsa. Dette er en vesentlig fordel ved dette klassifikasjonssystem.

Den regionale fordeling av de ulike sedimenttyper er framstilt i fig. 3. Dette regionale bildet er én mulig, foreløpig interpretasjon, basert på de viste kornfordelingsdata samt tidligere analyserte prøver fra Lågens delta ved Lillehammer (Statens Veglaboratorium). Spesiell usikker er tolkningen i søndre del av Mjøsa nord for Strandlykkja. Kjerne 83 bestod bare av leirfattig sandig silt, mens prøvene lenger nord og sør alle hørte til den vanlige type IV: leirig silt + siltig leire.

Som det framgår av fig. 3 består Mjøsas overflatesedimenter overveiende av leirig silt + siltig leire, både i hovedbassenget og de to fjordarmene. Lågens delta ved Lillehammer, deler av Akersvika og det glasifluviale Minnesunddeltaet er de eneste større områder med rene sand-sedimenter. Mindre forekomster har man også ved utløpene av Mjøsas sideelver. Silt- og overgangssedimentene (type III og II) er begrenset til grunne områder og distalavsetninger fra en del sideelver. Hunnselva er et godt eksempel på det siste.

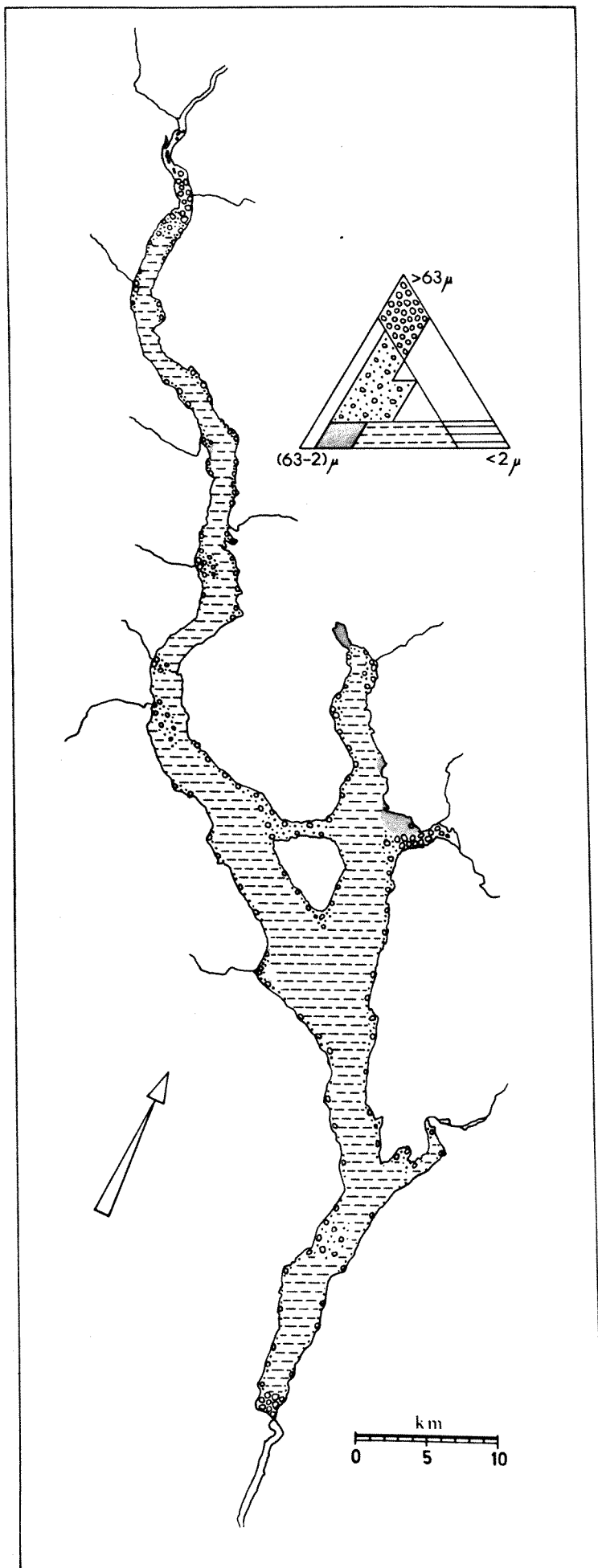


Fig. 3. Fordeling av Mjøsas overflatesedimenter basert på deres sand-silt-leirforhold.

Fig. 3 viser imidlertid på ingen måte Lågens dominerende rolle i Mjøsa, med rundt 85% av overflatetilrenningen. Det synes som om det Lågen fører av "bed-load" til Mjøsa, er forholdsvis beskjedent. Hele Gudbrandsdalen består av en serie sedimentasjonsbassenger, og sannsynligvis er Lågens delta ved Lillehammer mest en remodelering av de betydelige glasifluviale avsetningene ved Hovemoen og Gausas munning.

Det Lågen fører av suspendert materiale, er imidlertid betydelig. Tabell 2 som gir tilført suspendert uorganisk materiale ("gløderest") gjennom 1973, viser tydelig dette. Man skulle således forvente å kunne påvise Lågens sterke innslag i sedimentenes leirmineralogi. Dette synes også å være tilfelle, se denne del.

Tabell 2. TILFØRT SUSPENDERT UORGANISK MATERIALE TIL MJØSA
GJENNOM HOVEDELVENE I 1973.
Verdier angitt i tonn/år.

Vikselva	30
Svartelva	107
Flagstadelva	32
Brumunda	103
Moelva	82
Mesna	270
Lågen	17540
Gausa	207
Rinda	16
Vismunda	33
Stokkelva	22
Bråstadelva	12
Hunnselva	373
Lenaelva	179

SUM 19006

Vorma 11717

Sedimentasjonshastighet

Tabell 2 kan også gi et visst overslag over sedimentasjonshastigheten i Mjøsa. Hvis materiale tilført gjennom bølge-erosjon og biogen produksjon holdes utenfor, ble det akkumulert rundt 7300 tonn uorganisk materiale i 1973. Forutsettes Mjøsas bunnareal lik overflatearealet (365 km^2), gjennomsnittlig tetthet for et normalkonsolidert sediment til 2 g/cm^3 og materialet jevnt fordelt over hele arealet, oppnås $0,01 \text{ mm/år}$. Dette er en meget liten sedimentasjonshastighet (Müller & Gees (1970), Sturm & Matter (1972), Norrman & Königsson (1972)).

I studier av diatoméfloraen i flere kjerner fra Mjøsa har Berge (1973a,b,1974a,b) antatt en sedimentasjonshastighet på $0,5\text{--}3,5 \text{ mm/år}$. En slik verdi ble antatt å gjelde for et ikke konsolidert, løst topplag på $2\text{--}3 \text{ cm}$ som var særlig rikt på organisk materiale. Dette løse $1\text{--}3 \text{ cm}$ tykke topplaget finnes i hele Furnesfjorden, store deler av Akersvika og i området utenfor Hunnselva, og må skyldes en kombinasjon av silo-utslipp, kloakk- og industriutslipp samt intensivert algeproduksjon. Mjøsas dypere deler synes imidlertid ikke å være berørt.

Noen bestemmelse av sedimentasjonshastigheter i Mjøsa er imidlertid ikke utført. En absolutt kronostratigrafi basert på radioisotopsammensetning eller paleomagnetisme er sannsynligvis å foretrekke. Et annet overslag over sedimentasjonshastigheten kan oppnås fra tykkelsen av de postglasiale lakustrine (marine ?) sedimenter i Mjøsa. Midtfjords ved Moelv er disse funnet ved boringer å ha $2\text{--}3 \text{ m}$ tykkelse (Senneset & Janbu, 1974). Området ble isfritt for ca. $9\ 000$ år siden (Sørensen, 1974), så den gjennomsnittlige sedimentasjonshastighet over $9\ 000$ år har her vært $0,2\text{--}0,3 \text{ mm/år}$. Man kan i dag regne denne verdi som en maksimumsgrense siden sedimentasjonshastigheten sikkert var størst i første del av den postglasiale perioden.

Stranderosjonens kvantitative betydning over hele den postglasiale periode synes å være av mindre betydning. En tenkt 1 m dyp erosjon av en 10-100 m vid strandsone vil i dette tidsrom utgjøre, hvis intet føres ut av bassenget, 1-10 cm tykt lag over hele Mjøsa. Man skal imidlertid være klar over en økt betydning av stranderosjon de siste halvannet hundre år pga. Mjøsas gjentatte reguleringer. Den biogene produksjon i Mjøsa utgjør en vesentlig del av de lakustrine leir- og silt-sedimenter (Berge, 1973a,b, 1974a,b). Diatomé-fragmenter er lett observerbare i de tynnslip av sedimenter som er undersøkt.

Ut fra tilgjengelige data ser det således ut til at Mjøsa som en helhet har en lav gjennomsnittlig sedimentasjonshastighet fra 0,01 til 0,3 mm/år. Medfører dette riktighet, kan f.eks. de søndre deler av Mjøsa ha en svært liten grad av kontinuerlig sedimentasjon. Man bør imidlertid ikke glemme at mange geologiske prosesser er episodiske.

De radiograferte kjerner er ikke tilstrekkelig undersøkt til å si noe mere om sedimentasjonsprosessene i Mjøsa. I de fleste kjerner finner man imidlertid laminasjoner av vekslende tykkelse. Om dette skyldes suspensjonsstrømmer av ulik opprinnelse eller årvisse variasjoner ("varv"), må besvares senere. Man burde ha mulighet både for den type "turbidity current" Kuenen (1951) postulerte ansvarlig for de varvige glasiale leirer (nordre del av Mjøsa) og for lettere suspensjonsstrømmer som "rir på thermoklinen" (Sturm & Matter (1972)).

Leirmineralogi

Leirfraksjonens mineralogi ble studert ved røntgendiffraksjon. Et Siemens diffraktometer med monokromatisk CuK_{α_1} -stråling, scintillasjons-

teller og diskriminator ble benyttet. Goniometerhastigheten ble alltid tilpasset detektorens arbeidsbetingelser for å oppnå tilstrekkelig oppløsning (Parrish, 1958); vanlig scanhastighet var imidlertid $1^{\circ} 2 \theta/\text{min}$.

Orienterede preparater av leirfraksjonen ble framstilt ved filtrering av leirsuspensjonen gjennom Millipore-filtre. Prøvene ble rutine-undersøkt etter likevekt med:

- a) en atmosfære av 35% rel. fuktighet,
- b) i etylenglycal-mettet tilstand,
- c) etter varmebehandling 2 timer ved 500°C .

Mineralene ble identifisert etter de kriterier gitt av Brown (1961).

Resultatet fra 19 overflateprøver valgt for å dekke hele Mjøsa, er gitt i tabell 3. Den integrerte intensitet ("peak area") er bestemt ved planimetrering, og alle verdier er tatt relativt til klorittens 7 Å refleks.

Den illitt som er det helt dominerende mineral i Mjøssedimentenes leirfraksjon er av overveiende dioktaedrisk type (Graff-Petersen (1961), se $I_{(001)}/I_{(002)}$ forholdet i tabell 3), og er noe degradert. Bare prøve 59/2 synes å inneholde noe særlig illitt av trioktaedrisk type. Denne prøvens leirmineralogi skiller seg også ut ved et betydelig innhold av amfibol, en jernrik kloritt og uten målbar mengde av 10-14 blandsjikt eller smektitt. Klorittens $I_{(001)}/I_{(002)}$ varierer fra 0.6-1 og indikerer overveiende Mg i oktaederposisjon. (10-14) Å blandsjikt gruppen består for det meste av illitt-vermikulitt blandsjikt, men inneholder også en del klorittkomponenter. Hverken kaolinitt eller kalsitt er identifisert i leirfraksjonen.

Tabell 3. LEIRPRAKSONENS MINERALOGI I 19 AV MJØSAS OVERFLATESEDIMENTETER
Intensitetene er angitt relativt til klorittens 7 Å refleks

Prøve	Kloritt 7 Å	Illitt 10 Å	Bl.sjikt (10-14)Å	Smektitt (14-17)Å	Amfibol 8.1 Å	Kvarts 4.26 Å	Mikroklin 3.25 Å	Plagioklas 3.19 Å	I 10 Å/ I 5 Å
M 3/3	100	220	-	92		52	21	35	3.0
M 12/2	100	375	31	141		12	7	43.1	4.5
M 24/1	100	118	29	182		7.5	-	14.9	2.9
M 27/1	100	191	8	120		7.5	2	23.4	3.4
M 29/1	100	161	21	47		20.5	16.8	72.7	3.0
M 35/2	100	221	8	49		9.4	3.8	16.9	3.4
M 36/1	100	221	-	28		9.5	-	67.5	3.9
M 37/1	100	197	18	29		2.3	1.5	8.5	3.7
M 38/1	100	280	40	94		11.5	19.1	58.2	4.1
M 40/1	100	166	18	18		4.6	2.0	13.5	3.0
M 42	100	285	20	64		2.5	2.2	8.0	3.4
M 51/1	100	194	44	56		16.9	5.0	74.5	3.1
M 59/2	100	286	-	-	42	9.2	-	107.9	6.0
M 64/1	100	298	18	-		3.0	3.0	27.2	3.5
M 67/1	100	230	15	21		4.7	2.3	62.9	3.4
M 73/1	100	300	23	40		10.6	8.8	70.7	4.4
M 76/2	100	263	13	-		8.5	1.5	17.4	4.2
M 80/1	100	170	-	17		4.5	-	15.2	3.3
M 83/1	100	220	-	53		4.6	2.1	15.8	3.4
Rel. intensitet	0.7	2	1	0.5	1	1	1	3	

Semikvantitative bestemmelser av sjiktmineralenes relative fordeling i leirfraksjonen ble utført etter den metode Jørgensen (1967) angir. De benyttede relative intensiteter er gitt nederst i tabell 3, og leirfraksjonens sjiktmineralfordeling i Mjøsbassengets overflatesedimenter er framstilt i fig. 4.

Det regionale bildet over Mjøsas leirmineralogi viser et relativt ensformig illitt-kloritt mønster, med et helt dominerende illittinnhold. Særlig gjelder dette i den øvre nordlige del. Dette må reflektere mineralselskapet i Lågens suspenderte materiale. Furnesfjorden skiller seg imidlertid merkbart ut, leirfraksjonen er her rik på smektittiske mineraler. En sannsynlig kilde til denne smektitten er Brumundalssandsteinen, hvor Englund og Jørgensen (1974) har påvist et betydelig smektitt-innhold. mengden av (10-14) Å blandsjiktmineraler varierer mere usystematisk. Dannelsen av disse er nær knyttet til jordprofilforvitringen (Gjems, 1967), og de må antas å tilføres Mjøsa både gjennom Lågen og de øvrige tilførselselver.

Tungmetallanalyser

Det er her søkt å skille mellom adsorbent og syreløselig tungmetallfraksjon. Med adsorbent forstås den del som lar seg fjerne med en kunstig ionebytter. Fra ionebytteren elueres tungmetallene, og disse bestemmes således i løsning ved atomabsorpsjon. Detaljert prosedyre i appendix (A2).

Under valg av metode ble ulike ekstraherende løsninger utprøvd. Bruk av kunstig ionebytter til å fjerne adsorbente tungmetaller i spormengder synes å ha fordeler framfor de vanlig brukte ekstraherende løsninger, så som ammoniumacetat og ulike klorider.

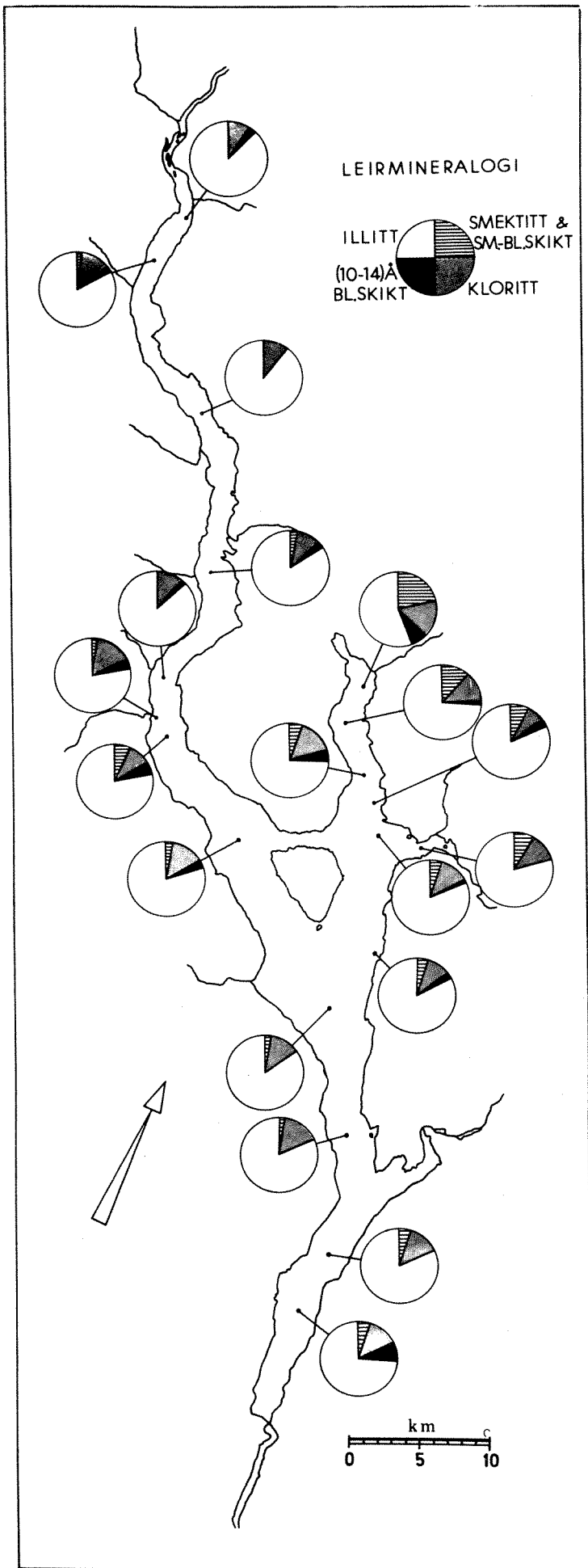


Fig. 4. Fordeling av sjiktmineraler i leirfraksjonen.

Med syreløselig forståes den del av tungmetallinnholdet som går i løsning med varm salpetersyre. Den brukte prosedyre er identisk den NGU bruker i sin geokjemiske kartlegging (Bølviken, 1967). Den syreløselige fraksjonen ble undersøkt på materiale hvor den adsorberte delen allerede var fjernet.

Innsjøsedimenter som danner en relativt kontinuerlig kolonne, har vært regnet som en av de beste kilder til å studere endringer i forureningsbelastning. Undersøkelsen av tungmetallinnholdet i Mjøsas sedimenter har hatt et tosidig mål: Dagens regionale fordeling og endringer som kan observeres med dybden i en sedimentkjerne. I Mjøsområdet har man dessuten også andre referanseverdier tilgjengelig. NGU har både geokjemisk og kvartærgeologisk kartlegging med tungmetallanalyser ferdige og under arbeid.

Adsorberte Zn-, Pb-, Cu- og Hg-mengder i overflatesedimenter fra Furnesfjorden - Akersvika er gitt i tabell 4. Disse første analyserte prøvene er undersøkt på fraksjonen $< 500 \mu\text{m}$, og analysedataene er derfor ikke direkte sammenlignbare med de øvrige analyserte prøver. Her er grensen $180 \mu\text{m}$ brukt, idet NGU's geokjemiske avdeling bruker denne. Heller ikke er syreløselig del bestemt på de første prøvene.

I fig. 5, 6, 7 og 8 er den regionale fordeling framstilt. Hg-analysene har noen helt anomalt høye verdier. Det har ikke vært mulig å kontrollere om dette skyldes kontaminasjon. Området nær Brumundal bør muligens undersøkes nærmere. Selv om en direkte sammenligning med de øvrige analyserte prøver er vanskelig (tabell 5), synes Furnesfjorden - Akersvika sedimentene å ha et høyere innhold av tungmetaller, og dette er den eneste delen av Mjøsa hvor man har noen vesentlig grad av tungmetallforurensning.

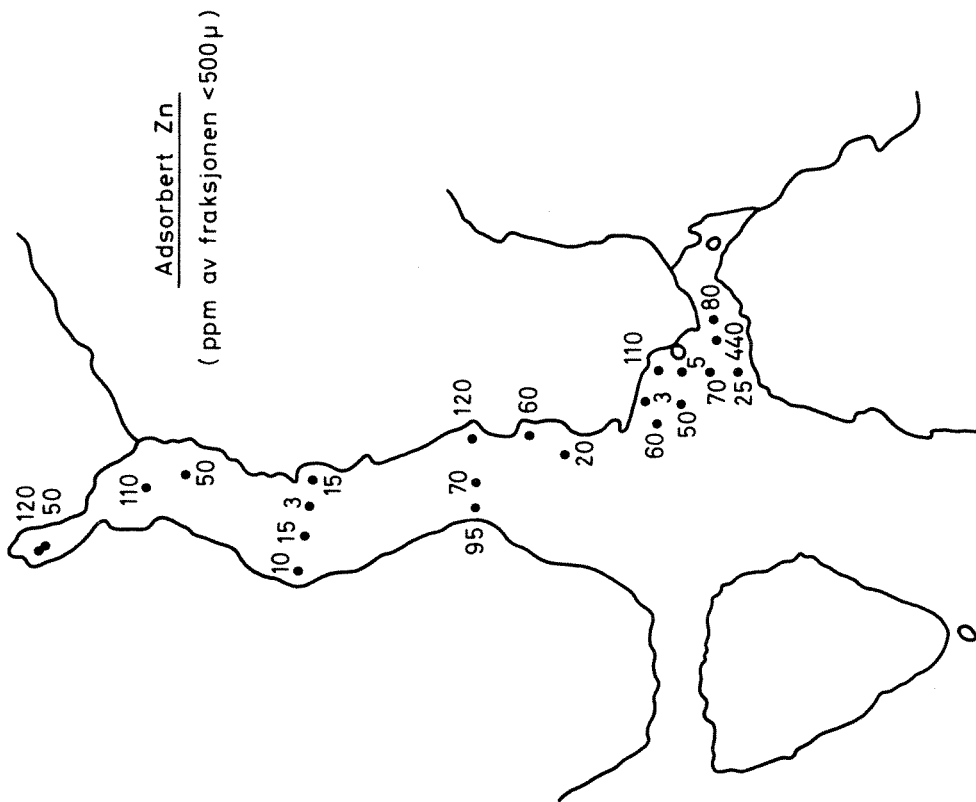


Fig. 5. Adsorbert mengde av Zn i sedimenter fra Funesfjorden - Akersvika området.

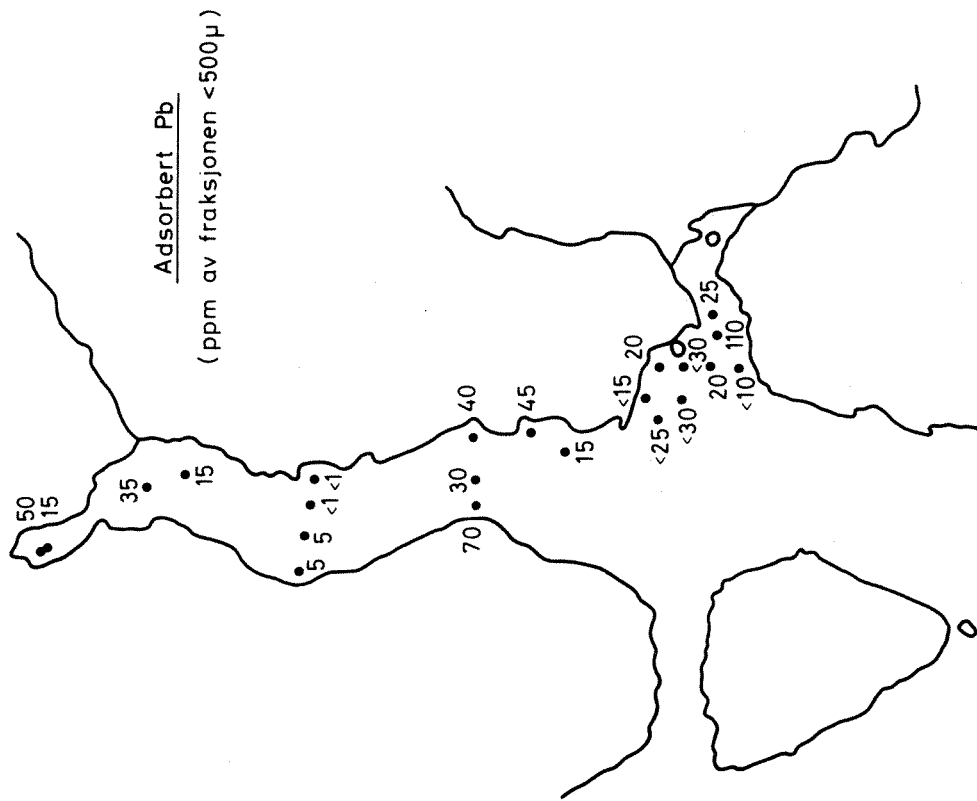


Fig. 6. Adsorbert mengde av Pb i sedimenter fra Funesfjorden - Akersvika området.

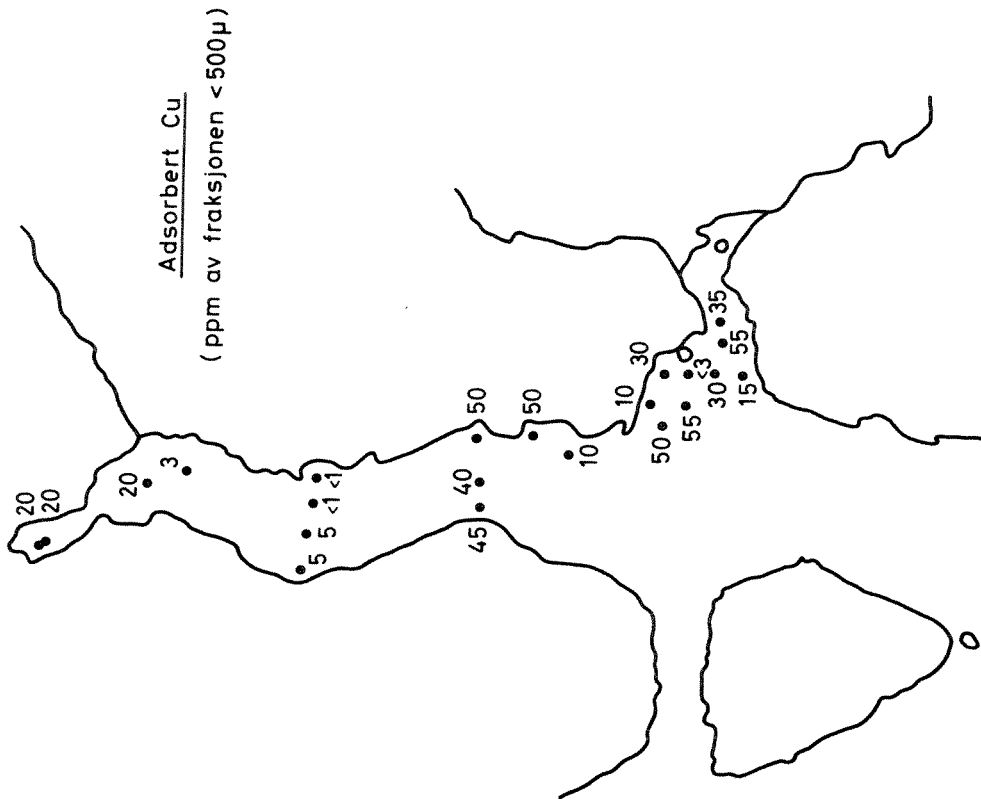


Fig. 7. Adsorbert mengde av Cu i sedimenter fra Furnesfjorden - Akersvika området.

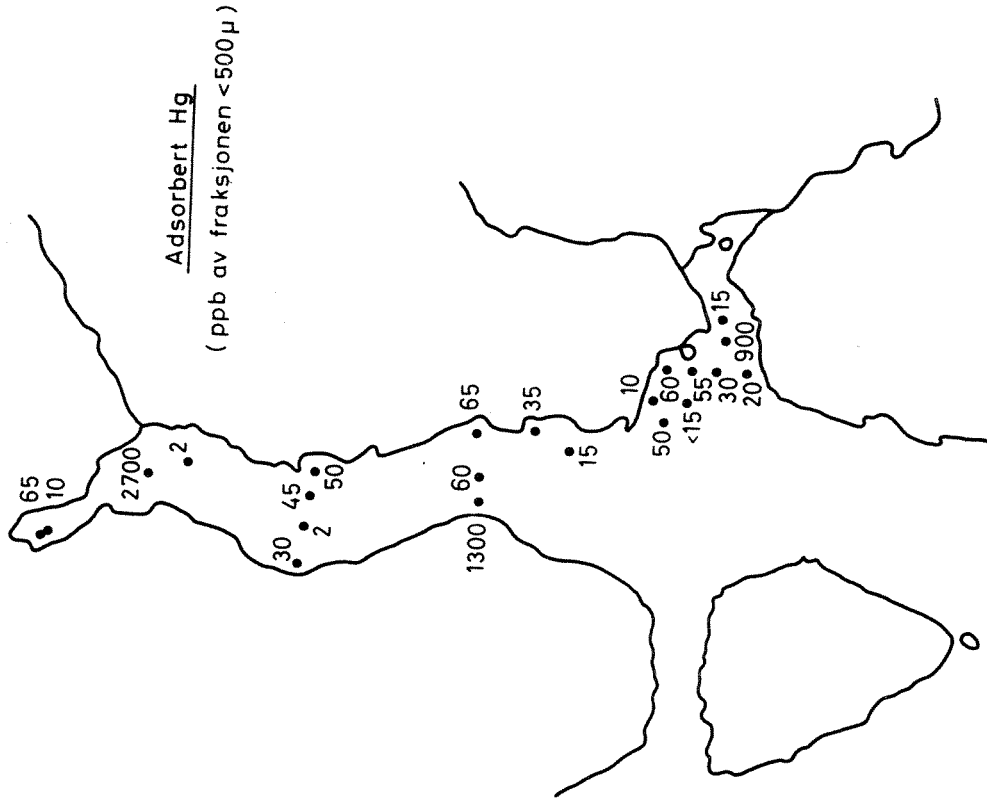


Fig. 8. Adsorbert mengde av Hg i sedimenter fra Furnesfjorden - Akersvika området.

Tabell 5 angir de samme adsorberte tungmetaller fra 30 overflateprøver spredt over hele Mjøsa, og de samme analysedata er inntegnet i fig. 9, 10 og 11, projisert på et lengdeprofil fra Lillehammer til Minnesund.

Som helhet må sedimentene i Mjøsa sies å ha et lavt innhold av adsorberte tungmetaller. Spesielt gjelder dette hovedbassenget. Prøve 36/1 fra det sentrale dype hovedbasseng har ytterst små verdier. Det lave innhold ser også ut til å holde seg nedover i kjernen (tabell 8).

Hunnselva tilfører Mjøsa noe tungmetaller. Man har høye verdier for både Zn, Pb og Cu rett ved utløpet, og denne tilførsel kan følges til de nærmeste områder. Om dette for det meste skyldes industriell og urban påvirkning er vanskelig å si.

De høye blyverdier ved utløpet til Stokkelva er det naturlig å tilbakeføre til de kjente blyforekomster i Snertingdal, og dette er sannsynligvis et eksempel på høye naturlige bakgrunnsverdier. Det større Cu-innhold i prøve 57/1 ved Biri gies det foreløpig ingen forklaring på. Kvikksølvverdiene er alle små og har etter den brukte metodikk vært nær deteksjonsgrensen. I forhold til innsjøer som er karakterisert ved høye bakgrunnsverdier og/eller høyt forurensningsnivå, er de helt ubetydelige (Norrman & Königsson (1972), Vernet & Thomas (1972a,b)).

I tabell 6 er både adsorbert og syreløselig del av Zn, Pb og Cu angitt og addert opp som "total" del. "Totaldelen" inneholder imidlertid ikke de tungmetaller som finnes i syrer resistente mineraler. I fig. 12 er den regionale fordeling av total mengde tungmetaller inntegnet, men den synes ikke å være noe bedre egnet til å følge tungmetalltilførsel.

Mekanismene for tungmetallenes transport og oppbevaring i sedimentene er neppe fullt klarlagt for alle transport- og sedimentasjonsmiljøer.

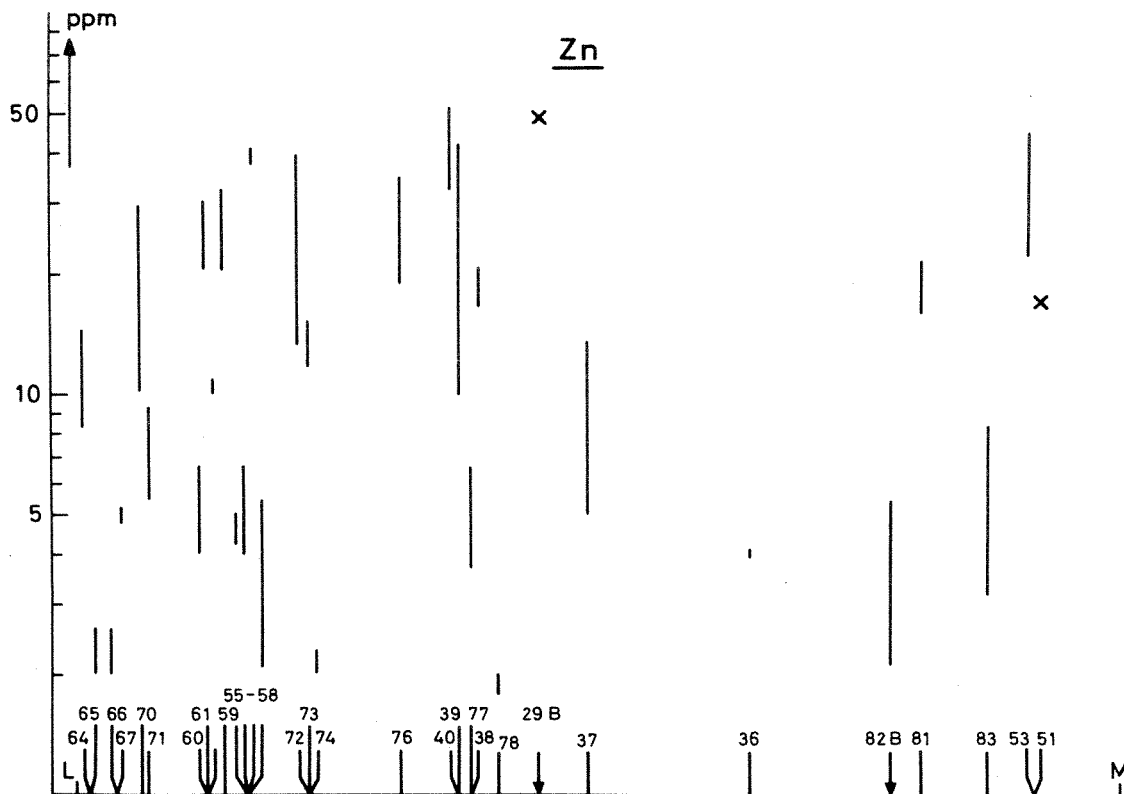


Fig. 9. Adsorberte Zn-mengder i Mjøsas toppsedimenter, projisert på et profil fra Lillehammer til Minnesund. Spredningen i duplikate bestemmelser angitt som vertikale streker.

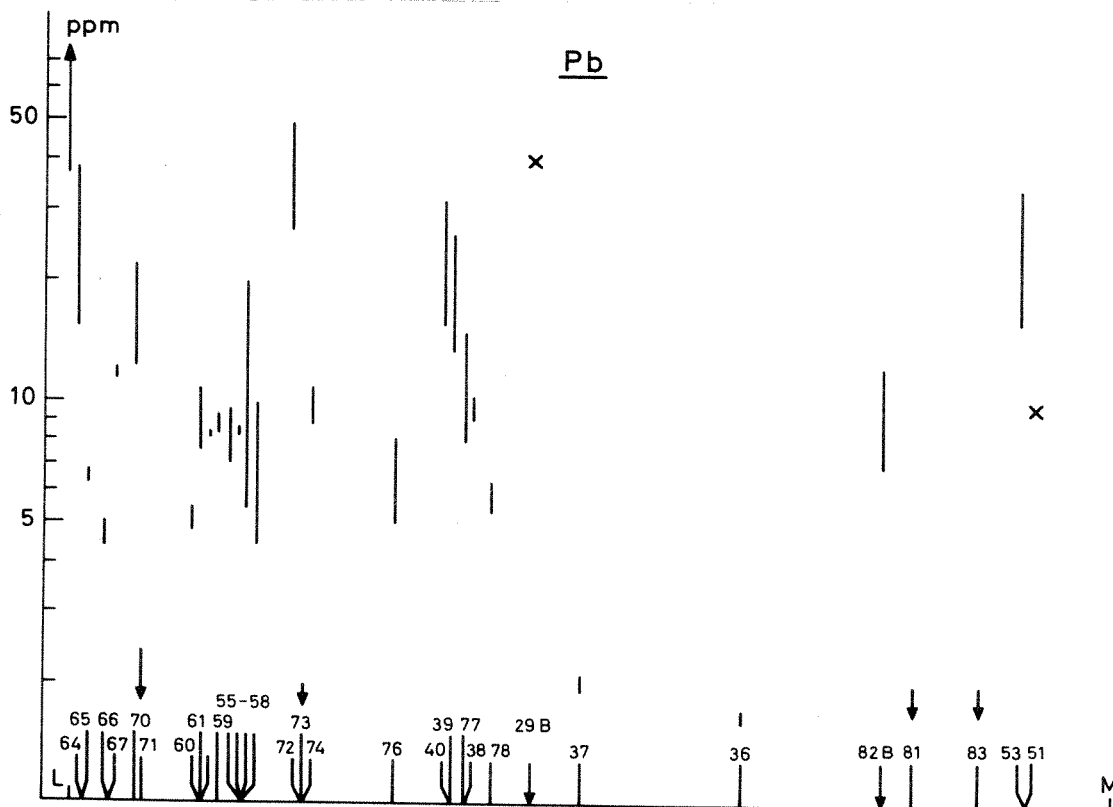


Fig.10. Adsorberte Pb-mengder i Mjøsas toppsedimenter, projisert på et profil fra Lillehammer til Minnesund. Spredningen i duplikate bestemmelser angitt som vertikale streker.

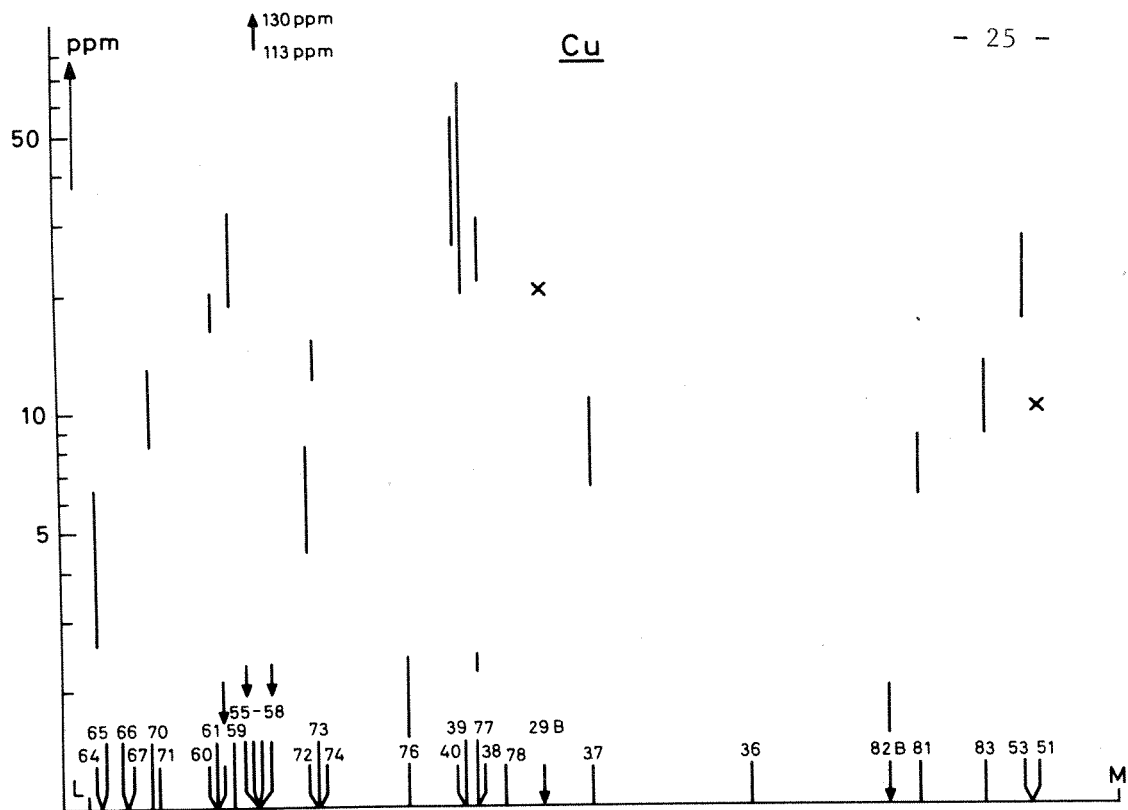


Fig. 11. Adsorberte Cu-mengder i Mjøsa toppsedimenter, projisert på et profil fra Lillehammer til Minnesund. Spredningen i duplikate bestemmelser angitt som vertikale streker.

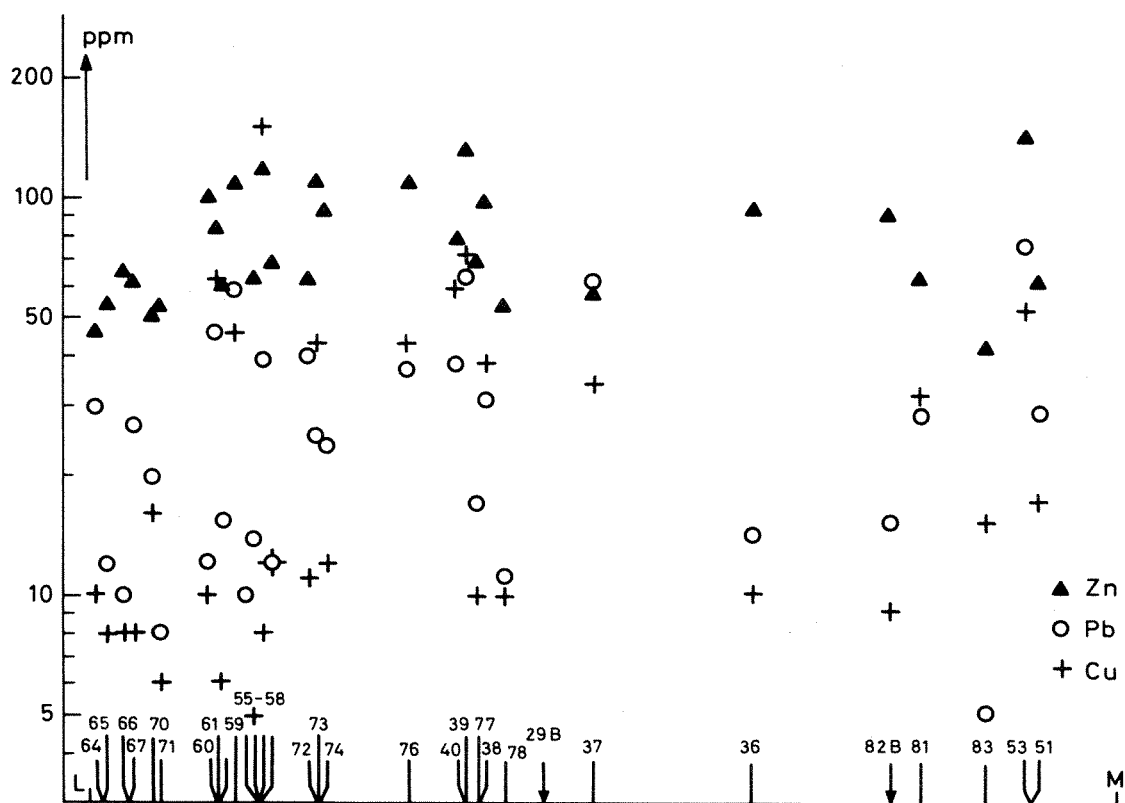


Fig. 12. Totalinnhold av Zn, Pb og Cu i fraksjonen $<180 \mu\text{m}$ i Mjøsas toppsedimenter, projisert på et lengdeprofil fra Lillehammer til Minnesund.

Tabell 4. ADSORBERTE TUNGMETALLER (Zn, Pb, Cu, Hg) I OVERFLATE
SEDIMENTER FRA FURNESFJORDEN - AKERSVIKA REGIONEN
Verdier er angitt i ppm eller ppb av fraksjon < 500 μ
og representerer enkeltanalyser.

Prøve nr.	Zn ppm	Pb ppm	Cu ppm	Hg ppb
M 1/1	3	<15	10	10
M 2/1	60	45	50	35
M 3/1	80	25	35	15
M 4/1	440	110	55	900
M 5/1	25	<10	15	20
M 6/1	70	20	30	35
M 7/1	5	<30	<3	55
M 8/1	110	20	30	60
M 9/1	50	<30	55	<15
M 10/1	60	<25	50	50
M 12/2	20	15	10	15
M 14/1	120	40	50	65
M 21/1	120	50	20	65
M 22/1	50	15	20	10
M 23/1	110	35	20	2700
M 24/1	50	15	3	2
M 25/1	15	<1	<1	50
M 26/1	3	<1	<1	45
M 27/1	15	5	5	5
M 28/1	10	5	5	30
M 29/1	70	30	40	60
M 30/1	95	70	45	1300

Tabell 5. ADSORBERTE TUNGMETALLER (Zn, Pb, Cu, Hg) I MJØSAS
OVERFLATESEDIMENTENTER.
*
Angitt i ppm (ppb) av fraksjonen < 180 µm .

Prøvenr.	Zn ppm	Pb ppm	Cu ppm	Hg ppb
36/1	4+0	2+0	1+0	< 3
37/1	9+6	2+0	8+3	
38/1	18+3	10+1	26+7	
39/1	26+23	20+9	43+34	
40/1	42+14	23+11	40+20	
51/1	16	10	10	
53/1	34+14	25+13	22+7	
55/1	5+1	8+2	2+1	19+6
56/1	5+1	8+0	2+0	14+6
57/1	40+3	13+10	122+12	
58/1	4+3	7+4	2+1	18+5
59/1	27+9	9+1	25+10	
60/1	5+2	5+1	1+0	< 3
61/1A	26+7	10+2	18+3	
B	26+8	5+4	10+3	
63/1	11+1	8+0	2+1	< 7
64/1	11+5	27+17	5+3	<22
65/1	2+0	7+1	1+0	< 4
66/1	2+1	5+1	1+0	<12
67/1	5+1	12+1	2+0	18+1
70/1	20+14	17+7	11+3	<14
71/1	8+3	2+1	n.d.	
72B/1	26+18	38+18	6+3	26+5
73/1	14+3	2+1	13+2	
74/1	2+0	10+2	1+0	22+9
76/1	27+12	7+3	2+1	
77/1	5+2	12+5	2+0	27+12
78/1	2+0	6+1	2+0	6+2
81/1	19+4	< 2	7+2	
82B/1	4+2	10+4	2+1	9+5
83/1	6+4	< 2	11+3	

* Middelerdi av duplikate bestemmelser hvor standardavvikt angir spredningen. Prøve 51/1 har bare en bestemmelse.

Åpen posisjon: Ikke analysert.

n.d.: Ikke funnet.

Tabell 6. TUNGMETALLER (Zn, Pb, Cu) I MJØSAS OVERFLATESEDIMENTENTER
(angitt i ppm av sedimentfraksjonen < 180 µ tørket ved 100°C)

Prøve nr.	Zn			Pb			Cu			C	S	<2µ
	Ads	Syre	Total	Ads	Syre	Total	Ads	Syre	Total	%	%	%
36/1	4	88	92	2	12	14	1	9	10	3.37	0.07	56.4
37/1	9	48	57	2	58	60	8	26	34	2.75	0.13	59.2
38/1	18	78	96	10	21	31	26	12	38	2.49	0.11	28.4
39/1	26	105	131	20	43	63	43	27	70	3.16	0.15	57.5
40/1	42	36	78	23	15	38	40	18	58	8.30	0.20	16.9
51/1	16	44	60	10	18	28	10	7	17	2.41	0.06	15.1
53/1	34	106	140	25	48	73	22	30	52	5.35	0.05	30.7
55/1	5	24	29	8	2	10	2	3	5	2.34	0.07	21.2
56/1	5	57	62	8	6	14	2	6	8	1.69	0.06	19.5
57/1	40	77	117	13	26	39	122	29	151	1.70	0.06	39.4
58/1	4	64	68	7	5	12	2	10	12	1.86	0.06	42.0
59/1	27	82	109	10	26	36	25	21	46	2.76	0.09	34.5
60/1	5	95	100	5	7	12	1	9	10	3.20	0.13	20.1
61/1A	26	58	84	10	36	46	18	44	62	3.07	0.12	46.0
B	26	96	122	5	19	24	10	26	36	2.84	0.14	
63/1	11	48	59	8	8	16	2	4	6	3.63	0.16	17.5
64/1	11	35	46	27	3	30	5	5	10	4.61	0.15	4.2
65/1	2	52	54	7	5	12	1	7	8			21.6
66/1	2	64	66	5	5	10	1	7	8	2.71	0.09	30.9
67/1	5	56	61	12	14	26	2	6	8	2.32	0.11	25.9
70/1	20	31	51	17	3	20	11	5	16	2.75	0.14	2.7
71/1	8	46	54	2	6	8	-	6	6	3.18	0.10	38.6
72B/1	26	36	62	38	2	40	6	5	11	4.00	0.28	0.9
73/1	14	96	110	2	23	25	13	30	43	3.87	0.06	26.4
74/1	2	90	92	10	14	24	1	11	12	1.72	0.07	53.5
76/1	27	81	108	7	30	37	2	41	43	4.17	0.11	36.7
77/1	5	64	69	12	5	17	2	8	10	4.91	0.13	40.5
78/1	2	51	53	6	5	11	2	8	10	0.52	0.06	33.1
81/1	19	42	61	2	28	28	7	24	31	3.71	0.11	52.2
82B/1	4	85	89	10	5	15	2	7	9	3.44	0.16	21.7
83/1	6	35	41	<2	5	5	11	4	15	1.42	0.11	10.0

Tabell 7. TUNGMETALLER (Zn, Pb, Cu) I MJØSAS OVERFLATESEDIMENTER
Korrelasjonskoeffisienter beregnet på grunnlag av tabell 6.

Adsorberte verdier

n = 30	Zn	Pb	Cu	< 2 μ	C
Zn	1.000				
Pb	<u>0.506</u>	1.000			
Cu	<u>0.792</u>	0.235	1.000		
< 2 μ	0.001	<u>-0.459</u>	0.136	1.000	
C	<u>0.407</u>	<u>0.473</u>	0.039	-0.150	1.000

Totalkonsentrasjoner

n = 30	Zn	Pb	Cu	< 2 μ	C	S
Zn	1.000					
Pb	<u>0.545</u>	1.000				
Cu	<u>0.628</u>	<u>0.637</u>	1.000			
< 2 μ	<u>0.451</u>	0.248	<u>0.336</u>	1.000		
C	0.197	<u>0.368</u>	0.125	-0.150	1.000	
S	-0.121	0.177	-0.090	<u>-0.343</u>	<u>0.488</u>	1.000

==== Signifikant på 1% nivå

----- Signifikant på 5% nivå

Tabell 8. TUNGMETALLER (Zn, Pb, Cu) I TO SEDIMENTKJERNER FRA MJØSA
(Verdier angitt i ppm av fraksjonen < 180 µm.)

Kjerne 29B (Furnesfjorden)

Prøve nr.	Zn			Pb			Cu			C %	S %
	Ads	Syre	Total	Ads	Syre	Total	Ads	Syre	Total		
	* 0x	48		40			20				
	0	7	140	147	<6	14	20	12	15	1.70	
	10	4	178	182	4	22	26	1	18	19	4.27 0.10
29B/1	20	14	77	91	11	24	35	6	31	37	1.63 0.11
	90-100	5	82	87	2	10	12	2	11	13	2.45 0.09
	100-140	6	94	100	3	5	8	3	10	13	2.89 0.08
	210-250	4	63	67	2	13	15	3	25	28	2.25 0.08
	250	4	63	67	1	3	4	2	5	7	2.09 0.09
	0- 40	4	58	62	3	12	15	2	24	26	2.09 0.13
29B/2	315-355	2	127	129	<1	10	~10	2	10	12	1.74 0.06
	410-450	4	60	64	1	8	9	3	6	9	1.64 0.08
29B/3	125-165	6	103	109	3	8	11	6	11	17	1.30 0.08
	390-430	4	53	57	2	9	11	5	38	42	0.94 0.07

Kjerne 36

Prøve nr.	Zn			Pb			Cu			C %	S %
	Ads	Syre	Total	Ads	Syre	Total	Ads	Syre	Total		
36/1	4	88	92	2	12	14	1	9	10	3.37	0.07
36/6	1	56	57	1	5	6	1	4	5	1.77	0.08
36/14	3	22	25	2	6	8	3	8	11	4.27	

* Løst toppmateriale med stort organisk innhold,
for lite materiale til å bestemme syreløselig del og C & S.

Foruten å variere med de fysiske kjemiske forhold varierer de fra element til element. Man må regne med at tungmetallenes transport er særlig knyttet til partikulært materiale (Gibbs, 1973). De mest sannsynlige mekanismer er transport i adsorbert form til organisk eller uorganisk materiale, felt eller medfelt i oksyd/hydroksyd belegg, inkorporert i partikulært organisk materiale og i mineralenes krystallstruktur (Förstner & Müller, 1974). I sedimentene kan tungmetallene også inkorporeres i nydannede mineraler.

For å belyse disse forhold ble de samme prøver analysert på svovel og total karbonmengde. Disse verdier (% av fraksjonen < 180 µm) samt hvor stor del av totalsedimentet er leire, er også gitt i tabell 6. I tabell 7 er tungmetallinnholdet og karbon-, svovel- og leirinnholdet korrelert.

Ingen av de adsorberte tungmetaller korrelerer med mengden leirfraksjon; Pb er klart negativt korrelert. Zn og Pb viser en svak korrelasjon med karbon, som må tilskrives adsorpsjon til organisk materiale.

For totalkonsentrasjonens vedkommende er forholdet noe annerledes. Her korrelerer Zn og Cu svakt med leirfraksjonen, mens Pb korrelerer svakt med karbon. Alle tungmetaller korrelerer seg innbyrdes. For å si noe mere om mekanismene her burde Fe og Al forholdet i syreuttrekkene bestemmes, da medfelling på leirfraksjonens mineraler kan være av betydning.

Variasjon i tungmetallkonsentrasjonen med dybden er undersøkt i to kjerner, M29B og M36, og vist i tabell 8. For kjerne 36 har topp-prøven en noe større totalmengde enn de dypere prøver. Ellers er tungmetallinnholdet relativt konstant.

For kjerne 29B fra Furnesfjorden er totalinnholdet av Zn, Pb og Cu

vist som funksjon av dybden i fig. 13 og 14. Det er en viss spredning i data, men Zn og Pb viser en klar stigning i de øverste cm. Cu øker fra 70 cm og nedover; årsaken er uklar.

Dette synes å bekrefte det tidligere bilde hvor Mjøsas sentrale deler (M36) er nesten uberørt av "tungmetall-forurensning", mens sedimentene i Furnesfjorden (M29B) og Akersvika viser en viss økning de senere år. Totalinnholdet av Zn, Pb og Cu i overflatesedimenter fra Mjøsa ligger også godt innenfor den variasjon Follestad (1973, 1974) finner i morenemateriale rundt Mjøsa.

Porevannsanalyser

Fra kjerne 29B som ble spesielt undersøkt på tungmetaller, er det også tatt prøver av porevannet (), og porevannet ble analysert på K, Na, Mg, Ca, Cl og Si.

Variasjonen av K-, Na-, Mg- og Ca-innholdet er vist i fig. 15. Konsentrasjonen av Ca og Na og i mindre grad Mg øker mot dybden; særlig er økningen stor i de nederste 30-40 cm. 16 cm fra kjernens bunn har man imidlertid et klart skille i sedimentkarakter. Fig. 16, hvor målte verdier av Eh, pH og $\Delta \text{pH}_{\text{CaCO}_3}$ er framstilt, viser også dette tydelig. $\Delta \text{pH}_{\text{CaCO}_3}$ angir sedimentets grad av undermetning på kalkspat (Weyl, 1961). Den øvre del av kjernen er særlig undermettet på kalkspat, men dette karbonat er ikke stabilt i noen del av kjernen. Dette bekrefter den leir-mineralogiske analyse, hvor man ikke kunne påvise kalkspat.

De målte Eh-verdier kan ikke reflektere systemets red/oks-forhold, sannsynligvis pga. lave konsentrasjoner av elektroaktive species i porevannet (Berner, 1971). Hydrogensulfid ble utviklet fra prøver ved tilsetning av svak syre gjennom hele kjernen. Likeledes ble det i en annen

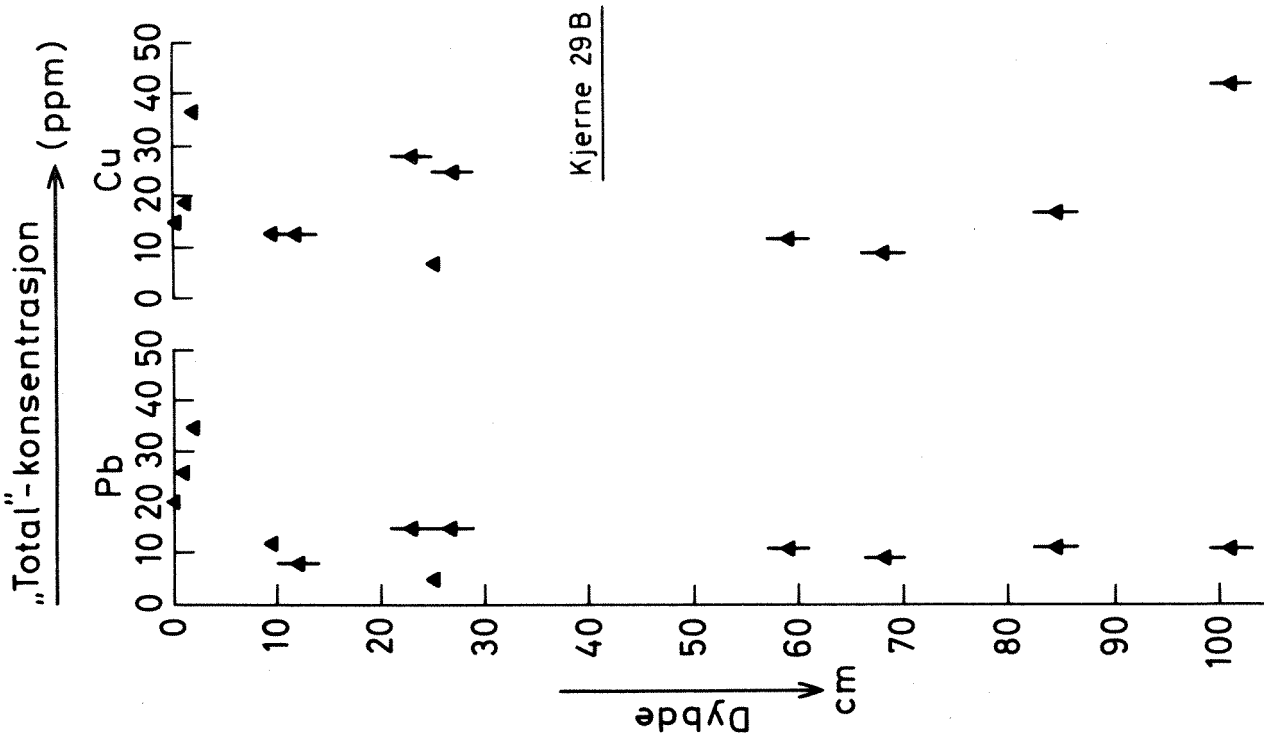


Fig. 14. Pb- og Cu-innholdet (i fraksjonen <math>< 180 \mu\text{m}</math>) i kjerne 29B

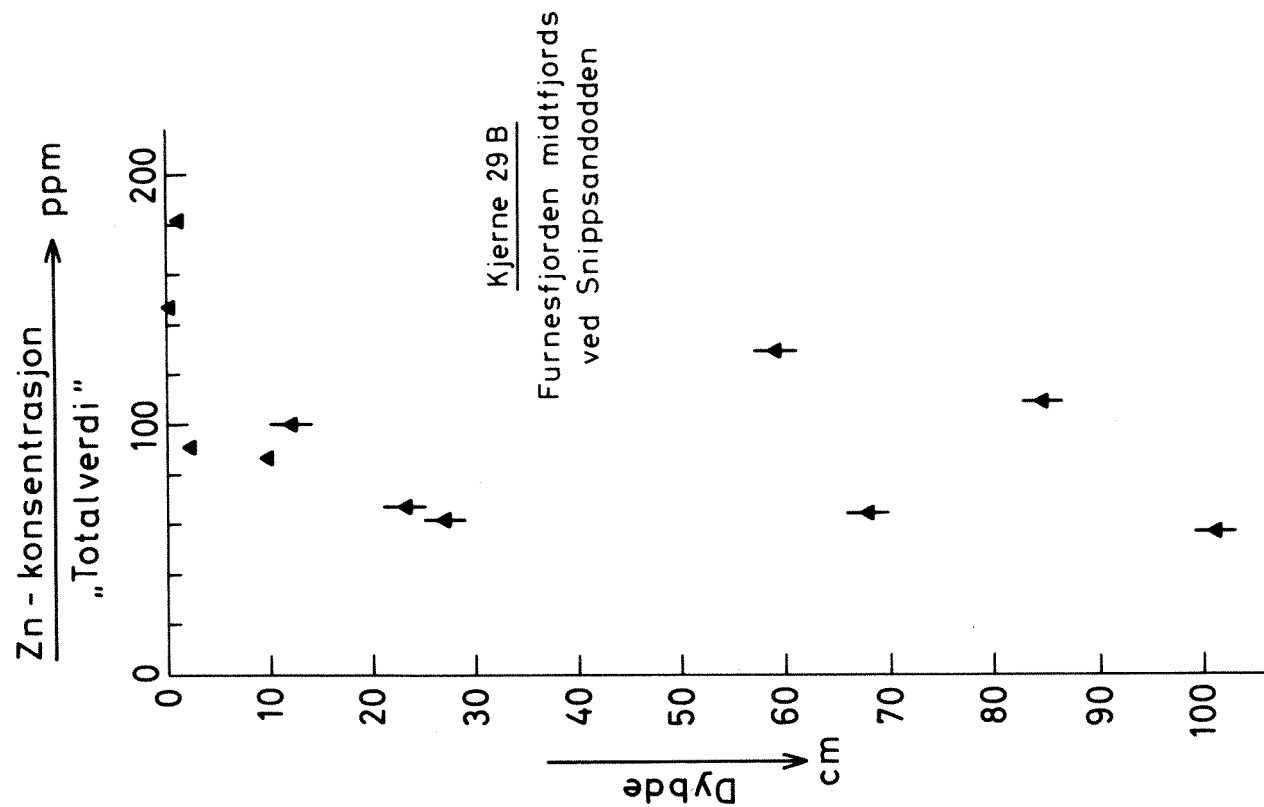


Fig. 13. Zn-innholdet (i fraksjonen <math>< 180 \mu\text{m}</math>) i kjerne 29B

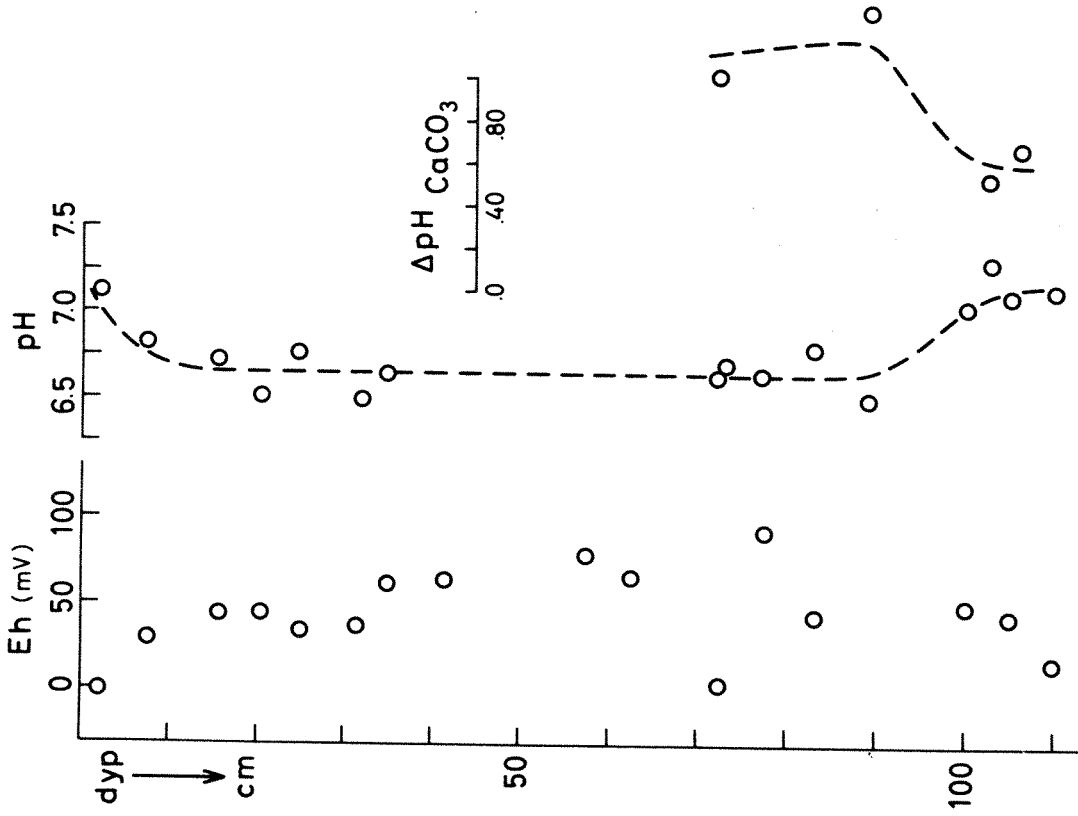


Fig. 16. Elektrodemålinger fra kjerne 29B, Eh, pH og $\Delta \text{pH}_{\text{CaCO}_3}$ (se tekst).

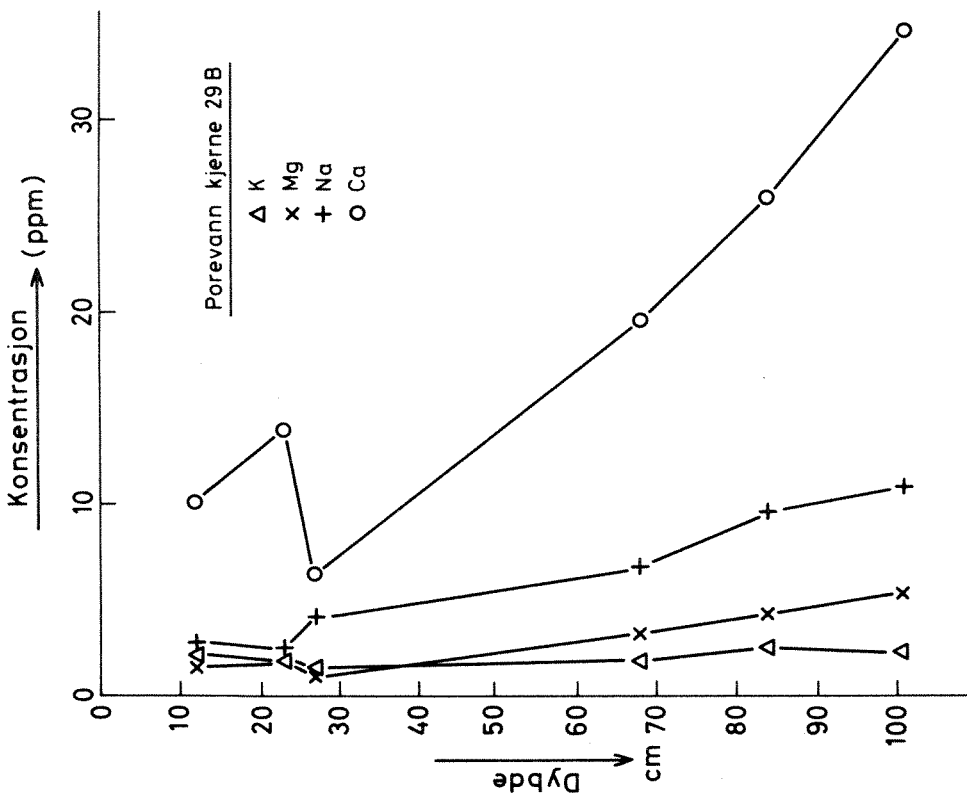


Fig. 15. Porevannets innhold av Na, K, Ca og Mg i kjerne 29B.

kjerne fra samme lokalitet (kjerne 29) funnet små 1-2 mm store vivianitt-konkresjoner. Dette skulle tilsi helt andre Eh-verdier (Rosenqvist, 1970).

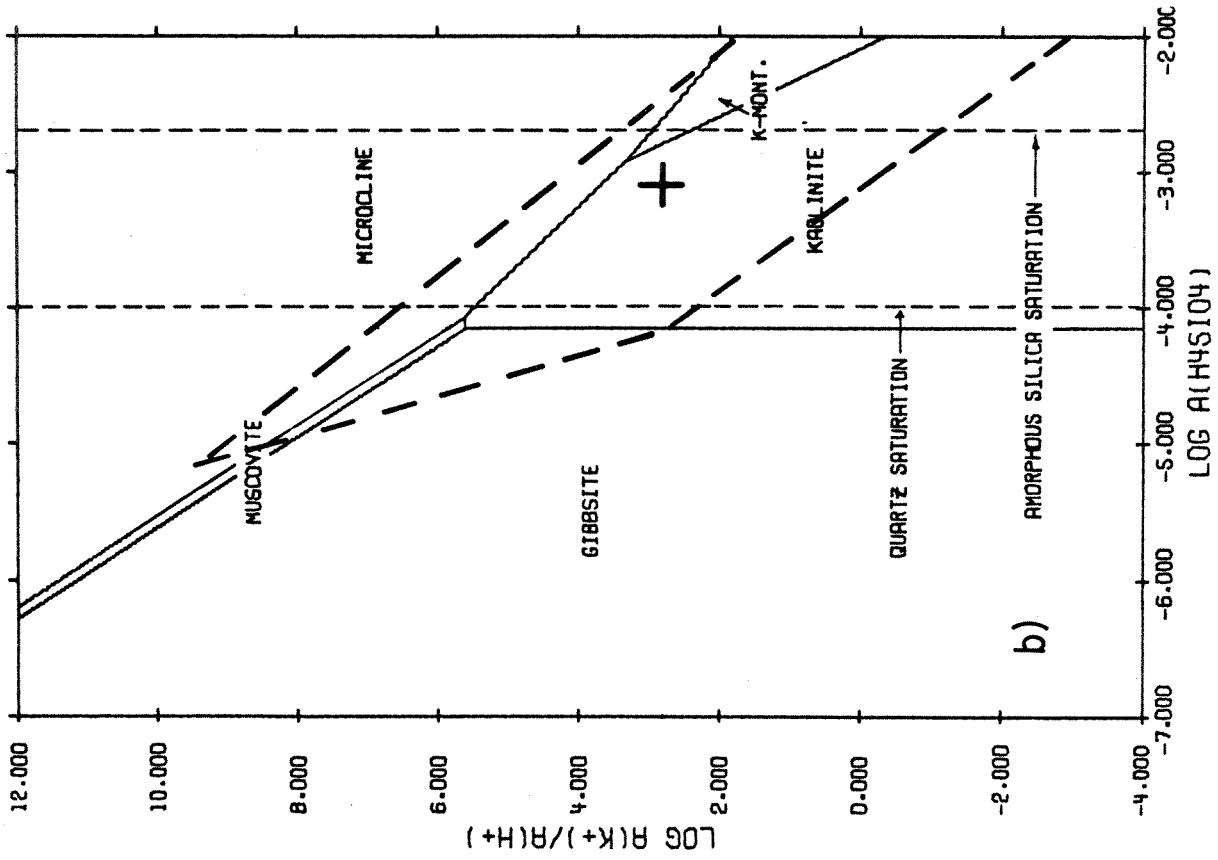
Tabell 9 viser porevannets innhold av klor og silisium. SiO_2 -verdiene tilsvareer omtrent metning med amorf silika, mens kloridinnholdet ikke er langt fra det man finner i Mjøsas vannmasser.

Tabell 9. POREVANNSINNHOLD AV KLOR OG SILISIUM I KJERNE 29B

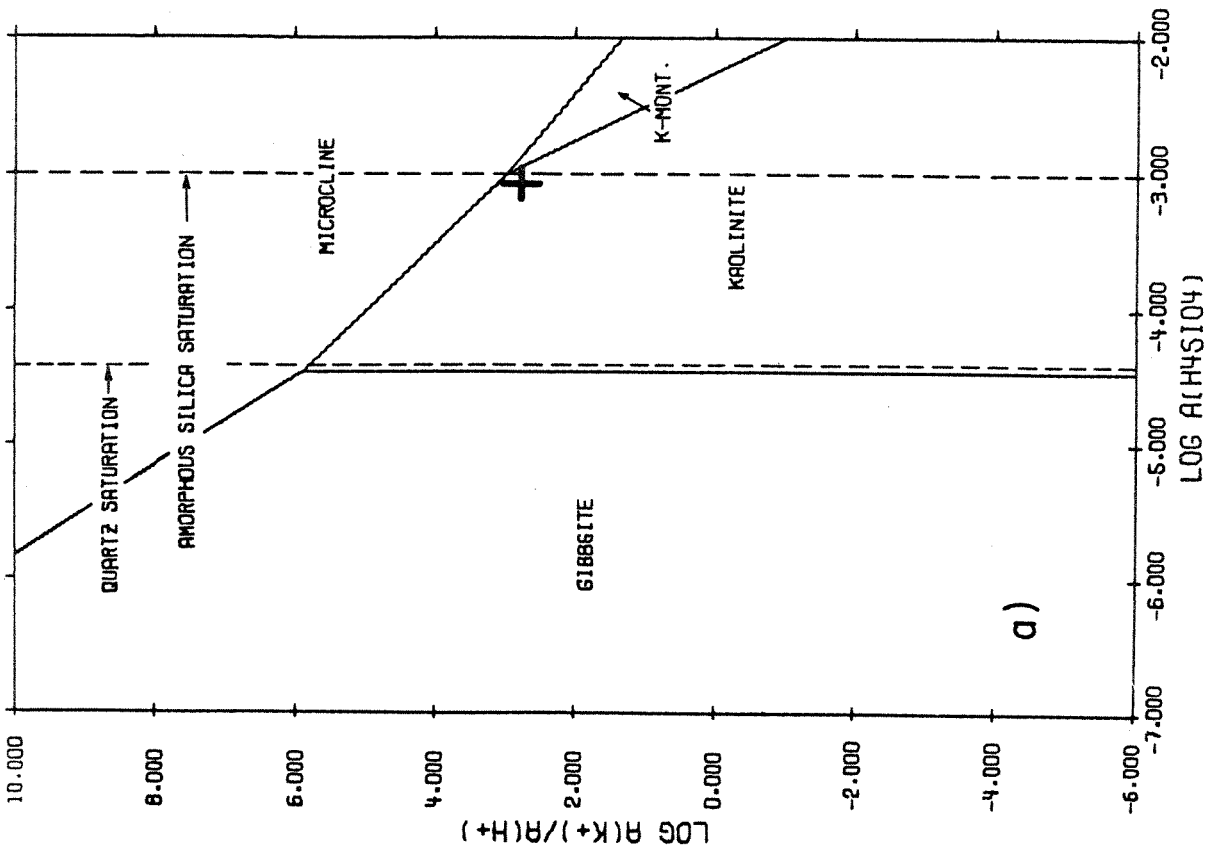
Prøve		Cl	SiO_2
		mg/l	mg/l
29B/1	100-140	0.4	42.0
29B/1	210-250	0.4	41.0
29B/2	0-40	0.6	41.0
29B/2	315-355	0.9	50.0
29B/2	410-450	0.8	52.0
29B/3	125-165	1.5	45.0
29B/3	390-430	1.3	43.0

Porevannets sammensetning er langt mere følsom for mineralreaksjoner i sedimenter etter avsetning (diagenese) enn ulike mineralogiske analyser, og er derfor særlig egnet til å studere diagenetiske endringer. Inntegnet i fasediagrammer burde porevannsanalyser gi verdifulle opplysninger om ulike mineralreaksjoner (Garrels & Christ, 1965; Englund og Jørgensen, 1974).

I fig. 17 er en gjennomsnittsverdi for porevannet fra nedre del av kjernen inntegnet i systemet $\text{HCl} - \text{H}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ (Helgeson et al., 1973). Punktet faller tett inntil silikametning, men innenfor



The System HCl—H₂O—Al₂O₃—K₂O—SiO₂ at 25°C.



The System HCl—H₂O—Al₂O₃—K₂O—SiO₂ at 0°C.

Fig. 17. Stabilitetsdiagram.

stabilitetsområdet til kaolinitt. Kaolinitt er ikke funnet blant leir-mineralene, og den vanlige kaolinittdannelse er også karakterisert ved helt andre betingelser (Millot, 1970).

Man må regne at diagrammet for 0°C passer bedre enn det for 25°C . Punktet ligger i dette diagram nær trippelpunktet for mikroklin, kaolinitt og K-montmorillonitt. Det beregnede stabilitetsfelt for muskovitt har her skrumpet helt inn, og det passer dårlig med det observerte bildet hvor illitt utgjør $3/4$ av sjiktsilikatene i leirfraksjonen. Helningen på stabilitetsfeltgrensene avhenger imidlertid direkte av mineralenes støkiometriske sammensetning (Korshinskij, 1959), og de ulike illitters stabilitetsfelt vil være klart forskjellig fra den rene muskovitt (Helgeson, 1971). Det er således mulig at det observerte punkt kan ligge innenfor stabilitetsområdet til illitt (antydnet på fig. 17b). For å konstruere det aktuelle aktivitetsdiagram for den mineralassosiasjon man f.eks. finner i kjerne 29B, kreves i tillegg til den kjemiske sammensetning på mineralene også en bestemmelse av deres Gibbs fri energi.

Seismisk profilering

Fra forundersøkelser til en bro over Mjøsa fra Moelv til Biri er det foretatt både boringer og seismiske opptak (Noteby (1974), Senneset & Janbu (1974)). Både det topografiske bildet av området og de undersøkte sedimenter passet inn med en større randavsetning fra landisens tilbaketrekning. Man var således interessert i å undersøke de nordlige avsetninger i Mjøsa nærmere, samtidig som man kunne få mere erfaring med seismisk profilering i innsjøer.

Det ble brukt en UNI-Boomer (E.G.&G. International U.S.A.) utlånt av Geoteam. Den ble kjørt med ca. 330 J med maksimal operatorspenning

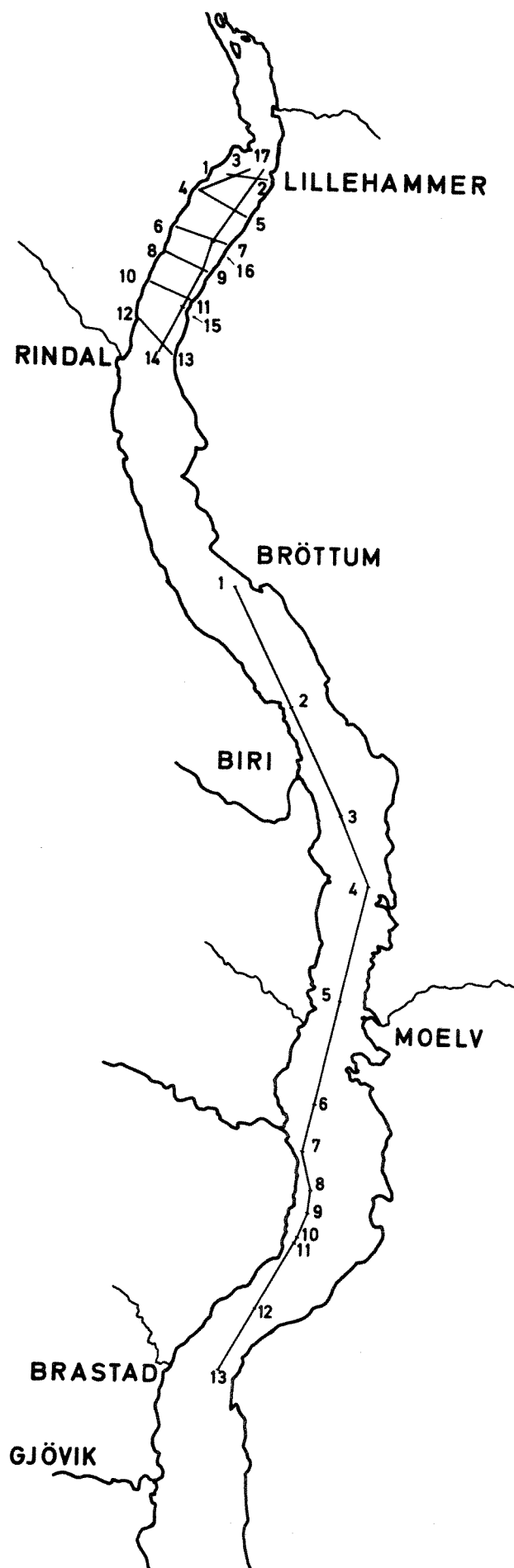


Fig. 18. Oversiktskart over seismisk profilering i nordre del av Mjøsa.

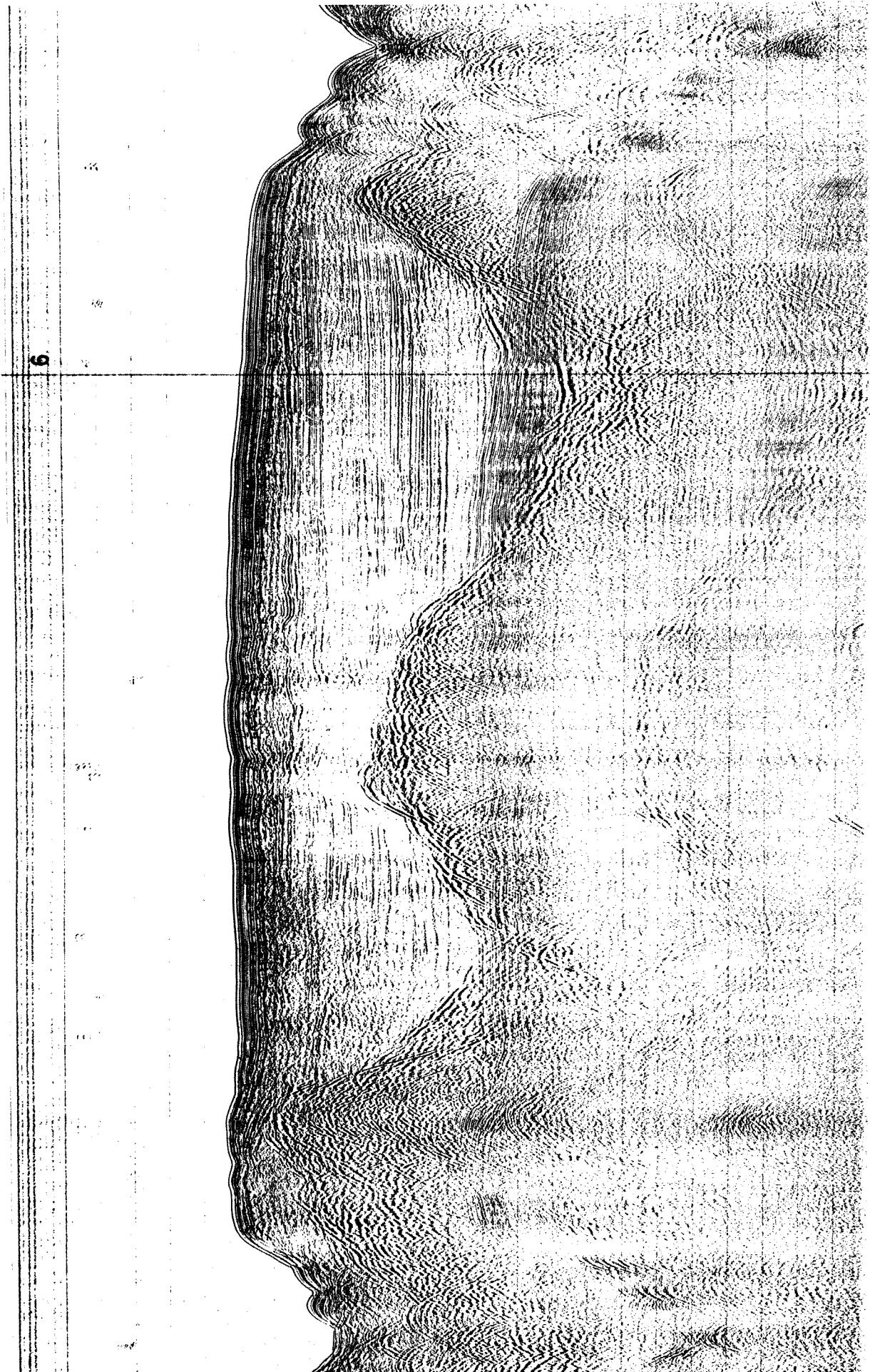


Fig. 19. Originalt "boomer"-opptak.

på 3800 V og 4 utladninger i sekundet. I området fra Lillehammer til Rinndal ble det tatt 7 tverrprofiler og et lengdeprofil, mens man kjørte et lengdeprofil fra Brøttum til Bråstad. Profilene er angitt i fig. 18.

De originale opptak (se fig. 19) ble tolket og de viktigste refleksjonshorisonter tatt ut. Tolkningsdataene ble overført til hullkort, og plottetskrifter av samtlige profiler finnes i appendiks 4 som lengde-tid diagram. Tidsinndelingen på den vertikale akse tilsvarer en ekvivalentlengde til 10 m vann.

I Lillehammer-Rinndal området viste det seg vanskelig å trenge ned til dypere refleksjonshorisonter. Gassrike sedimenter pga. stort innhold av organisk materiale var sannsynligvis årsak til dette. Opptakene ga således mindre opplysninger om sedimentfordeling med dybden enn ventet. En sammenstilling av profilene er gitt som blokkdiagram i fig. 20, likeledes er et mere nøyaktig bilde av bunntopografien i dette området gitt i fig. 21.

En sammenstillet tolkning av lengdeprofilet fra Brøttum til Bråstad er vist i fig. 23, og gir et interessant bilde. Tilsynelatende har man en serie større og mindre sedimentinnfylte bassenger i Mjøsas lengderetning. Årsakene til dannelsen av disse bassenger er ikke helt klar. Man finner imidlertid slike bassenger i de fleste norske hoveddaler, og de regnes som typiske glasiale trekk. Noen av traustersklene man finner i fig. 22 synes å passe med mere resistente bergartstyper, så som Biskopåskonglomeratet (se kart i vedlegg). Det er betydelige sedimentmengder i disse bassenger. Det øvre ved Brøttum har f.eks. minst 120 m med sedimenter.

Bassengenes sedimentinnhold består sannsynligvis for størstedelen av sandig materiale avsatt under isavsmeltingen. Det eneste stedet

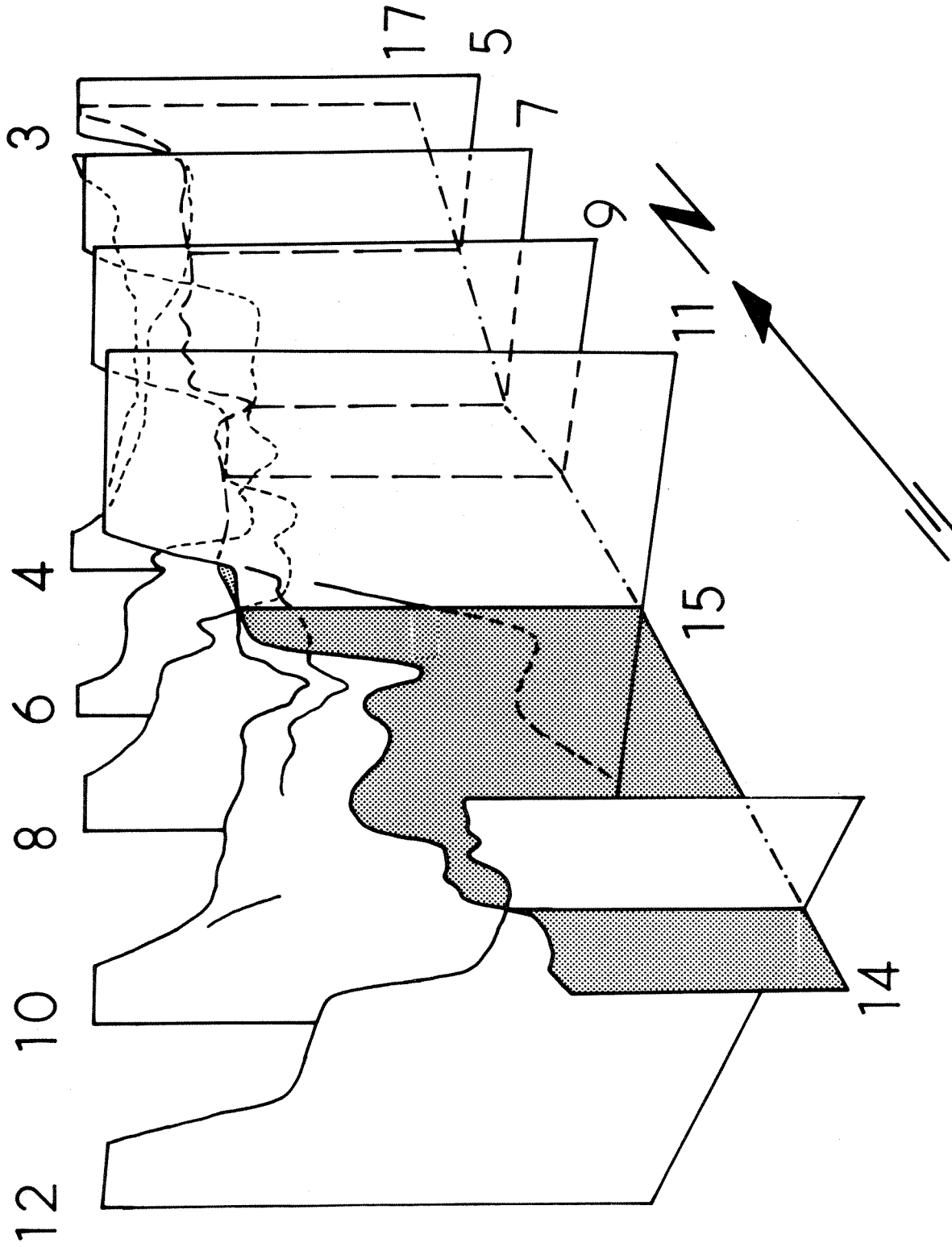


Fig. 20. Blokkdiagram over seismiske profiler i Lillehammer - Rimndal området. Inndeling på vertikale akse er ekvivalentlengden til 10 m vanndybde.

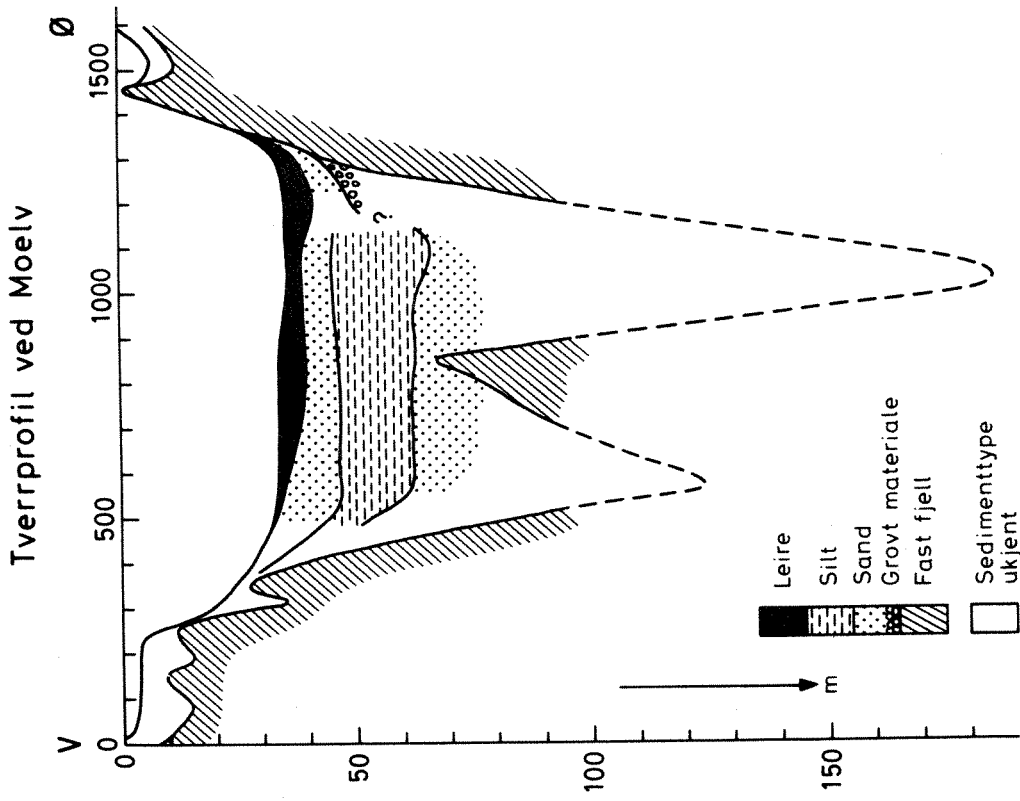
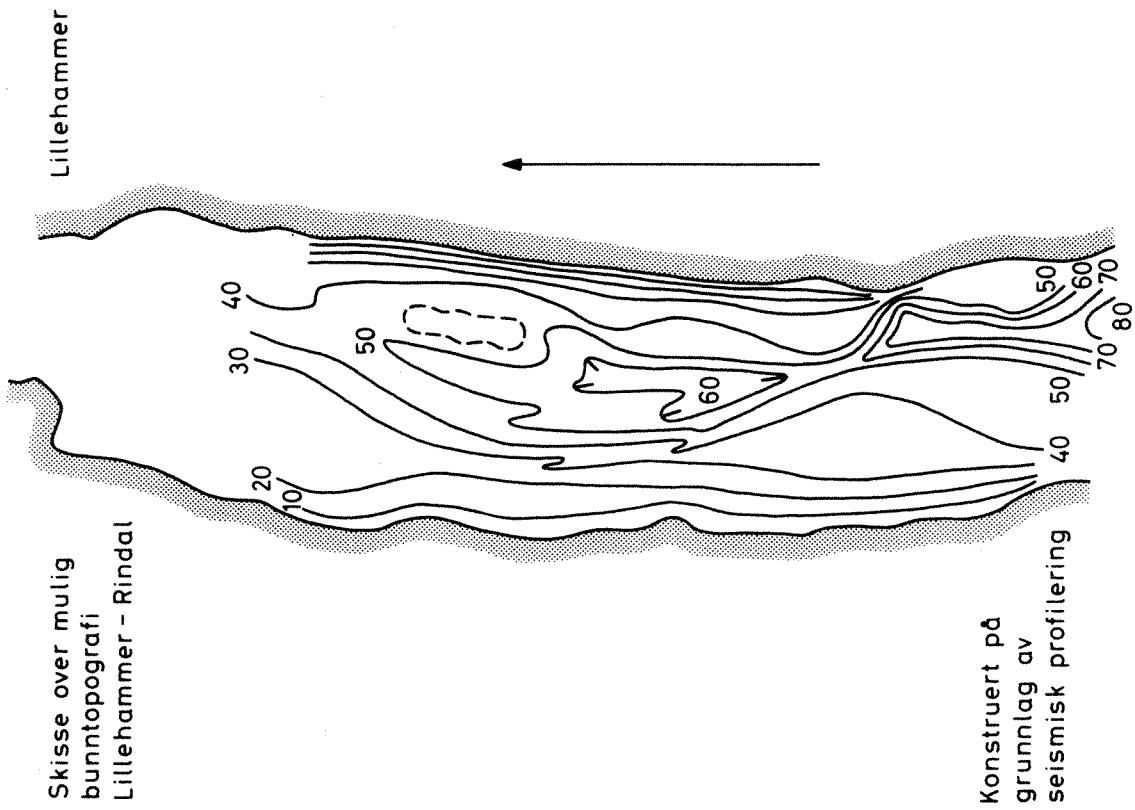


Fig. 21. Skisse over bunntopografi sør for Lillehammer.

Fig. 23. Tverrsnitt av Mjøsas sedimenter vest for Moelv.

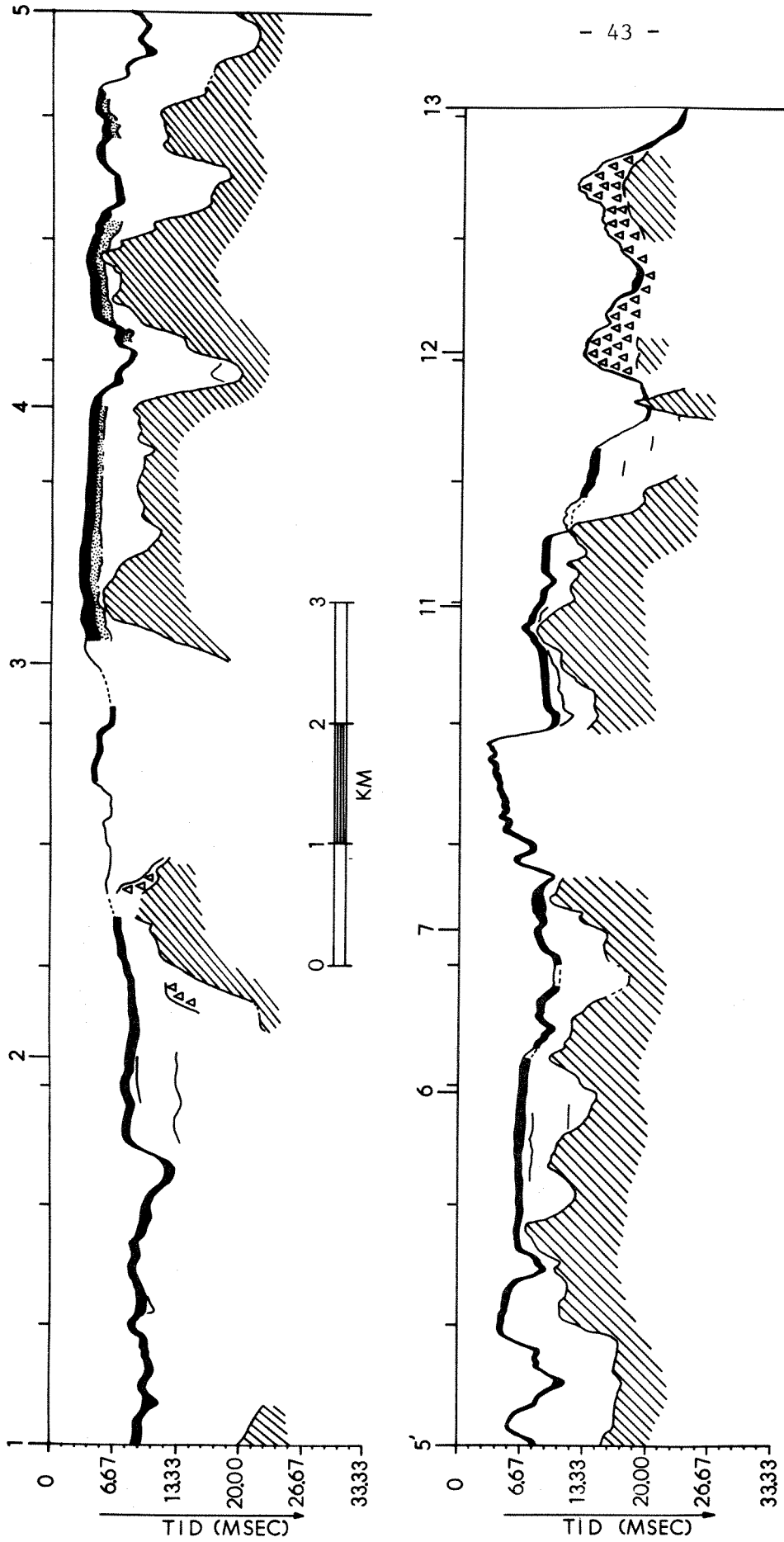


Fig. 22. Lengdeprofil Brøttum - Gjøvik angitt som lengde-tid-diagram. Tidsinndelingen tilsvarer ekvivalentlengden til 10 m vanddybde.

hvor man imidlertid har boringsdata, er ved Moelv fra den nevnte Mjøsbrundersøkelse (Senneset & Janbu, 1974). Fig. 5.1 i denne rapport (op. cit.) er sammentegnet i fig. 23. Man skal i denne figur merke seg at man ved Moelv, etter en periode med siltsedimentasjon (16-20 m tykkelse), igjen får store sandavsetninger. Kan dette skyldes brefrontens posisjon under isavsmeltingen? Toppsedimentene er 2-3 m mektige leire-silt-sedimenter.

Søndre del av profilet ga reflekser som er tolket som blokkig morenemateriale. Posisjonen kan passe med et belte av særlig blokkrikt morenemateriale på Nes (Sørensen, 1974). Et par andre steder er også reflekser tolket som morenemateriale (fig. 22).

Den seismiske profilering viser klart at de kjente israndavsetninger ved Moelv ikke er spesielle for denne delen av Mjøsa, men er heller det generelle bildet. Hele nordre del av Mjøsa har store sedimentmengder, sannsynligvis fra avsmeltningsperioden etter siste istid.

Litteraturliste

Berge, F. (1973a,b, 1974a,b) The eutrophication of Lake Mjøsa, Norway.

Delrapport nr 1-4. NIVA.

Berner, R.A. (1971) Principles of chemical sedimentology. McGraw-Hill.

Bjørlykke, A. (1973) Geologisk beskrivelse av 1:50 000 kartbladene

Gjøvik og Dokka. NGU.

Brown, G. (1961) "The X-ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals". Mineralogical Society London.

Bølviken, B. (1967) Recent geochemical prospecting in Norway. (In

"Geochemical prospecting in Fennoscandia". Interscience, New York.)

Englund, J.O. & P. Jørgensen (1975) Weathering and hydrogeology of the

Brumunddal Sandstone, Southern Norway. *Nordic Hydrology* 6:43:62.

Follestad, B.A. (1973) Løten. Beskrivelse til kvartærgeologisk kart.

N.G.U.

Follestad, B.A. (1974) Tangen. Beskrivelse til kvartærgeologisk kart.

1916II-M 1:50 000.

Förstner, U. & G. Müller (1974) Schevermetalle in Flüssen und Seen.

Springer Verlag.

Garrels, R.M. & C.L. Christ (1965) Solutions, Minerals and Equilibria.

Harper & Row.

Gibbs, R.J. (1973) Mechanisms of Trace Metal Transport in Rivers.

Science 180 April 1973:71-73.

Gjems, O. (1967) Studies of clay minerals and clay-mineral formation in

soil profiles in Scandinavia. *Medd. Det norske Skogforsøksvesen* 21

299-415.

Graff-Petersen, P. (1961) Leirmineralogien i de limniske jurasedimenter

på Bornholm. Thesis. København Universitet.

Gvein, Ø., T. Sverdrup & H. Skålvoll (1973) Hamar. Preliminært

berggrunnskart 1:250 000. NGU.

- Helgeson, H.C. (1971) Kinetics of mass transfer among silicates and aqueous solutions. *Geochim. Cosmochim. Acta* 35:421-469.
- Helgeson, H.C., T.H. Brown & R.H. Leeper (1973) "Handbook of Theoretical Activity Diagrams." Freeman, Cooper & Company.
- Huitfeldt-Kaas, H. (1906) Dybdekart over Mjøsa.
- Jørgensen, P. (1967) Mineralogical composition and weathering of some late Pleistocene marine clays from the Kongsvinger area, southern Norway. *Geol. Fören. Förhandl.* 87:62-83.
- Korshinskij, D. (1959) *Physiochemical Basis for the Analysis of the Paragenesis of Minerals.* Consultants Bureau, New York.
- Kuenen, Ph.H. (1951) "Mechanics of varve formation and the action of turbidity currents". *Geol. Fören. Förhandl.* 73:69-84.
- Millot, G. (1970) *Geology of clays.* Springer Verlag.
- Müller, G. (1966) "Die Sedimentbildung im Bodensee." *Naturwissenschaften* 53/10:237-247.
- Müller, G. & R.A. Gees (1970) "Distribution and thickness of quaternary sediments in the Lake Constance basin." *Sedimentary Geology* 4:81-87.
- Norrman, J.O. & L.-K. Königsson (1972) "The sediment distribution in Lake Vättern and some analyses of cores from its southern basin." *Geol. Fören. Förhandlingar* 94:489-513.
- NOTEBY (1974) Rapport om Mjøsbro Moelv-Biri.
- Parrish, W. (1958) *Advances in X-ray diffractometry of clay minerals.* 7th. Natl. Conf. on Clays and Clay Min.:230-259.
- Rosenqvist, I.Th. (1970) Formation of vivianite in holocene clay sediments. *Lithos* 3:327-334.
- Senneset, K. & N. Janbu (1974) "Grunnforhold og fundamenteringsforhold for bro over Mjøsa mellom Moelv og Biri." Inst. for geoteknikk og fundamenteringslære, NTH.

Sturm, M. & A. Matler (1972) "Sedimente und Sedimentationsvorgänge im Thunersee." *Eclogae Geologicae Helvetiae* 65:563-590.

Sørensen, R. (1974) Personlig meddelelse.

Vernet, J.-P. & R.L. Thomas (1972a) The Occurrence and Distribution of Mercury in the Sediments of the Petit Lake. *Eclogae Geol. Helvetiae* 65:307-316.

- (1972b) Levels of Mercury in the Sediments of some Swiss Lakes Including Lake Geneva and the Rhone River. *Eclogae Geol. Helvet.* 65:293-306.

Weyl, P.K. (1961) The carbonate saturometer. *J. Geology* 69:32-44.

Kornfordelingsdata fra 74 overflateprøver:

PRØVE	SAND	SILT	LEIRE
M1/3	5.4	86.7	7.9
M3/3	96.8	2.1	1.1
M4/3	98.1	1.9	0.1
M5/3	85.0	14.0	1.0
M6/3	95.4	4.2	1.2
M7/3	4.0	83.6	12.4
M8/2	1.2	92.8	6.0
M9/3	0.6	87.6	12.8
M10/3	1.2	79.3	19.5
M12/2	2.0	35.5	62.5
M14/3	2.1	78.2	19.7
M21/1	0.6	65.6	33.8
M22/1	7.2	81.8	11.0
M23/1	9.6	63.8	26.6
M24/1	30.3	56.1	13.6
M25/1	5.9	56.6	37.5
M26/1	1.3	49.3	49.4
M27/1	10.6	58.4	31.0
M28/1	72.9	20.9	6.2
M29/1	4.0	80.9	15.1
M30/1	32.9	50.9	16.2
M30/1	32.9	50.9	16.2
M31/1	28.6	63.0	8.4
M32/1	0.6	52.1	47.3
M33/2	2.9	43.2	53.9
M34/2	1.2	46.7	52.1
M35/2	0	14.0	86.0
M36/1	13.3	30.3	56.4
M37/1	0.3	40.5	59.2
M38/1	26.1	45.5	28.4
M39/1	2.5	40.0	57.5
M40/1	32.3	50.8	16.9
M41/2P	0	36.7	63.3
M42/1	5.1	29.0	65.9
M42	1.7	21.0	77.3
M43/1	4.4	49.9	45.7
M44/3	14.1	71.2	14.7
M45/2P	1.4	67.1	31.5
M46/3P	0.1	36.2	63.7
M47/4P	1.0	45.3	53.7
M48/1	31.8	35.1	33.1
M49/1	32.6	36.0	31.4
M50/1	5.8	46.5	47.7
M51/1	2.0	82.9	15.1
M52/1	0.7	66.2	33.1
M53/1	10.6	58.7	30.7
M55/1	7.3	31.5	21.2
M56/1	1.4	79.1	19.5
M57/1	0.7	59.9	39.4
M58/1	5.2	52.8	42.0
M59/2	0.2	65.3	34.5

PRØVE	SAND	SILT	LEIRE
M60/1	30.2	49.7	20.1
M61/2	0.1	53.9	46.0
M63/1	44.1	38.4	17.5
M64/1	85.3	10.5	4.2
M65/1	32.1	46.3	21.6
M66/1	2.3	66.8	30.9
M67/1	6.8	67.3	25.9
M69/1	19.8	54.0	26.2
M70/1	89.9	7.4	2.7
M71/1	0.8	61.2	38.6
M72B/1	95.7	3.4	0.9
M73/1	34.1	39.5	26.4
M74/1	0.5	46.0	53.5
M76/2	26.7	36.6	36.7
M77/1	4.6	54.9	40.5
M80/1	0.9	62.2	36.9
M81/1	1.4	46.4	52.2
M82/1	12.9	46.9	40.2
M82B/1	21.1	57.2	21.7
M83/1	32.6	57.4	10.0
M85/1	71.0	21.4	7.6
M86A/1	3.0	63.9	33.1
M86B/1	30.6	34.5	34.9

Prosedyre for absorberte tungmetaller

Absorberte tungmetaller bestemmes på fraksjonen $< 180 \mu$. Ionebytteren er i kornstørrelsen rundt 500μ . Det må tas de nødvendige forhåndsregler for sporelementanalyse, slik at alt utstyr vaskes med syre og bidestillert vann flere ganger (se egen prosedyre). Reagenser som brukes i større mengder må være av suprapur kvalitet.

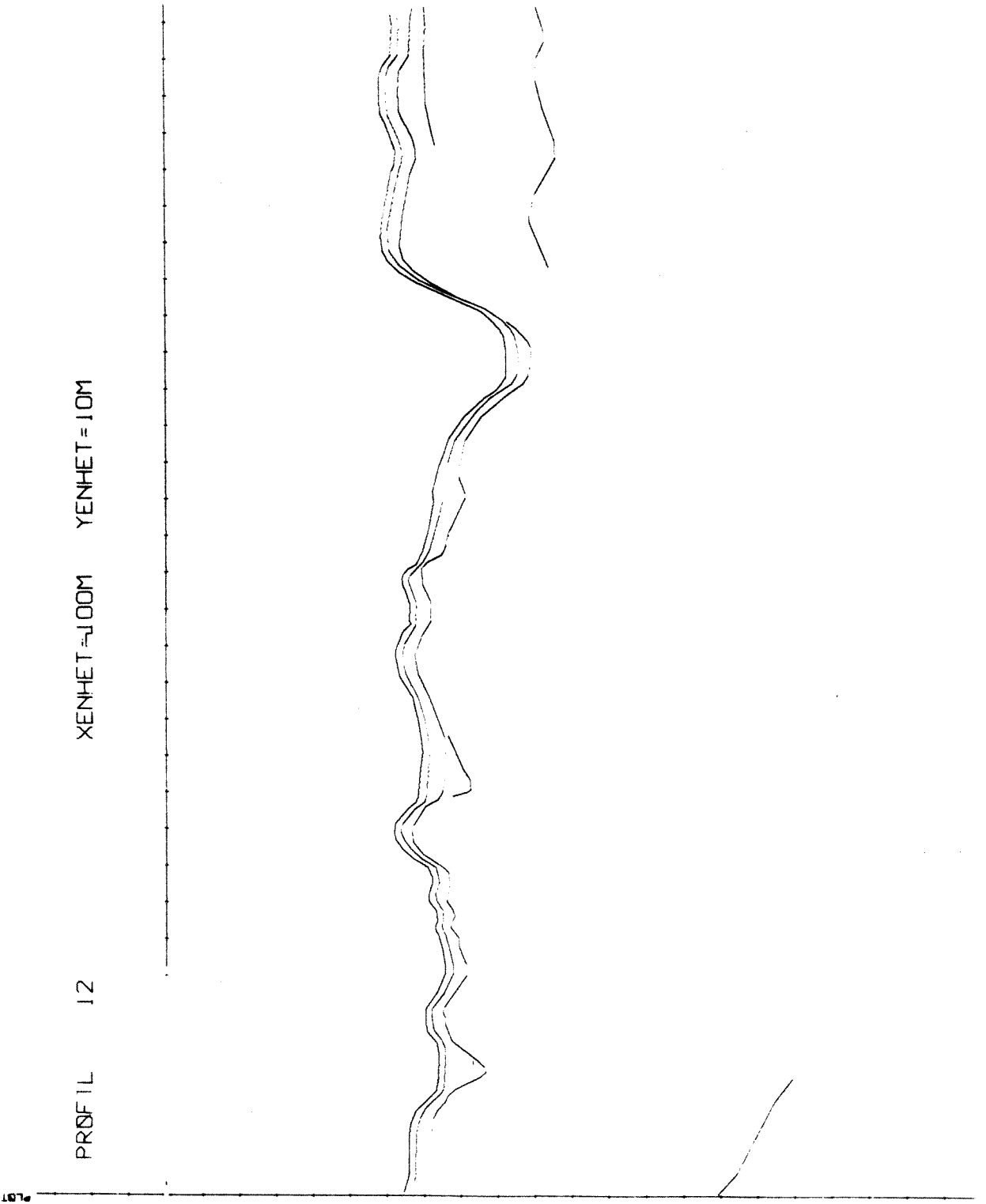
Ionebytteren "Amberlite IR 120" foreligger i Na-formen.

- Fraksjonen $< 180 \mu$ tas ut med egen sikt av aluminium med nylonduk. For leire/silt sedimenter, bruk ca. 1 tsj. masse.
- Denne fraksjonen blandes med ionebytter. 1 skje er tilstrekkelig mengde.
- Bruk en likevektstid på 1 time med omrøring et par ganger.
- Ionebytter og sediment adskilles ved gjentatte dekanteringer. Sedimentdelen settes til side for tørking, veiing og eventuell videre analyse.
- Ionebyttermassen overføres i kolonne, hvor den elueres med 2 x 50 ml 1N HCl.

Ta to parallelle prøver av hver prøve. Ta også 100 ml 1N HCl som blank prøve.

Appendiks 3

A. Lengdeprofil Brøttum - Moelv

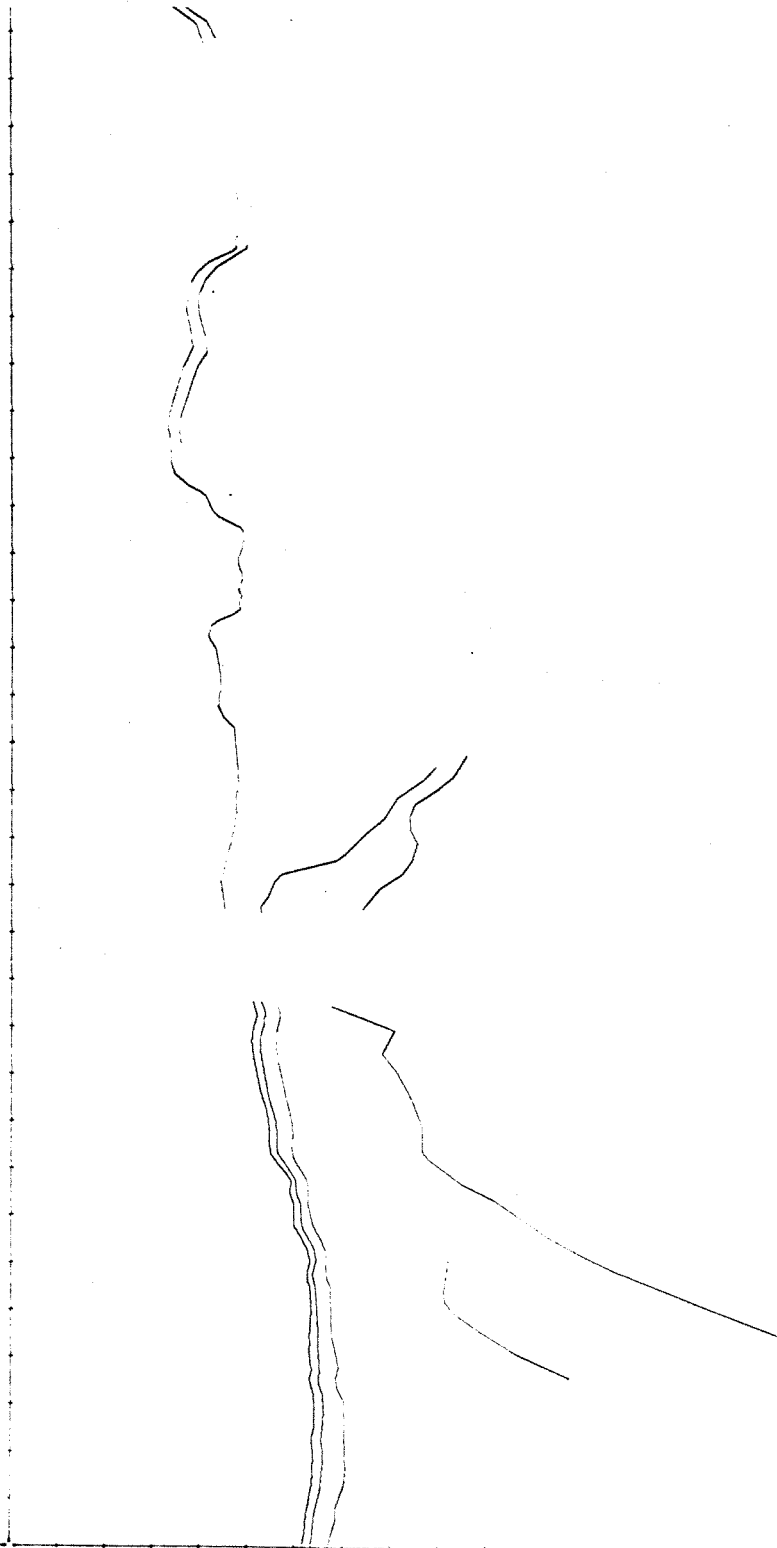


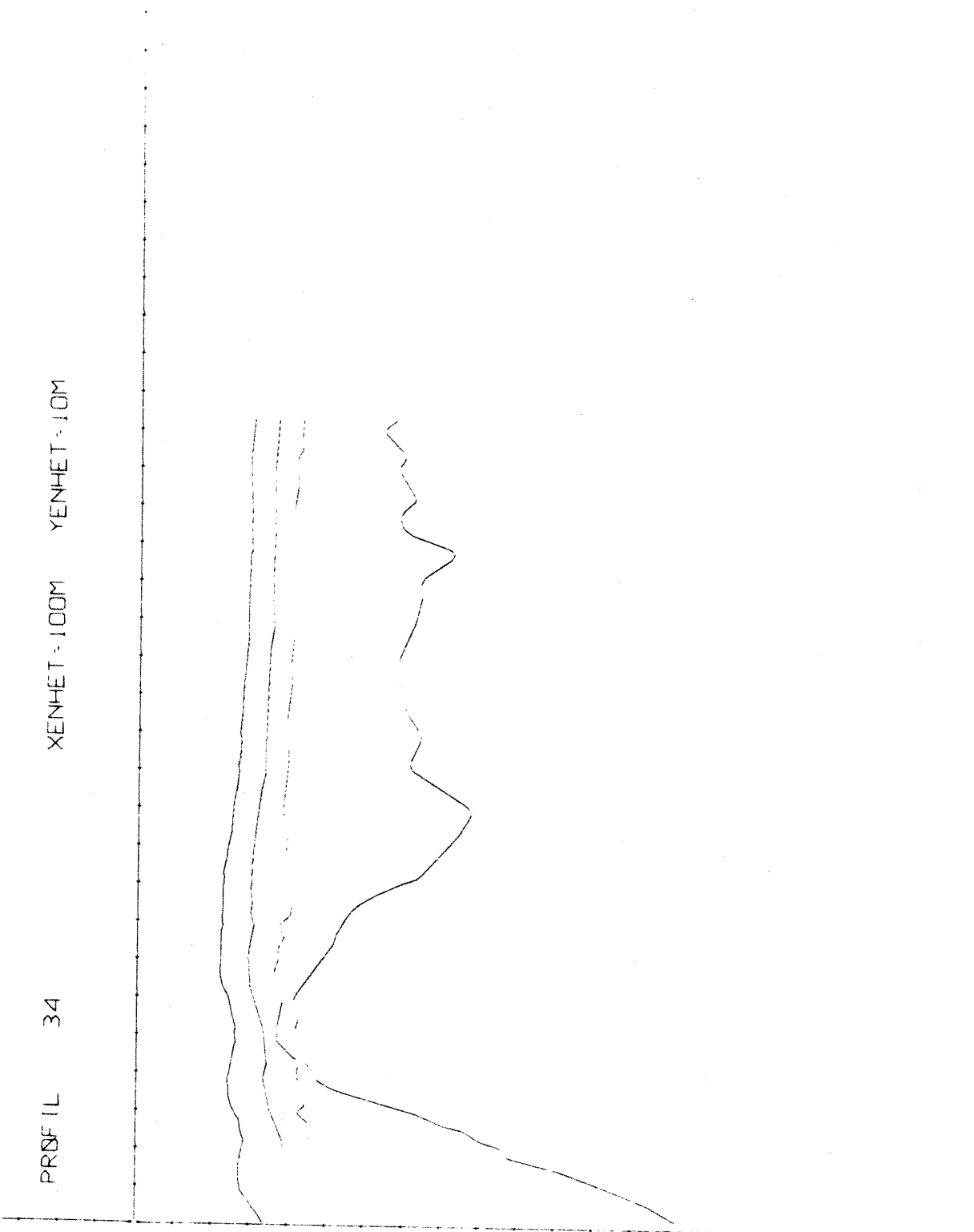
YENHET = 10M

XENHET = 100M

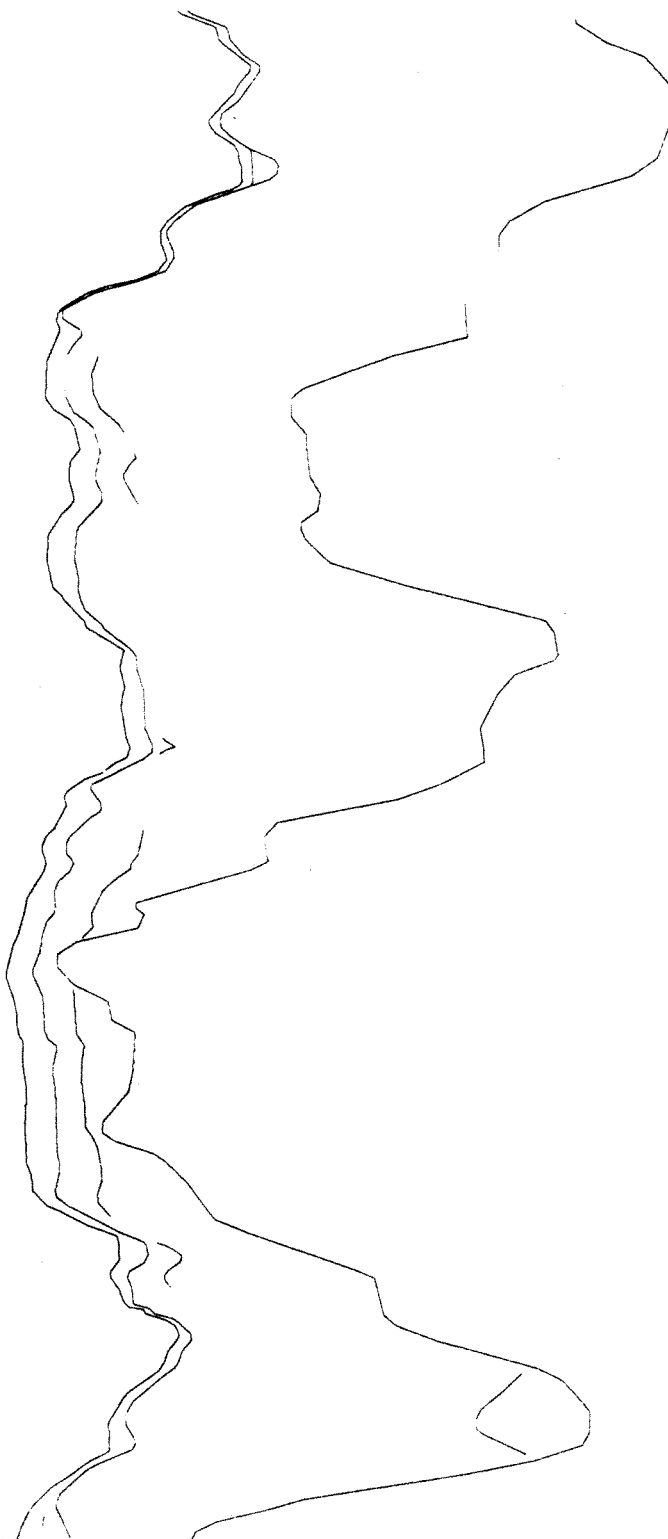
23

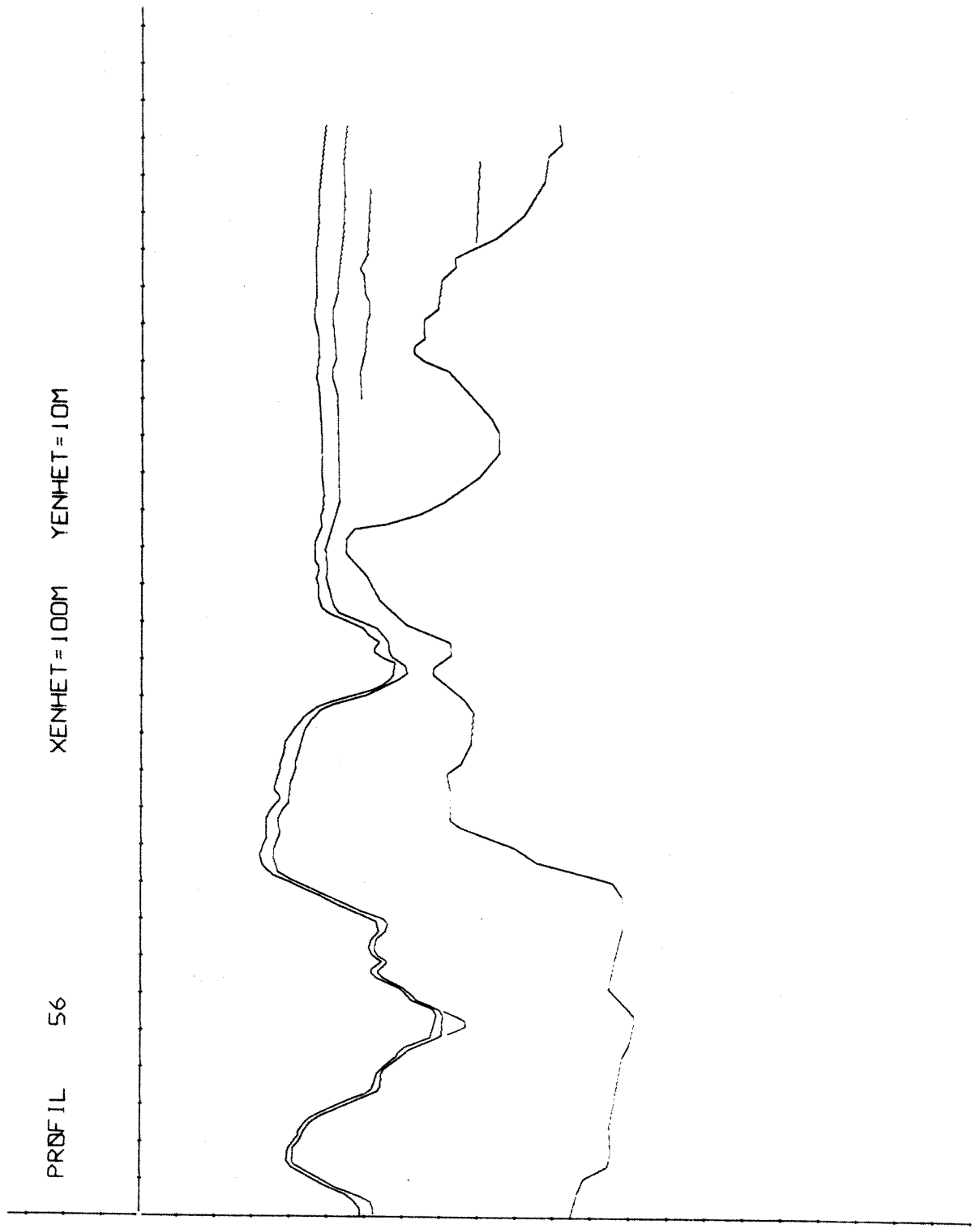
PROFIL





PRSF IL 45 XENHET - 100M YENHET - 10M





YENHET = 10M

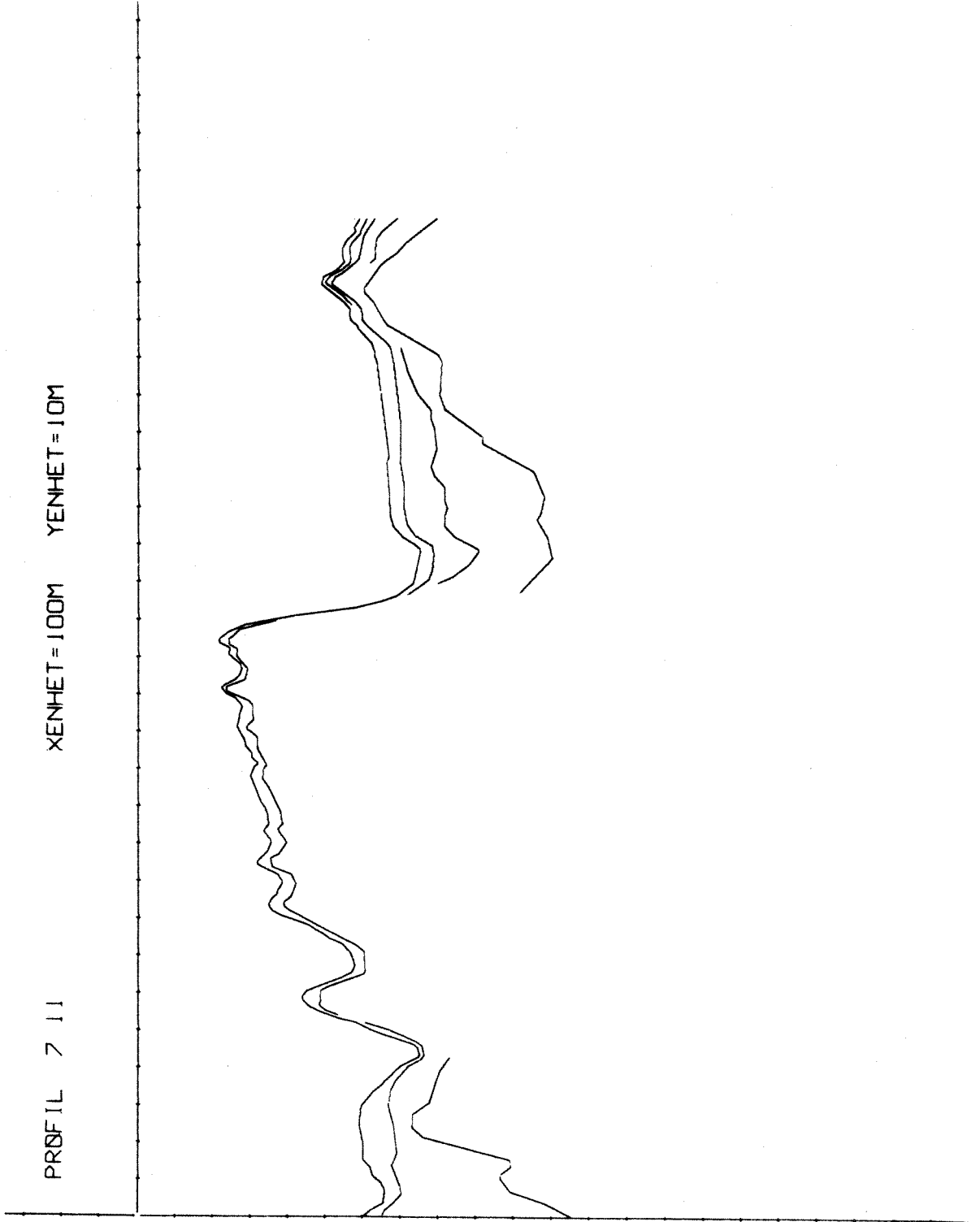
XENHET = 100M

67

PROFIL



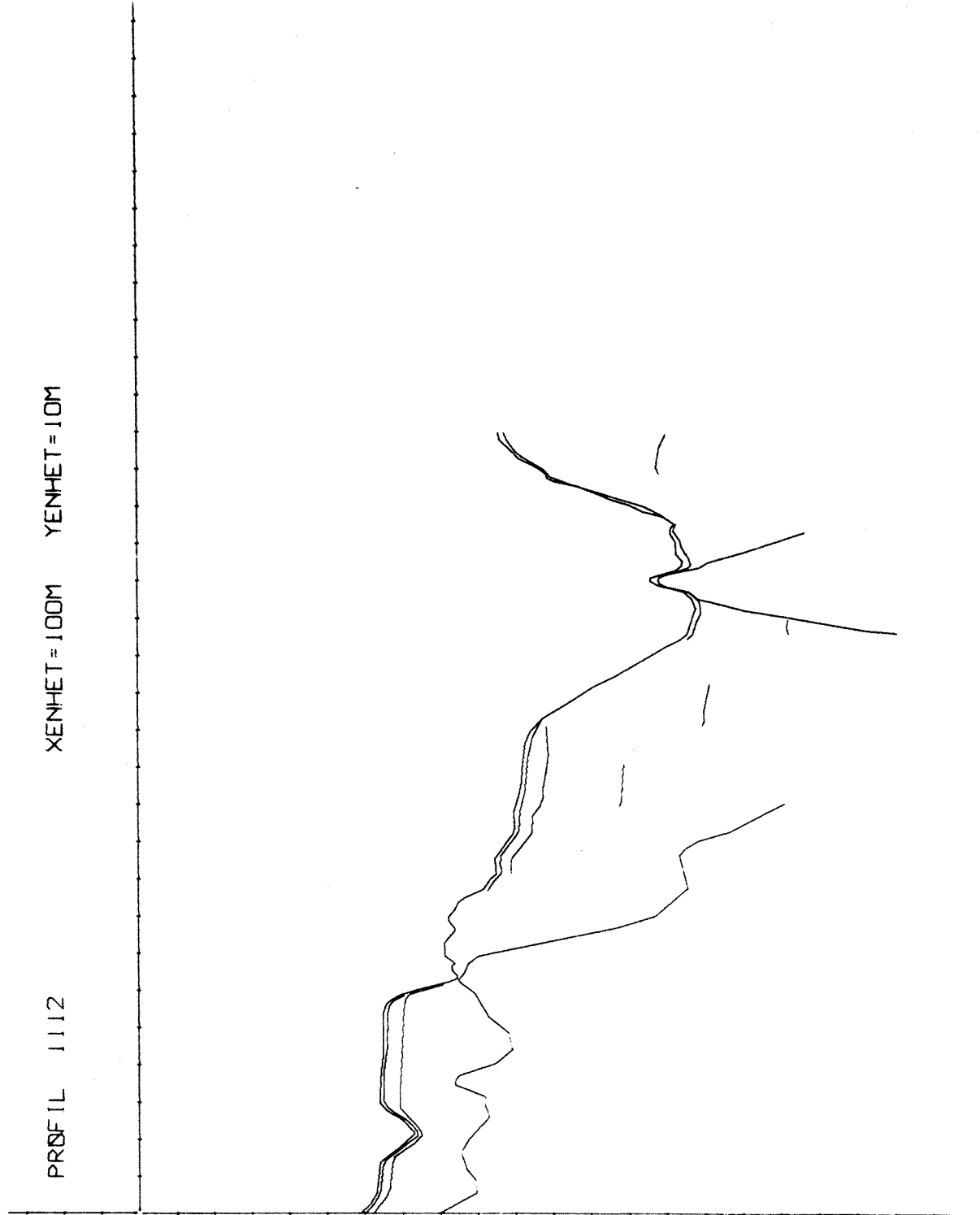
PROFIL 7 11 XENHET = 100M YENHET = 10M

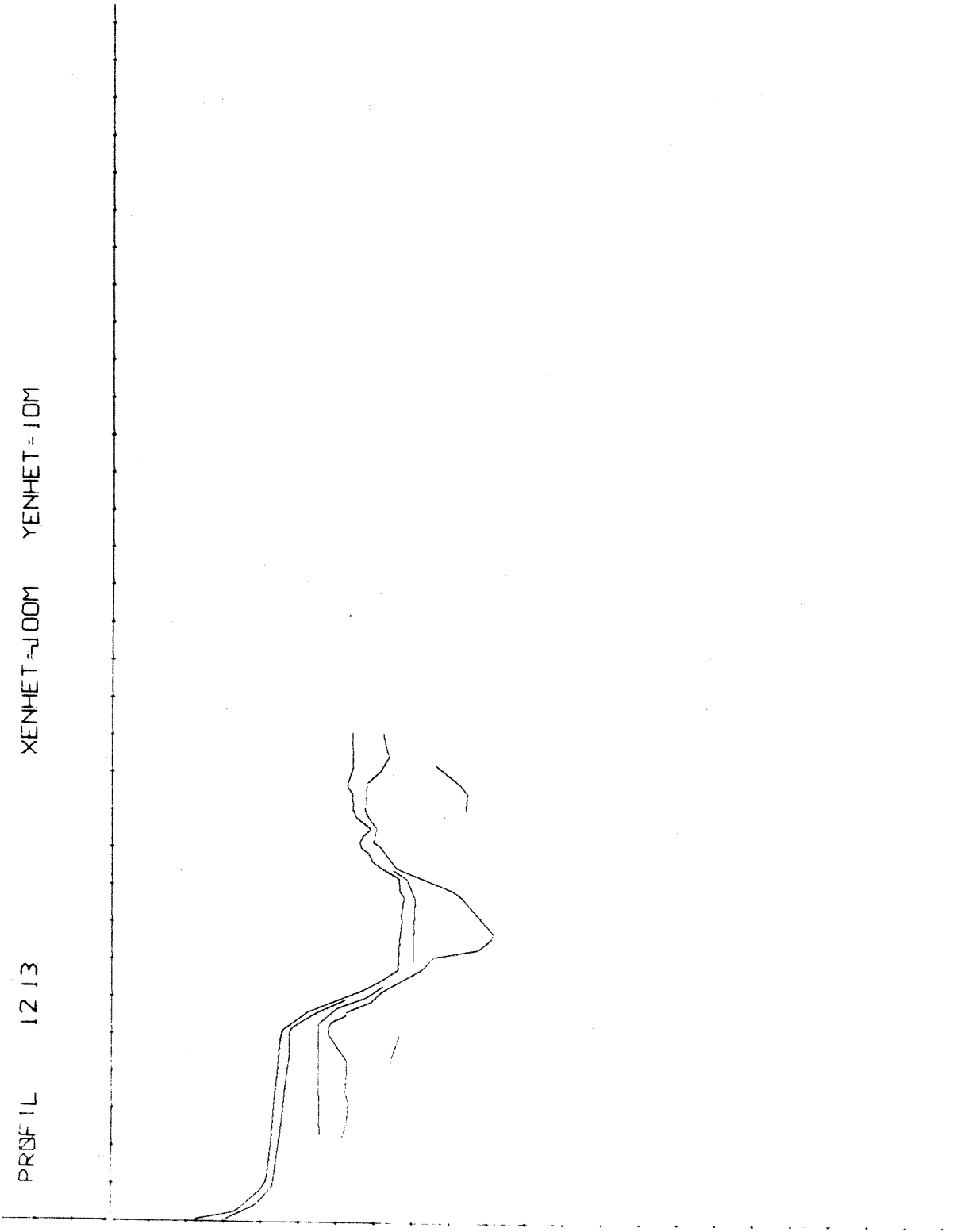


YENHET = 10M

XENHET = 100M

PROFIL 1112





Appendiks 3

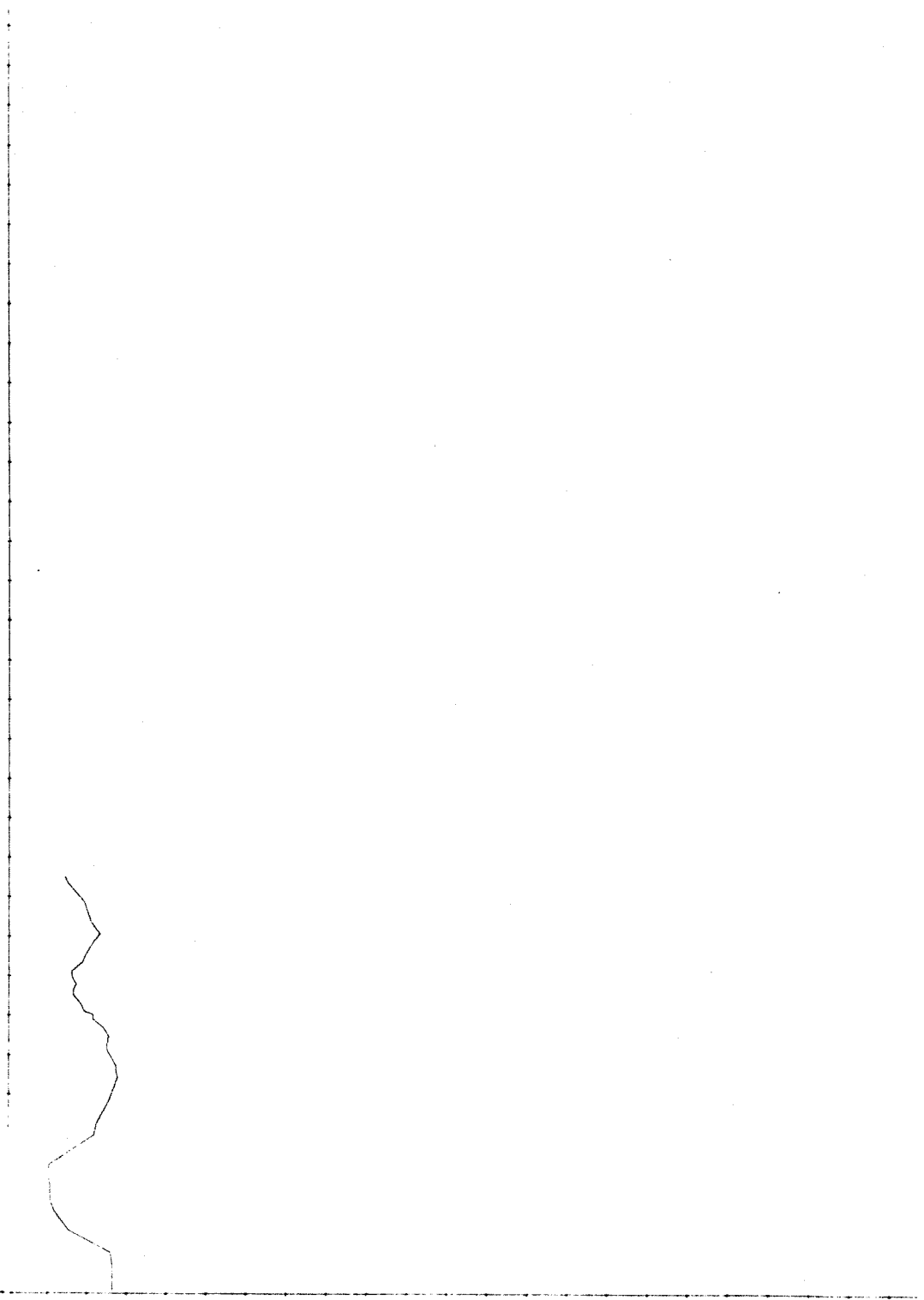
B. Seismisk profilering Lillehammer - Rinndal

YENHET: 10M

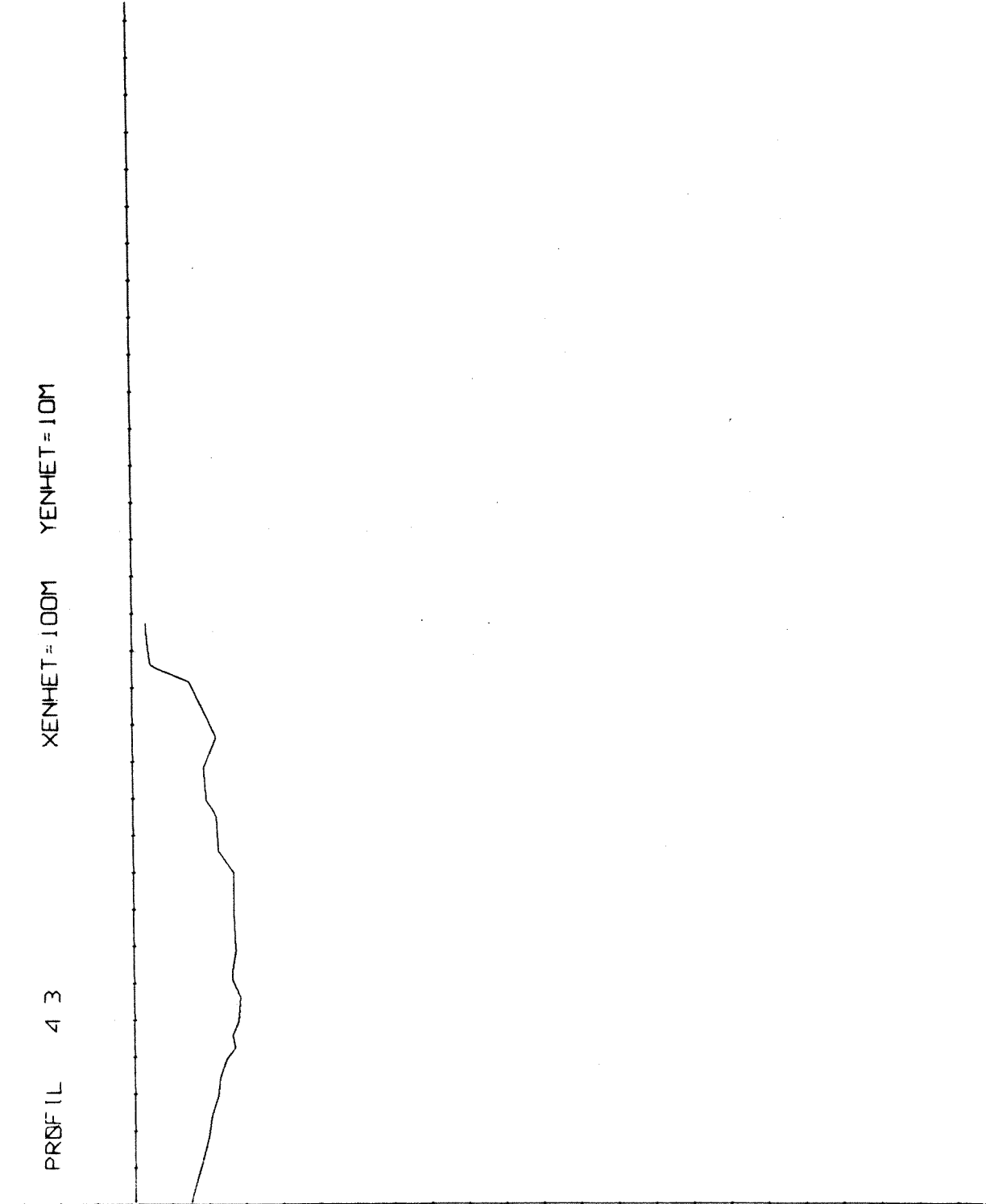
XENHET: 100M

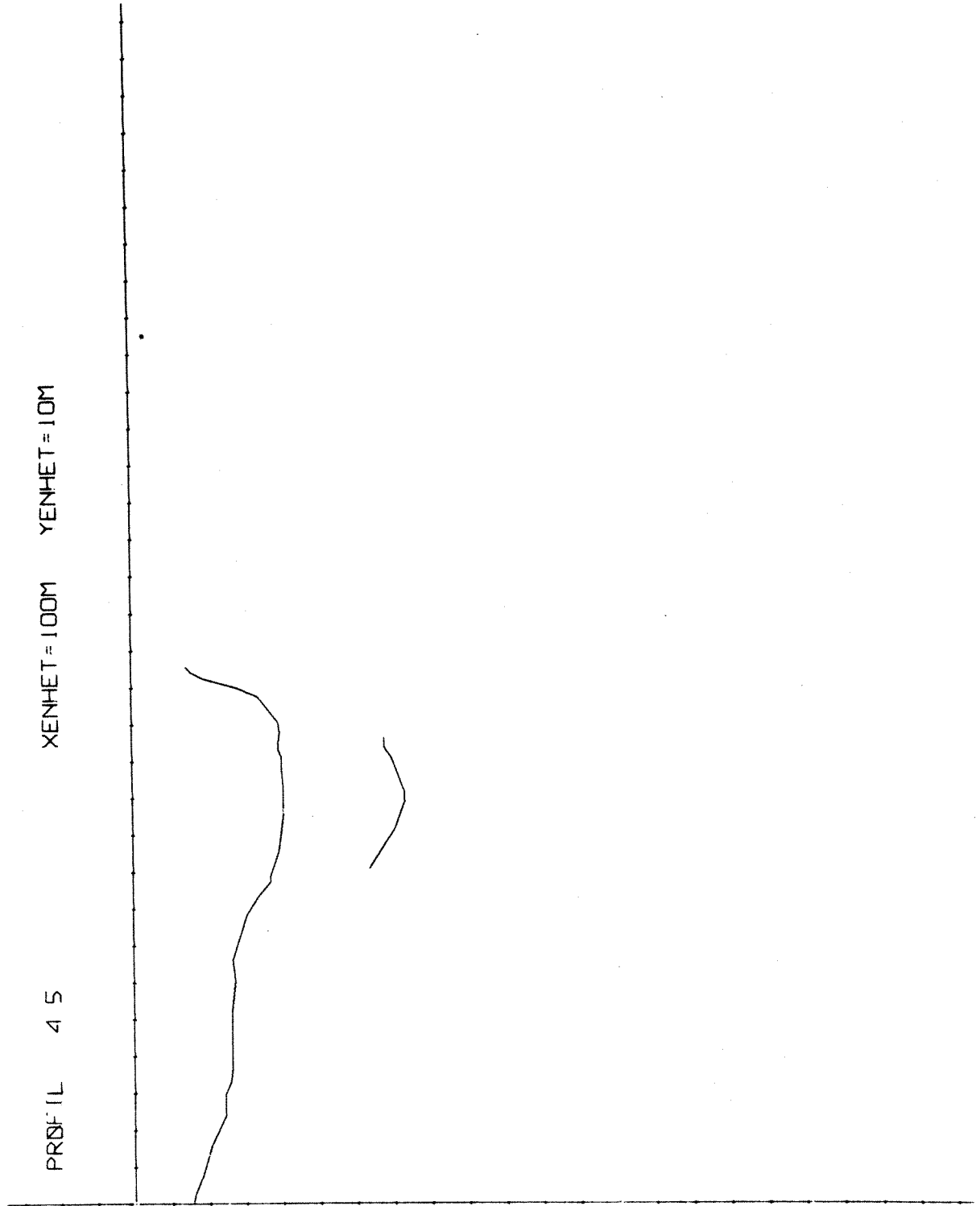
1 2

PROFIL

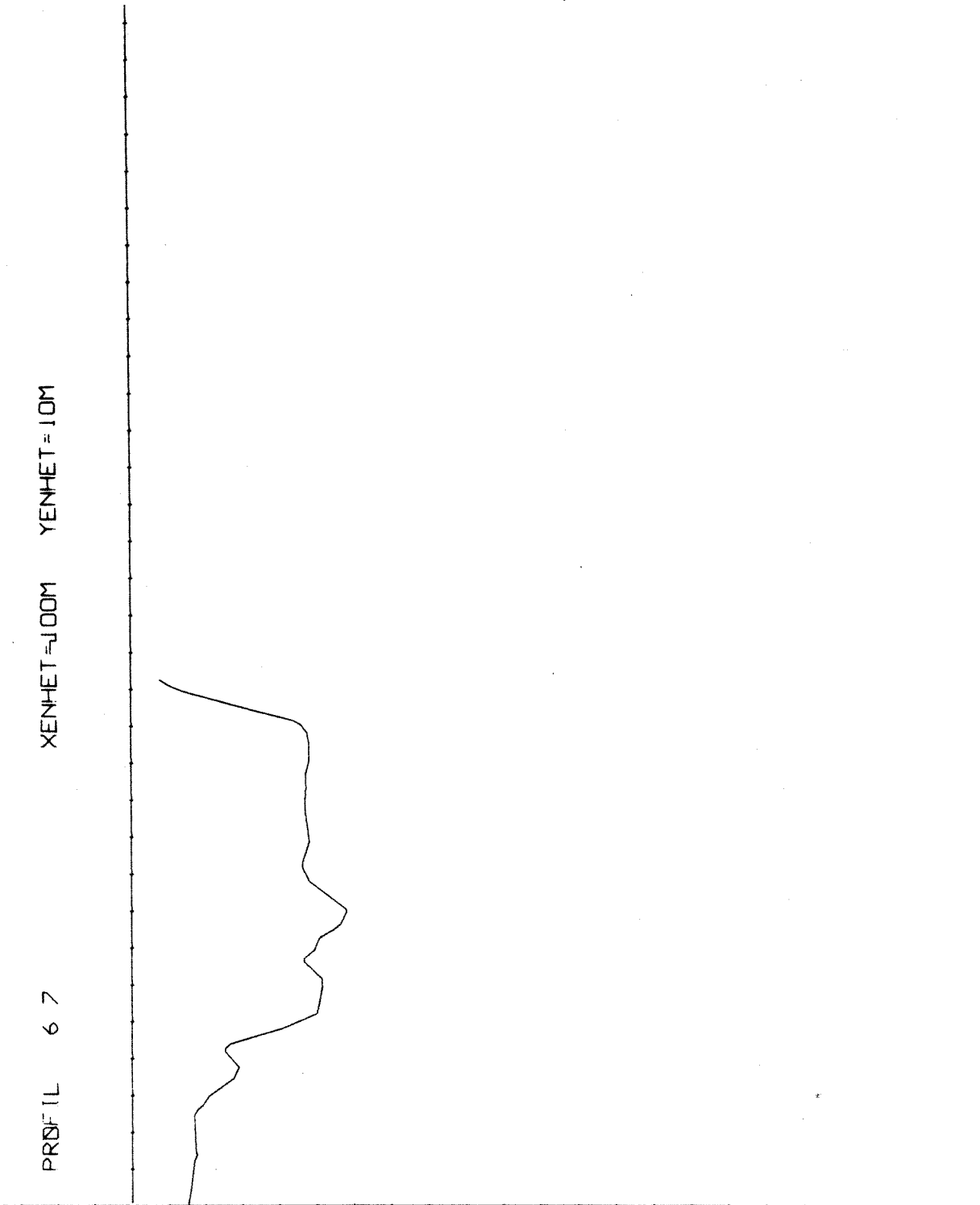


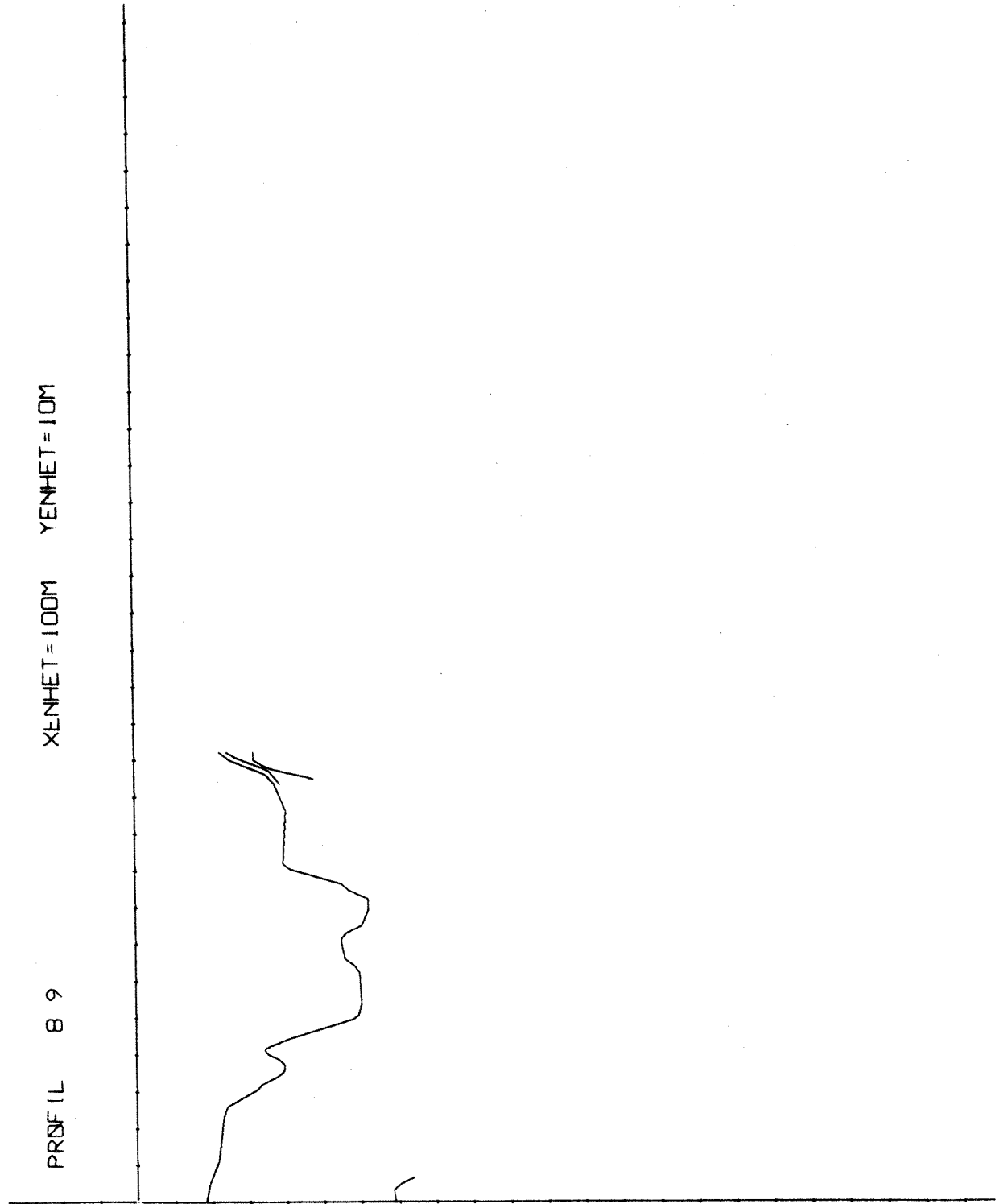
PROFIL 43 XENHET = 100M YENHET = 10M

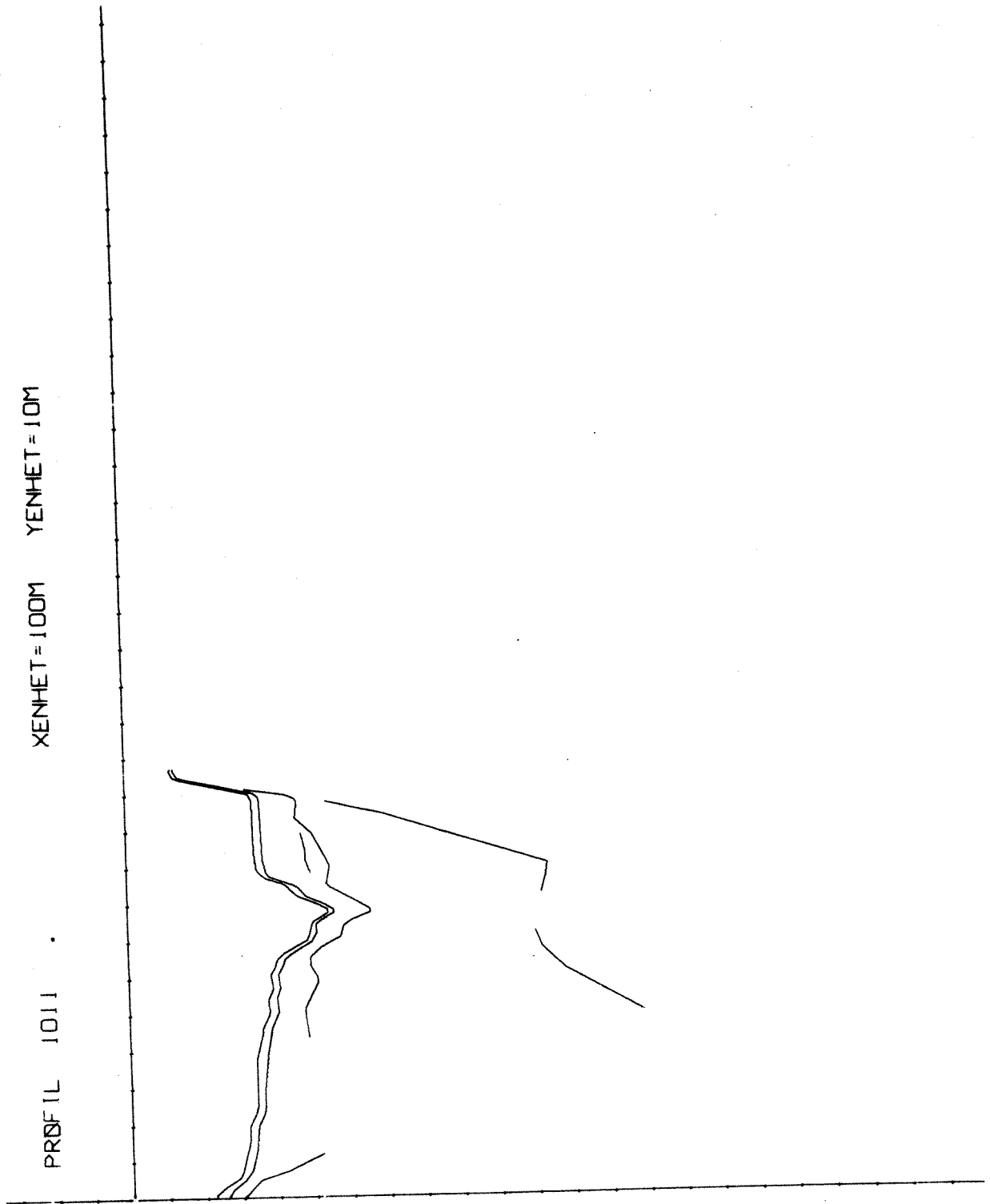


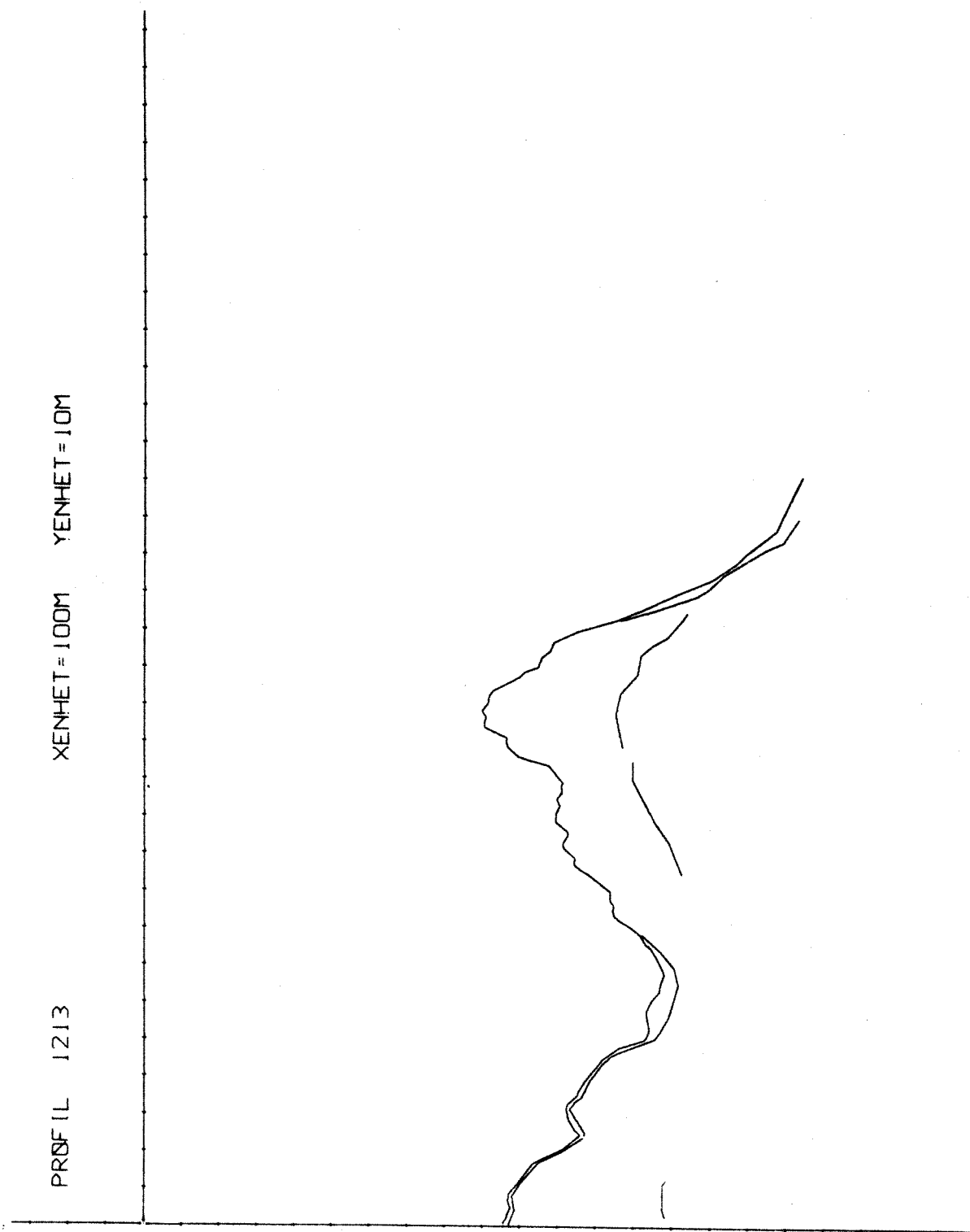


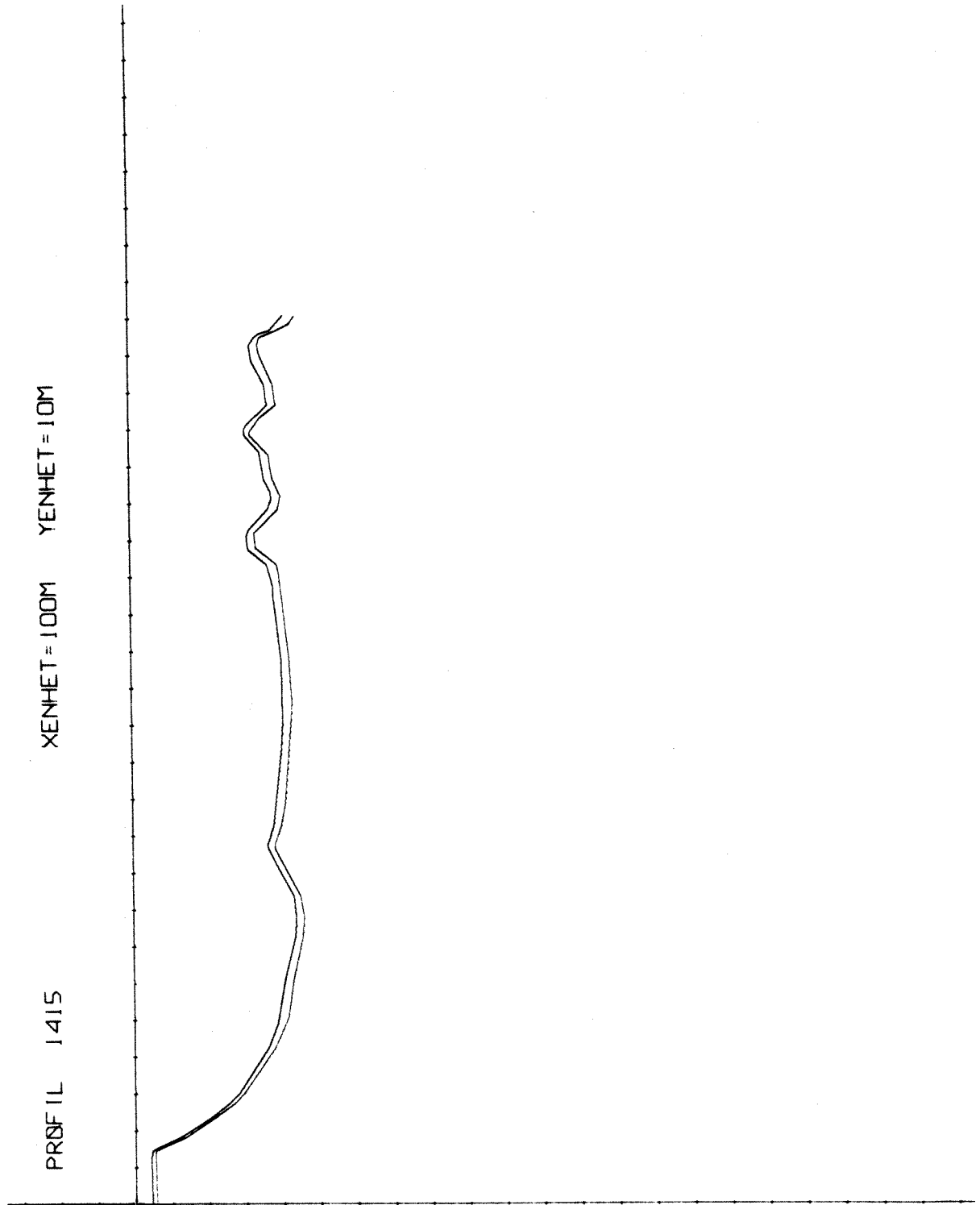
PRDFIL 6 7 XENHET=J00M YENHET=J0M

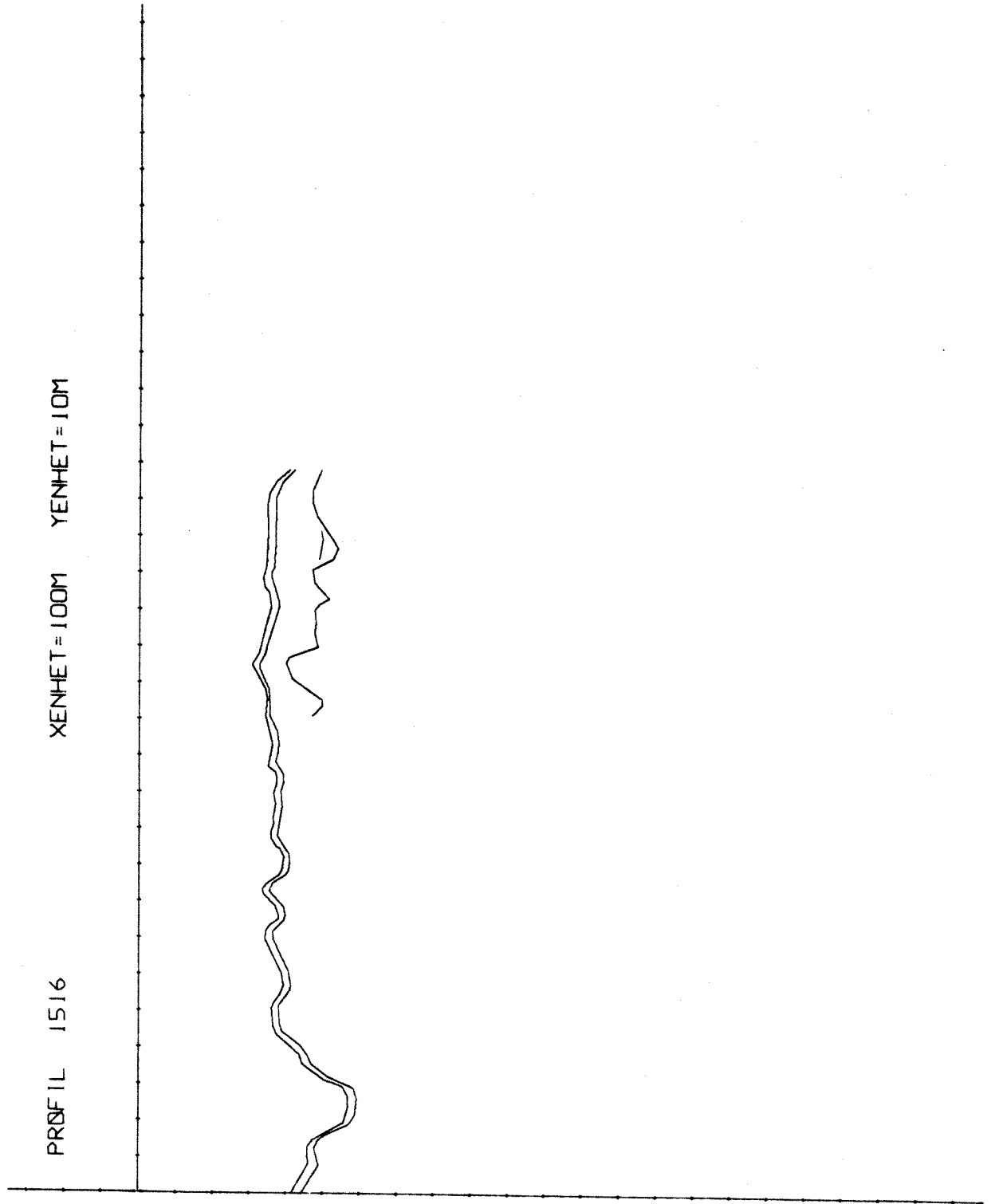




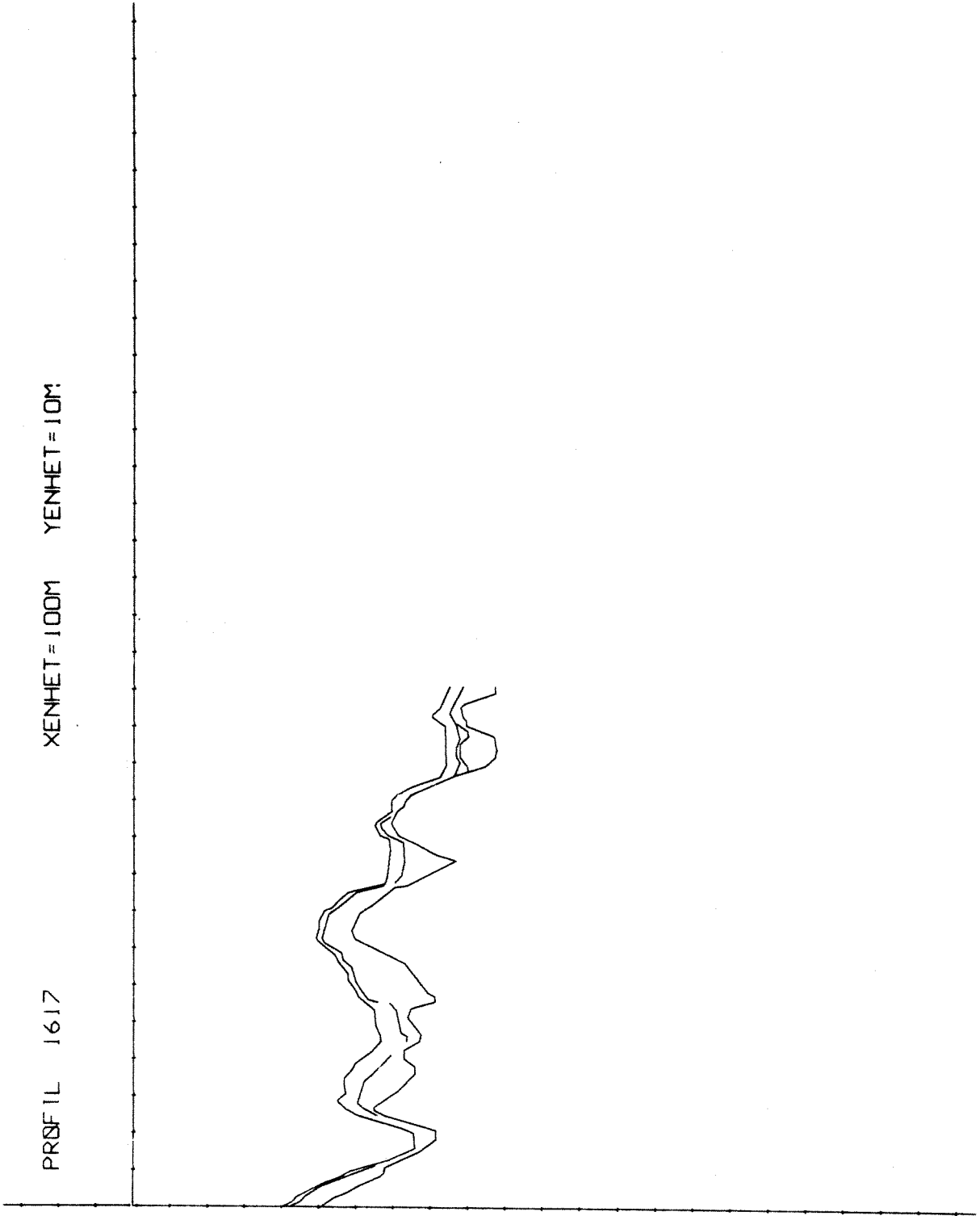


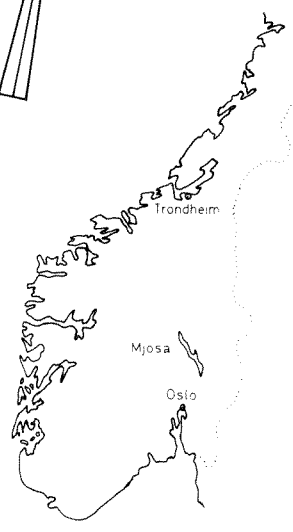
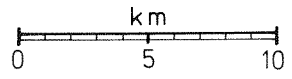






PROFIL 1617 XENHET = 100M YENHET = 10M





TEGNFORKLARING

OSLOFELTETS MAGMATISKE BERGARTER (Perm)

- Biotittgranitt
- Ekeritt
- Nordmarkitt
- Kjelsåsitt
- Mænaitt og camptonitt
- Rombeoporfyrr

OSLOFELTETS SEDIMENTÆRE BERGARTER

- Brumundalsandstein (Permisk eller yngre)
- Kalk og skifre (Silur)
- Mjøskalk (Ordovicium)
- Orthocerkalk og skifre (Ord)
- Sandstein, kalk og skifre (Kambr)

EOKAMBRISKE OG SENPREKAMBRISKE BERGARTER

- Vangsåsformasjonen (sandsteiner)
- Ekreskifer og Moelvtillitt
- Ringformasjonen (arkoser)
- Biriformasjonen (skifer og kalk)
- Biskopåskonglomeratet
- Brøttumformasjonen (gråvakker)

GRUNNFJELLSBERGARTER KONGSVINGERGRUPPEN (Gotisk)

- Rhyolitt
- Grønnstein, grønskifer
- Vekslende suprakrustalbergarter

SOLØRGNEISENE (Pregotiske)

- Grå biotitt, kvarts, plagioklas gneis
- Röd, fin til middelskornig granittisk gneis
- Röd, middels til grovkornig granittisk gneis
- Röd, middels til grovkornig öyegneis

MAGNORGNEISENE (Pregotiske)

- Grå, hornblendeförende kvarts-plagioklasgneis

RAUFOSSGNEISENE (ukjent Prek. alder)

- Migmatitt
- Granittisk gneis
- Diorittisk gneis

Udifferensierte Prek. gneiser

- Amfibolitt
- Granitt
- Kvartsdioritt
- Hornblenditt
- Hyperitt og gabbro

- Bergartsgrense
- Forkastning
- Skyvegrense