

NTNF Prosjekt 0801.3937 -
Logging av geoparametre i vann

NGU Rapport nr. 1393/A

Måling av selvpotensial i felt og pH, spesifikk
ledningsevne og væskepotensial i jordprøver

Hersjøfeltet, Hessdalen, Ålen

September 1975

NGU Rapport nr. 1393/A

NTNF Prosjekt 0801.3937 - Logging av geoparametre i vann

Målinger av selvpotensialer i felt og pH, spesifikk ledningsevne
og væskepotensial i jordprøver.

Hersjøfeltet, Hessdalen, Ålen.

Saksbearbeider: Halfdan Hovdan

Målinger utført: 1/9 - 12/9 og 22/9 - 26/9 1975

av Halfdan Hovdan og Jørgen Ekremsæter.

Norges geologiske undersøkelse
Kjemisk avdeling
Postboks 3006
7001 Trondheim
Tlf.: (075) 20166

*Norges geologiske undersøkelse
Biblioteket*

INNHALDSFORTEGNELSE

1. SAMMENDRAG	s. 1
2. INNLEDNING	s. 1
3. FREMGANGSMÅTE	s. 2
3.1 Målinger i felten	s. 2
3.2 Målinger i laboratoriet	s. 2
4. RESULTATER	s. 4
5. DISKUSJON	s. 24
6. KONKLUSJON	s. 28

1. SAMMENDRAG

Rapporten er en presentasjon av foreløpige resultater og erfaringer etter feltarbeider i Hersjøfeltet i Hessdalen nær Ålen. Arbeidet ble foretatt 1) for å teste utstyr og 2) for å undersøke eventuelle korrelasjoner mellom selvpotensial (SP) målinger in situ og kjemiske parametre i jordprøver. Resultatene diskuteres kort.

2. INNLEDNING

Med bakgrunn i ufullstendige teorier og manglende forståelse av SP fenomenet er det ønskelig å foreta undersøkelser omkring malmlegemer med regulære former og homogene omgivelser slik at SP-mønsteret ikke er altfor komplisert. Hersjøfeltet ble valgt fordi det antas å være et passende område i så måte.

Programmet var opprinnelig lagt opp med sikte på å teste en ny trykkkompensert elektrodetype bestående av en Ag/AgCl celle med en KCl væskekontakt omkring et bevegelig stempel. Da det viste seg at AgCl belegget på elektroden skallet av under transporten, måtte dette arbeid utsettes, og alle målingene, bortsett fra borhullsmåling, ble foretatt med vanlig Cu/CuSO₄ elektroder med væskekontakt over en trepropp.

Ved SP-målingene på overflaten ble det i hvert målepunkt tatt en jordprøve som senere ble undersøkt i laboratoriet ved NGU. Ledningsevnen, væskepotensialet og pH av oppslemmede jordprøver ble målt og sammenlignet med SP-verdiene. Disse prøvene skal senere også analyseres for innhold av forskjellige grunnstoffer som kan ha betydning for selvpotensialene, mellom andre alkalimetaller, jordalkalier, halogener og visse tungmetaller. Disse resultatene vil bli gitt i en senere rapport. Dette gjelder også resultatet av analyser på en større jordprøve som ble tatt i det punkt som hadde minimum selvpotensial-verdi for å undersøke selvpotensialets effekt på sekundære utfellinger av metaller.

3. FREMGANGSMÅTE

3.1 Målinger i felten.

I denne omgang var det området omkring hovedforekomsten i Hersjøfeltet (A forekomsten) som ble undersøkt. Dette området er vist på kartet i figur 3.1. De undersøkte borhullene er merket av på kartet sammen med profilene som ble fulgt under overflatemålingene og et område omkring malmens utgående som ble undersøkt i detalj.

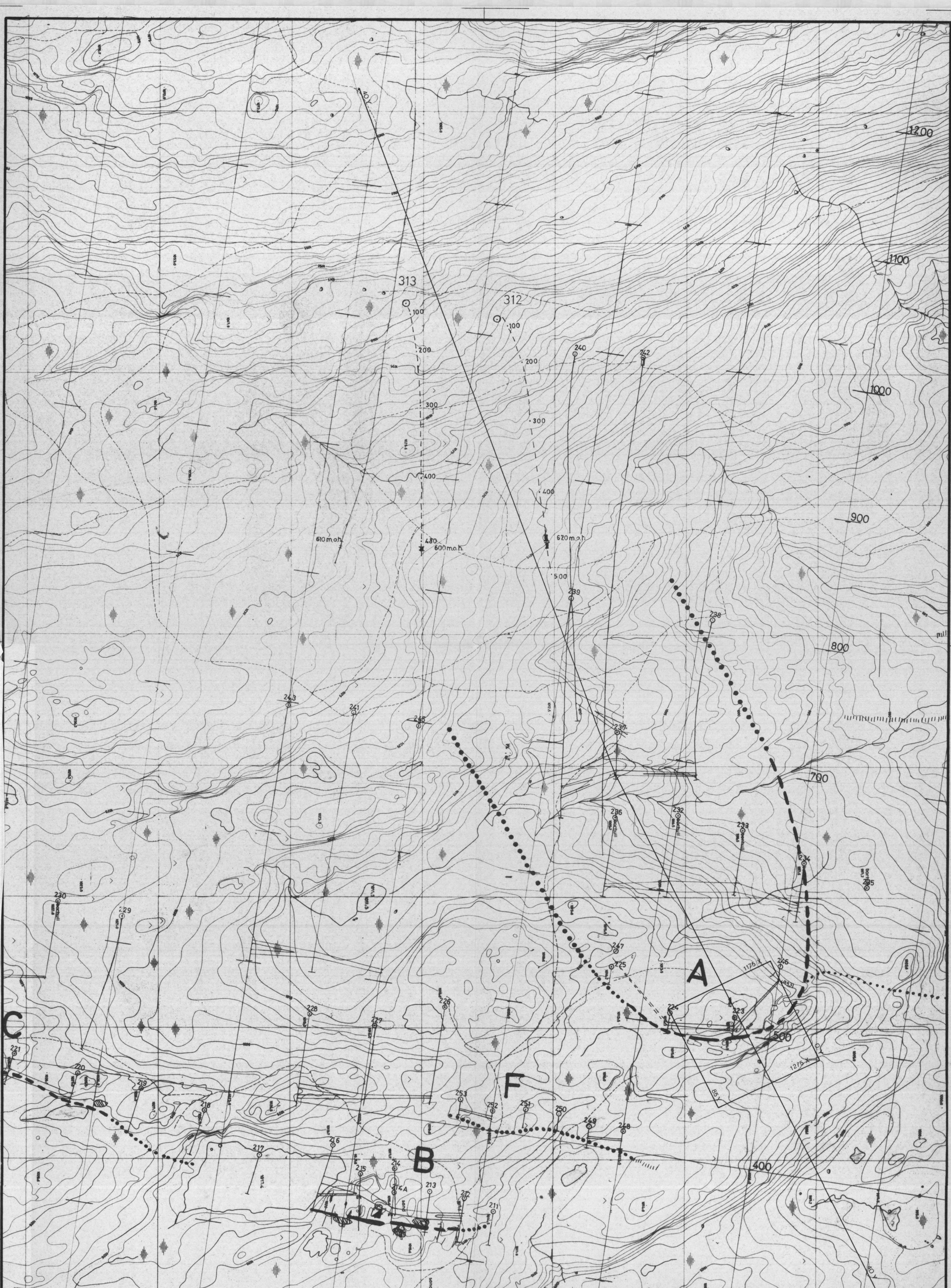
SP-målingene i borhullene ble målt mellom to Cu/CuSO_4 elektroder, og avlest på et Data Precision Corp., Tri-Phasic Digital Multimeter Modell 245, som i det aktuelle potensialområdet hadde en nøyaktighet på 0.1 mV. I borhullene ble avlesningene foretatt for hver 2.5 meter eller tettere. Resultatene fra de forskjellige borhull ble sammenknyttet ved (i alle borhull) å måle potensialet på 10 meters dyp relativt til et fast referansepunkt. Det samme referansepunkt ble også benyttet under overflatemålingene.

På overflaten ble SP målt i hull gravd ned til jordprofilets C-lag der dette var mulig (dyp ca. 30 cm). I hvert hull ble det før målingene tatt en jordprøve for senere laboratorieundersøkelse. Langs lengdeprofilet over malmen var avstanden mellom målepunktene normalt 25 m, og over utgående varierende ned til 5 m. Til SP-målingene på overflaten ble det brukt samme måleinstrument og tilsvarende elektroder som for borhullsmålingene.

3.2 Målinger i laboratoriet.

Hver jordprøve ble delt i to. Den ene halvparten skal senere analyseres etter tørking. Resten ble i fuktig tilstand siktet (600μ) og slemmet opp i forholdet 1:2.5 (10 g jord og 25 ml dest. vann). Prøvene ble rystet i 3 timer. I denne oppslemming ble det foretatt målinger i følgende rekkefølge:

- 1) Ledningsevнемåling. Disse ble gjort med en Radiometer Conductivity Meter, Type CDM2e og elektrode Radiometer CDC104. Temperaturen var 19°C .



- 2) Væskepotensialmåling. Disse ble foretatt med apparatoppsettet vist på figur 3.2. En tilfeldig valgt jordprøve ble brukt som referanse. Millivoltmeteret var det tidligere anvendte Tri-Phasic instrumentet. Sinteret mellom de to oppslemningene var av merket Pyrex med finhet nr. 4. Kalomelektroden var av typen Radiometer K401. For å skape så reproducerbare væskekontakter som mulig fikk den ene kalomelektroden stå i referanseoppslemningen natten over og under målingene. Den andre sto i destilert vann samme periode, og ble skylt med og lagret i destillert vann mellom hver måling. For å skape en definert væskekontakt mellom de to oppslemningene ble det benyttet magnetrør og en bestemt tids henstand (1 minutt) før avlesning av potensialet. Potensialene var da stabile innenfor ca. 0.5 mV.
- Referansevæsken var en oppslemming av jordprøve fra målepunkt nr. 114 (1230X, 30Y). Forholdet jord/vann var også her 1:2.5. Oppslemmingen fikk stå over natten og referanseløsningen ble deretter pipettert fra bunnfallet.

3) pH-målinger.

Målingene ble foretatt med en Radiometer PHM 62 Standard pH Meter og en kombinert elektrode Radiometer GK 2301C. pH ble avlest etter stabilisering. Glasselektroden ble skylt med destillert vann og tørket av med mykt papir mellom hver måling for å fjerne eventuelt belegg som kunne virke forstyrrende på resultatene.

4. RESULTATER

Måleresultatene er fremstilt grafisk på figurene 4.1 til 4.18 med unntak av figuren 4.11 som er et kart over topografien i området omkring malmens utgående.

Det presiseres at resultatene av SP-målingene i borhullene er gitt relativt til et punkt på bakken i nærheten av borhullet. Målingene viste at potensialene i disse referansepunkter og øvre del av borhullet kan være influert av jernrøret (jodrøret) som sto igjen i borhullene.

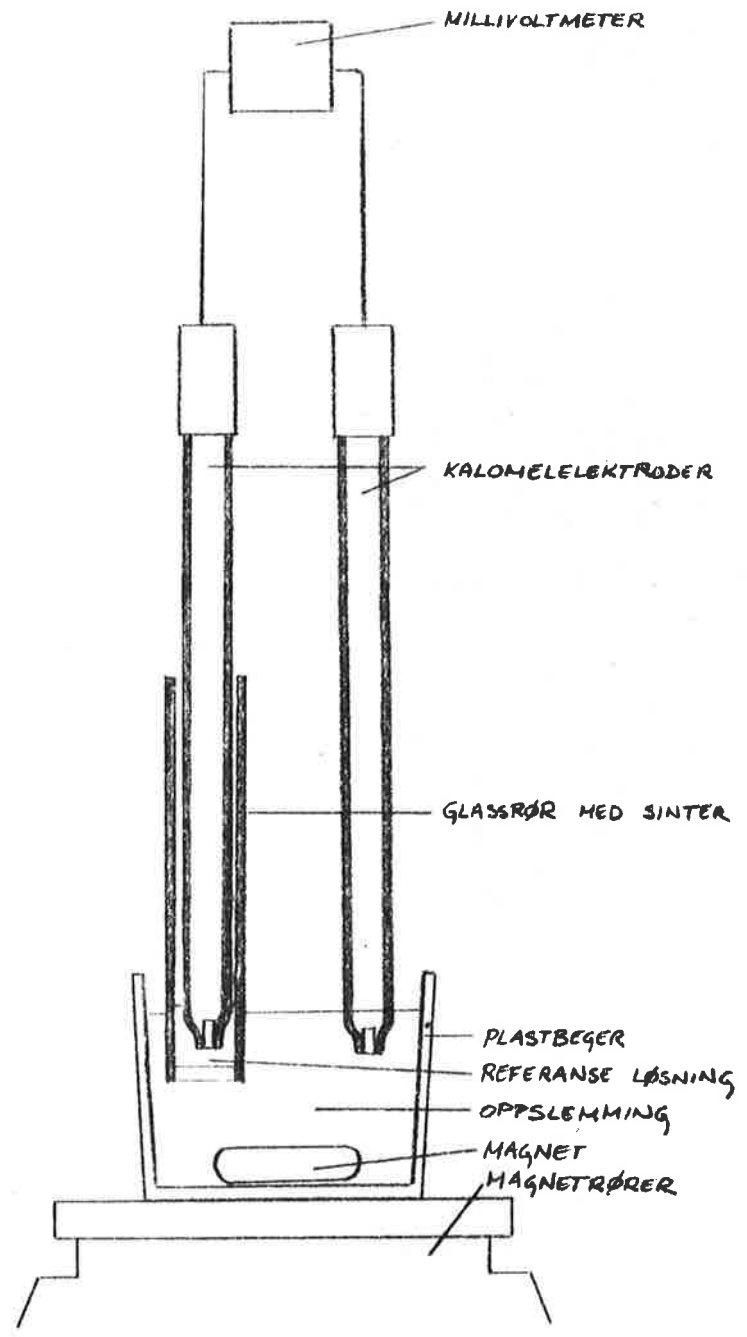


FIG. 3.1. SKJEMATISK FREMSTILLING AV APPARATUROPSETT VED MÅLING AV VÆSKEPOTENSIALER.

FIG. 4.1. SELV-POTENSIALER I BH 232, HERSJØFELTET, HESSDALEN

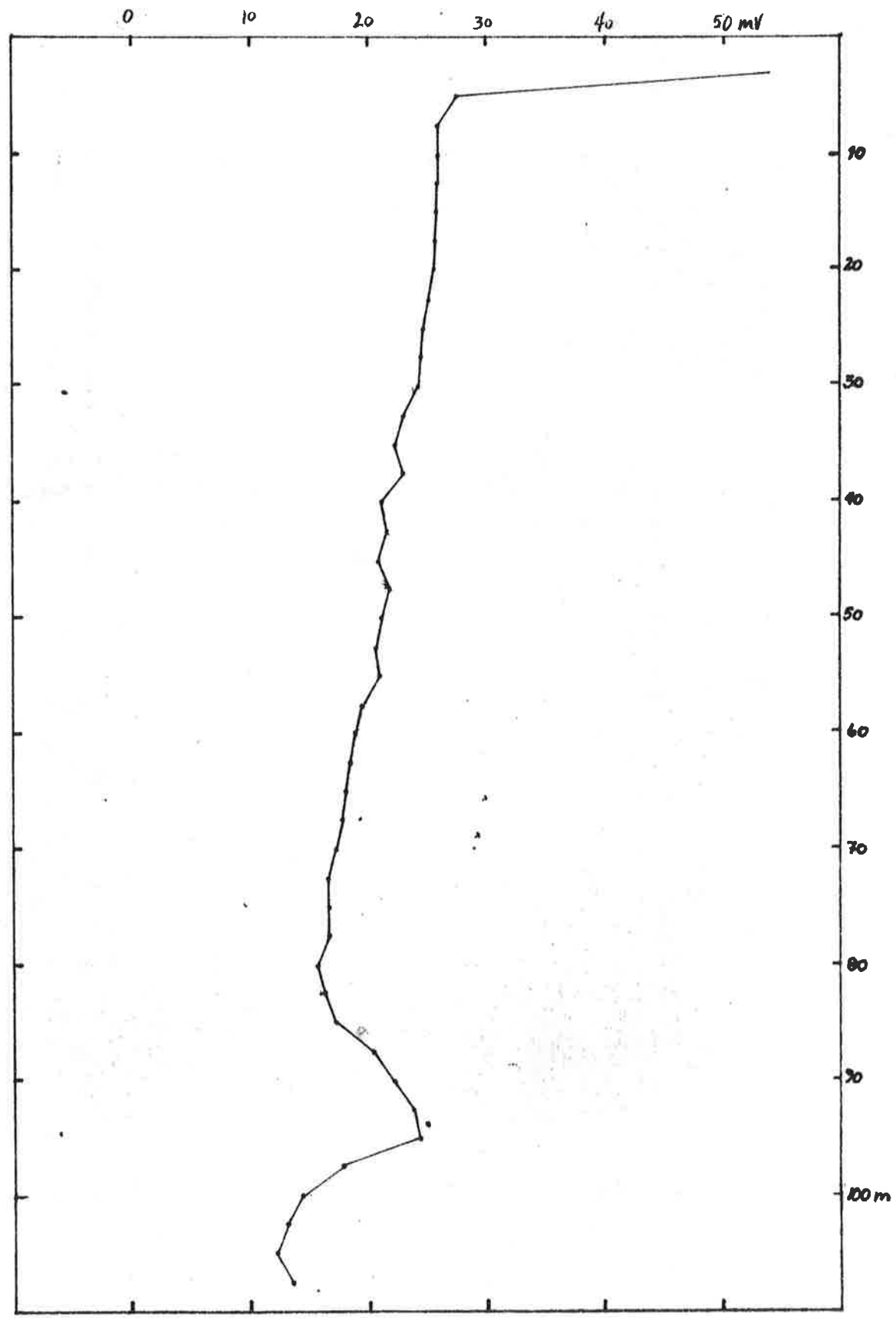


Fig. 4.2. SELV - POTENSIALER I BH 233, HERSJØFELTET, HESSDALEN.

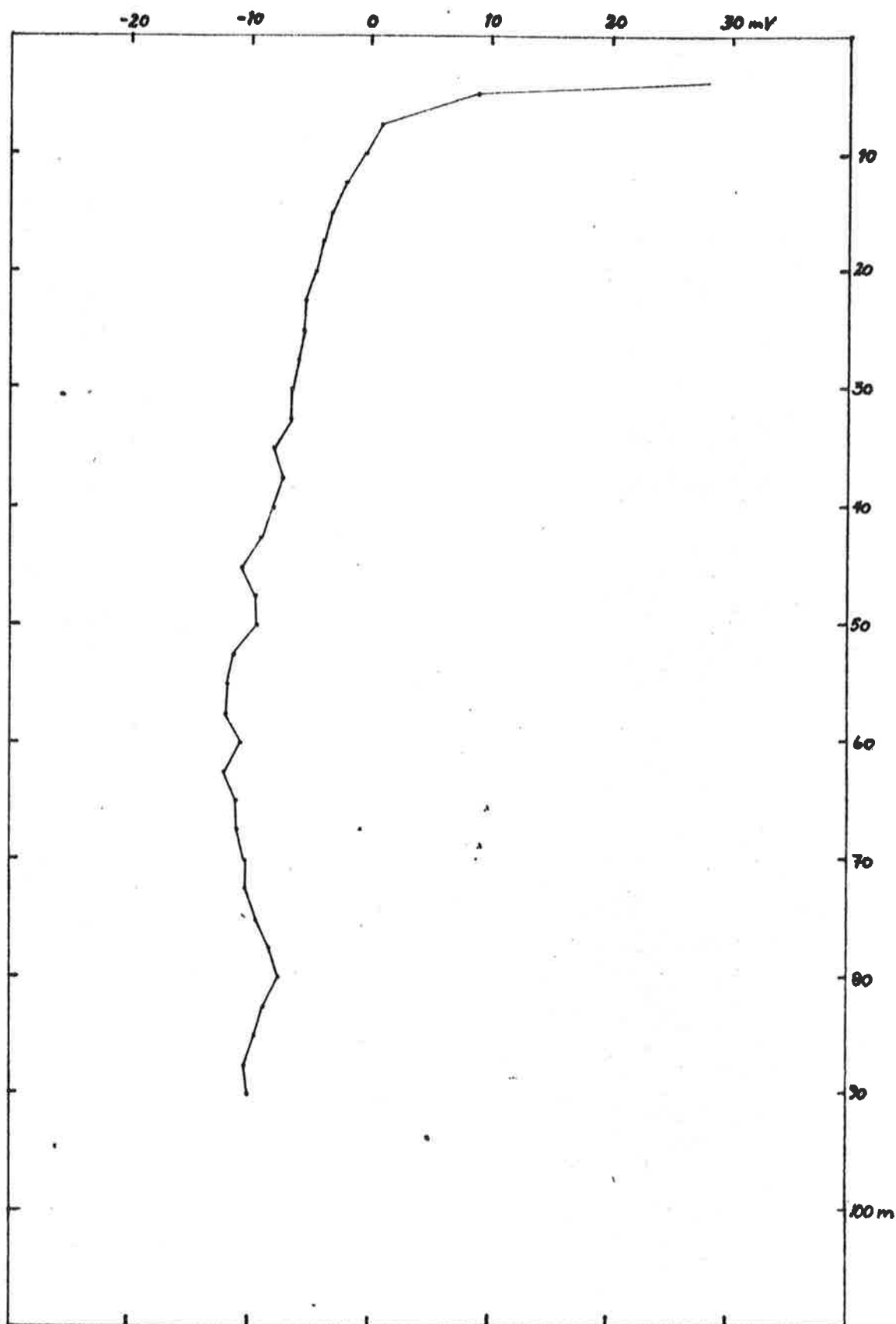


Fig 4.3. SELV-POTENSIALER I BH 236, HERSJØFELTET, HESSDALEN

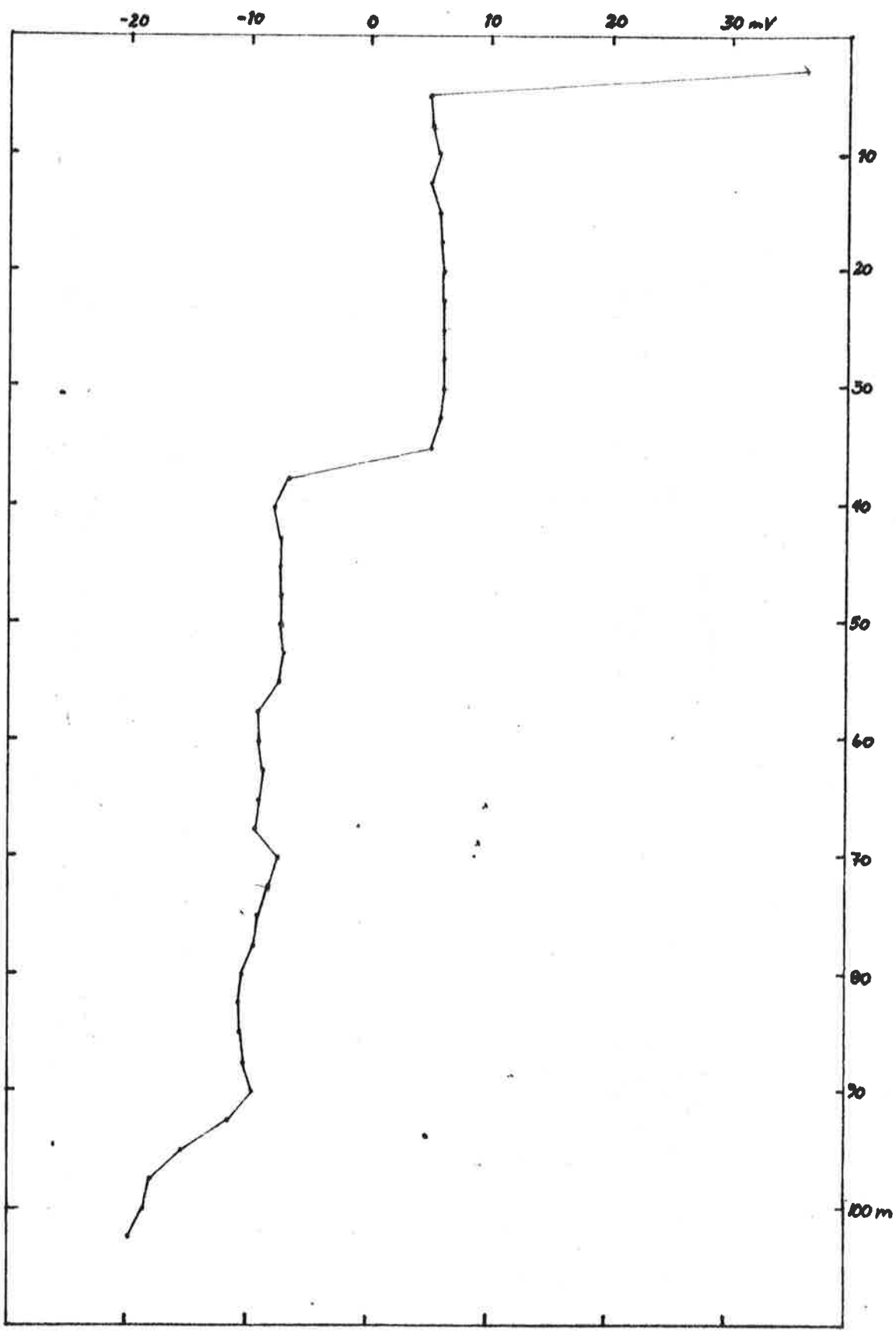


FIG 4.4. SELV - POTENSIALER I BH 237, HERSJØFELTET, HESSDALEN.

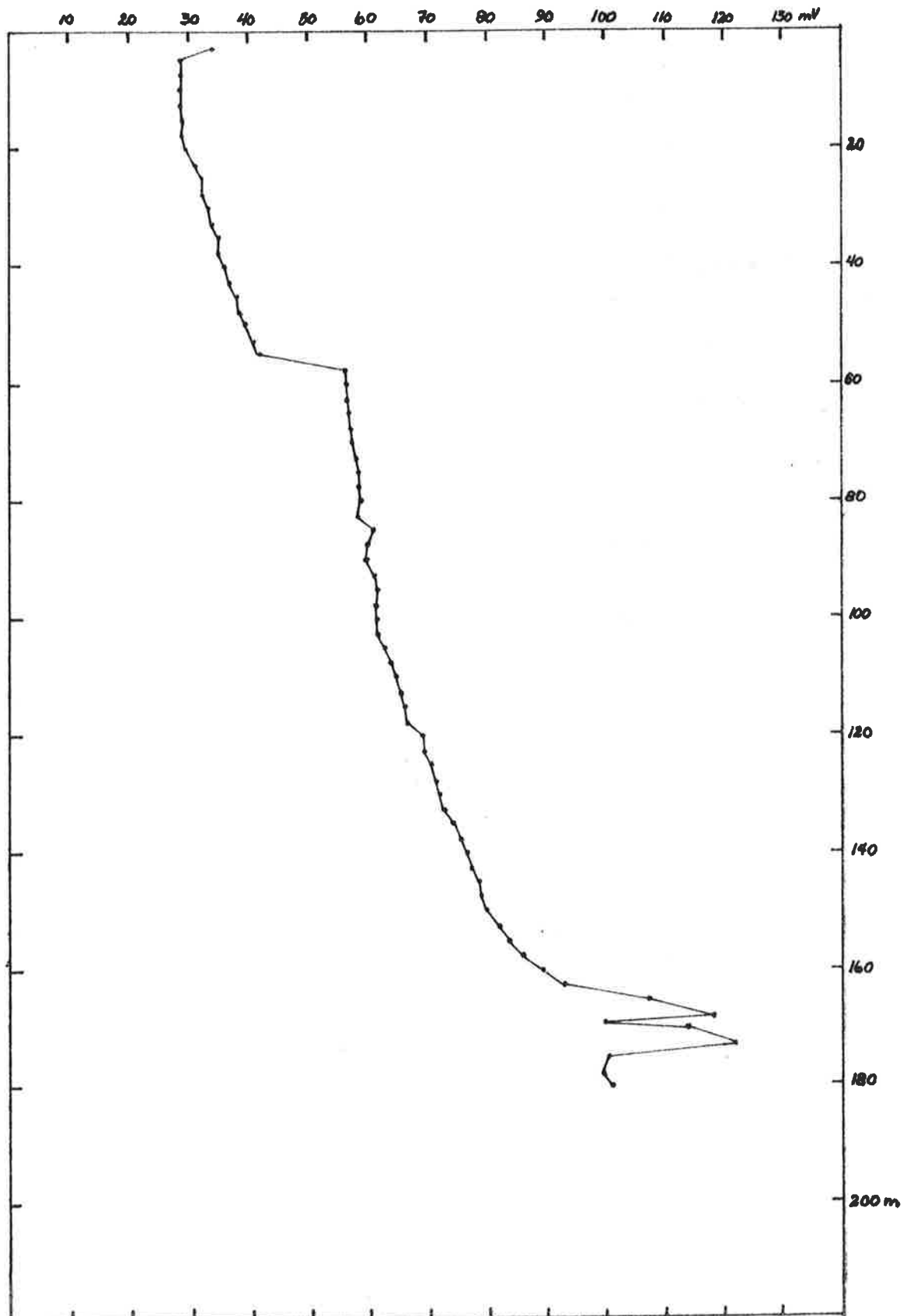


Fig. 4.5. SELV-POTENSIALER I BN 238, HØRSJØFELTET, HESSDALEN

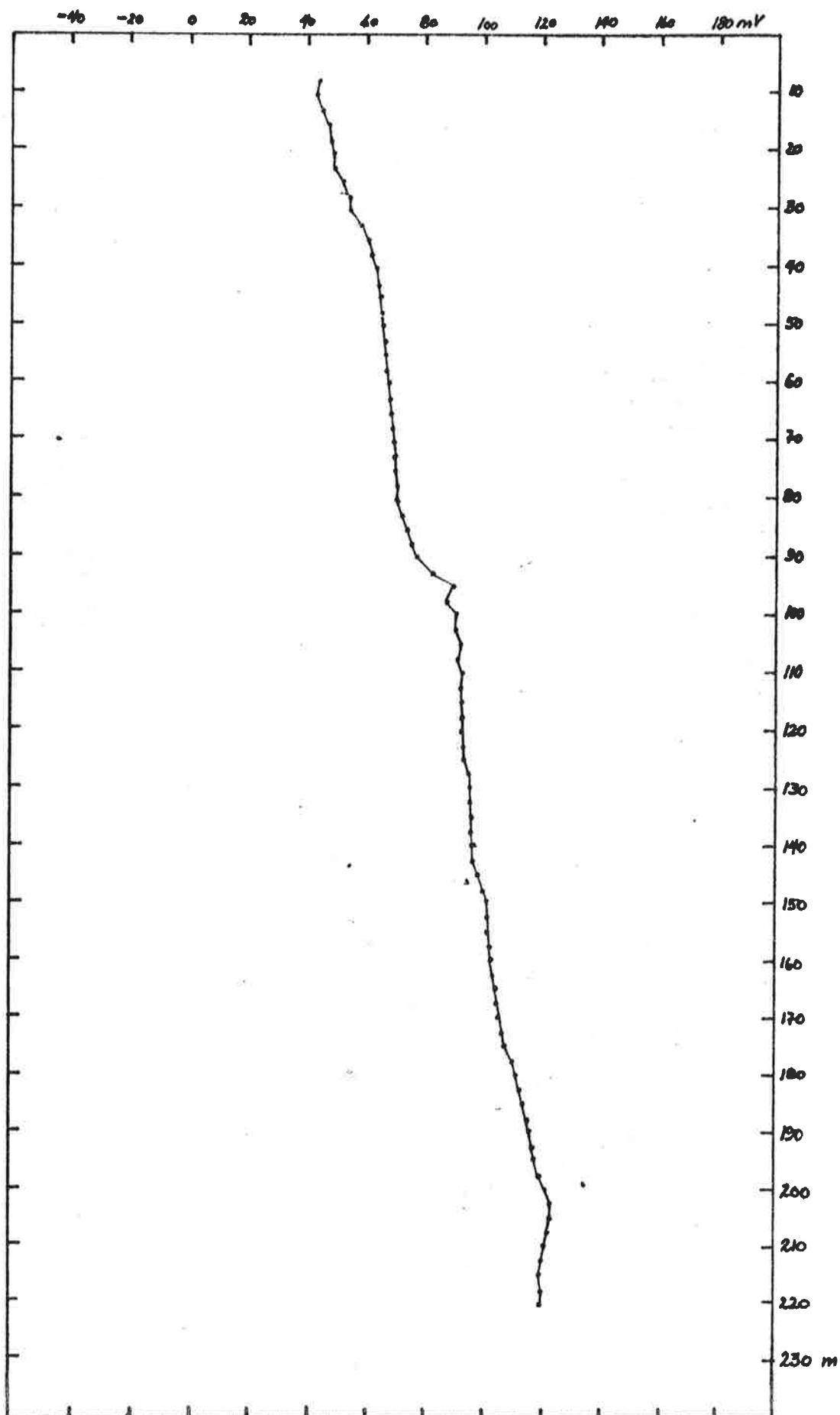
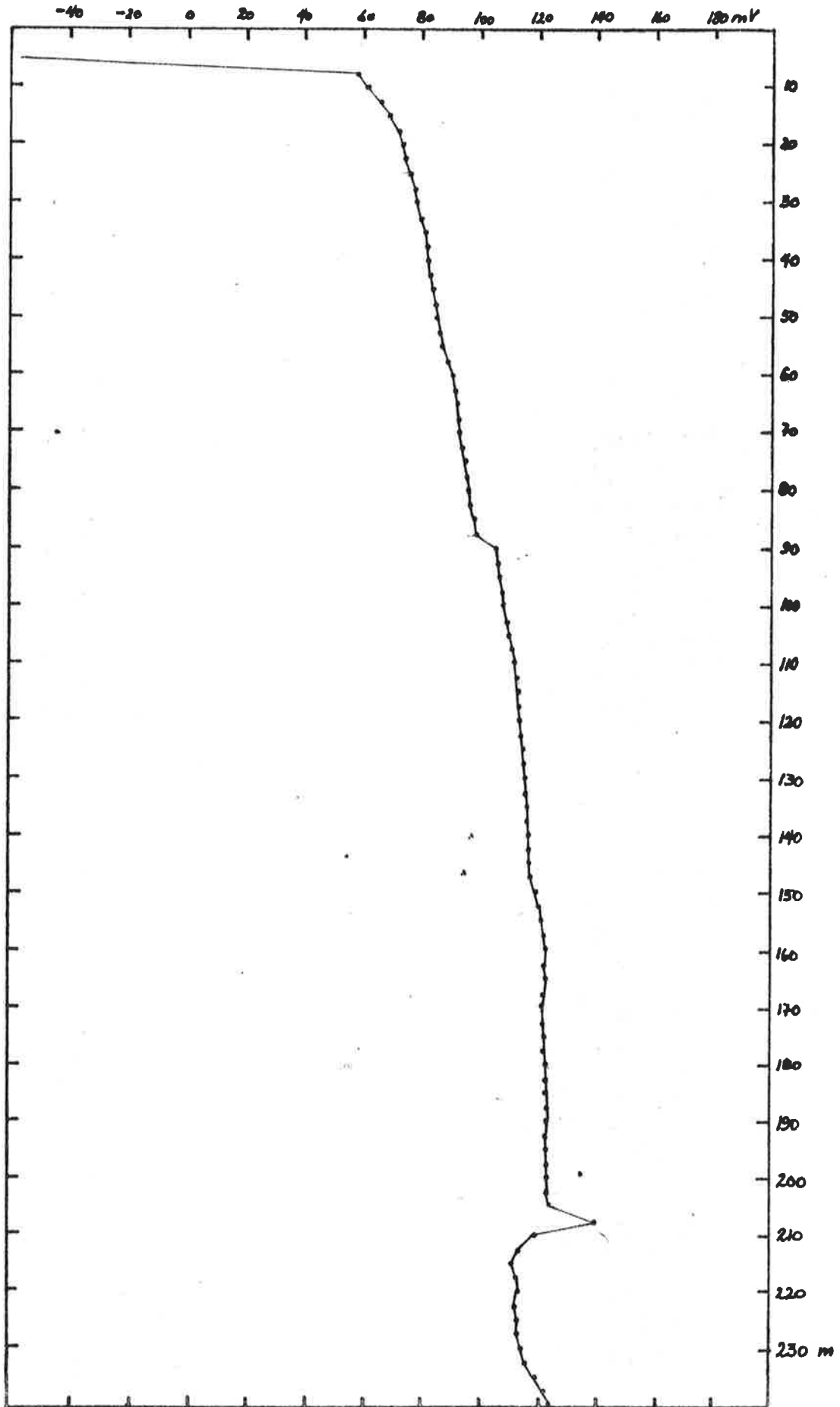
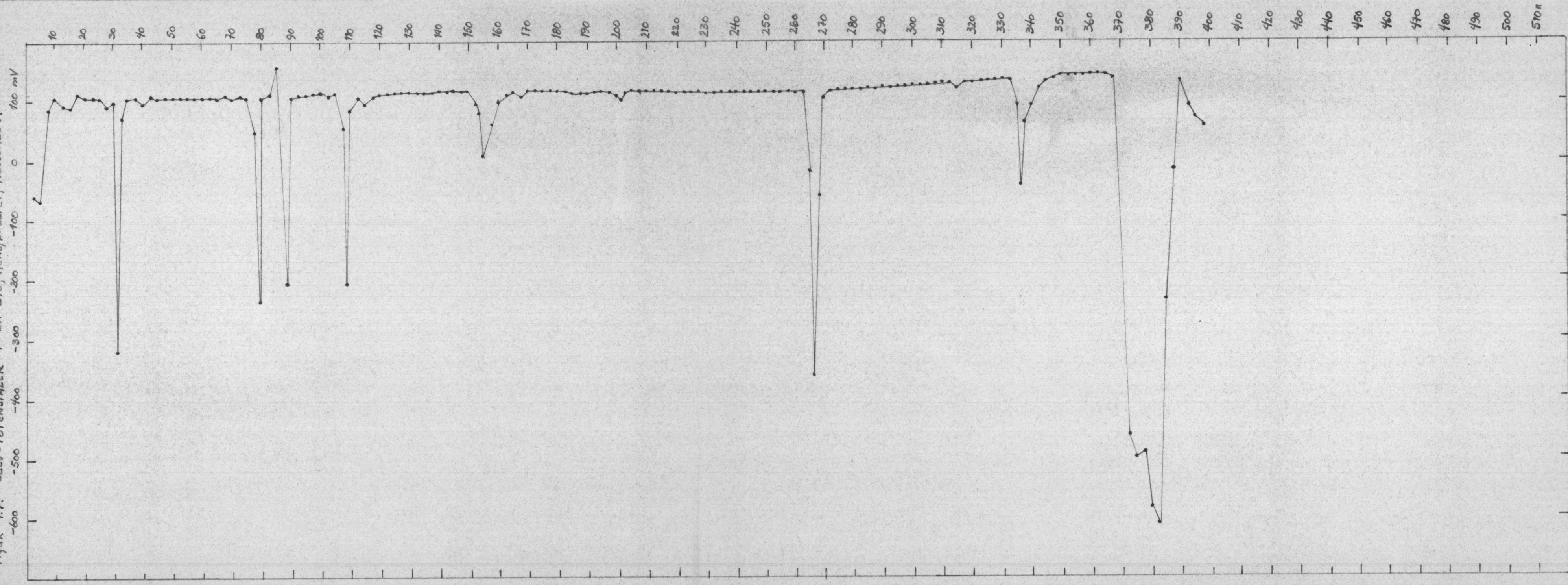


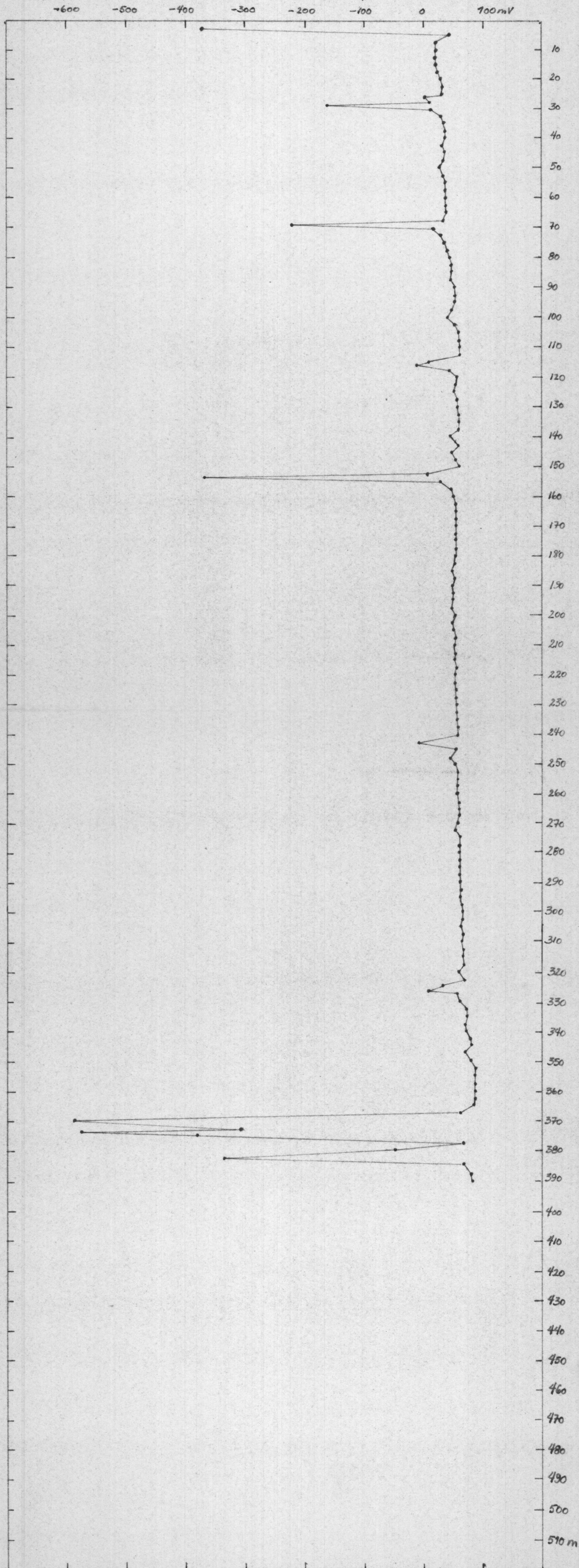
Fig. 4.6. SELV-POTENSIALER I BH 239, HERSJØFELTET, HESSDALEN



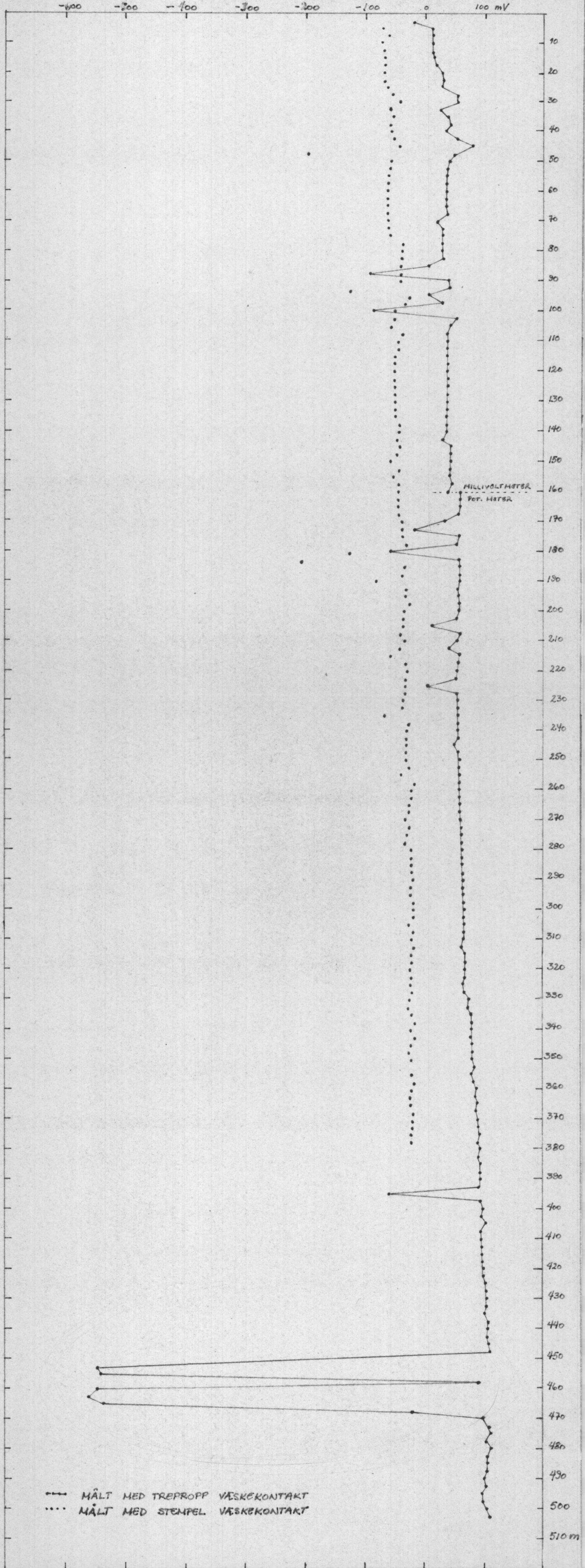
Figur 4.7. SELV-POTENSIALER I BH 240, HERSJØFELTET, HESSDALEN.



FIGUR 4.8. SELVPOTENSIALER i BH 242, HERSJØFELTET, HESSDALEN.



FIGUR 4.9. SELV-POTENSIALER I BH 312, HERSJØFELTET, HESSDALEN.



- - - MÅLT MED TREPROPP VÆSKEKONTAKT
 MÅLT MED STENPEL VÆSKEKONTAKT

FIGUR 4.10. SELV-POTENSIALER I BH 313, HERSJØFELTET, HESSDALEN.

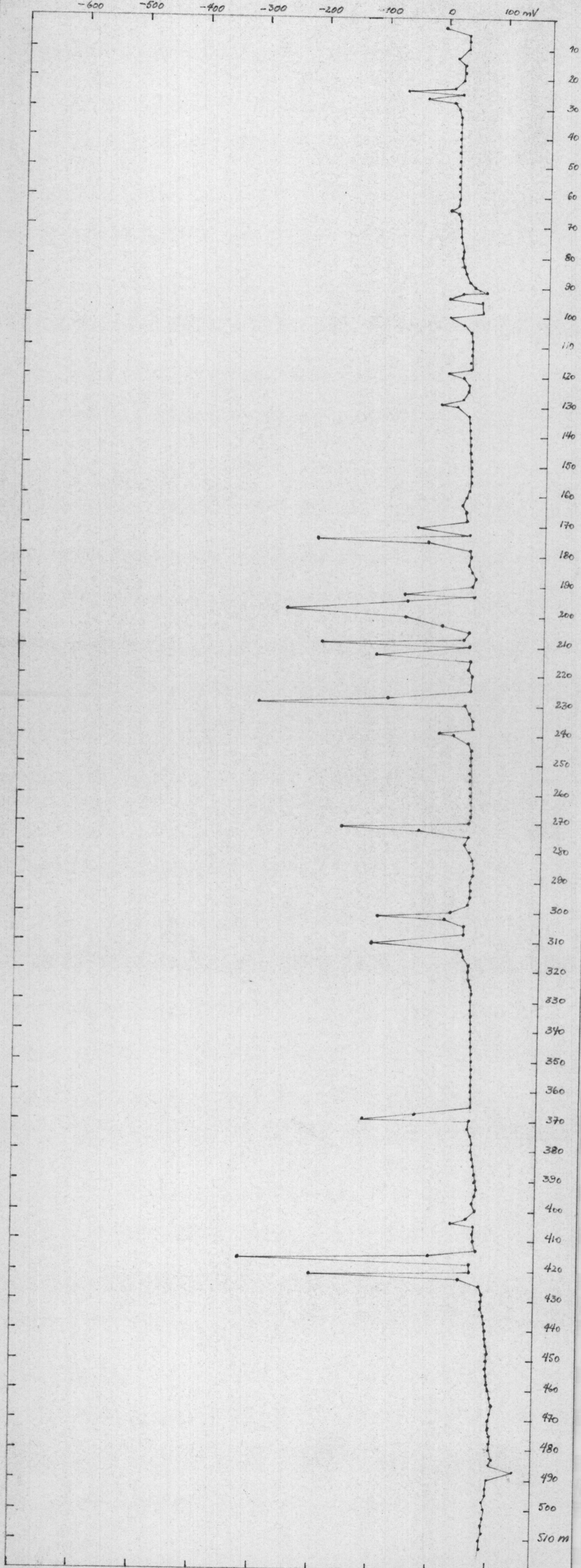
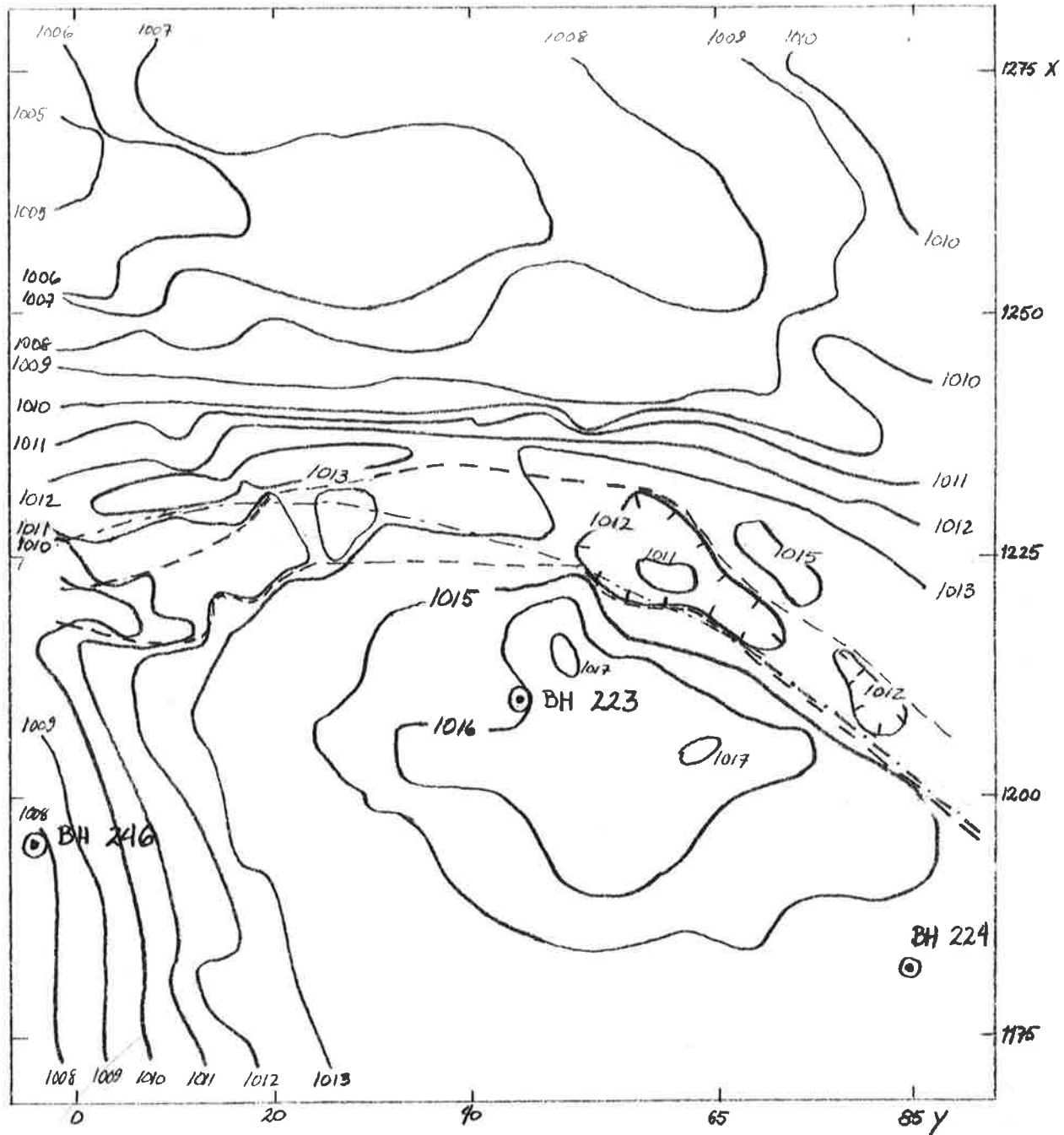


Fig. 4.11. TOPOGRAFISK KART OVER UTGÅENDE AV A-FOREKOMSTEN,
HERSJØFELTET, HESSDALEN.



--- ELEKTROMAGNETISK ANOMALI

-.- GRENSENE FOR TOPOGRAFISK FORSENKNING OVER
FOREKOMSTENS UTGÅENDE.

Fig. 4.12. SELV - POTENSIALER (mV) PÅ OVERFLATEN OVER
UTGÅENDE AV A-FOREKOMSTEN, HERSJØFELTET,
HESSDALEN.

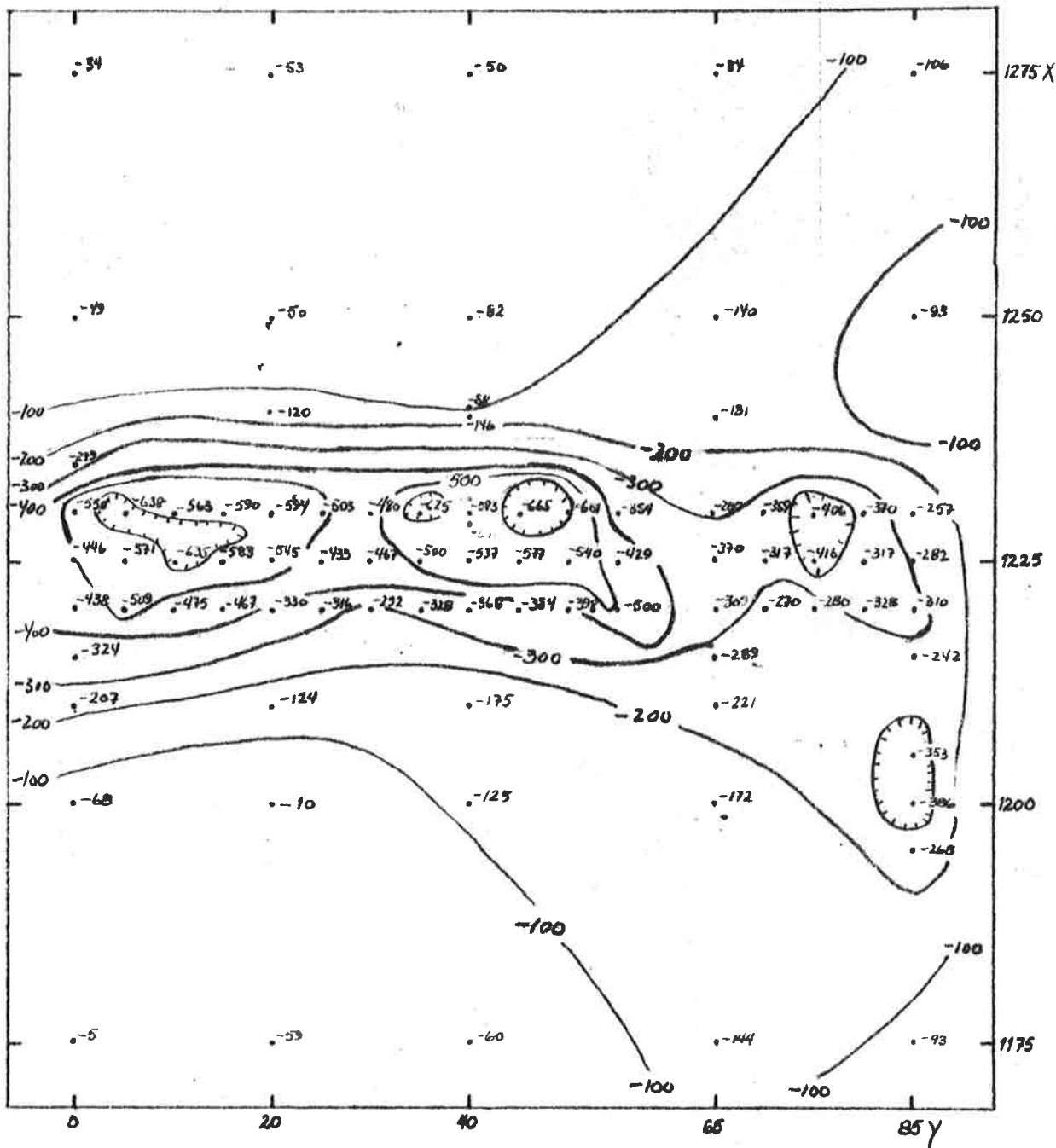


FIG. 4.13. PH I OPPSLEMNINGER AV JORDPRØVER OVER
UTGÅENDE AV A-FOREKOMSTEN, HERSJØFELTET,
HESSDALEN.

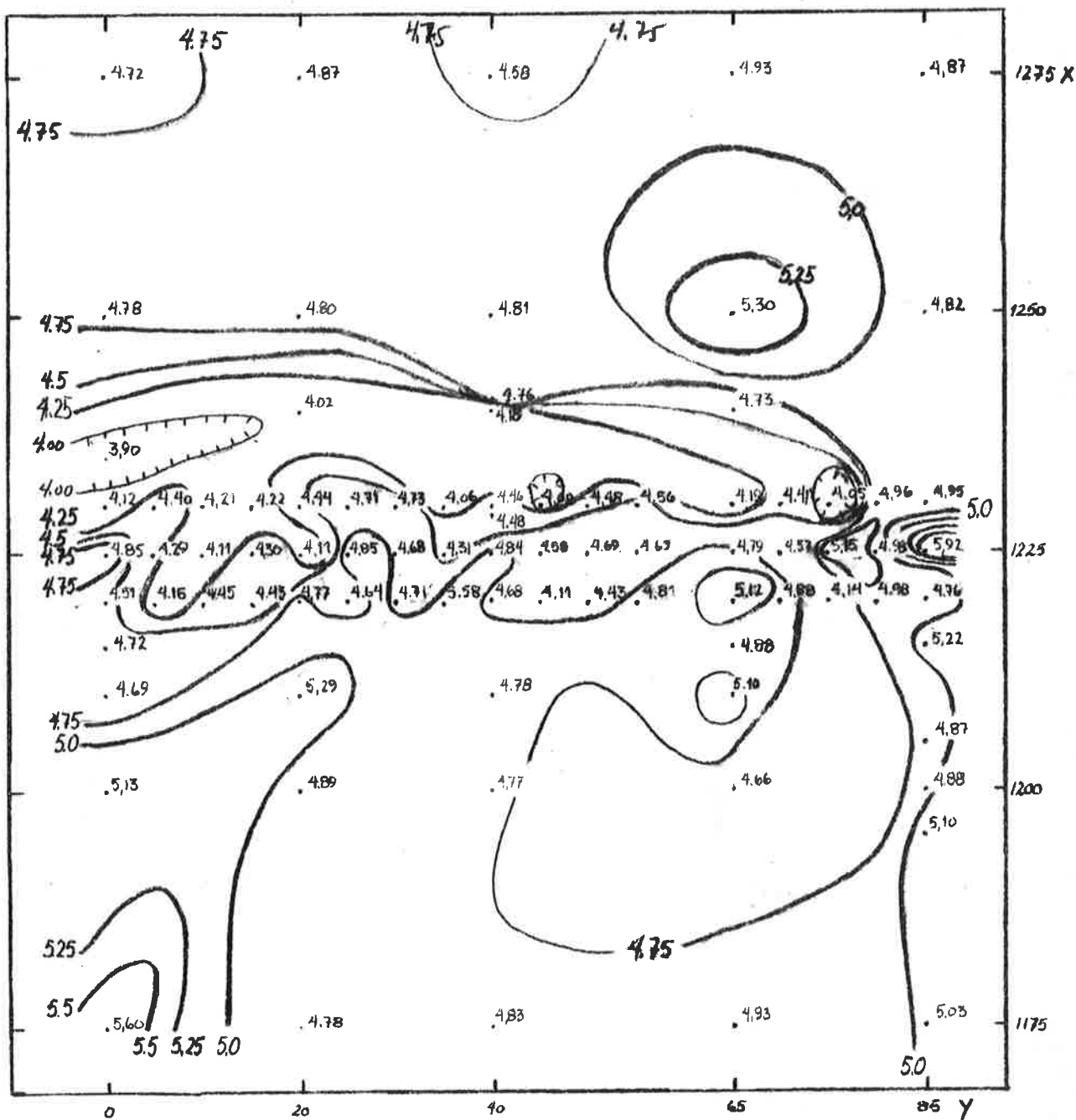


Fig. 4.14. VÅSKEPOTENSIALER (mV) TIL OPPSLEMMNINGER AV JORDPRØVER OVER A-FOREKOMSTEN, HERSJØFELTET, HESSDALEN.

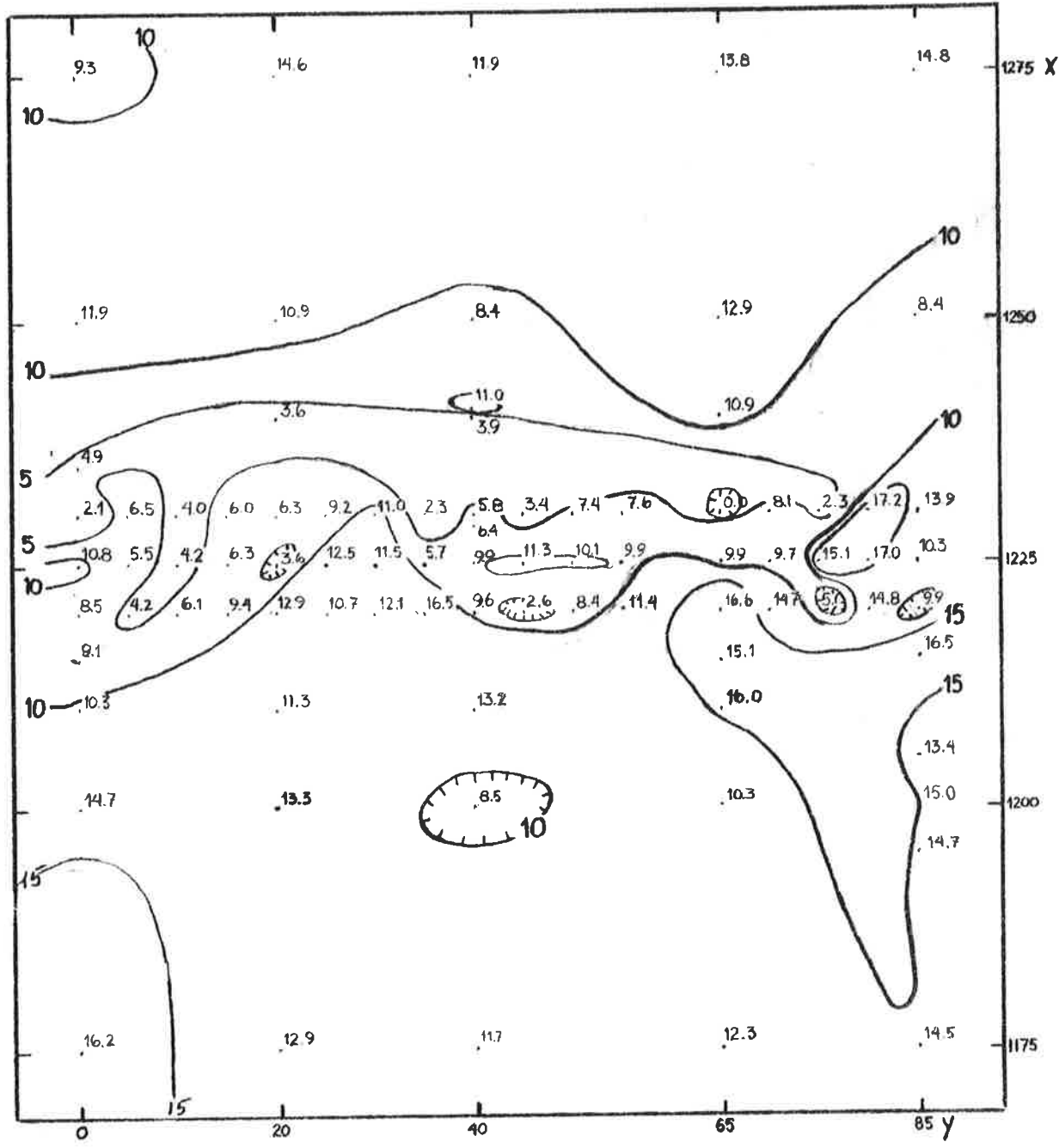
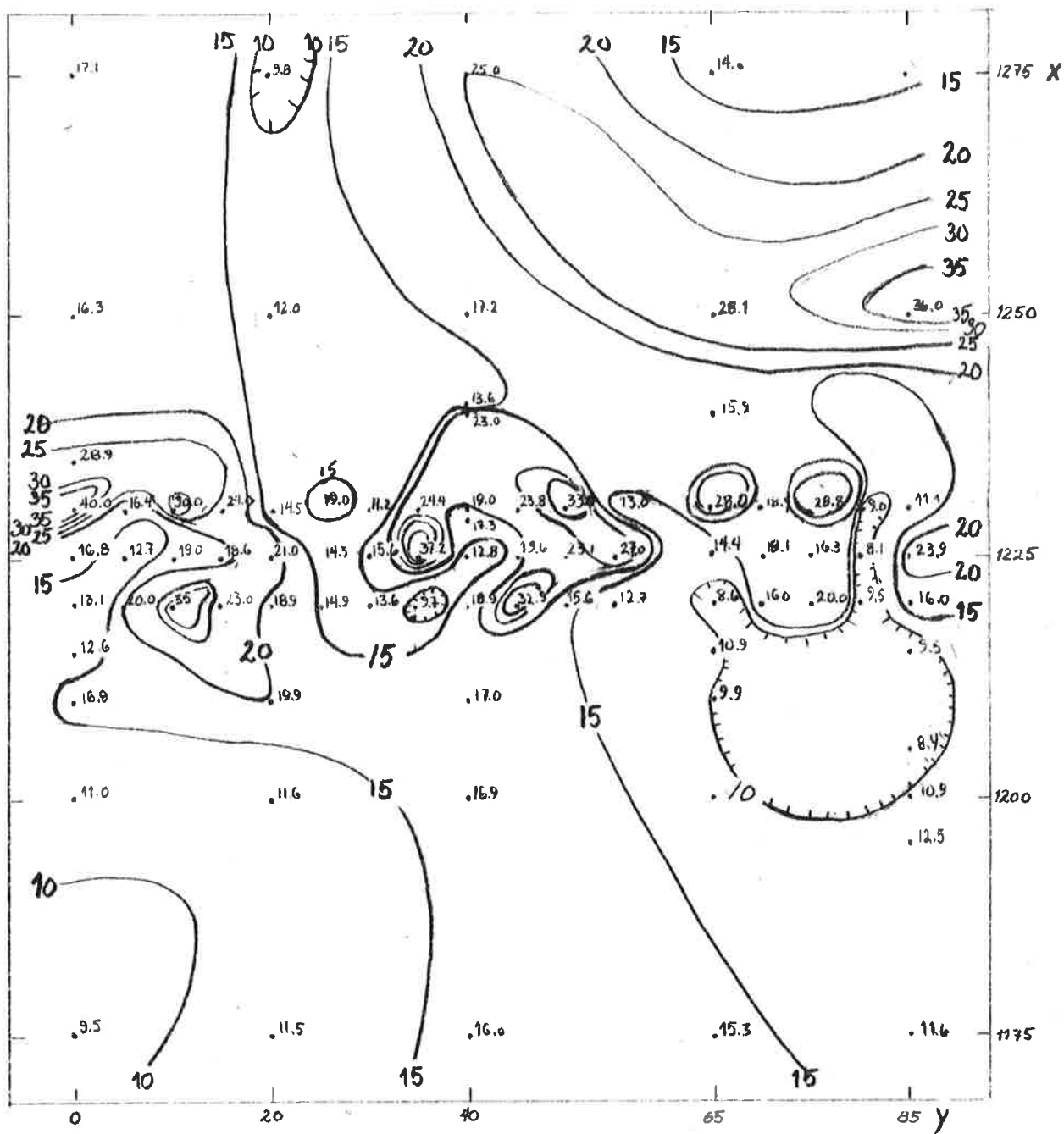


FIG. 4.15. SPESIFIKK LEDNINGSEVNE ($\mu\text{mho/cm}$) I OPPSLEMMINGER AV JORDPRØVER OVER UTGÅENDE AV A-FØREKOMSTEN, HERSJØFELTET, HESSDALEN.



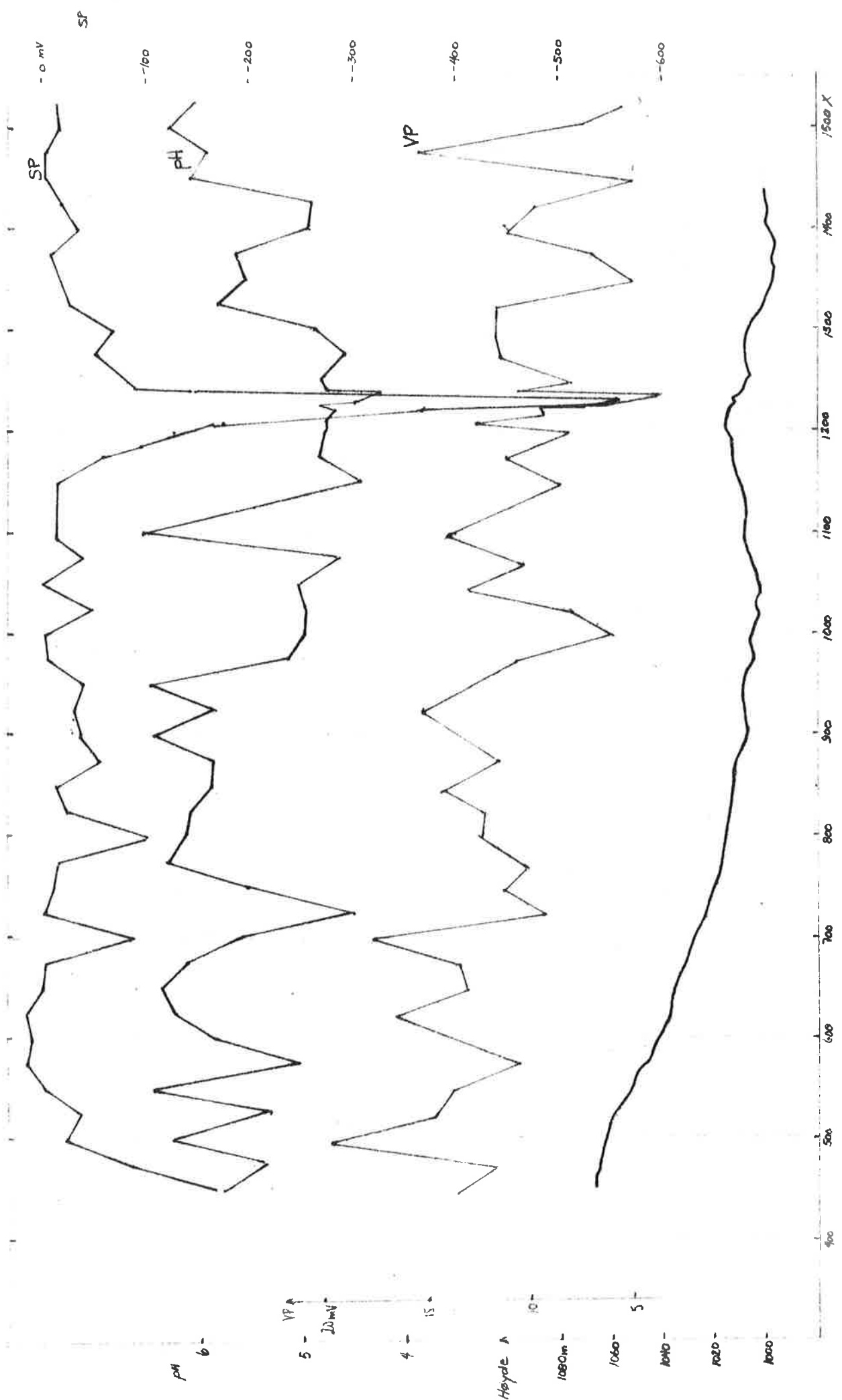
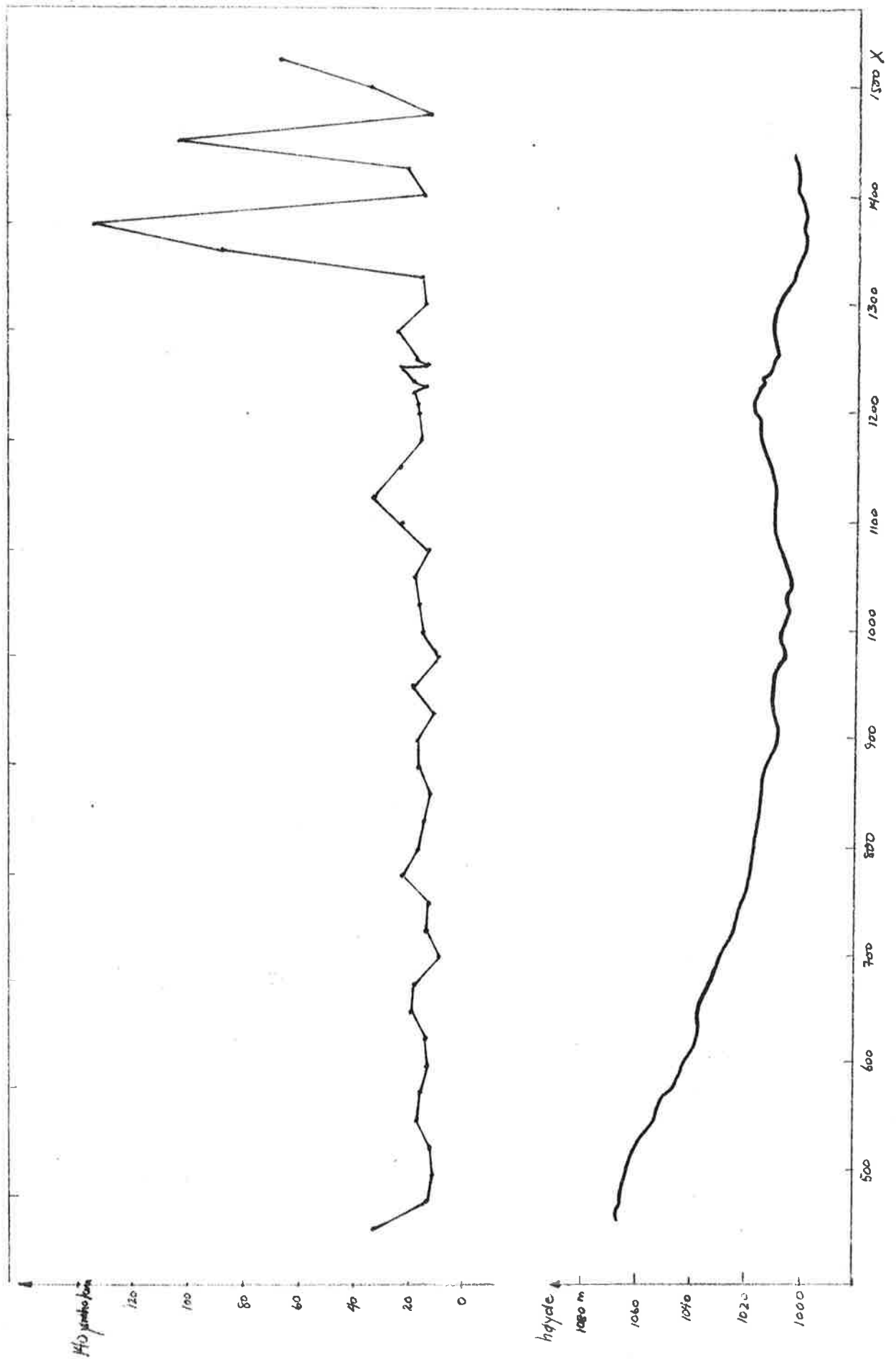


FIG. 4.16 SELV - POTENSIALER OG pH OG VÆKSEPOTENSIAL I OPPSLEMNING AV JORDPRØVER LANGS HOVEDPROFIL 40Y. HERSJØFELTET, HESSDALEN.

FIG 4.17. SPESIFIKK LEDNINGSEVNE I OPPSLEMMINGER AV JORDPRØVER
FRA HOVEDPROFILEN 40Y, HERSJØFELTET, HESSDALEN.



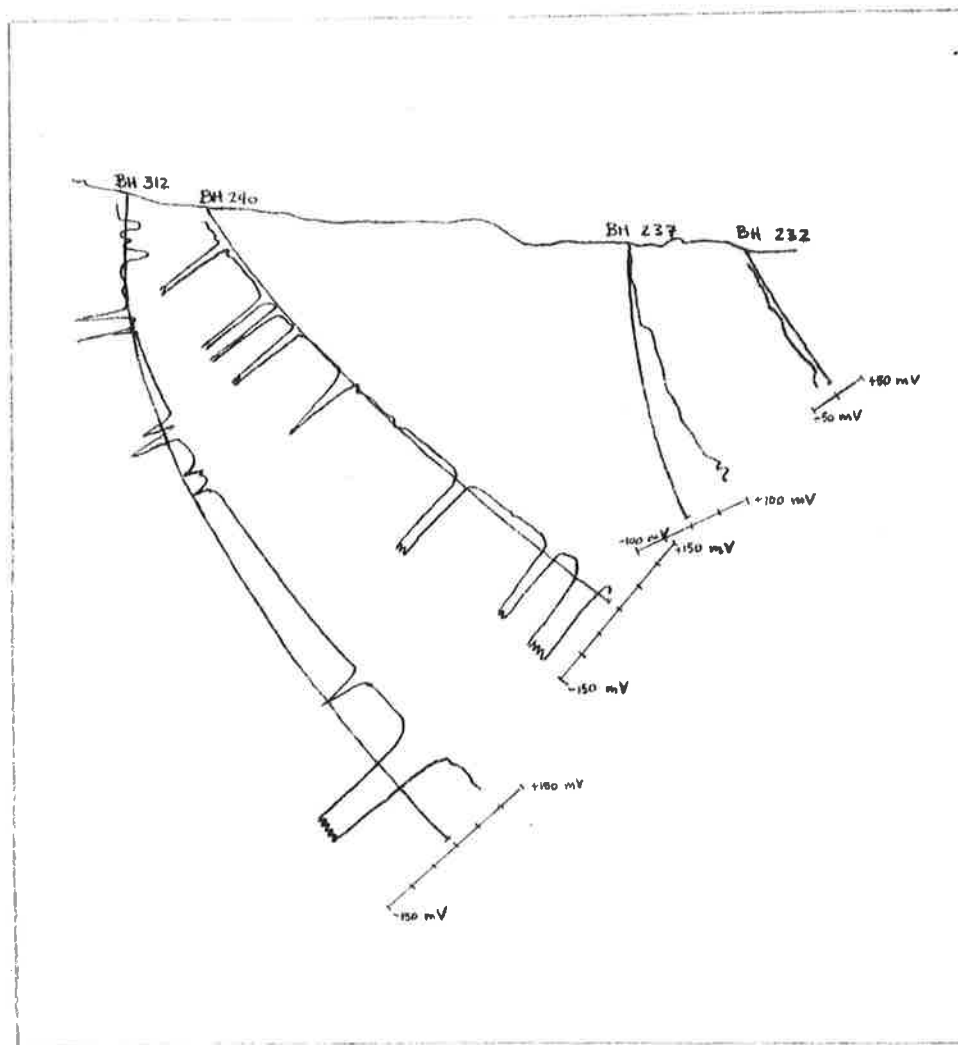


Fig. 4.18. SELV-POTENSIALER I BORHULL PROJICERT
INN PÅ HOVEDPROFILEN 40y

Tabell 4.1 gir potensialene i 10 meters dyp i alle borhull. Disse potensialer er ikke i nevneverdig grad influert av jordrøret og kan senere brukes som referansepunkter for på en bedre måte å knytte sammen målingene i hvert borhull.

Tabell 4.1. Selvpotensialer i borhull ved 10 meters dyp relativt til felles nullpunkt (1000X, 40Y).

<u>Borhull nr.</u>	<u>Potensial (mV)</u>
232	- 3.9
233	- 9.7
236	- 19.0
237	- 4.0
238	- 66.0
239	- 41.0
240	- 17.3
242	- 1.7
312	- 15.5
313	- 21.0

5. DISKUSJON

En av hovedhensiktene var å teste en ny elektrodetype under feltforhold. Denne elektroden var en ny referanseelektrode bestående av en Ag/AgCl celle med stempel - væskekontakt (fig. 5.1). Det viste seg at AgCl belegget, som var pålagt elektrolytisk etter en metode som blir benyttet ved Institutt for fysikalsk kjemi, NTH, ikke tålte transporten til feltet. Som en provisorisk løsning ble Ag/AgCl-elektroden erstattet med en Cu/CuSO₄-elektrode mens stempel - væskekontakten ble beholdt. Denne elektroden ble prøvd i borhull BH 312 og resultatene er gitt i figur 4.10. Disse viser at gradienten i SP nedover i hullet er forskjellig for de to væskekontakt-typene (stempel og trepropp). Dette understøtter antakelsen at det er nødvendig med en eller annen form for trykkutjevning for å unngå forurensning og dermed feil i målingene. I alle fall er dette et forhold som må studeres nærmere.

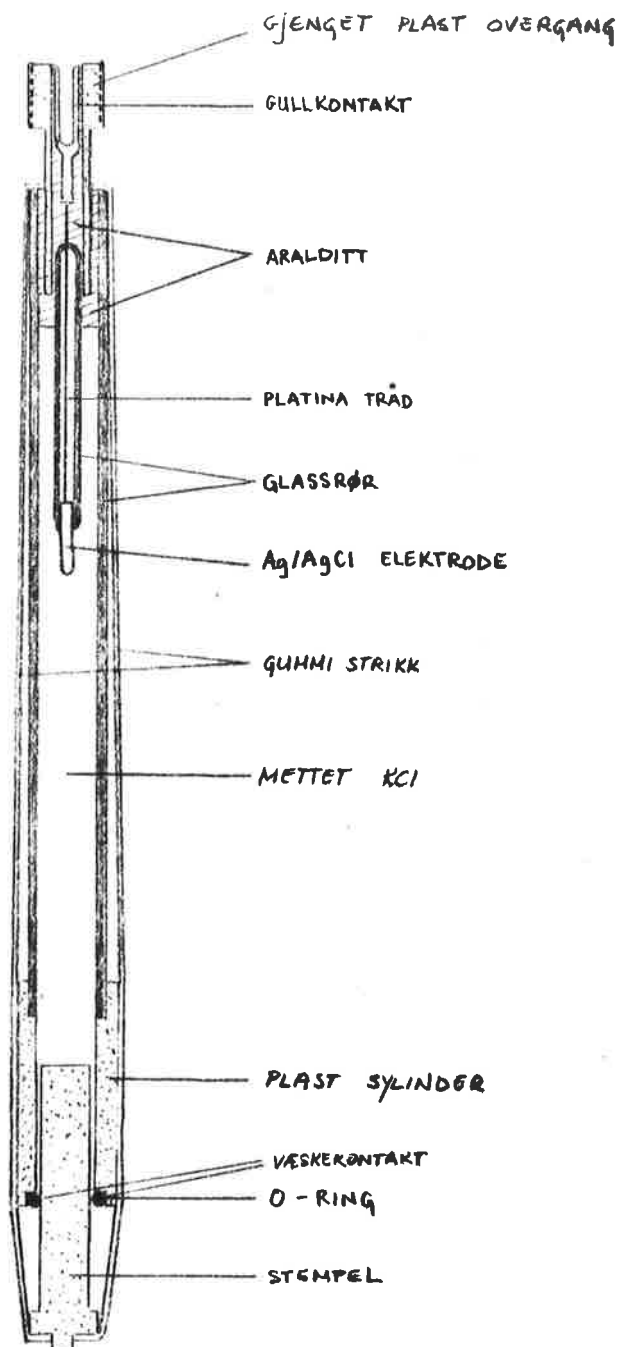
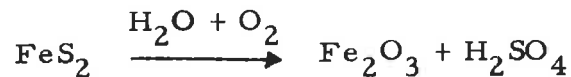


Fig. 5.1. TRYKKOMPENSERT STEMPELELEKTRODE.

Det andre siktemålet var å finne mulige sammenhenger mellom selv-potensialmålingene og kjemiske parametre i jordprøver. Denne sammenhengen trer tydeligst frem på kotekartene over malmens utgående (figurene 4.12 til 4.15). Langs hovedprofilen (40Y) er det vanskeligere å finne en korrelasjon.

Utgående av A-malmen er tydelig markert i terrenget med en nedsynkningssone. Den elektromagnetiske anomali faller sammen med denne (se NGU rapport nr. 1305). (Fig. 4.11). Nedsynkningen må skyldes at malmen forvitrer kjemisk og at forvittringsproduktene transporteres bort. Malmen består hovedsakelig av jernsulfider. Oksydasjonsproduktene vil derfor måtte ha lav pH:



Noen kommentarer til resultatene:

Kotekartene (figurene 4.12 - 4.15).

- 1) Det er et markert SP-minimum langs liggene av malmens utgående. I flere borhull er det påvist magnetitt i malmens ligg. Magnetitt ble også funnet i dagen der SP viser minimum.
- 2) pH viser en sone med minimumsverdier omtrent parallell med SP-minimum, men forskjøvet enda mer mot liggensiden. Delvis er pH lavest i et topografisk relativt høyt parti. Dette er forbausende ut fra de generelle betraktninger ovenfor om kjemisk forvitring.
- 3) Magnetiske målinger viser en klar magnetisk anomali nederst til venstre på kartene 4.11 - 4.15 (se NGU rapport nr. 1975). I dette området viser pH-målingene et maksimum.
- 4) Væsketensialene mellom jordprøvene viser et forløp som har meget nær sammenheng med pH idet lav pH gir lavt væsketensial.
- 5) Spesifikk ledningsevne i jordprøvene har et komplisert forløp med både maksima og minima over malmens utgående.
- 6) Det er ønskelig med kompletterende målinger og prøvetaking mellom 1230X og 1250X og nøyaktig innlegning av nedsynkningssoner og magnetitt-blotninger.

Lengde-profilet (fig. 4.16).

- 1) SP viser en synkende tendens inn mot malmen og et klart minimum over dennes ligg.
- 2) pH har et uregelmessig forløp, men viser overveiende en synkende tendens inn mot malmens utgående.
- 3) Væskepotensialet følger i store trekk pH.
- 4) Spesifikk ledningsevne er relativt konstant på hengsiden men viser store utslag på leggsiden av malmen.
- 5) På liggsiden av malmen er det en tydelig negativ korrelasjon mellom høyt væskepotensial og høy spesifikk ledningsevne.

Borhullsmålingene.

- 1) Det er markerte negative potensialer i malmsonen i borhullene 240, 312 og 242 (ca. - 700 mV).
- 2) I borhullene 232, 237, 239 og 313 er potensialene i malmsonen positive.
- 3) I borhullene 238, 236 og 233 er det ikke merkbar potensial forskjell mellom malm og sidebergart.
- 4) Parvis sammenligning av borhullene 240 og 312 samt 232 og 237 viser stigende positiv potensialtrend i sidebergarten inn mot malmen.

Borhullsmålingene er vanskelige å tolke, men det er mulig at vekslende positive og negative potensialer i malmen kan ha sammenheng med at sulfidmalmen opptrer sammen med andre ledende legemer som magnetitt, og at det dermed oppstår galvaniske celler der sulfidene oksyderes med resulterende høyere potensial.

I alle fall er det nå åpenbart at Hersjøfeltet er en del mer komplisert enn først antatt og derfor muligens ikke er så godt egnet til våre undersøkelser som vi håpet på. Det må vurderes om vi bør måle også i andre enklere områder.

6. KONKLUSJON

Den nye stempel - væskekontakten bør undersøkes videre. Samtidig må man undersøke om Ag/AgCl-elektroden kan gjøres mer robust, eller eventuelt forsøke å finne andre elektrodetyper som egner seg til borhullsmålinger.

Resultatene fra Hersjøfeltet bør publiseres. Positive SP-anomalier er, såvidt vites, enda ikke rapportert i litteraturen. Trass i Hersjøfeltets interessante sider vil det bli vurdert om det skal forlates til fordel for enklere felt, f.eks. Joma-feltet i Nord-Trøndelag.