

Rapport nr. 87.173

Elektriske målinger ved
Joma i 1987



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eirikssons vei 39, Postboks 3006, 7001 Trondheim - Tlf. (07) 92 16 11
Oslokontor, Drammensveien 230, Oslo 2 - Tlf. (02) 50 25 00

Rapport nr. 87.173	ISSN 0800-3416	Åpen/Fortrolig \ddot{y}	
Tittel: Elektriske målinger ved Joma i 1987			
Forfatter: Jan S. Rønning		Oppdragsgiver: Grong Gruber A/S	
Fylke: Nord-Trøndelag		Kommune: Røyrvik	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Grong		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1924 I Jomafjellet	
Forekomstens navn og koordinater: Joma syd 4471 71921		Sidetall: 28	Pris:
Feltarbeid utført: 15.06.-02.07.87		Rapportdato: 11.01.1988	Prosjektnr.: 1921.01.32
		Prosjektleder: Jan S. Rønning	
Sammendrag: <p>Sommeren 1987 ble det utført CP-, IP-, RP- og PP-målinger på bakken og i borhull syd-vest for Jomaforekomstens utgående. Hensikten med dette var å kartlegge størrelsen av en massiv kismineralisering samt studere de elektriske betingelsene i heng av denne.</p> <p>CP-målingene ble delvis mislykket på grunn av kompliserte elektriske forhold i feltet. Ledningsevne målinger i borhull viser flere horisonter med tildels meget god ledningsevne i heng av den interessante mineraliseringen, og dette gjør det umulig å få informasjon om dypereliggende ledende soner ved bakkemålinger. Den kompliserte ledergeometrien forstyrret også PP-målingene.</p>			
Emneord			
	Bakkemåling		
Geofysikk	Borhullslogging		
Elektriske målinger	Malmforekomst	Fagrapport	

INNHOLD

	Side
1. INNLEDNING	5
2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	5
2.1. CP Bakke- og borhullsmålinger	6
2.2. IP-RP Borhullsmålinger	6
2.3. PP Borhullsmålinger	7
2.4. Generelt	7
3. RESULTATER OG DISKUSJON	8
3.1. CP Bakke- og borhullsmålinger	8
3.2. RP-IP Borhullsmålinger	10
3.3. CP-RP Samtolking	11
3.4. PP Borhullsmålinger	12
4. KONKLUSJONER	13
5. REFERANSER	15

FIGURER

Figur 1: CP D63, D74, D87 og D88.	Jording 336-338 m i D82
2: CP D64, D75 og D83.	" " " "
3: CP D82 og D86.	" " " "
4: CP D84 og D85.	" " " "
5: CP D38, D56, D57 og D72.	" " " "
6: CP D6 og D31.	" " " "
7: CP D6, D38 og D82.	Jording i dagbrudd
8: IP D87, pol/pol a=2,5 m	
9: RP D87 " a=2,5 m	
10: RP D86 " a=2,5 m	
11: RP D82 " a=2,5 m	
12: PP D82, Gradient a=2,5 m	
13: PP D87, " a=2,5 m	

TEGNINGER

87.173-01 CP konturkart bakkemåling

-02 CP vertikalsnitt m/ledende soner

1. INNLEDNING

I perioden 15.06.87 til 02.07.87 utførte NGU som oppdrag for Grong Gruber A/S elektriske målinger i Jomafeltet. På grunnlag av tidligere TURAM- og SYSCAL-EM-målinger (Elvebakk 1984, Elvebakk & Lile 1985, Elvebakk & Lile 1986a og Elvebakk & Lile 1986b) var det satt ned flere borhull, og i enkelte av disse ble det påvist interessant mineralisering. I andre borhull ble denne mineraliseringen ikke funnet, og for å forsøke å kartlegge utstrekningen ønsket oppdragsgiver å utføre CP-målinger på bakken og i borhull. Etter diskusjoner med Lile/Elvebakk ble det også klart at en ønsket informasjon om det eventuelt fantes flere ledende strukturer i det aktuelle området, og det ble derfor målt ledningsevne og IP-effekt i enkelte borhull. Det ble også gjort forsøk med metoden provosert potensial, PP (Lile & Kaspersen 1979).

Samtidig med de elektriske målingene utførte NGU en langtidstest på sitt nye TFEM-instrument (Time- and Frequency Domain Electromagnetic). Disse målingene vil bli beskrevet i egen rapport (Rønning 1988).

Under utarbeidelsen av denne rapporten var borhullslogger delvis tilgjengelige for forfatteren.

2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

Følgende elektriske metoder ble benyttet ved målingene i Joma sommeren 1987: CP (Charged potential), RP (Resistivity potential, ledningsevne), IP (induced polarization) og PP (provosert potensial). Metodene er beskrevet i vanlig geofysisk litteratur (se f.eks. Lile & Kaspersen 1979).

2.1. CP Bakke- og borhullsmålinger

CP-målingene ble utført med NGUs selvbygde utrustning. Det ble hovedsakelig arbeidet med en jordingselektrode (messingrør) i den interessante mineraliseringen fra 336 til 338 meters dyp i borhull D82. For å undersøke eventuell elektrisk kontakt med andre ledere ble tre borhull målt med jording i dagbruddet. Ved begge disse målingene var fjernelektroden plassert i Orvatnets østlige ende (se tegning 87.173-01).

Strømforløpet ved målingene var firkantpulser i ca. 1 sekund og en dødtid på 3 sekund før ny strømpuls med samme polaritet. Strømstyrken var 1 amperé. I dødtiden ble selvpotensialet (SP) målt og ved måling av CP ble det kompensert for dette. Bakke-målingene ble utført med to bevegelige elektroder (gradientmålinger) hvor elektrodeavstanden hovedsakelig var 25 meter. Ved borhullsmålingene ble potensialet målt mot fast elektrode på bakken. Det ble hele tiden benyttet ikke-polariserbare Cu/CuSO₄-potensial-elektroder. Borhullsmålingene ble knyttet til potensialet på bakken slik at alle målingene har samme referansenivå. Referansenivået ble bestemt ved å legge hovedmalmen på samme nivå som ved tidligere CP-målinger (Rønning 1981).

2.2. IP-RP Borhullsmålinger

IP-effekt ble målt i borhull D87, mens RP (presentert som beregnet ledningsevne) ble målt i borhullene D82, D86 og D87. Målingene ble foretatt med NGUs batteridrevne utstyr IP3. Det ble benyttet pol/pol elektrodekonfigurasjon, og avstanden mellom strøm- og potensialelektroder i borhullene var 2,5 meter. Fjern strøm- og potensialelektroder ble etablert på bakken ca. 400 meter fra de målte borhull (se tegning 87.173-01). I borhullene var strøm-elektroden et ca. 0,5 meter langt messingrør mens fjern strømelektrode besto av jernspett i myr. Som potensialelektroder ble ikke-polariserbare Cu/CuSO₄-elektroder benyttet.

Strømforløpet ved målingene var firkantpulser med alternerende polaritet hvor både strøm- og dødtid var ca. 2 sekund. Strømstyrken varierte fra 7 mA til 350 mA. RP ble målt på slutten av hver strømpuls, mens IP ble målt som summen av signalene 0,21 og 1,8 sekund etter strømbrudd. IP-effekten er beregnet i prosent av RP-signal.

2.3. PP Borhullsmålinger

Provosert potensial (PP) ble målt i borhullene D82 og D87. Plassering av strømelektroder fremgår av tegning 87.173-01. Positiv strømelektrode ble plassert mot NØ. Ved disse målingene ble samme utstyr som ved CP-målingene benyttet. Strømforløpet var det samme, men strømstyrken var 0,7 amperé. Ved målingene i borhullene ble potensialdifferansen mellom to bevegelige elektroder målt (gradient målinger). Potensialelektrodeavstanden og flyttavstand var 2,5 meter. Også her ble det benyttet ikke-polariserbare Cu/CuSO₄-elektroder.

2.4. Generelt

De elektriske målingene ble utført av J.S. Rønning og en assistent fra oppdragsgiver. I løpet av 12 arbeidsdager ble det målt ca. 17 profilkm CP på bakken, 20 borhull CP, ett borhull IP, 3 borhull RP og 2 borhull PP. Målingene ble utført under tildels fuktige værforhold uten at dette førte til nevneverdige problemer eller forsinkelser.

3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1. CP Bakke- og borhullsmålinger

CP-målinger på bakken med jording i D82 er fremstilt som konturkart i tegning 87.173-01.

CP-målinger i borhull med jording i D82 presenteres i kurveform i figurene 1 til 6 (se side 3) og delvis i konturerte vertikalsnitt i tegning 87.173-01.

CP-målinger i borhull med jording i dagbrudd presenteres i kurveform i figur 7.

Bakkemålingene (tegning 87.173-01) viser et mønster som er svært likt det en fikk ved tidligere målinger med jording i hovedmalmen (Rønning 1981). Dette betyr at hovedmalmen dominerer strømforløpet ut fra den aktuelle jordingen, og at målingene på bakken langt på veg må sies å være mislykket.

Det fremstår imidlertid et belte fra borhullene D63 og D64 og vestover hvor avstanden mellom konturene er større, og for å undersøke om dette kunne ha sammenheng med mineraliseringen i D82 ble det foretatt målinger i en lang rekke borhull. Dette blir diskutert videre under punkt 3.3. samtolkning av CP og RP.

Konturkartet (87.173-01) viser enkelte detaljer som bør kommenteres. Lindseth skjerp fremstår som en separat mineralisering isolert fra hovedmalmen. Dette er i samsvar med tidligere diskusjon (Kihle 1979, Rønning 1981). I området rundt borhullene D87 og D88 viser konturene et uregelmessig forløp, og dette har sammenheng med at det i måleperioden sto borstreng i D88. Borringene sto stille i måleperioden, og en unngikk derved varierende elektriske betingelser i bakken. Lengst i syd-vest (profil D, 1300-1500 og profil E, 1000-1200) ble det ikke målt potensialgradient og dette skyldes sannsynligvis utgående grafittholdig fyllitt i området.

CP borhullsmålingene med jording i D82 (figurene 1-6) viser et toppotensial på ca. 1200 mV over mineraliseringen det er jordet i, mens potensialnivået på hovedmalmen er 400 mV. Dette viser at de to mineraliseringene er elektrisk adskilt. Borhullene D86 og D87 oppnår tilnærmet samme potensial på mineraliseringen, mens borhullene D64, D75, D83, D84, D85 og D88 viser klart lavere verdier. Dette indikerer at den massive mineraliseringen har begrenset utstrekning mot sør, vest og nord. Målingene i borhullene D63 og D74 viser at disse hullene ikke har skåret gjennom den interessante horisonten, og i måleperioden var derfor mineraliseringen åpen mot øst. På anbefaling fra undertegnede ble disse hullene forlenget, men det ble ifølge borformannen ikke funnet interessant mineralisering.

Borhull D84 viser et forholdsvis høyt potensial (ca. 1100 mV), og dette indikerer relativt god elektrisk kontakt med jordingselektroden. Dette sett i sammenheng med potensialbildet på bakken og det faktum at en ikke har borhull nord-vest for D86 åpner mulighetene for at mineraliseringen kan fortsette i nord-vestlig retning. I et forsøk på å avklare dette nærmere ble det foretatt enkle beregninger av mineraliseringens areal. Under de rådende fysiske forhold blir disse beregningene svært usikre, og arealet kan være alt fra ca. 15000 m² til ca. 100000 m². For å avgrense mineraliseringen mer eksakt er det nødvendig med ytterligere boringer vest for D88 og øst for D82.

Potensialnivåene på malmskjæringene i borhullene D6 og D38 (figurene 5 og 6) ligger på henholdsvis 400 mV og 265 mV, mens mineraliseringen i D82 ligger på 1200 mV. Dette indikerer at de tre mineraliseringene er elektrisk skilt fra hverandre. Borhullene D31 og D56 viser ingen interessante detaljer som avspeiler noen sammenheng med mineraliseringen det er jordet i. Borhull D57 viser en maksimumsverdi (ca. 330 mV) ved 320 meters dyp og det kan synes som om dette hullet skjærer gjennom det aktuelle stratigrafiske nivå. Borhull D72 viser en markert stigning mot slutten og dette hullet anbefales forlenget.

CP-borhullsmålinger med jording i dagbruddet er vist i figur 7. I alle de tre målte borhullene D6, D38 og D82 er det påvist massiv kis. Ved målingene med jording i D82 viste disse tre kisonene forskjellig potensialnivå. Med jording i dagbruddet gjentar dette seg, og en kan slutte at de enkelte mineraliseringene er elektrisk isolert fra hverandre. Målingene i D82 viser maksimumspotensial over en ledende struktur ved 260 meters dyp, og denne har derfor best elektrisk kontakt med jordingen (hovedmalmen). Dette behøver ikke bety at hovedmalmen nivå er ved 260 meter, men det indikerer at hovedmalmen ligger over (stratigrafisk under) den massive mineraliseringen i D82.

3.2. RP-IP Borhullsmålinger

Resultatene fra IP-målinger i borhull D87 er vist i figur 8. Beregnet ledningsevne i borhullene D87, D86 og D82 er vist i figurene 9, 10 og 11.

IP-målingene i D87 (figur 8) viser anomale verdier (større enn 5%) i store deler av borhullet, og det indikeres her flere nivå med kismineraliseringer. Enkelte punkter er markert med ? og dette skyldes at verdiene er usikre på grunn av støy som igjen skyldes meget god ledningsevne. Ledningsevнемålingene i D87 (figur 9) viser god korrelasjon med IP-målingene og en kan ut fra det slutte at de ledende horisontene som indikeres skyldes kismineraliseringer. Ved disse undersøkelsene var ledningsevnen den mest interessante, og for å spare tid ble derfor IP-målingene utelatt i borhullene D82 og D86.

Ledningsevнемålingene i de tre borhullene viser viktige detaljer som en på forhånd ikke var klar over. Det indikeres flere ledende horisonter med tildels meget god ledningsevne. De enkelte nivå kan finnes igjen i samtlige tre borhull, noe som viser at innenfor det aktuelle området er horisontene utholdene.

Av særlig interesse er det å merke seg at i heng av den massive kisen som var utgangspunkt for undersøkelsene, finnes flere strukturer med større mektighet og bedre ledningsevne. Under slike fysiske forhold er det umulig å få uforstyrret informasjon om den underliggende kisen ved bakkemålinger.

For å få et bilde av hvilket materiale som gir den gode ledningsevnen ble borkjerner fra D87 studert. Ved 297 meters dyp kunne en finne nær 10 cm med massiv magnetkis. Kvantitative målinger på denne viste meget god ledningsevne og denne forklarer resultatene ved borhullsmålingen. Det ble også påvist andre magnetkissbånd med tilsvarende ledningsevne, og det antas at denne type mineralisering er årsak til de fleste ledningsevneanomaliene i de tre borhullene.

3.3. CP-RP Samtolking

I tegning 87.173-02 er strukturer hvor den målte ledningsevnen er større enn 10 m S/m plottet sammen med CP-konturer i vertikalsnitt. Denne presentasjonsformen gir et godt bilde av hvordan de enkelte horisontene henger sammen, og samtidig gir dette en bedre forståelse av CP-målingene.

Det nevnte belte fra borhullene D63 og D64 og vestover hvor avstanden mellom CP-konturene på bakken er større synes å være styrt av en relativt grunn ledende horisont. Denne finnes ved ca. 125 meters dyp i D87 og 150 meters dyp i D86. Over denne ligger en annen struktur som også har en viss innvirkning på potensialforløpet (ca. 100 meters dyp i D86).

I området 225 til 300 meters dyp i D87 er potensialet konstant. En mulig forklaring til dette er at de markerte ledende horisonter i området kiler sammen slik utviklingen er fra D87 til D86, og at strømmen følger horisontene i stedet for å gå mellom.

Potensialforløpet mot borhull D74 indikerer at de to ledende nivåene fortsetter i denne retningen. Dette kan forklare de uoverensstemmelsene tidligere turammålinger (Elvebakk 1984, Elvebakk & Lile 1985) har vist. Målinger med forskjellig energisering viser sprik i dybdetolkning, og dette kan ha sammenheng med at de forskjellige nivåene energiseres ulikt ved forskjellig kabelutlegg. Dersom dette er riktig, betyr det at de anomalier som er påvist på bakken ikke har noe med den interessante massive kismineraliseringen i D82 å gjøre. For å få et klarere bilde av de ledende strukturenes utbredelse anbefales ytterligere lednings-
evnemålinger i borhull. Dette vil være til hjelp ved tolkning av Syscal EM- og TFEM-målingene.

CP-målingene i D75 og D82 viser interessante detaljer ved ca. 280 meters dyp. Her påvises et minimumspunkt som kan forklares med at en ledende sone har sitt tyngdepunkt syd for D75. Dette minimum kommer også frem ved målingene i D64 og D83 (figur 2). Ifølge borhullslogg finner en like over denne (273-278 m i D75) en sulfidimpregnert klorittskifer, og denne har ifølge oppdragsgiver interessant kobbergehalt (Boye Løvaas, personlig meddelelse). Minimumsnivået synes imidlertid å være styrt av magnetkisbånd som i D75 finnes ved 283 meters dyp (se borhullslogg). Det er uklart om det er noen geologisk sammenheng mellom den interessante klorittskiferen og magnetkisbåndene, men undersøkelsene bør oppfølges med boringer sør for D75. Det vil også være av interesse å måle geofysikk i alle nye borhull.

3.4. PP Borhullsmålinger

Målte potensialgradienter ved PP-målingene i D82 og D87 er vist som kurver i figurene 12 og 13. Under normale forhold skulle en her fått kurver som varierer rundt null, og som har "crossover" ved de enkelte lederne. De målte gradientverdier er nesten i sin helhet positive, og det synes klart at resultatene er påvirket av

de kompliserte fysiske betingelser ledningsevne målingene har påvist. Ved å gjøre visse antagelser kan det være mulig å si noe om de mest markerte ledernes utbredelse. Disse tolkningene vil imidlertid være meget usikre, og en kan uansett ikke si noe om den aktuelle kismineraliseringen ved 237 meters dyp i D82. En må derfor konkludere med at PP-målingene var mislykket.

4. KONKLUSJONER

CP-målinger på bakken har ikke gitt informasjoner om den interessante massive kismineraliseringens utbredelse. Målingene i borhull har vist at mineraliseringen er isolert fra hovedmalmen, og at enkelte hull var for grunne til at det aktuelle nivå ble skåret gjennom. Tolkning av mineraliseringens areal er meget usikker på grunn av kompliserte elektriske forhold. Det antydes et sted mellom 15.000 og 100.000 m².

Ledningsevne målinger i borhull viser flere ledende strukturer, og gode korrelasjoner med IP-målinger indikerer at disse i sin helhet skyldes kismineraliseringer. Over den interessante mineraliseringen er det påvist flere ledende horisonter hvor både ledningsevne og mektighet er større enn for sonen som skulle kartlegges. En stikkprøve viste at bånd av magnetkis er årsaken til de gode ledningsevneanomaliene. Med en leder-geometri som er påvist ved borhullsmålingene er det umulig å få upåvirket informasjon om dypereliggende ledere ved bakkemålinger.

En sammenstilling av CP- og ledningsevnedata gir et godt bilde av ledergeometrien og samtidig gir dette en bedre forståelse av CP-målingene. For å få et klarere bilde av de ledende strukturenes utbredelse, anbefales ytterligere ledningsevne målinger i borhull. Dette vil være nyttig ved en samlet tolkning av alle de geofysiske data som forefinnes.

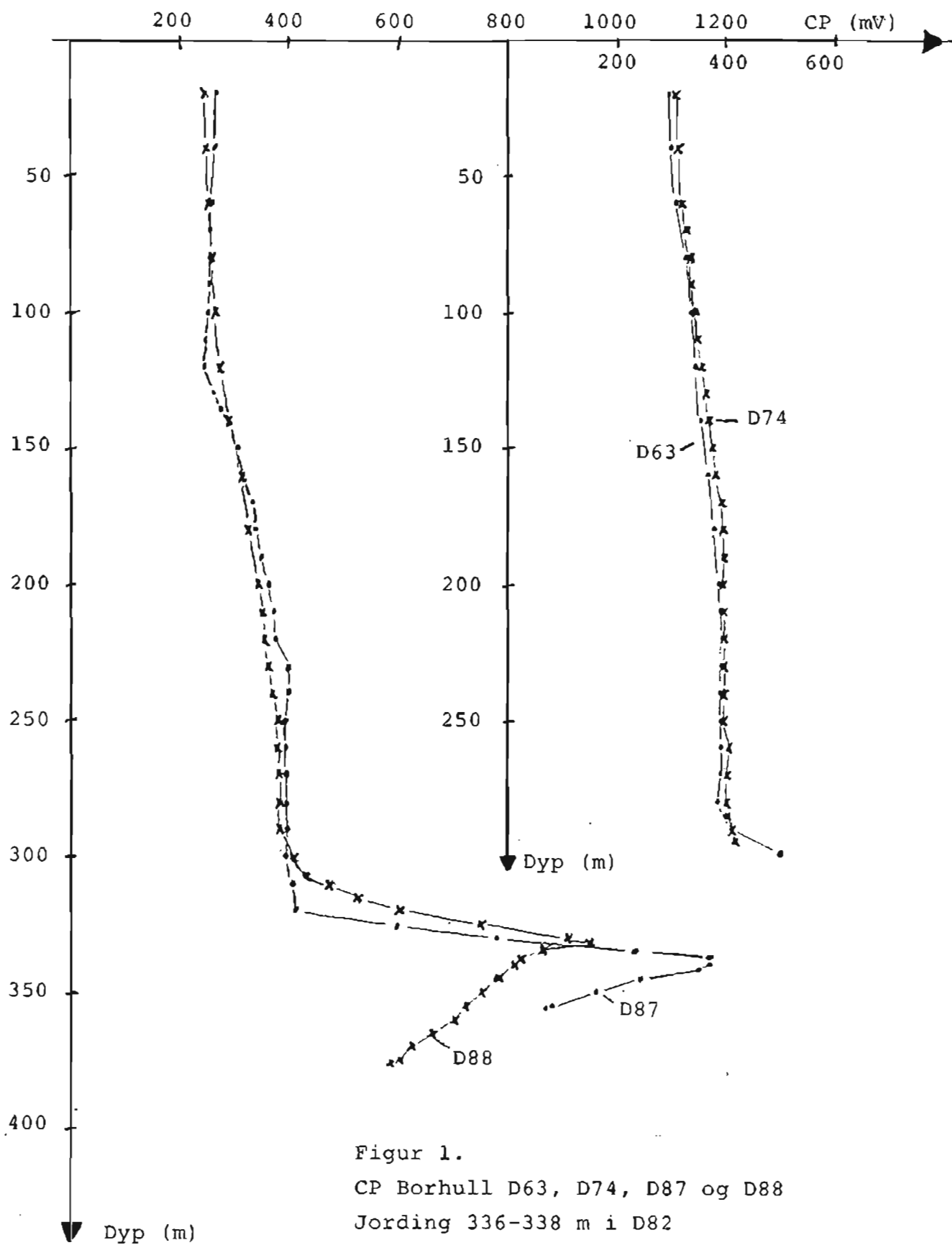
Forsøksmåling med provosert potensial (PP) ble mislykket på grunn av de kompliserte fysiske forhold.

Trondheim, 11. januar 1988
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling

Jan Steinar Rønning
Kst. seksjonssjef

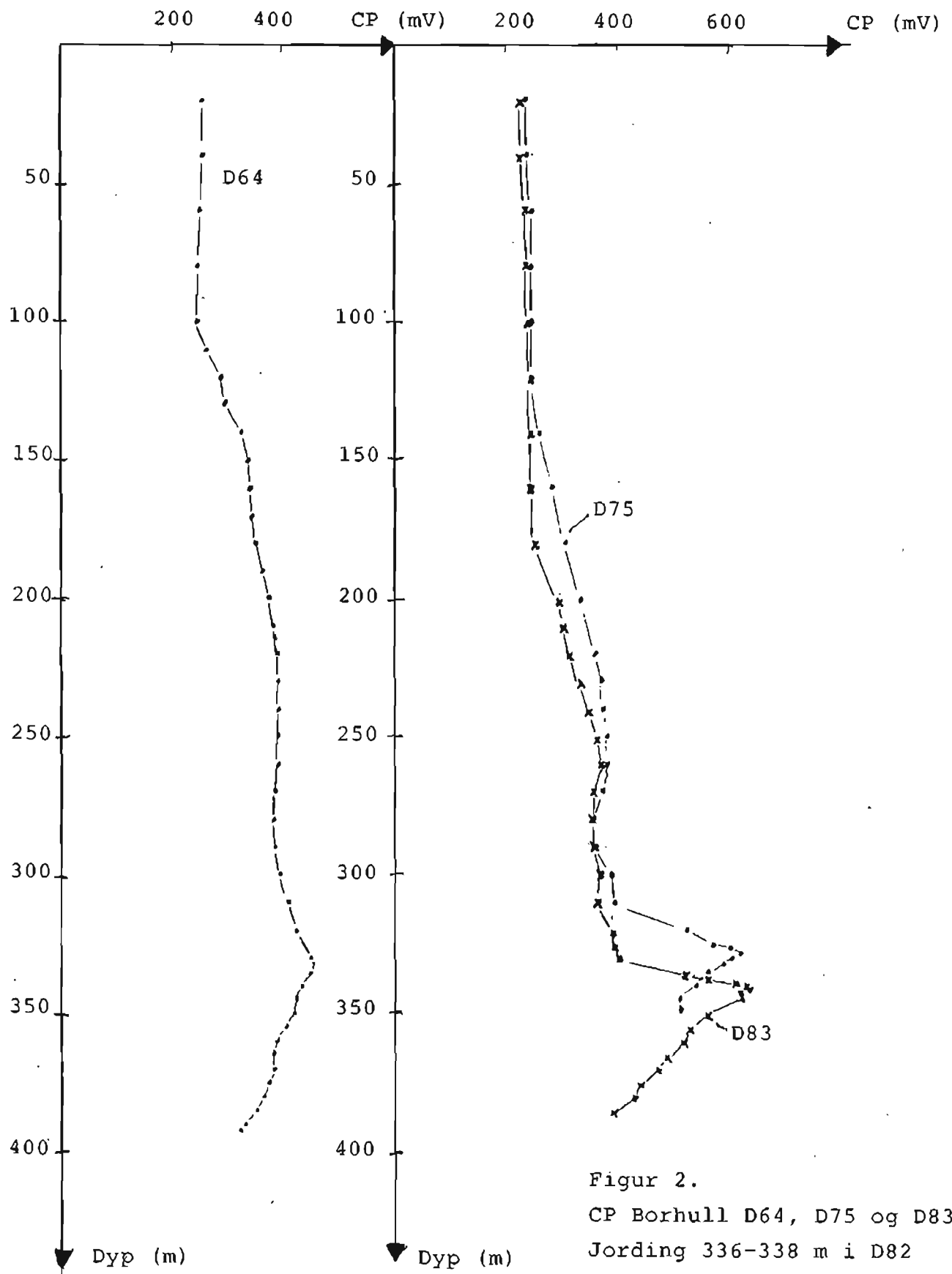
5. REFERANSER

- Elvebakk 1984: Elektromagnetiske målinger i Joma 1984. Inst. for Pet. Tekn. og Anv. geofysikk, NTH. Rapport nr. 84.M.02.
- Elvebakk & Lile 1985: Elektromagnetiske målinger i Joma 1985. Inst. for Pet. Tekn. og Anv. geofysikk, NTH. Rapport nr. 85.M.05.
- Elvebakk & Lile 1986a: Elektromagnetiske dybdesonderinger, EM SYSCAL, Joma 1985. Inst. for Pet. Tekn. og Anv. geofysikk, NTH. Rapport nr. 86.M.05.
- Elvebakk & Lile 1986b: Elektromagnetiske dybdesonderinger, EM SYSCAL, Joma 1986. Inst. for Pet. Tekn. og Anv. geofysikk, NTH. Rapport nr. 86.M.07.
- Kihle 1979: CP-målinger Linseth skjerp og Joma vest. NGU rapport 1667A.
- Lile & Kaspersen 1979: Elektriske metoder. Kompendium i malmgeofysikk NTH.
- Rønning 1981: CP-målinger i Jomafeltet 1981. NGU rapport 1854.
- Rønning 1988: TFEM-målinger i Jomafeltet sommeren 1987. NGU rapport 88.016.

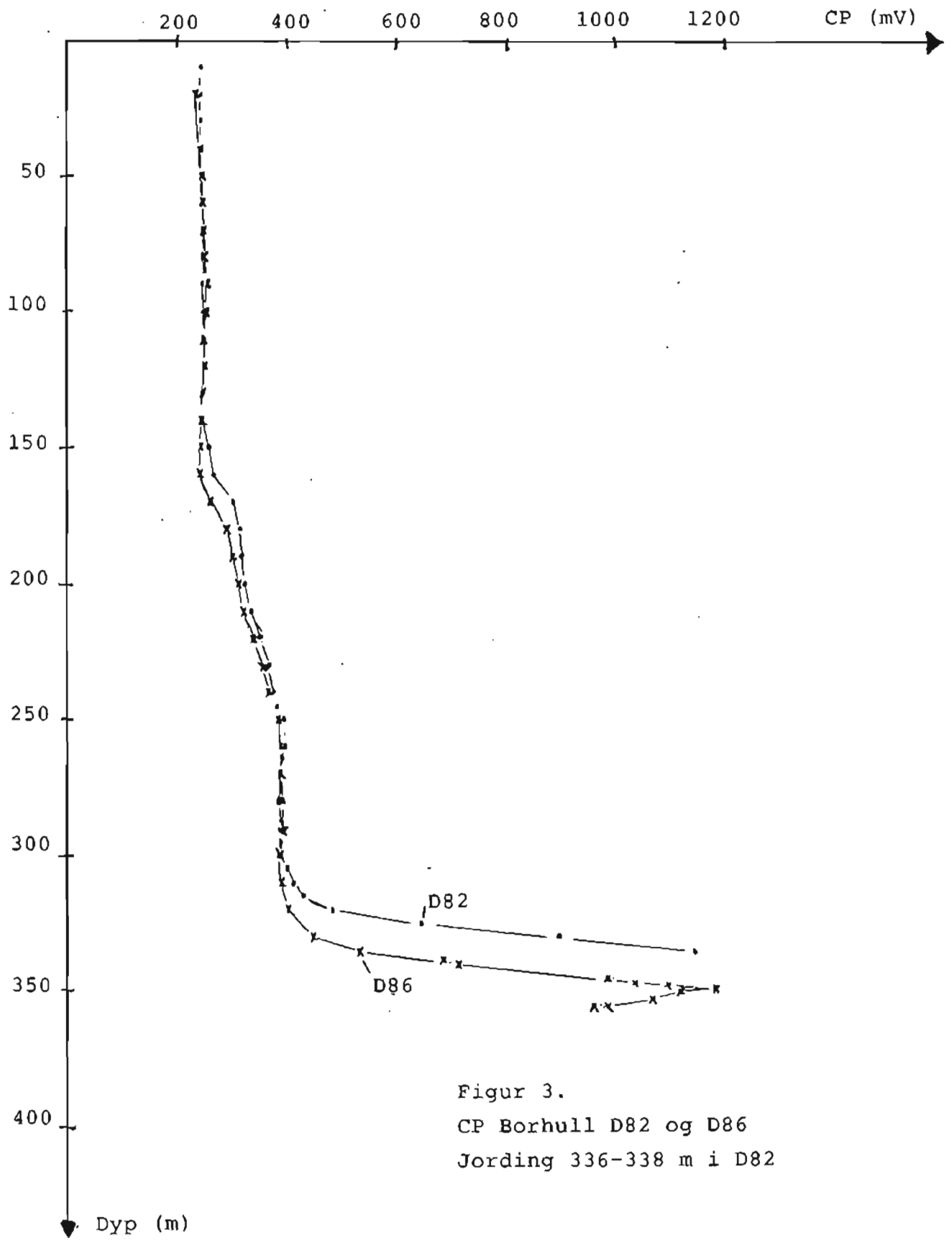


Figur 1.

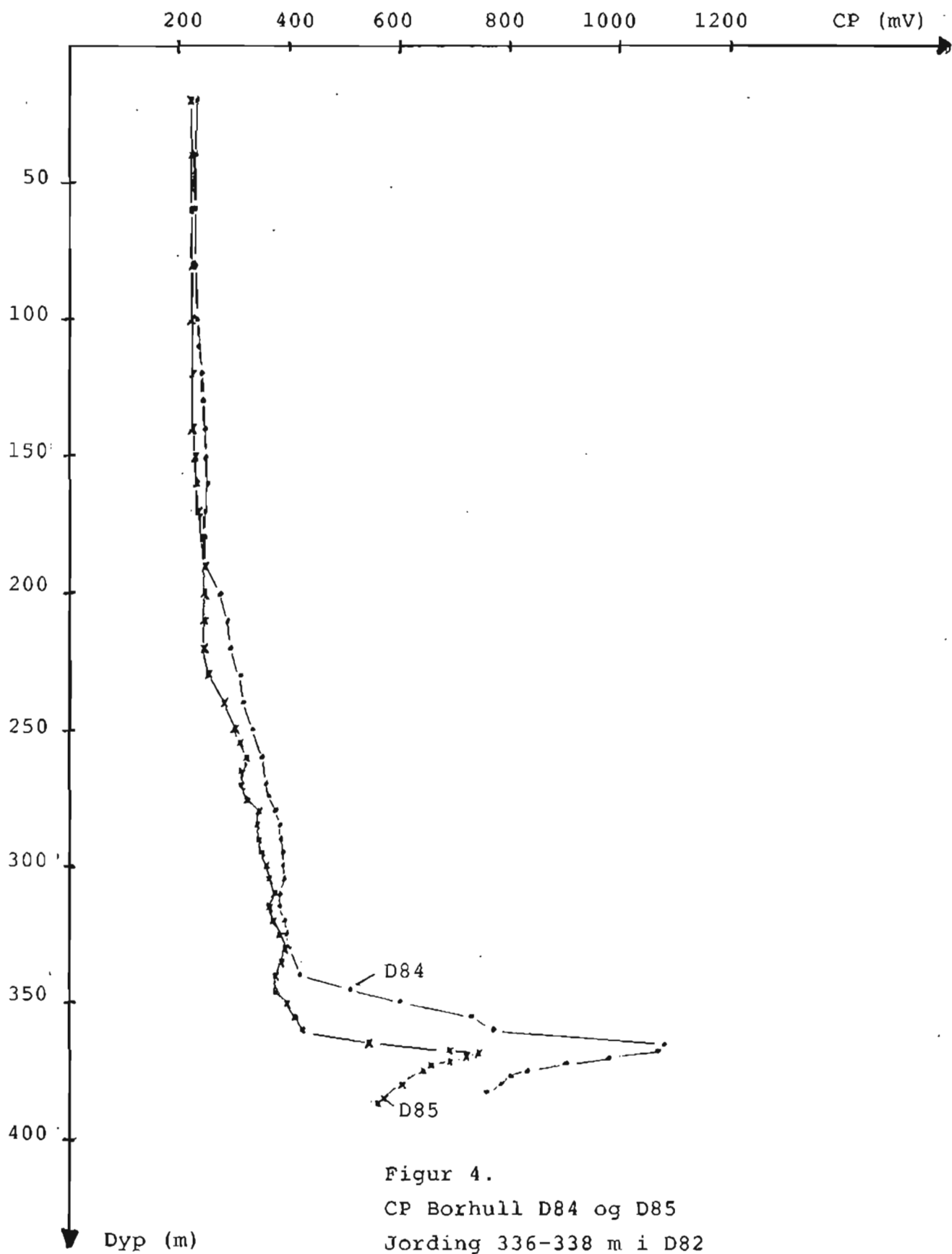
CP Borhull D63, D74, D87 og D88
 Jording 336-338 m i D82

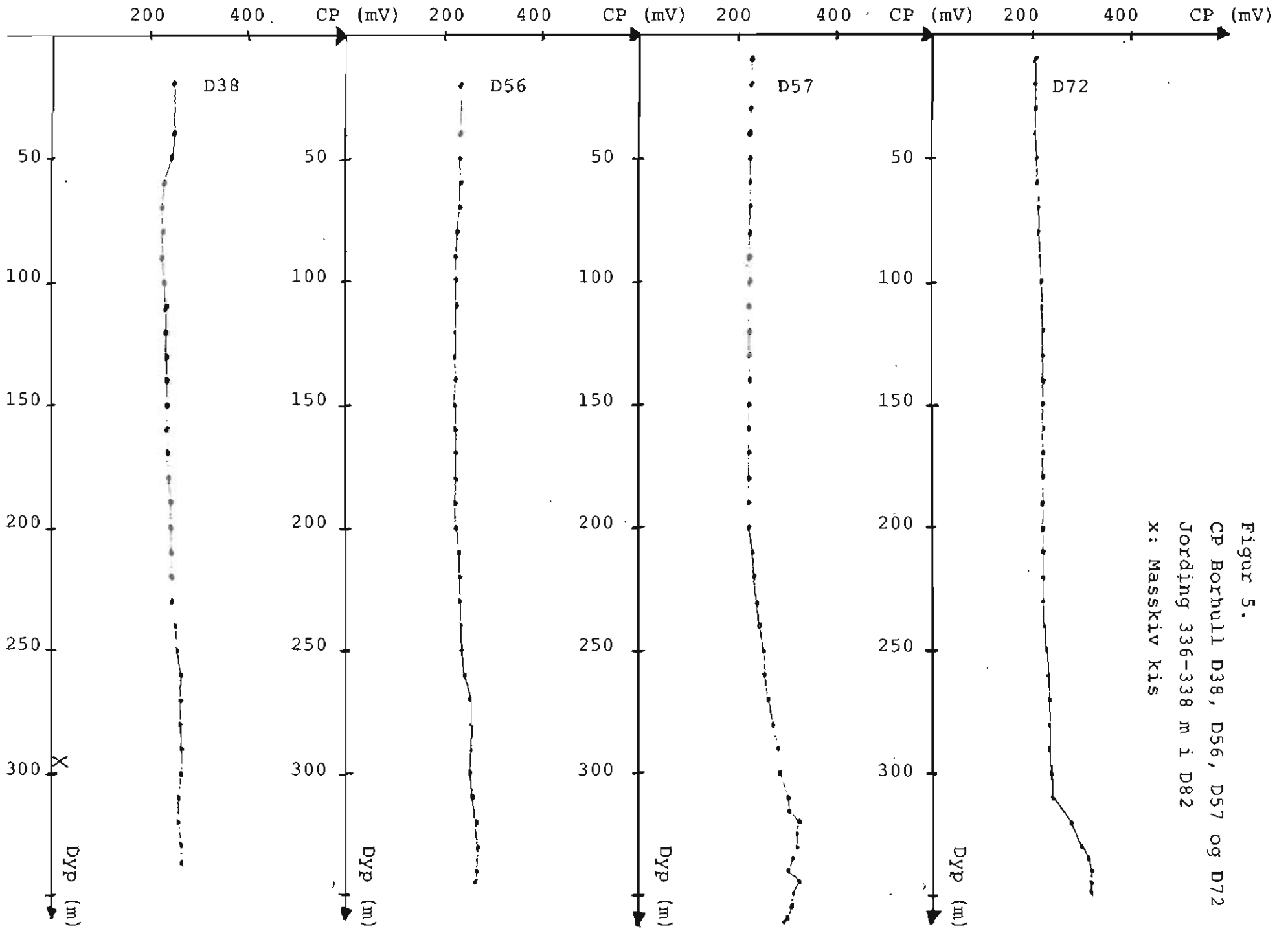


Figur 2.
 CP Borhull D64, D75 og D83
 Jording 336-338 m i D82

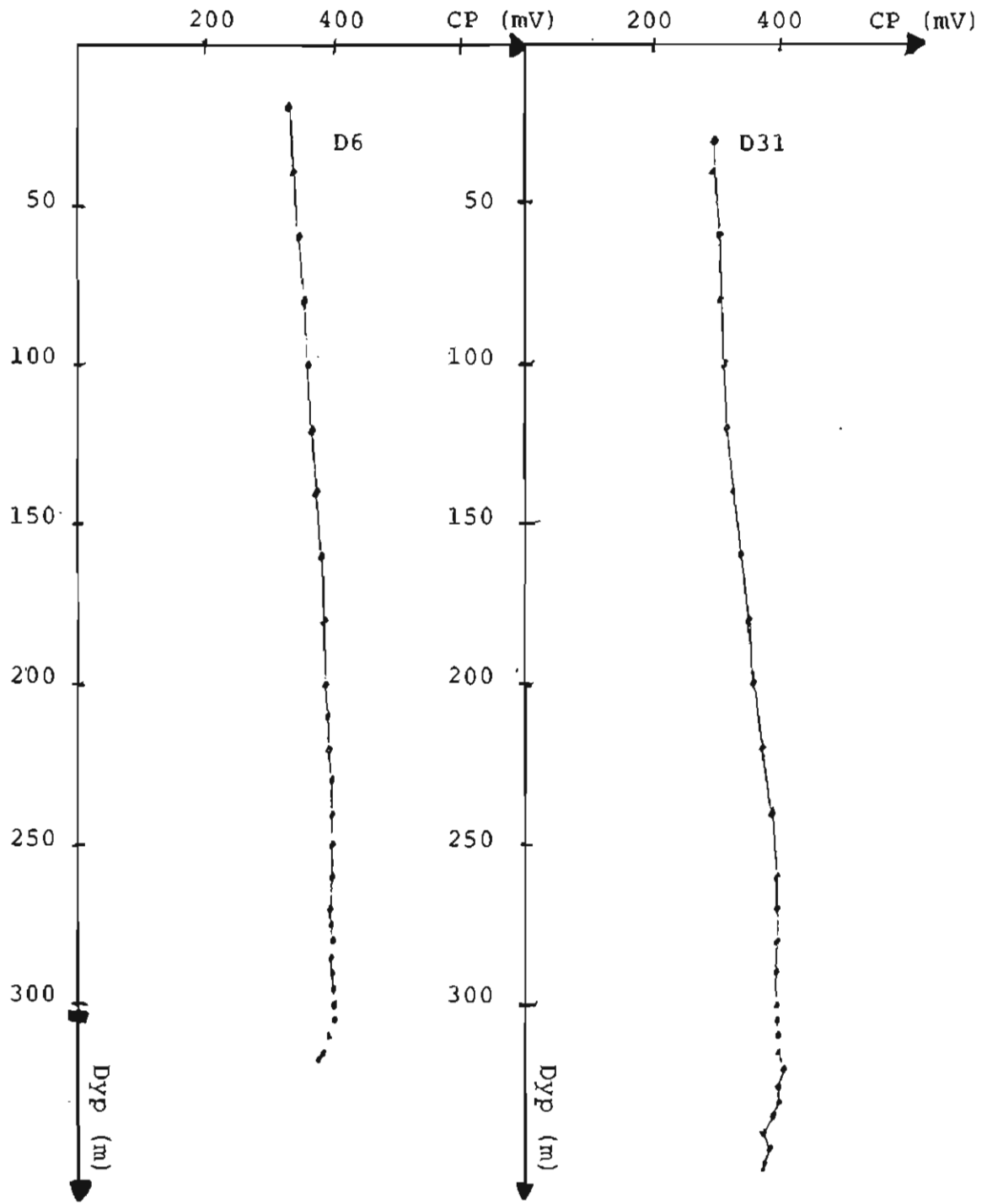


Figur 3.
 CP Borhull D82 og D86
 Jording 336-338 m i D82



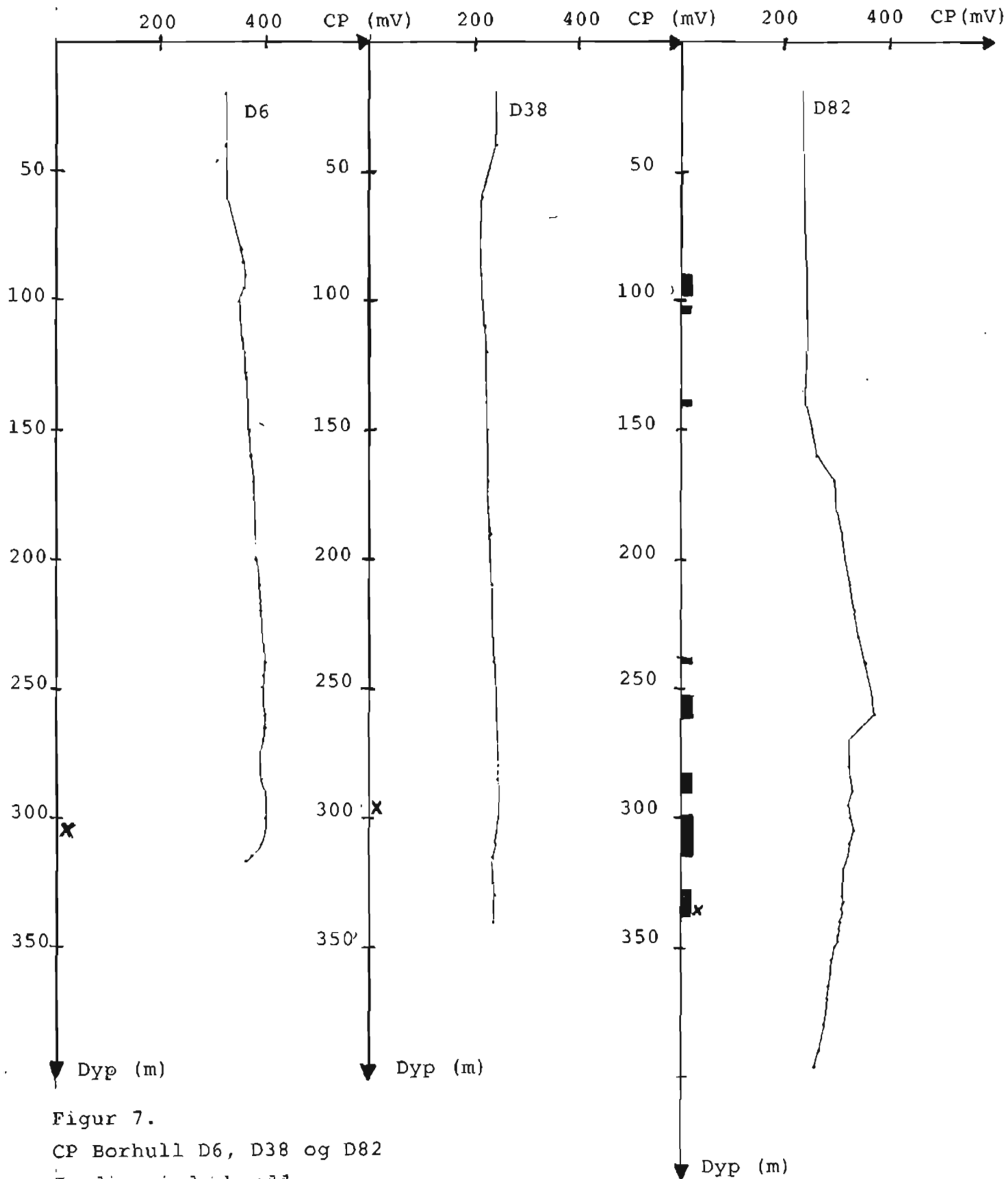


Figur 5.
 CP Borhull D38, D56, D57 og D72
 Jording 336-338 m i D82
 x: Masskiv kis



⌋ : kis

Figur 6.
 CP Borhull D6 og D31
 Jording 336-338 m 1 D82



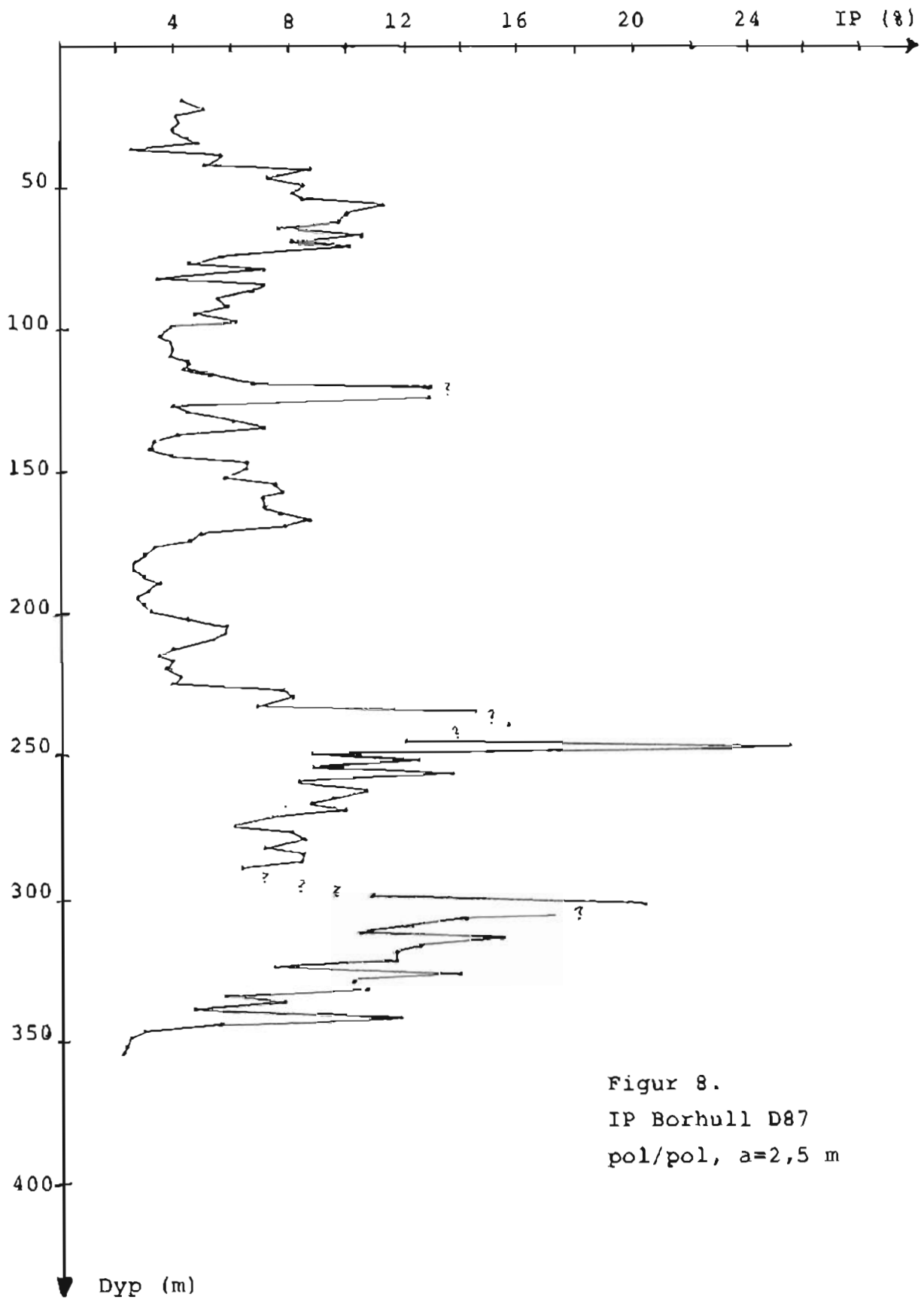
Figur 7.

CP Borhull D6, D38 og D82

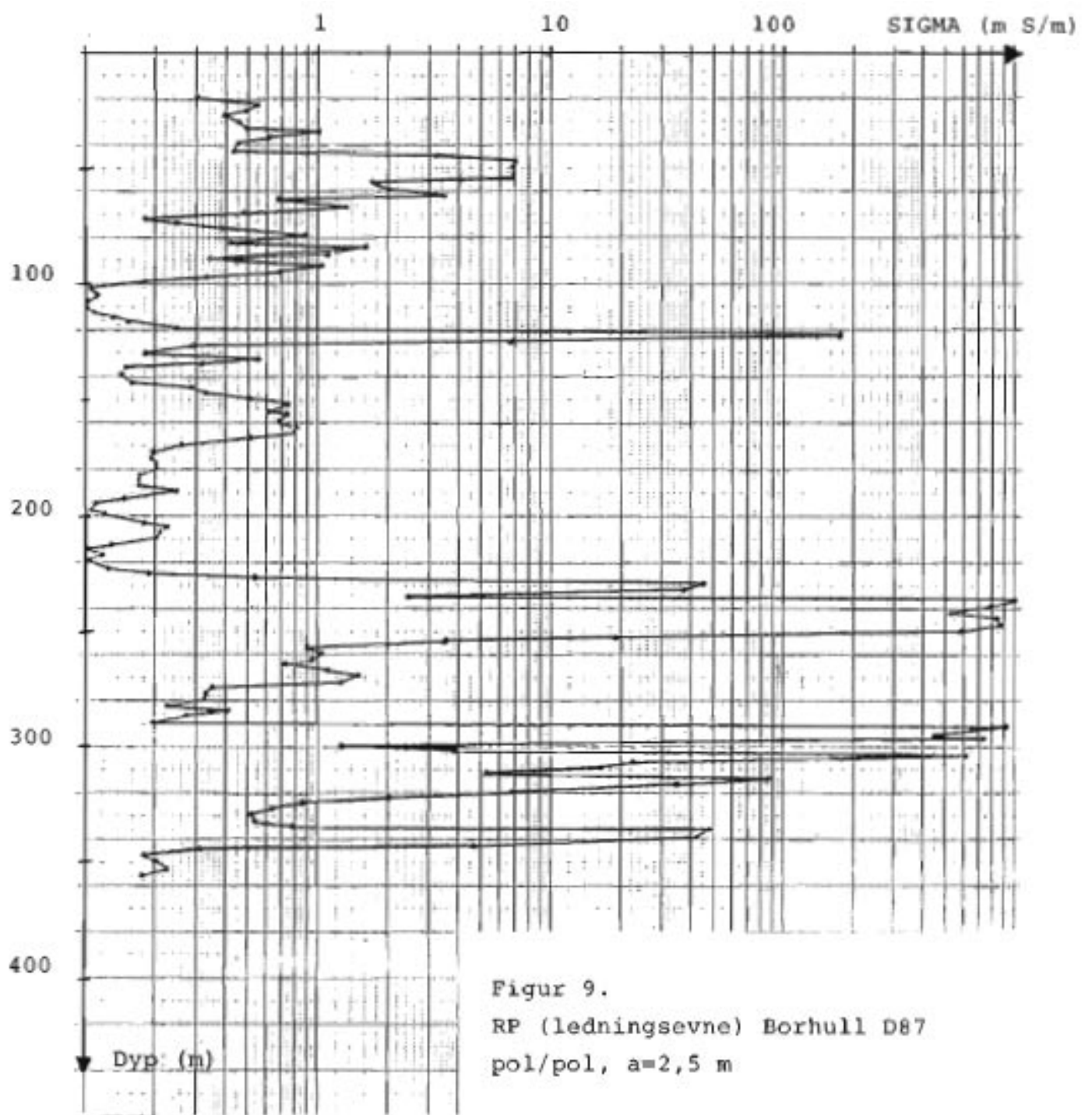
Jording i dagbrudd

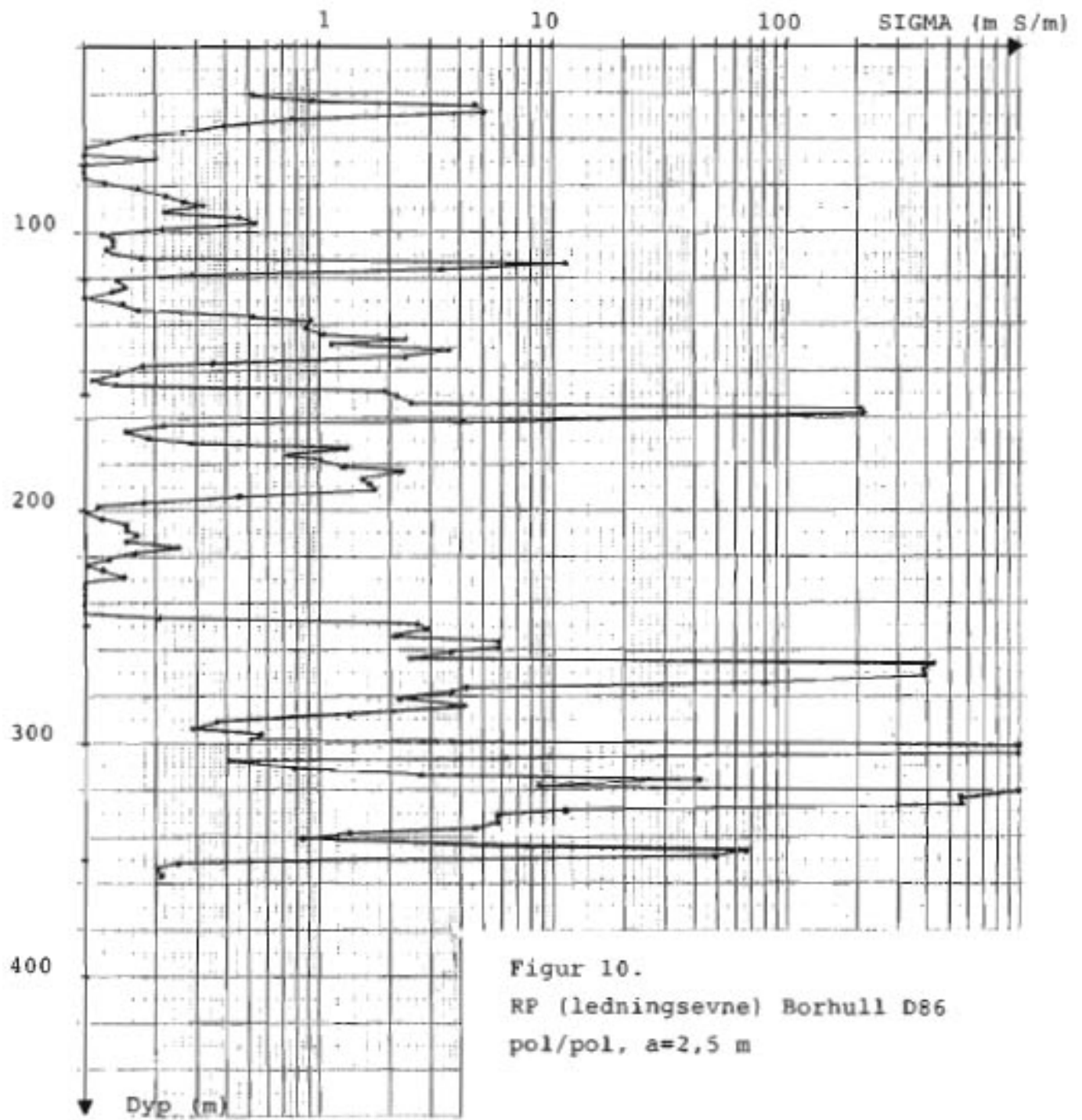
■ : SIGMA > 10 m S/m

x: MASSIV KIS

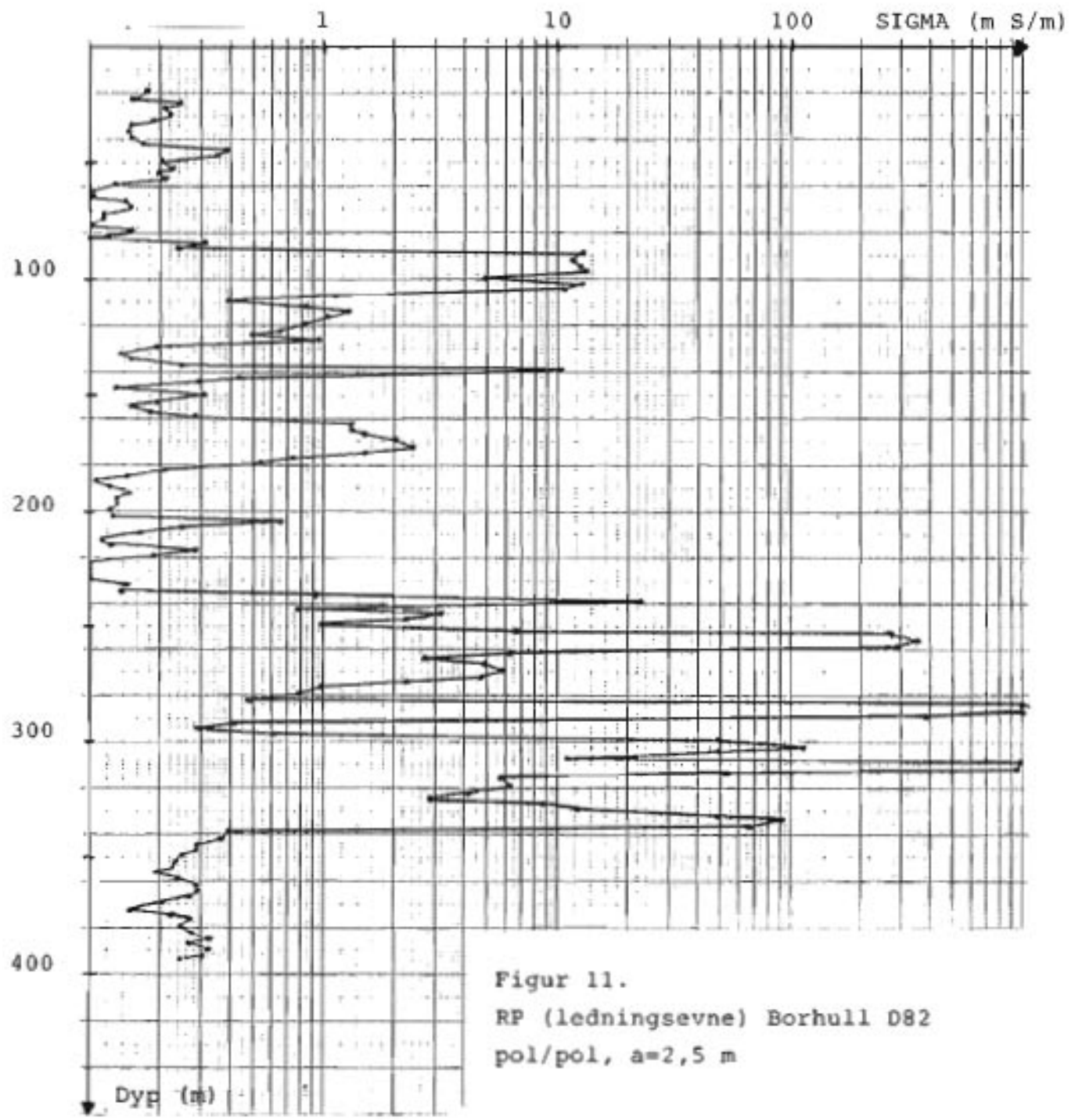


Figur 8.
 IP Borhull D87
 pol/pol, a=2,5 m

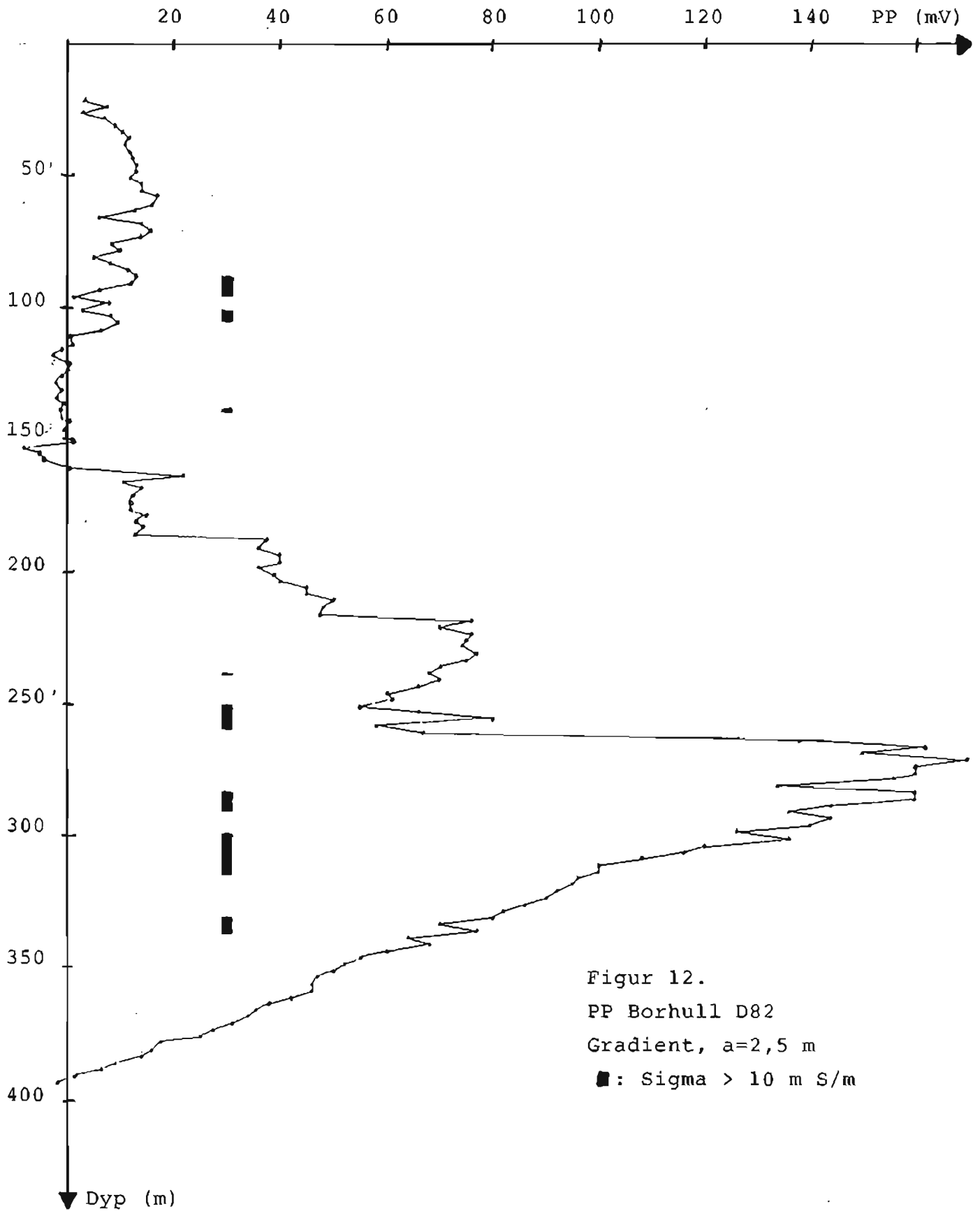




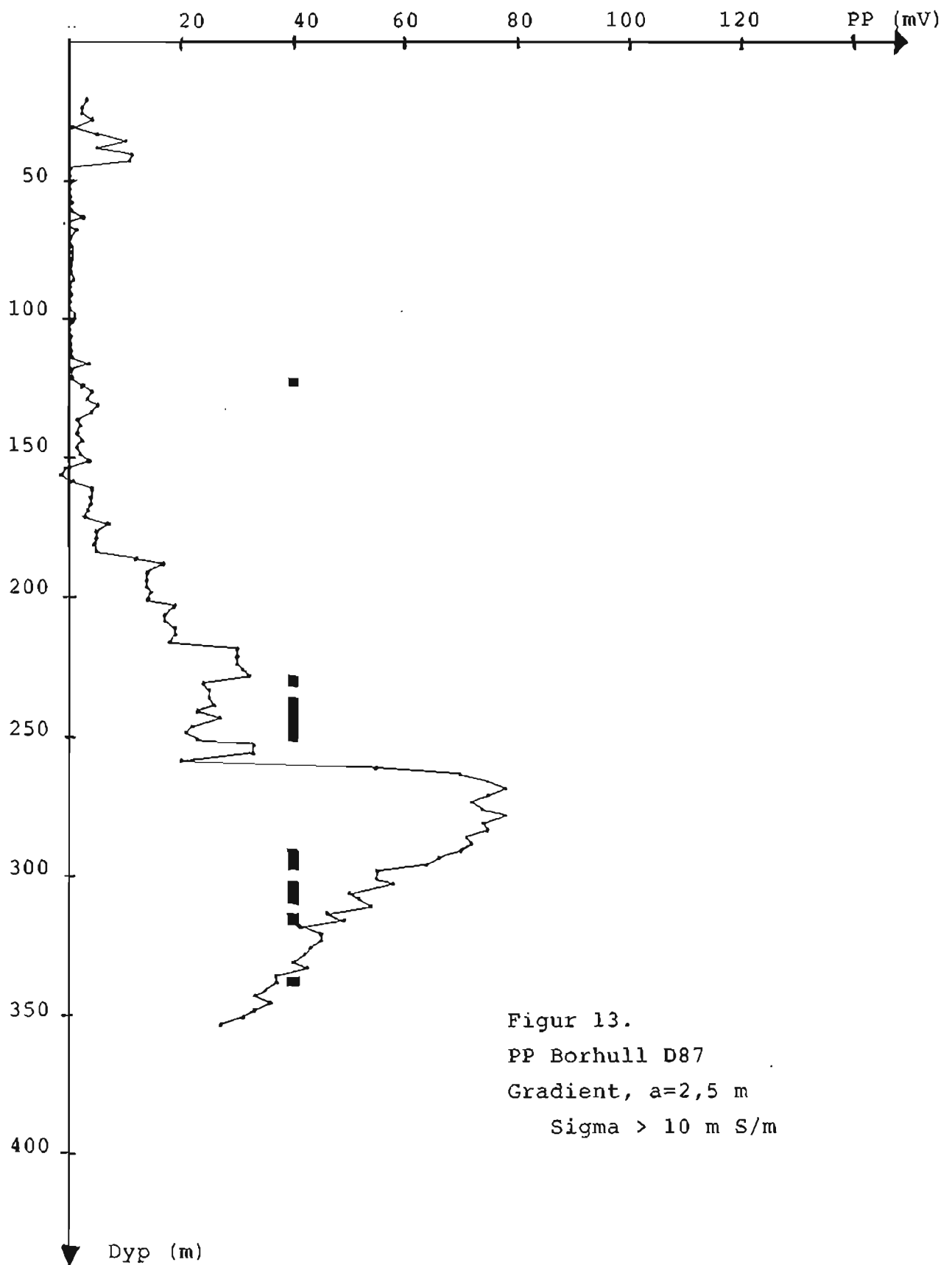
Figur 10.
 RP (ledningsevne) Borhull D86
 pol/pol, a=2,5 m



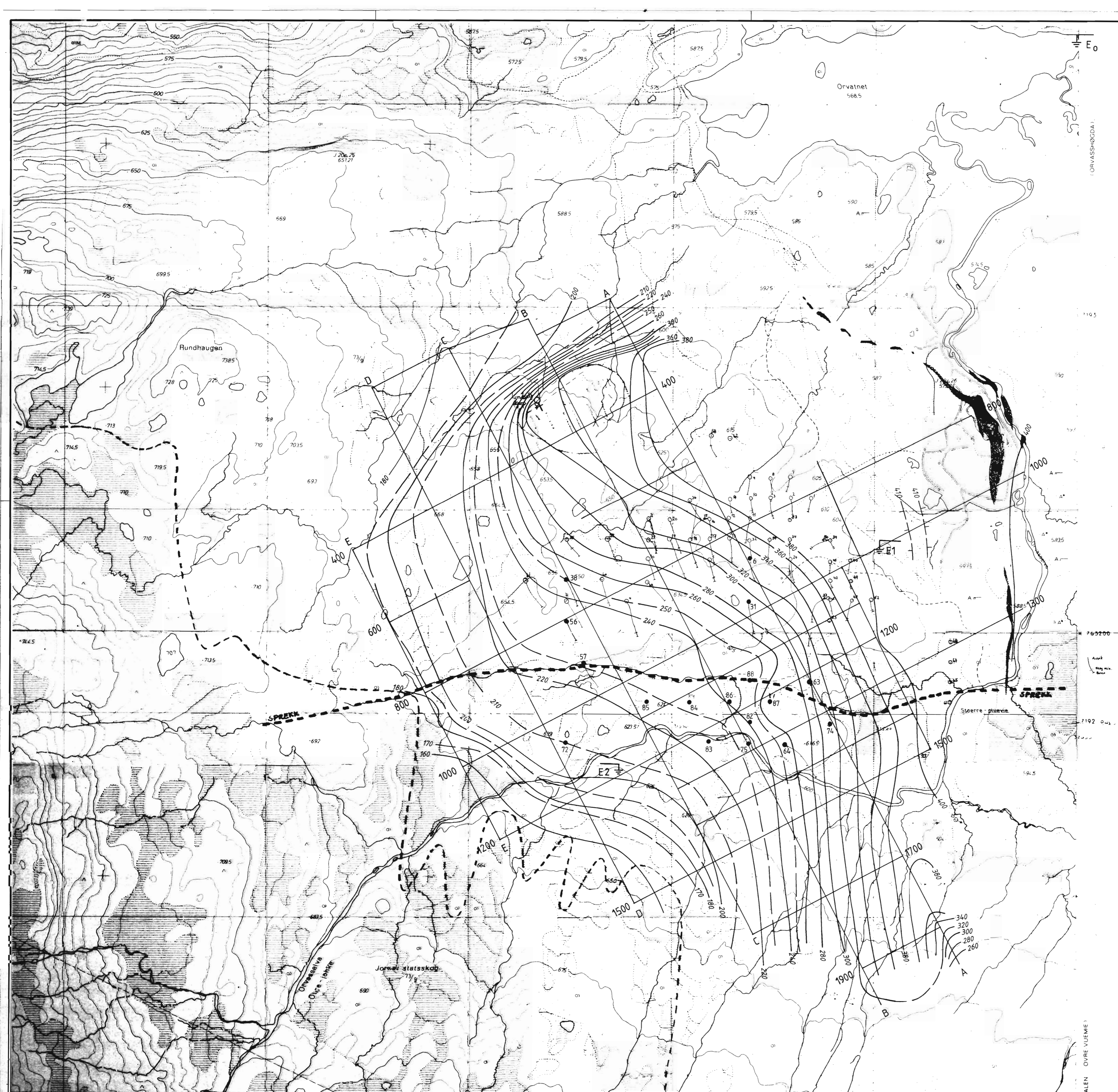
Figur 11.
 RP (ledningsevne) Borhull D82
 pol/pol, a=2,5 m



Figur 12.
 PP Borhull D82
 Gradient, $a=2,5$ m
 ■: $\sigma > 10$ m S/m



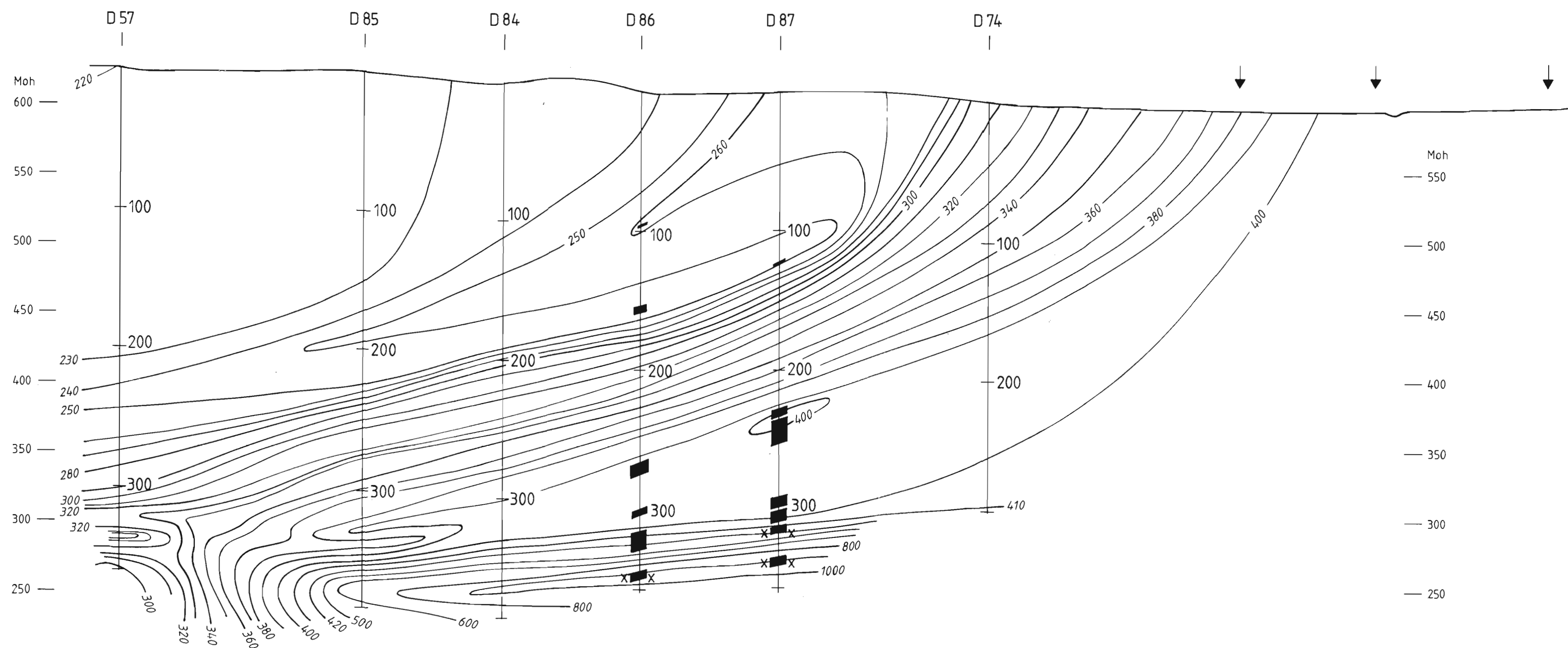
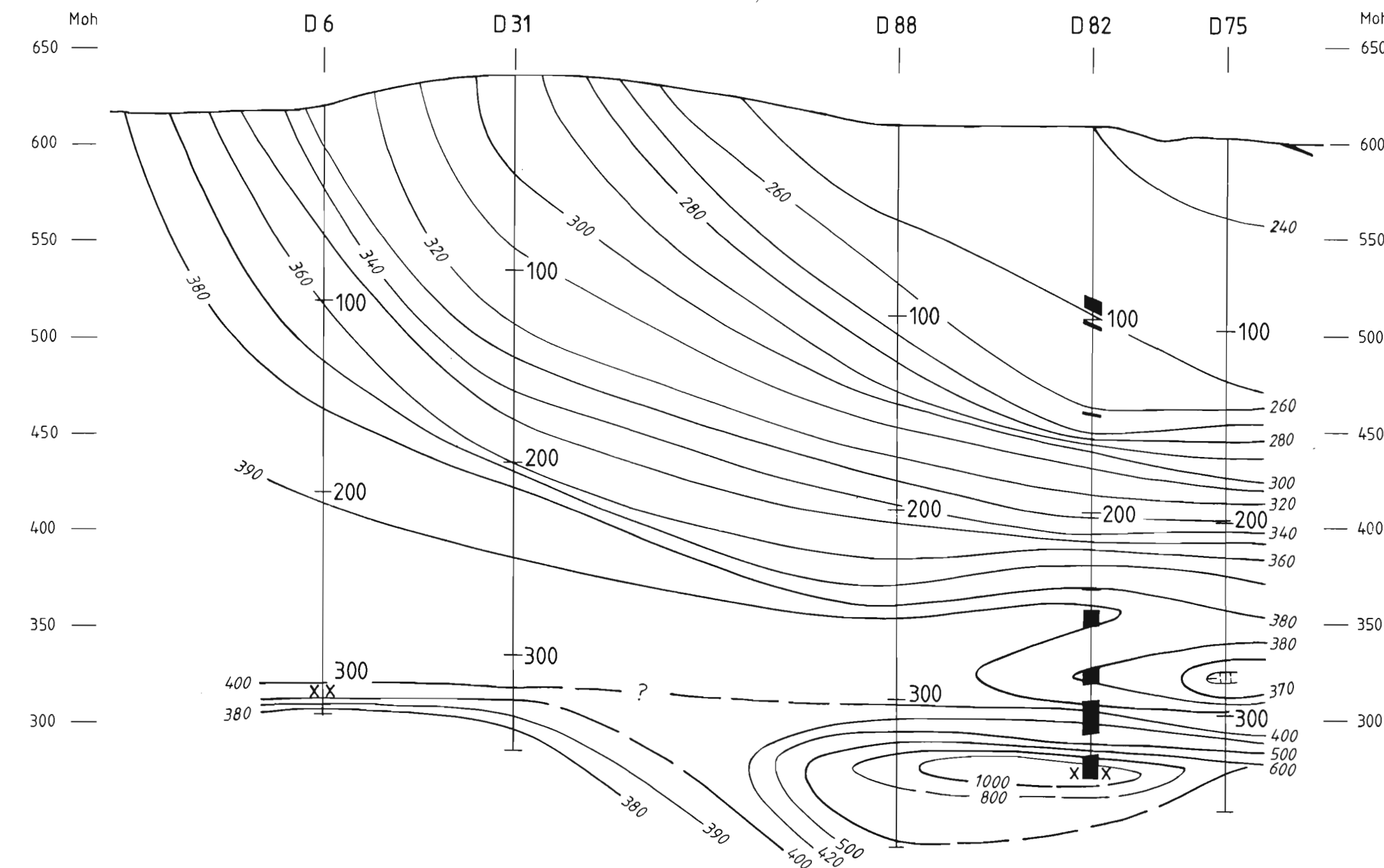
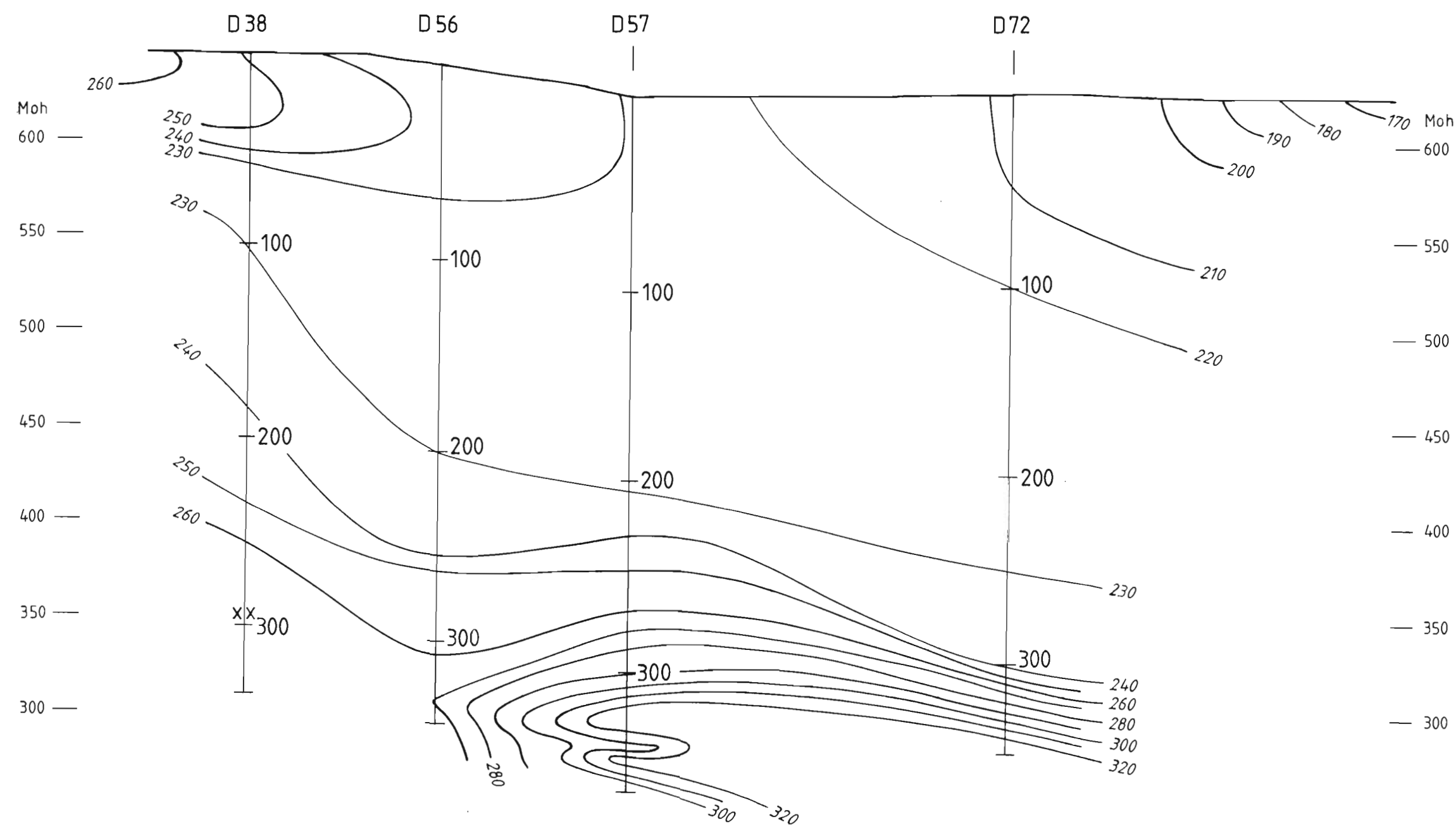
Figur 13.
 PP Borhull D87
 Gradient, $a=2,5$ m
 $\text{Sigma} > 10$ m S/m



TEGNFORKLARING

- CP-JORDING 336-338 m I D82
- KONTURINTERVALL 20mV
- - - KONTURINTERVALL 10mV
- MÅLTE PROFILER
- ♀ LINDSETH SKJERP
- ⊙ BORHULL M/AVVIK
- ⊥ E₀ FJERN STRØMELEKTRODE VED CP
- ⊥ E₁ FJERN STRØMELEKTRODE VED IP-RP
POSITIV STRØMELEKTRODE VED PP
- ⊥ E₂ FJERN POTENSIALEKTRODE VED IP-RP
NEGATIV STRØMELEKTRODE VED PP

GRONG GRUBER A/S CP KONTURKART JOMA RØYRVIK, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	OBS. JSR	JUNI 1987
	1:5000	TEGN. JSR	AUG. 1987
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	TRAC. G.G	KARTBLAD NR.
	87.173-01	KFR.	1924 I



TEGNFÖRKLARING

- 100 — BORHULL M/DYP
- 360 — CP-KONTUR
- ↓ TURAM-ANOMALI (NGU)
- $O \geq 10 \text{ m S/m}$ (D82, D86, OG D87)
- XX MASSIV KIS
- Moh METER OVER HAVET

GRONG GRUBER A/S CP VERTIKALSNIITT JOMA RØYRVIK, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT JSR	JUNI 1987
	1:2500	TEGN JSR	JULI 1987
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	87.173-02	1924 I	