NGU Rapport 95.132

Undersøkelse for HVDC-elektrode.
Detaljundersøkelse av Storgangen.

Postboks 3006 - Lade
7002 TRONDHEIM
Tlf. 73 90 40 11
Telefaks 73 92 16 20

RAPPORT

Rapport nr.: 95.132	ISSN 0800-3416	Gradering: ~~Fortrolig~~ Åpen

Tittel:
Undersøkelse for HVDC-elektrode. Detaljundersøkelse av Storgangen.

Forfatter: Jan S. Rønning & Einar Dalsegg	Oppdragsgiver: Statnett SF
Fylke: Rogaland	Kommune: Sokndal
Kartblad (M=1:250.000) Mandal	Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1311 IV Sokndal
Forekomstens navn og koordinater: Storgangen 32 V 3442 64722	Sidetall: 18 Pris: Kartbilag: 3

Feltarbeid utført: 22. - 31. mai 1995	Rapportdato: 10. januar 1996	Prosjektnr.: 61.2621.00	Ansvarlig: Jan S. Rønning

Sammendrag:

På oppdrag fra STATNETT SF har NGU utført detaljerte undersøkelser på ilmenittforekomsten Storgangen, Sokndal Kommune i Rogaland. Hensikten har vært å vurdere forekomsten som et mulig jordingspunkt for en eventuell fremtidig HVDC-elektrode (High Voltage Direct Current).

Ved hjelp av jording med 13 elektroder direkte i malmen er Storgangen aktivisert som strømdistributør i en lengde av ca. 2 km. Potensialmålinger har kartlagt overgangsmotstand fra malmkropp til omkringliggende bergart til 0,44 ohm. Høyeste potensialgradient på bakken utenfor selve elektrodene ble målt til 2,4 mV/Am nært et jordingspunkt for høyspentanlegg. Høyeste verdi ellers var 1,0 mV/Am. Uttesting av forskjellige elektroder indikerer at overgangsmotstand fra elektrode til malmkropp kan reduseres til 1 ohm ved å benytte en elektrode med diameter 3 cm og lengde ca. 9 meter.

Sammenlignet med jordingspunkt i sjø er kanskje Storgangen, på grunn av relativt høy overgangsmotstand, lite aktuell som jordingsmedium. Teknikken med jording i godt ledende geologiske strukturer synes imidlertid interessant, og siden Storgangen har en aktuell infrastruktur for skjerming av elektroder anbefales det å gjøre en langtidstest med f.eks. 100 A. Ved en slik test må det benyttes flere elektroder og lokaliseringen av disse må skje på grunnlag av detaljerte ledningsevneundersøkelser. En må også på forhånd undersøke om det finnes tekniske anlegg som kan få korrosjonsskader ved en slik test.

Emneord:	Geofysikk	Malmgeologi
	Elektrisk måling	
		Fagrapport

INNHOLD

1. INNLEDNING.....4

2. OMRÅDEBESKRIVELSE.....4

3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE.....5

3.1 Flere elektroder i malmen. 6

3.2 Forskjellig elektrodeutforming.....7

4. RESULTATER OG DISKUSJON.....7

4.1 Flere elektroder i malmen. 7

4.2 Forskjellig elektrodeutforming.....9

5. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER.....11

6. REFERANSER.....12

TEKSTBILAG:

Tekstbilag 1: CP metodebeskrivelse.

DATABILAG:

Figur 1: Geologisk kart over Storgangen.
Figur 2: Målt potensial, Storgangen - fjernelektroden.
Figur 3: Målt potensial langs profil i dagbruddet og i gruvegangene.
Figur 4: Målt potensial ved elektrodetest.

KARTBILAG:

95.132-01: Oversiktskart, M 1 : 50.000
-02: Oversiktskart gruva, M 1:5000
-03: CP konturkart, jording C1 - C15, M 1:5000

1. INNLEDNING.

På oppdrag fra STATNETT SF har NGU utført detaljerte undersøkelser på ilmenitt-forekomsten Storgangen, Sokndal Kommune i Rogaland. Hensikten med dette har vært å vurdere forekomsten som et mulig jordingspunkt for en eventuell fremtidig HVDC-elektrode (High Voltage Direct Current) for kraftoverføring til kontinentet. Arbeidet er en del av et prosjekt som har gått over 2 år og hvor en har samarbeidet med Sveriges Geologiske Undersøkelse (SGU) og Institutt for petroleumsteknologi og anvendt geofysikk, NTH (nå NTNU).

På grunnlag av litteraturstudier ble det vinteren 1994 valgt ut 7 lokaliteter for videre undersøkelse med henblikk på HVDC-elektrode (Dalsegg & Rønning 1994). Ved oppfølgende undersøkelser våren 1994 (Rønning m. fl. 1994) ble Storgangen ved Hauge i Dalane vurdert som mest interessant. Det ble her foreslått følgende videre undersøkelser:

1) Uttesting av forekomstens egenskaper ved bruk av flere elektroder.
2) Uttesting av elektroder med forskjellig størrelse og utforming.
3) Uttesting av forekomstens egenskaper over lengre tid med høy strømstyrke.

I en prosjektplan sendt Statnett SF høsten 1994 ble det foreslått å utføre de to første punktene på denne listen i tillegg til målinger rundt en elektrode på forskjellig dyp i sjøen. Statnett aksepterte denne planen og målinger ble utført i perioden 22. til 31. mai 1995.

2. OMRÅDEBESKRIVELSE.

Et geologisk kart over Storgangen er vist i figur 1. Storgangen er en Fe/Ti-mineralisering med utgående på ca. 4 km i øst-vest-retning og en mektighet på ca. 50 meter i de sentrale delene. Fallet er ca. 50 grader mot nord i utgående og noe slakere på dypet. Forekomsten består av mineraliserte lag (ilmenitt og noe magnetitt) med varierende tykkelse fra noen få centimeter til flere meters bredde. Det har vært drevet på Storgangen frem til 1965 da den ble forlatt til fordel for den da nyoppdagede Tellnesforekomsten. Gjenstående malm utgjør ca. 60 Mt (Krause et al. 1985).

Topografien i og rundt Storgangen er meget kupert (se kartbilag -01) og det er vanskelig å foreta målinger i et regulært stikningsnett. Av denne grunn er profilene lagt langs slukter og kløfter i terrenget hvor det var mulig å ta seg frem. Det var ønskelig med noe mer profilering i deler av området enn hva som ble utført, men dette ble for tidkrevende og risikofylt.

I kartbilag -02 er A.S. TITANIAs gruvekart vist i nedfotografert og delvis oppfrisket versjon i målestokk 1:5000. Gruvegangene er lagt med meget slak stigning mot øst. En transportstoll går fra det gamle behandlingsanlegget ved Sandbrekk i retning sør-øst inn til malmen. I malmens heng- og liggside (i gråberget over og under malmen) er det bygd grunnstoller hvor all transport foregikk med tog. Mellom disse stollene er det sprengt ut tverrslag med lastesjakter i taket. Hvert tverrslag representerer et malmmagasin og de fleste er merket med skilt inne i stollene. I gruvens vestre del er tverrslagene murt igjen da dagbruddet her er benyttet som deponi for avgangen (restmaterialet). Fra magasin 22 er tverrslagene ikke murt igjen, men i mange av disse har det vært ras fra lastesjaktene, og tverrslagene var stengt av denne grunn. Det var likevel mulig å få elektrisk kontakt med malmen i noen av disse.

Generelt sett er fremkommeligheten i den sørlige grunnstollen god. I gruvens østlige del ligger noe materialer fra jernbanen igjen og det kan være litt kronglete å ta seg frem.

Berggrunnen er generelt meget tett og store deler av gruva er tørr. I områder med lastesjakter, i tverrslagene og lengst øst i sørlige grunnstoll, er det åpne kanaler til dagen og her er det meget fuktig. Dette gjelder først og fremst vanninnslag fra taket, men også oppdemte vanndammer.

Ut fra eksisterende infrastruktur kan gruvegangene i Storgangen egne seg godt for en fremtidig HVDC-jording. Elektroder inne i gruven kan effektivt skjermes fra omgivelsene ved noe mer permanent sikring av gruveåpningene. Gruven er tørr i store deler, og malmen er lett tilgjengelig i flere av tverrslagene. I områder med igjenmurte tverrslag og i tverrslag med ras kan en nå malmen med korte borhull (5-10 meter) fra grunnstollen i sør. Hvordan malmen egner seg som jordingsmedium blir vurdert i det følgende.

3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE.

CP-teknikken (Charged Potential) eller "Mise a la Masse" som metoden også blir kalt, ble benyttet ved alle undersøkelser . En kortfattet beskrivelse er vedlagt (tekstbilag 1). Det ble benyttet egenprodusert utstyr ved målingene, men i motsetning til målingene i 1994 ble en sterkere sender benyttet. Strøm ble sendt i ensrettede pulser i ett sekund med 3 sekunders dødtid. Strømstyrke varierte ved de forskjellige undersøkelsene som ble foretatt.

I løpet av feltperioden ble det foretatt uttesting av forekomstens egenskaper ved bruk av flere elektroder og forskjellig utforming av elektroder. Målinger rundt fjernelektrode i sjøen viste svært små potensialvariasjoner, og flytting av denne ble utelatt i samråd med oppdragsgiver.

3.1 Flere elektroder i malmen.

Totalt ble det etablert 3 elektroder (C1, C2 og C3) i dagbruddet og 12 elektroder (C4 til C15) inne i selve gruvegangene. Elektrodeplasseringen i gruvegangene fremgår av vedlagte kopi av A.S. TITANIAs gruvekart nedfotografert til målestokk 1:5000 (kartbilag -02). Elektrodeplasseringen på overflaten er plottet inn på kartbilag -03 sammen med en projeksjon av elektrodene nede i gruva. Ved alle elektroder ble det benyttet en eller to ekspansjonsbolter (lengde ca. 15 cm, diameter 12 mm) boret direkte inn i malmen. Ved uttesting ble to elektroder (C7 og C10) funnet så dårlige at de ble tatt bort ved selve undersøkelsen av forekomsten. Strømstyrken i de 13 elektrodene som ble benyttet, ble justert mest mulig lik v.h.a. variable motstander. Tabell 1 viser plassering, strømstyrke før ($I_{før}$) og strømstyrke etter (I_{etter}) justering.

Elektrode	Plassering	$I_{før}$ (mA)	I_{etter} (mA)
C1	Dagen, P1-120	399	255
C2	Dagen, P1-415	95	168
C3	Dagen, P1-590	147	160
C4	Transportstoll	77	196
C5	Tverrslag magasin 29	221	189
C6	Tverrslag magasin 38	118	199
C7	Tverrslag magasin 42	20	0
C8	Tverrslag magasin 50	448	194
C9	Tverrslag magasin 58	162	191
C10	Tverrslag magasin 66	35	0
C11	Tverrslag magasin 70	183	192
C12	Tverrslag magasin 81	134	195
C13	Tverrslag magasin 93	71	173
C14	Grunnstoll heng, magasin 105	49	199
C15	Tverrslag magasin 87	363	218
	SUM	2530	2529

Tabell 1: Plassering av strømelektroder samt strømstyrke før og etter justering av elektrodemotstand.

Fjernelektroden besto av en 30 meter lang kobbertråd lagt ut i sjøen ved Sogndalsstrand ca. 5.5 km sørvest for Storgangen (UTM 3412 64676). Motstanden i elektrodene C1, C2 og C3 ble i utgangspunktet justert likt, men senere oppvarming av kabelanlegg endret motstandsforholdene slik at C1 fikk en for stor del av strømmen. Elektrodene C13, C14 og C15 var i utgangspunktet så forskjellige at det ikke var mulig å justere strømstyrken likt med tilgjengelig utstyr.

Potensialmålingene ble foretatt som gradientmålinger med ikke-polariserbare $Cu/CuSO_4$-elektroder. Målepunktavstand var 25 meter både i dagen og i gruva.

3.2 Forskjellig elektrodeutforming.

Testing av elektroder med forskjellig størrelse og utforming ble av praktiske hensyn foretatt ved elektrode C4 inne i transportstollen (se kartbilag -02). Som motelektrode ble fjern-elektroden ved Sogndalsstrand benyttet. Følgende elektrodeutforming på en enkel malm-elektrode ble testet:

E0:	Enkel ekspansjonsbolt,	diameter 12 mm, lengde 12 cm.
E1:	Messingelektrode i grafittpulver,	diameter 20 mm, lengde 23 cm.
E2:	Messingelektrode i grafittpulver,	diameter 25 mm, lengde 37 cm.
E3:	Messingelektrode i grafittpulver,	diameter 30 mm, lengde 37 cm.
E4:	Messingelektrode i grafittpulver,	diameter 30 mm, lengde 70 cm.

Selve messingelektroden hadde en diameter på 1 cm. Grafitten ble pakket i hullet før elektroden, som var spisset på enden, ble trykket inn til bunn av hullet. Strømstyrken var 300 mA.

Også her ble ikke-polariserbare $Cu/CuSO_4$-elektroder benyttet ved potensialmålingene. Etter en del uttesting ble potensialet målt for hver meter med fast referanseelektrode i startpunktet, 10 meter fra selve jordingselektroden. Lokalt rundt jordingselektroden (+/- 1 meter) ble det foretatt målinger for hver 20 cm og for hver 10 cm nærmest elektroden.

4. RESULTATER OG DISKUSJON.

4.1 Flere elektroder i malmen.

Figur 2 viser potensialfordelingen mellom Storgangens vestlige ende og fjernelektroden. For å lette feltarbeidet ble profilet målt langs veger. Kurven viser en utflating ved koordinat 4000, og dette er valgt som nullpunkt for potensialet. Forløpet viser enkelte uregelmessigheter som i hovedsak skyldes endringer i måleretningen.

Målte potensialer langs profil i dagbruddet (samme som i 1994) og i gruvegangene er vist i figur 3. Profilet inne i gruven viser nær konstant potensial, noe som tilsier at hele malmen fungerer som strømdistributør som forutsatt. Flere målinger fra dette profilet og inn på

malmen i tverrslagene viser at malmpotensialet er 3 til 18 mV høyere enn langs profilet. Dette betyr at malmpotensialet ved en strømstyrke på 2,5 A ligger på ca. 1100 mV. Ut fra dette blir overgangsmotstand fra malmkropp til omkringliggende bergart 0,44 ohm, regnet i forhold til et definert nullnivå ca. 3,5 km fra selve forekomsten.

Målinger inn mot den enkelte elektrode viser kraftig spenningsfall umiddelbart rundt elektrodene, noe som fremgår klart av profilet i dagbruddet (figur 3). Dette skyldes overgangsmotstand fra elektrode til malm, og som vist senere, kan dette reduseres ved annen utforming av elektrodene. Lavere potensial langs dagbruddet mot øst skyldes delvis at en her beveger seg utenfor malmen og delvis på malmen, men i en viss avstand fra elektrodene. Mot vest er det en motsatt effekt på grunn av at elektrodene her er plassert i dagen.

Potensialbildet målt i og rundt dagbruddet er vist i kartbilag -03. Sammenlignet med potensialbildet fra tidligere målinger med tre elektroder i malmen (Rønning m.fl. 1994), viser dette bildet en klarere utstrekning av potensialet mot øst. Potensialfallet langs malmsonen er redusert som en effekt av at flere strømelektroder er distribuert langs malmen. Dette bekrefter at større deler av malmen fungerer som aktiv distributør av strømmen.

Ut fra potensialbildet kan den aktive delen av Storgangen tolkes til å strekke seg fra dalbunnen i vest til like øst for elektrode C14, totalt i en lengde på ca. 2 km. Selve malmgangen fortsetter både mot sørvest og mot øst, men begge avslutningene faller sammen med senere intruderte gangbergarter (mangerittganger) som skjærer over malmsonen (se figur 1). Den aktive delen av Storgangen kan trolig økes ved å plassere elektroder i malmen utenfor disse mangerittgangene.

Som ved tidligere undersøkelser viser potensialbildet en utbuling mot sør over Sandtippen. Dette antas å skyldes god ledningsevne i det deponerte materialet. På nordsiden av dagbruddet, like ved det gamle behandlingsanlegget ved Sandbrekk, viser konturene en innsvingning. Dette har trolig sammenheng med et jordingspunkt for høyspentnettet i forbindelse med at det her ligger en trafostasjon. Om dette kan være en kompliserende faktor for bruken av Storgangen som HVDC-elektrode, er uklart for forfatterne.

Ved denne trafostasjonen finnes de høyeste potensialgradientene som ble målt utenfor nærområdene til elektrodene; 2,4 mV/Am (målt over 25 meter). Tilsvarende var høyeste potensialgradient målt i uforstyrret område 1 mV/Am. Sikkerhetskrav om skrittspenning mindre enn 10 V (Tore Telstad, pers. meddelelse) kan derfor tilfredsstilles ved en eventuell utsendelse av 1000 A, som kan være aktuelt ved en fremtidig HVDC-elektrode. Forfatterne har imidlertid ikke kjennskap til om det finnes tekniske anlegg som kan bli utsatt for korrosjonsskader.

4.2 Forskjellig elektrodeutforming.

Enkle in situ målinger med EM-31 viste at malmen i Storgangen stedvis har en ledningsevne på ca. 40 mS/m men at denne var varierende (Rønning m. fl. 1994). En kan ut fra observasjoner i dagbruddet konkludere med at ledningsevnen i tillegg til å være inhomogen også er anisotrop. På grunn av dette er det vanskelig å beregne hvor stor en elektrode må være for å gi en bestemt overgangsmotstand til malmen. Det ble derfor gjort forsøk med i alt 5 forskjellige elektrodestørrelser. Ved å benytte meget godt ledende grafittpulver som kontakt-medium mellom messing elektrode og malm, kan sannsynligvis overgangsmotstand fra messing til grafitt og gjennom grafitten neglisjeres. Motstanden her vil imidlertid være avhengig av hvor godt grafittpulveret ble pakket.

Tabell 2 viser elektrodenes lengde, areal, målt total motstand (R) i strømkretsen, topp-potensial (CP) målt i forhold til et nullnivå 10 meter fra selve elektroden, og overgangs-motstand (OM) beregnet på grunnlag av topp-potensial og strømstyrke (300 mA).

ELEKT.	LENGDE (cm)	AREAL (cm^2)	R (ohm)	CP (mV)	OM (ohm)
E0	12,0	45 ?	163 - 165	3700	?
E1	23,0	145	118 - 132	13000	43
E2	37,0	290	95 - 100	7000	23
E3	37,0	360	77 - 81	4300	14
E4	70,0	670	66 - 74	2350	7,8

Tabell 2: Elektrodestørrelse , total motstand, topp-potensial og beregnet overgangsmotstand fra elektrode til malm.

Elektrodenes lengde ble målt med en nøyaktighet på +/- 2 mm. Arealet av elektrodene er beregnet ut fra diameter på borkrone. Hullene har trolig noe større diameter enn hva bor-kronene tilsier, men arealet er neppe mer enn 5 % større enn angitt. Arealet for E0 er angitt som overflaten til borhullet, men kontaktflaten er trolig betydelig mindre enn dette (ekspansjonsbolt).

Totalmotstand i strømkretsen (R) er bestemt ved å måle påtrykt spenning og utsendt strøm-styrke. Oppgitte verdier representerer målinger før og etter potensialmålingene på bakken. Motstand fra sender til fjernelektrode (R_0) ble bestemt ved å måle mellom to og to av tre elektroder ($R_0 + R_1$, $R_1 + R_2$, $R_0 + R_2$). Med varm kabelsløyfe ble denne bestemt til 65 ohm. Senderen var her plassert like ved malmelektroden slik at motstand i tilførselkabel kan neglisjeres. Dette skulle tilsi at motstanden i nærelektroden reduseres fra ca. 100 ohm for E0

ned til 9 ohm eller mindre for E4. På grunn av problemet med oppvarming av kabelutlegg, er det relativt stor usikkerhet i denne måten å bestemme overgangsmotstand på. En bør derfor benytte potensialet på elektroden (CP) for å bestemme overgangsmotstand fra elektrode til malmkropp. Testen viser imidlertid en meget klar reduksjon i elektrodemotstand ved å øke elektrodearealet fra ca 45 cm^2 til 670 cm^2

Uoverenstemmelser i de to måtene å bestemme overgangsmotstand på kan dels forklares ut fra tidligere diskuterte usikkerheter og dels ut fra posisjoneringsproblemer. Med så sterk gradient som det en finner nær elektroden, kan små avvik i plasseringen av måleelektrode gi store utslag, spesielt for de minste strømelektrodene.

Potensialet målt på elektroden i forhold til et nullnivå 10 meter borte viser unormalt lavt nivå for elektroden E0. Dette skyldes trolig at ekspansjonsbolten som her er benyttet, har kontakt-punkt mot malmen i bunn av borehullet og at det angitte potensial er målt på bergveggen ved elektroden ca. 10 cm fra dette punktet. Potensialet rundt elektrodene E1 til E4 (se tabell 2) viser en klar reduksjon som funksjon av elektrodestørrelse, og at effekten virker bare ut til ca 1 meter fra elektroden. (se figur 4).

En sylindrisk elektrode som her ble benyttet kan sammenlignes med en halv ellipsoide der lengste halvakse, a, tilsvarer elektrodens lengde og korteste halvakse, b, tilsvarer elektrodens radius. Overgangsmotstand (OM) fra en slik meget godt ledende ellipsoide til et medium med resistivitet ρ, kan bestemmes ut fra ligningen (Lile 1983):

$$OM = \frac{\rho \ln(\frac{a}{b} + \sqrt{(\frac{a}{b})^2 - 1})}{2b\pi\sqrt{(\frac{a}{b})^2 - 1}}$$

Ligningen er benyttet til å beregne resistivitet (ρ) for de forskjellige elektrodene E_1 til E_4 og disse er henholdsvis 16.6, 13.1, 8.3 og 7.6 ohmm. Dette viser at resistiviteten kan være lavere enn angitt ved tidligere rapporterte målinger med EM-31 (25 ohmm). Beregningene viser også at antagelsen om inhomogen resistivitet stemmer, og at en ved å øke elektrodenes størrelse kan treffe bedre ledende partier slik at "tilsynelatende" resistivitet avtar.

Ligningen kan også benyttes til å beregne hvor stor en elektrode må være for å gi en bestemt overgangsmotstand. Med elektrodediameter 3 cm og resistivitet 8 ohmm må en elektrode være over 9 meter lang for at overgangsmotstand skal bli mindre enn 1 ohm. Ved å øke elektrodediameteren til 10 cm kan samme krav tilfredsstilles med en elektrode som er 7 meter lang. På grunn av at resistiviteten synes å avta med økende elektrodestørrelse og at det åpenbart finnes områder med bedre ledningsevne (se tabell 1), kan dette betraktes som en maksimalverdi.

Denne undersøkelsen viser at det praktisk kan være vanskelig å komme særlig mye under 1 ohm pr. elektrode i overgangsmotstand fra elektrode til malm, og i tillegg kommer 0,44 ohm i overgangsmotstand fra malm til omkringliggende bergart. Ved en eventuell etablering av HVDC-elektrode i Storgangen bør derfor resistivitetsforholdene kartlegges grundig på forhånd for derved å finne de beste lokaliseringer i malmen. For å redusere overgangsmotstand ytterligere og samtidig aktivisere hele malmsonen, må flere elektroder benyttes. Påvist spenningsfall langs malmen (Rønning m. fl. 1994) vil gjøre det fordelaktig å bore elektrodene ned i malmen.

5. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER.

Anvendelse av 13 elektroder i malmen har aktivisert Storgangen som strømdistributør i en lengde av ca. 2 km. Overgangsmotstand fra malm til omkringliggende bergart er pålitelig bestemt til ca. 0,44 ohm. Høyeste potensialgradient ble målt til 2,4 mV/Am nært jordingspunkt for høyspentanlegg, mens høyeste verdi ellers var 1,0 mV/Am.

Ved undersøkelse av en enkelt elektrode i malmen, viste resultater at ved en økning av elektrodearealet fra ca. 45 cm^2 til 670 cm^2, ble overgangsmotstanden mellom elektrode og malm redusert fra 43 ohm til 7,8 ohm. For å komme under 1 ohm pr. elektrode må sannsynligvis en elektrode med diameter 3 cm være opp mot 9 meter lang.

På grunn av relativt stor overgangsmotstand fra malmkropp til omkringliggende bergart og relativt lav ledningsevne, kan ikke Storgangen konkurrere med en HVDC-elektrode etablert i sjø. Det finnes imidlertid andre forekomster som kan være bedre egnet (Rønning m. fl. 1994) og teknikken med HVDC-elektrode i ledende strukturer på land bør uttestes. Med den infrastruktur som allerede finnes med etablerte gruveganger vil Storgangen være aktuell som testområde. Det anbefales derfor å gjøre en langtidstest med f. eks. en strømstyrke på 100 A. Ved et slik forsøk må det benyttes flere elektroder og ledningsevneforholdene i gruva må kartlegges grundig på forhånd for å finne best egnede lokaliteter. Eventuelle tekniske anlegg som kan få korrosjonsskader, må kartlegges på forhånd. NGU kan bistå med tjenester under en slik test.

6. REFERANSER.

Eidsvig, P.D. & Kihle, O. 1978: New Methods of Interpretation for Charged Potential Measurements. Extract of a paper presented at the 11th NOFTIG meeting in Oulo, Finland, January 11-13, 1978.

Dalsegg, E. & Rønning, J. S. 1994: Undersøkelse for HVDC-elektrode. Rapport fra forundersøkelse. *NGU Rapport 94.022.*

Krause, H., Giert, E. & Schott, W. 1985: Ti-Fe Deposits in the South Rogaland Igneous Complex, with Special Reference to the Åna-Sira Anorthosite Massif. *NGU Bulletin 402, 25-37.*

Lile, O.B. 1983: CP, Oppladet potensial. Forelesningskompendium i malmgeofysikk ved NTH.

Rønning, J.S., Lile, O.B., Eriksson, L. & Dalsegg, E. 1994: Undersøkelse for HVDC-elektrode. Rapport fra feltundersøkelse. *NGU Rapport 94.049.*

ETTERORD.

Ole Bernt Lile har bidratt aktivt under planleggingen av de rapporterte undersøkelsene og i vurderingene av data. Han har også, sammen med Eirik Mauring, gitt konstruktive kommentarer til rapportteksten. Begge takkes for godt samarbeid.

CP - METODEBESKRIVELSE

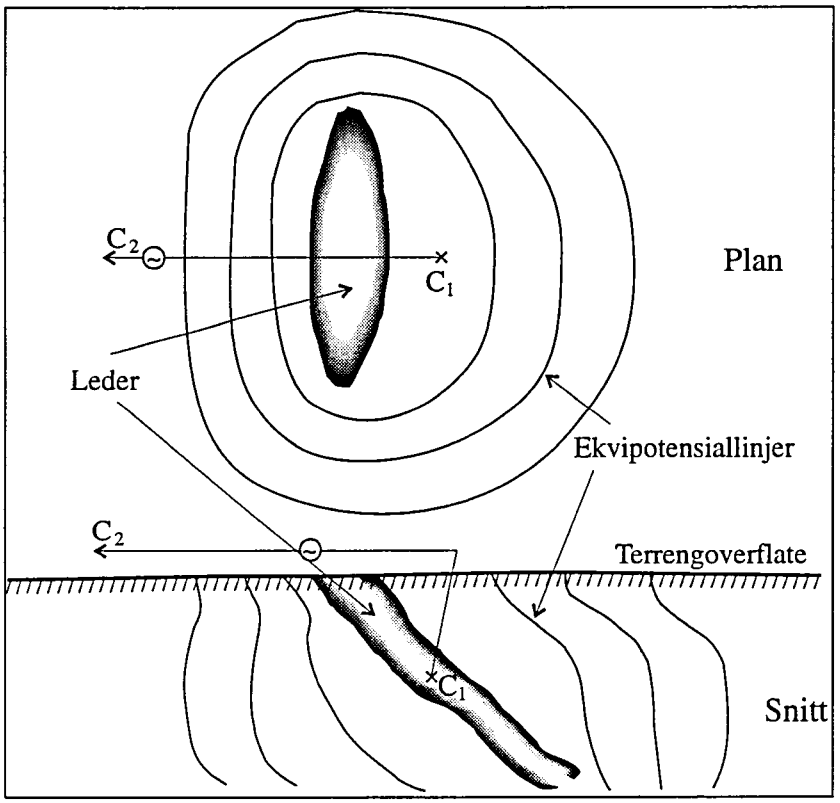


Fig. 1: Potensialbildet rundt en jordingselektrode i en leder.

CP ('Charged Potential', 'mise-à-la-masse', oppladet potensial) er en elektrisk målemetode oppfunnet av Conrad Schlumberger rundt 1920. En strømelektrode kobles direkte til en godt elektrisk ledende sone (som regel en malm) på overflaten eller i borhull. Den andre strømelektroden plasseres langt bort fra måleområdet. Ved å måle potensialet på overflaten eller i borhull oppnås et potensialbilde rundt lederen og dermed en indikasjon på hvordan den ledende sonen opptrer i undergrunnen. Utbredelse og orientering av den ledende sonen kan kartlegges. I gunstige tilfeller kan det også gis et grovt overslag på størrelsen av den ledende sonen. Metoden forutsetter stor kontrast i ledningsevne mellom ledende sone og området rundt sonen. Eksempel på potensialbilde rundt en leder er vist i figur 1.

Potensialbildet viser godt strøk- og fallretning på leder. Lederen faller bort fra den siden der potensiallinjene står tettest. En leder som ligger i nærheten av den lederen det er jordet i, vil gi seg til kjenne som forstyrrelser i potensialbildet. På denne måten kan eventuelle andre ukjente ledende soner påvises.

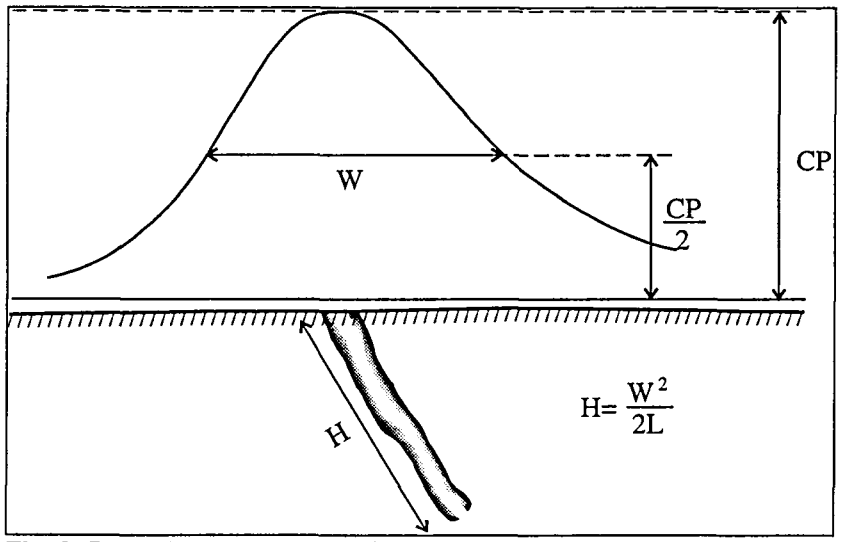


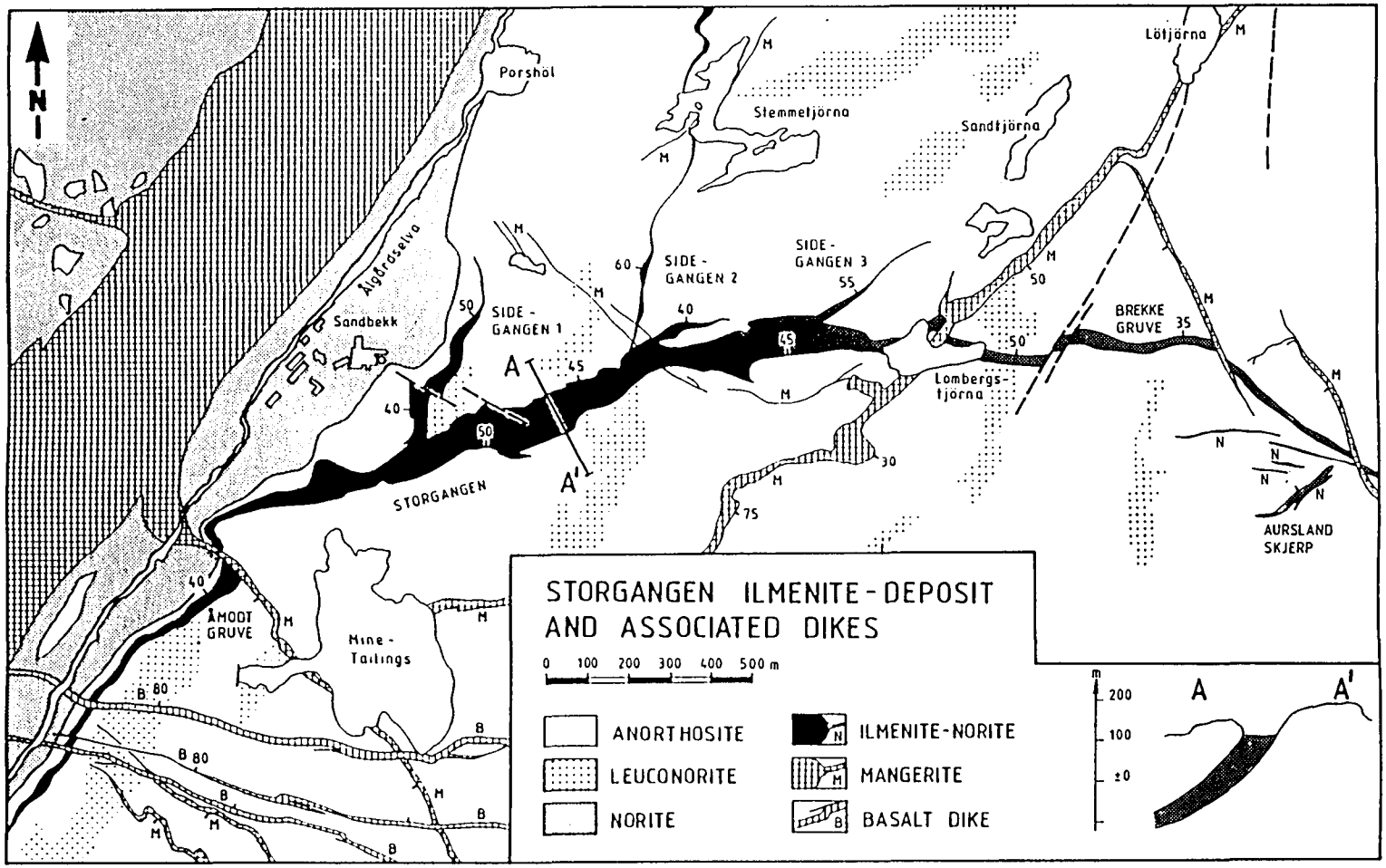
Fig. 2: Beregning av størrelsen på en leder ut fra halvverdibredde.

Potensialet på leder målt i forhold til uendelig (oppladningspotensialet) kan benyttes til et grovt overslag for lederens størrelse. Figur 2 viser dette for en plateformet leder. Her er vist potensialkurven for et profil som krysser lederen. Halvverdibredden (W i figuren) måles som avstanden mellom de to punkter på potensialkurven der potensialet har en størrelse lik halve oppladningspotensialet. Hvis malmen er bred, må malmbredden trekkes fra den målte halvverdibredden. Høyden på malmen kan da regnes ut som;

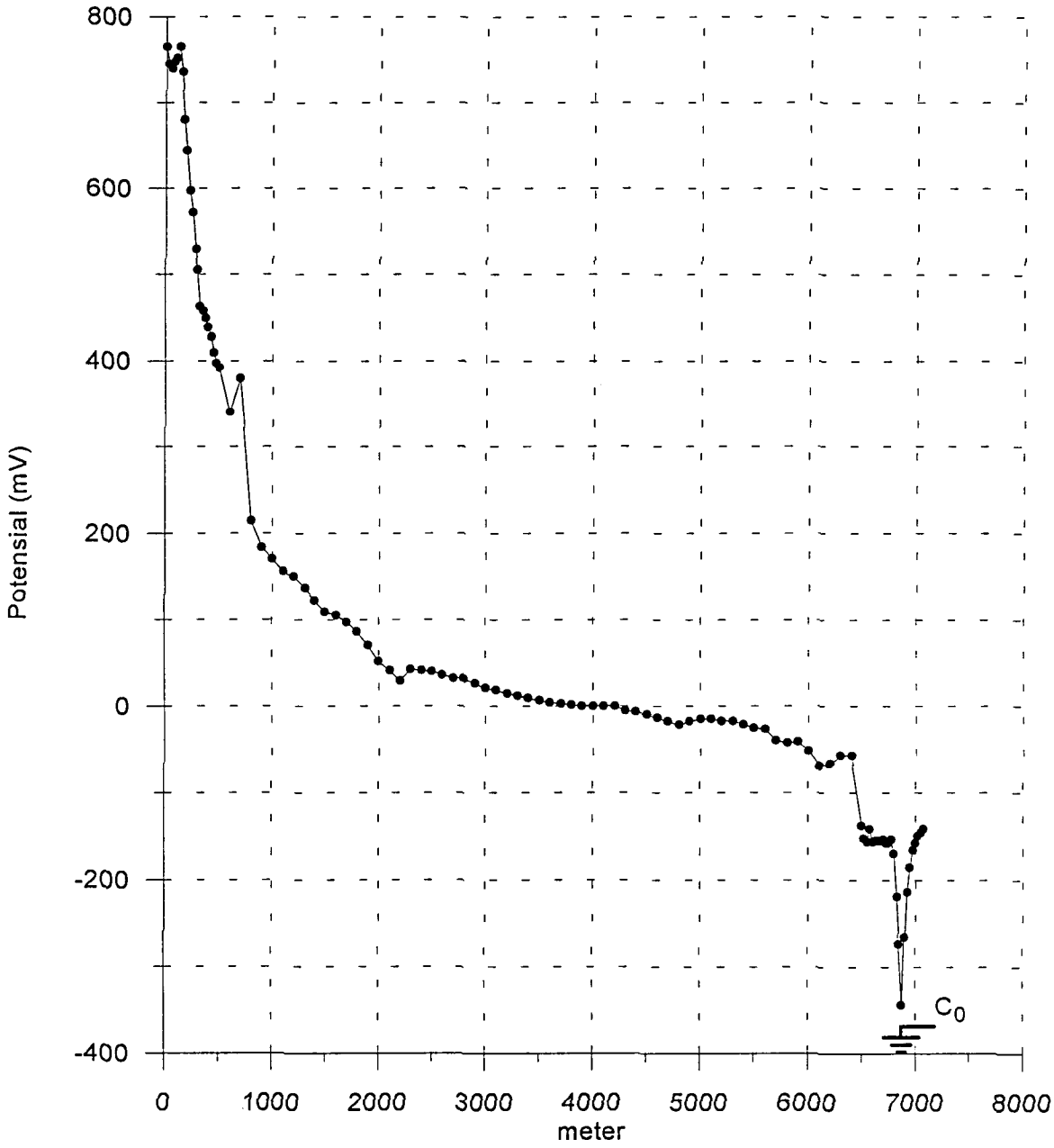
$$H = \frac{W^2}{2L},$$

der lengden (L) av malmen kan anslås ut fra potensialbildet. Denne formelen kan benyttes til å finne størrelsen på steiltstående (45-90°) plateformete ledere. Det forutsettes at ingen ledere opptrer nær lederen det er jordet i, slik at denne eventuelt kan påvirke potensialbildet. Dersom en kjenner ledningsevnen til omkringliggende begart, kan også størrelsen på steiltstående plater beregnes ut fra oppladningspotensialet og strømtettheten rundt lederen (Eidsvig og Kihle 1978).

Dersom lederen er flattliggende, kan arealet tolkes direkte fra potensialbildet på bakken. Metoden kan ikke si noe om ledende soners mektighet.

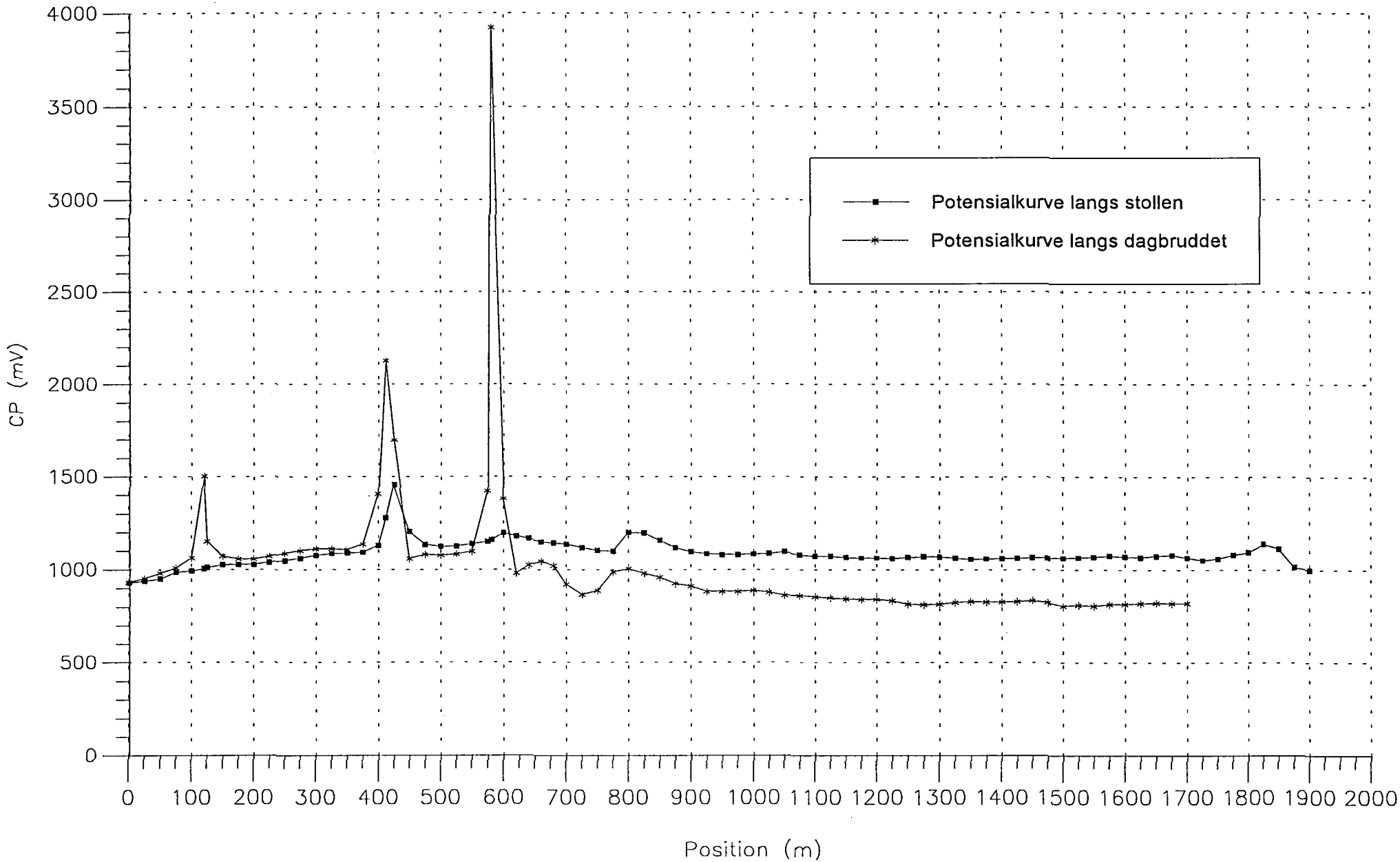


Figur 1: Geologisk kart over Storgangen (fra Krause, Giert & Schott 1985)

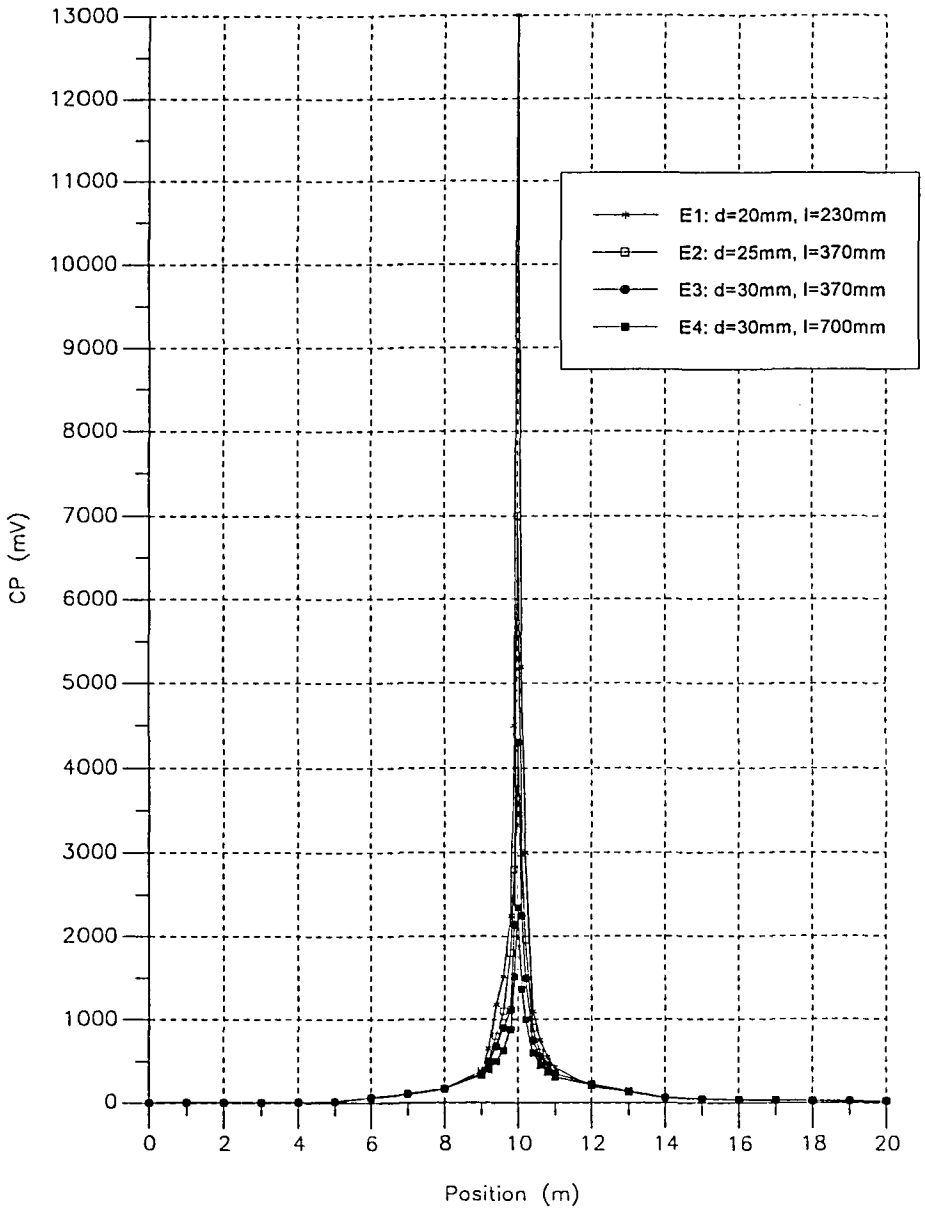


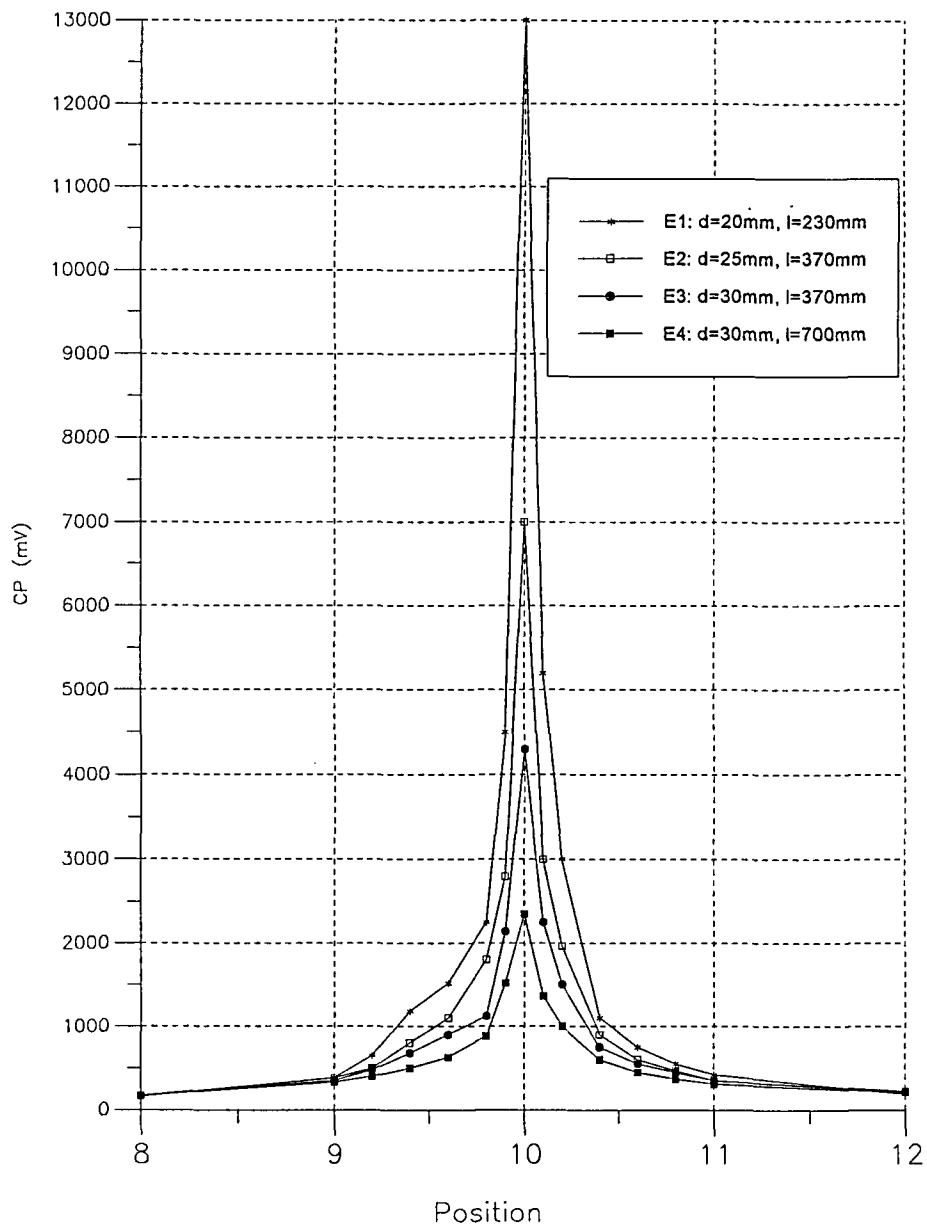
Figur 2. Målt potensial, Storgangen - fjernelektroden

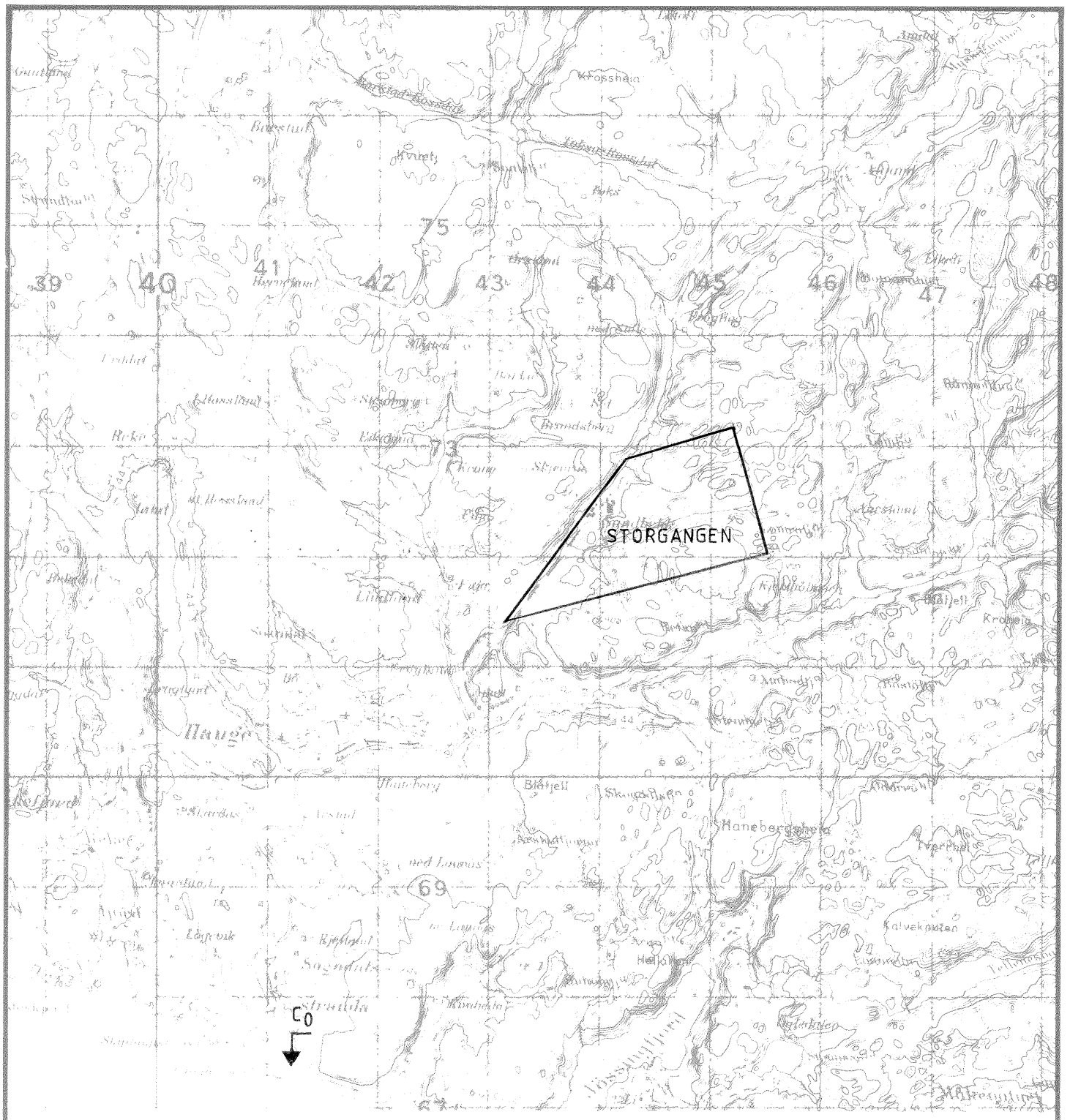
Figur 3: *Målt potensial langs profil i dagbruddet og i gruvegangene.*



Figur 4: Målt potensial ved elektrodetest.



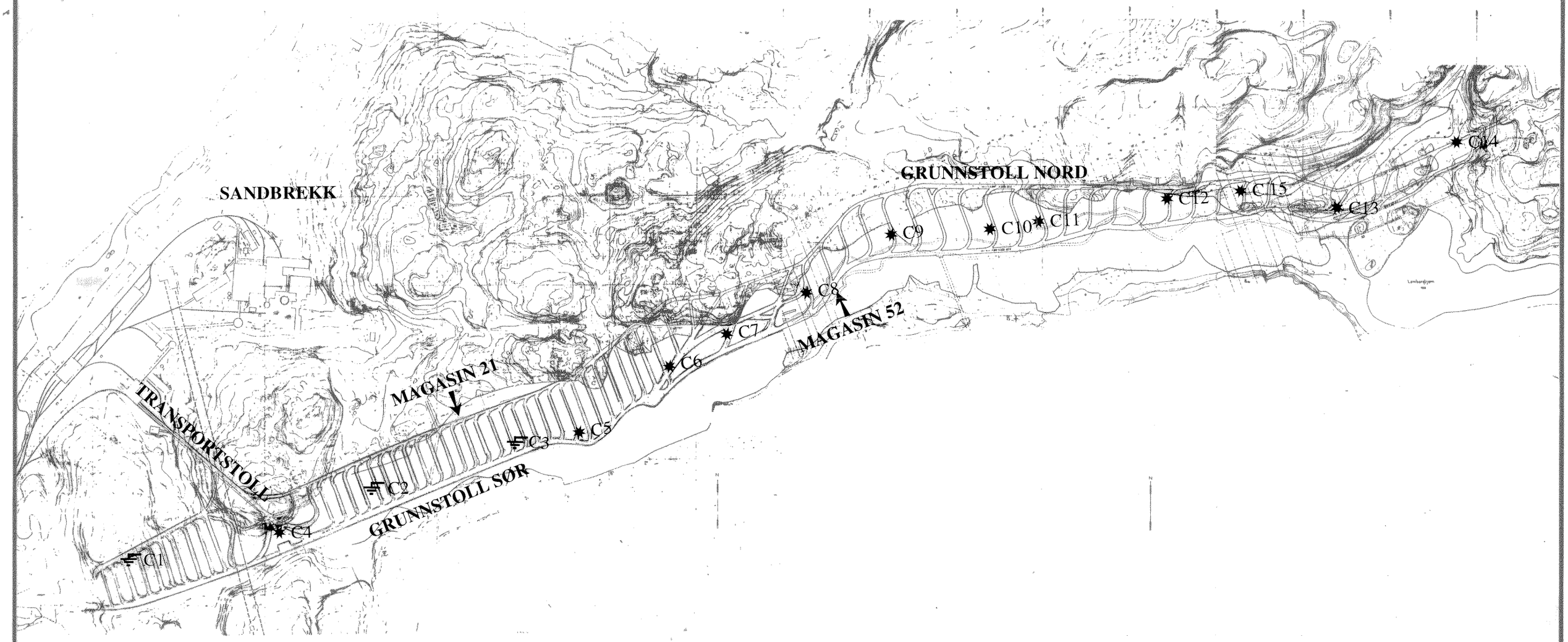




UNDERSØKT OMRÅDE

C_0: FJERN STRØMELEKTRODE

STATNETT OVERSIKTSKART **STORGANGEN** SOKNDAL, ROGALAND	MÅLESTOKK 1:50000	MÅLT J.S.R.	MAI 1995
		TEGN E.D.	—"—
		TRAC	
		KFR.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 95.132–01	KARTBLAD NR. 1311 IV	

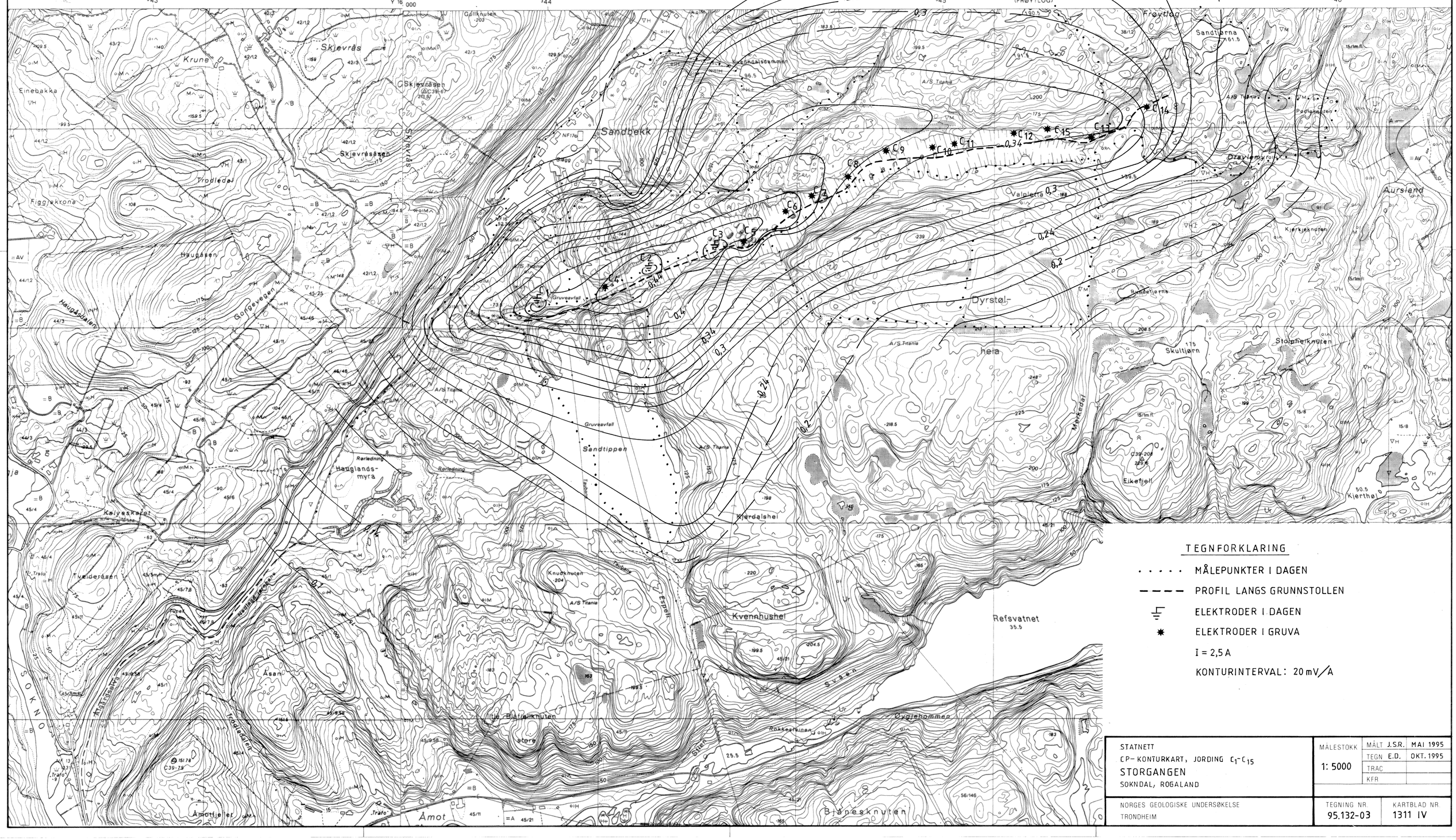


TEGNFORKLARING

✸ ELEKTRODER I GRUVA

ELEKTRODER I DAGEN

STATNETT OVERSIKTSKART GRUVA **STORGANGEN** SOKNDAL, ROGALAND	MÅLESTOKK 1 : 5000	MÅLT J.S.R.	MAI 1995
		TEGN J.S.R.	DES. 1995
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 95.132 - 02	KARTBLAD NR. 1311 IV	



STATNETT CP-KONTURKART, JORDING C_1-C_{15} STORGANGEN SOKNDAL, ROGALAND	MÅLESTOKK 1: 5000	MÅLT J.S.R.	MAI 1995
		TEGN E.D.	OKT. 1995
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 95.132-03	KARTBLAD NR. 1311 IV	