

NGU Rapport 94.022

Undersøkelse for HVDC-elektrode
Rapport fra forundersøkelse

Norges geologiske undersøkelse
Biblioteket

Rapport nr. 94.022		ISSN 0800-3416		Gradering: Fortrolig Åpen	
Tittel: Undersøkelse for HVDC-elektrode. Rapport fra forundersøkelse.					
Forfatter: Einar Dalsegg og Jan Steinar Rønning			Oppdragsgiver: Statnett		
Fylke: Rogaland, Vest-Agder og Aust-Agder			Kommune:		
Kartbladnavn (M=1:250.000) Stavanger, Mandal, Arendal og Sauda			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 16		Pris:
Feltarbeid utført:			Rapportdato: 01.03 1994	Prosjektnr.: 61.2621.00	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>På oppdrag fra Statnett skal NGU vurdere mulighetene til å benytte mineralforekomst på land som jordingspunkt for HVDC-elektrode. I en forundersøkelse er alt tilgjengelig geologisk og geofysisk materiale fra området Kvilldal kraftstasjon i nord, Boknfjorden i vest, Arendal i øst samt de nære havområdene vurdert. På grunnlag av disse resultatene er det i samarbeid med NTH, SGU og Statnett foretatt følgende prioritering for feltoppfølging:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) - Ni-sulfidforekomst, Flåt gruve, Evje <ul style="list-style-type: none"> - mulig grafittmineralisering nord for Hauge (vest for Storgangen) - Fe-Ti-mineralisering, Storgangen - Fe-mineralisering, Bråstad ved Arendal 2) - mulig grafittmineralisering ved Eikeland <ul style="list-style-type: none"> - kartlegging av potensialforløp på land med jording på forskjellige posisjoner i sjø i Listabassenget. 3) - mulig grafittmineralisering mellom Grimstad og Arendal 					
Emneord:		Berggrunnsgeologi			
Geofysikk		Malmgeologi			
		Norges geologiske undersøkelse		Fagrapport	

INNHold

Side

1	INNLEDNING	4
2	VURDERING AV EGNEDE STEDER FOR ETABLERING AV ELEKTRODE	4
	2.1 Større malmforekomster	5
	2.2 Større grafittforekomst med god elektrisk ledningsevne	6
	2.3 Sjø med eller uten underliggende porøse sedimenter	7
3	KONKLUSJON	8
4	REFERANSER	9

VEDLEGG

Vedlegg 1. Prosjektplan

Vedlegg 2. Aktuellt område for HVDC-elektrode

Vedlegg 3. Geologisk kart over Listabassenget

1 INNLEDNING

På oppdrag fra Statnett har NGU fått prosjektansvaret for å finne mulige jordingspunkter for HVDC-elektroder (High Voltage Direct Current) til overføringslinjer til kontinentet. Prosjektet er beskrevet i vedlagte prosjektplan (vedlegg 1.) som er godkjent av Statnett. Det aktuelle området er begrenset av Kvilldal kraftstasjon i nord, Boknfjorden i vest og Arendal i øst samt de nære havområder (vedlegg 2).

Prosjektets mål er å se om godt ledende mineralforekomster på land kan gi akseptabel jordingsmotstand for HVDC-elektrode.

Ved et prosjektmøte holdt på NGU den 31. januar og den 1. februar hvor alle involverte parter var representert (NGU, NTH, SGU og Statnett), var forundersøkelsene kommet så langt at en kunne foreta en prioritering av hvilke forekomster (forekomsttyper) en ville undersøke nærmere. Denne rapporten konkluderer derfor med en prioritert liste over feltundersøkelsene. Parallellt med utarbeidelsen av denne rapporten, vil SGU gjøre en sammenstilling av erfaringer med HVDC-elektroder.

2 VURDERING AV EGNEDE STEDER FOR ETABLERING AV ELEKTRODE

Innenfor det gitte området finnes i prinsippet tre hovedalternativer for plassering av en HVDC-elektrode:

- større malmforekomst med god elektrisk ledningsevne
- større grafittmineralisering med god elektrisk ledningsevne
- sjø med eller uten underliggende porøse sedimenter

Etter diskusjon på nevnte prosjektmøte om hvilke faktorer som skulle legges til grunn for prioritering av forekomsttyper, kom en fram til følgende:

- forekomstenes antatte størrelse basert på tilgjengelig informasjon
- forekomstenes antatte ledningsevne basert på tilgjengelig informasjon
- forekomstenes geografiske beliggenhet i forhold til menneskelig aktivitet
- forekomstenes geografiske beliggenhet i forhold til fremtidig behov for jordingspunkt

Erfaring fra malmløsting med elektriske metoder har vist at sulfidforekomster ofte er mindre og har dårligere elektrisk ledningsevne enn f.eks. grafittforekomster. En har også erfaring med at grafitt og jernoksyder er mere inert enn sulfidforekomster. Ved prioritering mellom ulike forekomsttyper på land, ble det lagt vekt på disse forhold. Siden prosjektets mål var å se om mineralforekomst kunne benyttes som jordingspunkt, var det ikke i denne omgang avgjørende

å finne en forekomst i nærheten av et produksjonssted for elektrisk energi. Det ble likevel antydnet fra oppdragsgiver at de vestlige deler av det aktuelle området var mest interessant.

2.1 Større malmforekomst med god elektrisk ledningsevne

Innenfor prosjektets økonomiske rammer, er det ikke aktuelt å lete etter nye store malm- eller mineralforekomster. En vurderte derfor de tidligere kjente større forekomstene i området.

Datagrunnlaget for vurderingen har vært:

- Nasonalatlask for Norge, Malmgeologi med malmforekomster (Juve og Grenne 1993)
- Nikkelforekomster og nikkelprospektering i Evje - Iveland området (Nixon 1977)
- Norwegian Nickel Deposits (Boyd og Nixon 1985)
- Ti-Fe Deposits in the South Rogaland Igneous Complex (Krause, Gierth og Scott 1985)
- NGUs referansearkiv
- Bergmesterens arkiv

Tabell 1. Aktuelle malmforekomster for HVDC-elektrode (Juve og Grenne 1993).

Gruve	Beliggenhet	Type, Volum	Rapporter
Flåt	Evje, A-Agder	Ni-Cu, >10 mill. t.	3 Pu, 45 Ba
Mølland	Iveland, A-Agder	Ni-Cu, 0-1 mill. t.	3 Ba
Engelandsheia	Vennesla, V-Agder	Ni-Cu, 0-1 mill. t.	
Mesel	Froland, A-Agder	Ni-Cu, 0-1 mill. t.	
Homse	Hå, Rogaland	Ni-Cu, 0-1 mill. t.	3 Ba
Seljeråsen	Gjesdal, Rogaland	Ni-Cu, 0-1 mill. t.	
Veraland	Sandnes, Rogaland	Fe-Ti, 1-10 mill. t.	
Koldal	Eigersund, Rogaland	Fe-Ti, 1-10 mill. t.	
Storgangen	Sokndal, Rogaland	Fe-Ti, >10 mill. t.	1 Pu, 11 Ba
Blåfjell	Sokndal, Rogaland	Fe-Ti, 1-10 mill. t.	2 Pu, 11 Ba,
Tellnes	Sokndal, Rogaland	Fe-Ti, >10 mill.t.	2 Pu, 2 Ba
Bråstad	Øyestad, A-Agder	Fe, >10 mill. t.	4 Ba,
Klodeberg	Øyestad, A-Agder	Fe, >10 mill. t.	1 Ba, 1 Ra
Neskilen	Tromøy, A-Agder	Fe, 0-1 mill.t.	6 Ba

Tabellen viser aktuelle malmforekomster, beliggenhet, type forekomst, antatt volum og antall tilgjengelige beskrivelser. Type angitt som Ni-Cu og Cu er alle sulfidforekomster, mens Fe-Ti og Fe er oksyder. Pu angir publikasjon, Ba angir Bergarkivet og Ra angir NGUs rapportarkiv.

En av betingelsene for at en malmforekomst kan være aktuell for plassering av en HVDC-elektrode, er at jordingsmotstanden (elektrisk motstand mellom malmen og den omliggende bergart) er lav (<0.5 ohm). NGU og NTH har i forbindelse med sine malmundersøkelser målt jordingsmotstanden for en rekke malmforekomster. Disse viser at det kun er våre største malmer (Joma; Røyrvik Nord-Trøndelag, Løkken; Meldal Sør-Trøndelag og Tverrfjellet; Dovre Oppland) som oppfyller dette kravet. Av den grunn er de mindre forekomstene på listen uaktuelle, og en står da tilbake med Flåt, Storgangen, Tellnes, Bråstad og Klodeberg som aktuelle.

Mineraliseringen i Tellnes-forekomsten er av impregnasjonstypen, og av den grunn vil forekomstens elektriske ledningsevne trolig være for lav. I tillegg er forekomsten i drift. Klodeberg ligger lokalisert meget nært et boligområde og en jernbanelinje. Dette gjør at disse to forekomstene kan avskrives.

En står da tilbake med Flåt, Storgangen og Bråstad som aktuelle malmforekomster for videre feltundersøkelser.

2.2 Større grafittforekomst med god elektrisk ledningsevne

Datagrunnlaget for vurderingen har vært (alle data tilgjengelig ved NGU):

- Berggrunnskart Mandal M=1:250 000
- Berggrunnskart Sauda M=1:250 000
- Foreløpig Berggrunnskart Stavanger M=1:250 000
- Foreløpig Berggrunnskart Arendal M=1:250 000
- Foreløpig Berggrunnskart Arendal M=1:50 000 (1611 III)
- Elektromagnetisk kart Flekkefjord M=1:50 000 (1311 I)
- Elektromagnetisk kart Sokndal M=1:50 000 (1311 IV)
- Elektromagnetisk kart Lillesand M=1:50 000 (1511 I)
- Elektromagnetisk kart Iveland M=1:50 000 (1511 IV)
- Elektromagnetisk kart Tromøy M=1:50 000 (1611 II)
- Elektromagnetisk kart Arendal M=1:50 000 (1611 IV)
- Elektromagnetisk kart Mykland M=1:50 000 (1512 II)
- Elektromagnetiske kart i kladdform for følgende kartblad M=1:50 000
1211 I, 1311 II og III, 1411 I til IV, 1511 II og III, 1512 IV og 1612 III
- Aeromagnetisk kart Arendal M=1:250 000
- Aeromagnetisk kart Mandal M=1:250 000
- Aeromagnetisk kart Sauda M=1:250 000
- Aeromagnetisk kart Stavanger M=1:250 000
- NGUs database for industrimineraler

I følge NGUs database for industrimineraler, er det ikke registrert noen grafittmineraliseringer av økonomisk interesse innenfor det aktuelle området. På bakgrunn av tidligere erfaringer skal det meget lite grafitt til i en bergart for å gi meget god ledningsevne, slik at også uøkonomiske grafittskifere vil være aktuelle som jordingsmedium.

Ut fra de elektromagnetiske kartene pekte tre anomaliområder seg ut som interessante:

- et større ledende område nord for Hauge (vest for Storgangen), UTM 3410 64720
- en ledende sone ved Eikeland, UTM 4275 64715
- to parallelle ledende soner mellom Grimstad og Arendal, UTM 4800 64720

Anomaliårsaken er trolig grafittmineraliseringer, og alle tre områdene er aktuelle for oppfølgende feltundersøkelser. På grunn av beliggenheten i forhold til eventuelle framtidige behov for HVDC-elektrode, ble disse ledende sonene prioritert i nevnte rekkefølge.

2.3 Sjø med eller uten underliggende porøse sedimenter

Porøse sedimentære bergarter har høyere elektrisk ledningsevne enn grunnfjellsbergarter. I prosjektets fase 3 vil betydningen av å plassere en HVDC-elektrode over sedimentære bergarter kontra grunnfjellsbergarter bli vurdert. I forundersøkelsen var det av interesse å finne områder hvor sedimentære bergarter ligger så nært land at de kan være aktuelle for plassering av HVDC-elektrode.

Datagrunnlaget for vurderingen har vært:

- Berggrunnskart, Norge med havområder M=1:3 mill. (Sigmond 1992)
- Bedrock geology and Quaternary sediments in the Lista basin, S. Norway (Holtedahl 1988)
- Maringeologiske undersøkelser aug. -93

Datagrunnlaget er meget sparsomt, da mesteparten av den detaljerte informasjonen om berggrunnen i det aktuelle området er konfidensiell.

I følge Holtedahl (1988) består et større området sørvest for Hydra (mellom Siregrunnen og Listafjord) i Listabassenget av sedimentære bergarter (vedlegg 3). Avstanden ut til de sedimentære bergartene er ca. 1 km. De maringeologiske undersøkelsene som NGU har foretatt i området mellom Farsund og Kristiansand er under bearbeidelse, og en foreløpig tolkning vil foreligge i løpet av april -93. Disse undersøkelsene er utført mere enn 1 mil fra land, og gir derfor ikke informasjon i de landnære områdene som kan være aktuelle for plassering av HVDC-elektrode.

På bakgrunn av den tilgjengelige informasjon, er Listabassenet det eneste aktuelle området for videre vurdering.

3 KONKLUSJON

På grunnlag av forstudiene er følgende prioritert for fase 2 (feltoppfølging).

- 1) - Ni-sulfidforekomst, Flåt gruve, Evje
- mulig grafittmineralisering nord for Hauge (vest for Storgangen)
- Fe/Ti-mineralisering, Storgangen
- Fe-mineralisering, Bråstad ved Arendal
- 2) - mulig grafittmineralisering ved Eikeland
- kartlegging av potensialforløp på land med jording på forskjellige posisjoner i sjø i Listabassenget.
- 3) - mulig grafittmineralisering mellom Grimstad og Arendal

I følge avtale med oppdragsgiver vil forekomstene med prioritet 1 bli fulgt opp med målinger i felt. Prioritet 2 og 3 vil bare bli fulgt opp dersom det kan gjøres innenfor de gitte økonomiske rammer.

4 REFERANSER

Boyd, R. og Nixon, F. 1985: Norwegian Nickel Deposits: A review.
Geological Survey of Finland, Bulletin 333, 372-393.

Holtedahl, H. 1988: Bedrock geology and Quaternary sediments in the Lista basin, S. Norway.
Norsk Geologisk Tidsskrift, Vol. 68, 1-20.

Juve, G. og Grenne, T. 1993: Malmgeologi. *Nasjonalatlas for Norge, kartblad 2.2.4, Statens kartverk.*

Krause, H., Gierth, E. og 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.

Nixon, F. 1977: Nikkelforekomster og nikkelprospektering i Evje - Iveland området
Nikkelprospektering i Norge, BVLI, Malmgeologisk symposium 1975, 78-92.

Sigmond, E. M. O. 1992: Berggrunnskart, Norge med havområder. Målestokk 1:3 millioner
Norges geologiske undersøkelse.

REVIDERT PROSJEKTPLAN

UNDERSØKELSER FOR HVDC-ELEKTRODER

MÅL

- 1) Vurdere aktuelle jordingspunkter for HVDC-elektrode i området Kvilldal kraftstasjon i nord, Boknfjorden i vest og til Arendal i øst samt de nære havområder.
- 2) Komme med anbefalt forslag til endelig plassering.

BESKRIVELSE

Innenfor det gitte området finnes i prinsippet tre hovedalternativer for plassering av HVDC-elektrode;

- * større malmforekomst med god elektrisk ledningsevne
- * større grafittforekomst med god elektrisk ledningsevne
- * sjø med eller uten underliggende porøse sedimenter

De to første kan være fordelaktig ved at en kan unngå å bygge lange overføringslinjer ut til sjøen. Dette alternativet vil også redusere problemer med eventuelt vedlikehold av elektrode. Dersom sjøalternativet er eneste aktuelle løsning, bør en oppsøke områder med underliggende porøse sedimentære bergarter med moderat elektrisk ledningsevne for på denne måten å redusere jordingsmotstand.

Til undersøkelse av malm- og grafittforekomstens størrelse, har NGU (og geofysikere ved NTH) i stor grad benyttet en metode som kalles "Mise à la masse". Metoden går ut på å sette en av strømelektrodene direkte i malmen (derav navnet), og deretter kartlegge spenningsfordelingen rundt, både på overflaten og i borrhull. I Norge brukes metoden under navnet "Charged Potential" eller bare CP. Det er samme type undersøkelse som er aktuell når en høyspennings likestrømselektrode (HVDC) skal utredes.

Et slikt prosjekt vil være naturlig å dele i tre (muligens 4) faser. På grunn av prosjektets spesielle karakter er det viktig at et tverrfaglig samarbeid mellom de aktuelle samarbeidspartnerne etableres.

Fase 1. Litteraturstudie

I denne fasen vil en gå igjennom alt tilgjengelig geologisk materiale for å definere aktuelle jordingspunkter både på land og i sjøen. I denne fasen foretas en grovsortering basert på den tilgjengelige informasjonen slik at en sitter igjen med 4-5 malm/grafitt-forekomster og et tilsvarende antall sjøalternativer.

Fase 2. Feltundersøkelser

Oppfølgende undersøkelser i felt hvor aktuelle malm- og grafittforekomster undersøkes i detalj med sikte på å finne gunstige punkter for plassering av en jordingselektrode. For kjente forekomster kan en slik undersøkelse trolig sløyfes. Med en DC-elektrode direkte i massen, gjøres det deretter målinger for å bestemme jordingsmotstanden og potensialfordelingen mot de omkringliggende bergarter.

Fase 3. Modelleringer

Ut fra kjennskap til geometrien og de elektriske egenskapene, gjøres det modellering av forekomstene brukt som jordingselektrode. Dersom datagrunnlaget er godt nok, gjøres det anbefalinger om plassering av en HVDC-elektrode. Det kan også gjøres modellering av jording i sjøen under forskjellige forhold. Et arbeid på dette området må avtales nærmere med oppdragsgiver.

Fase 4. Diamantboring og borhullsgeofysikk

Det kan på grunnlag av fase 2 og 3 være nødvendig med diamantboring og påfølgende borhullsmålinger. Dette kan gi bedre kjennskap til forekomsten og anledning til å plassere jordingselektroden i dypet. Generelt er vår erfaring at en dypere plassering av elektroden gir et bedre bilde av forekomsten som elektrode. Nødvendigheten og omfanget av denne fasen er usikker før en har gjennomført fase 2 og 3.

ORGANISERING

Prosjektet styres av STATNETT. NGU har prosjektansvaret, rapporterer til oppdragsgiver og er deres kontraktspartner. NGU foretar alle litteraturstudier på den geologiske delen. Prioritering av de 4-5 mest aktuelle områdene for oppfølgende undersøkelser foretas i samarbeid med SGU og STATNETT. Oppfølgende undersøkelser i felt (elektriske målinger for bestemmelse av potensialfordeling og ledningsevne) foretas i samarbeid mellom NGU, NTH, SGU og STATNETT. Teoretisk modellering foretas av SGU i samarbeid med NGU og NTH. Endelig prioritering foretas av samtlige involverte parter (NGU, NTH, SGU og STATNETT).

Resultatene fra prosjektet er STATNETT's eiendom og alle resultater holdes derfor fortrolig.

Prosjektmedarbeidere:

Overing. Einar Dalsegg (NGU), forsker Leiv Eriksson (SGU), første-amanuensis Ole Bernt Lile (NTH), forsker Odleiv Olesen (NGU) og fagsjef Jan Steinar Rønning (NGU). I tillegg en medarbeider fra STATNETT som skal være bindeleddet mellom oppdragsgiver og prosjektgruppen.

TIDS-, AKTIVITETS- OG KOSTNADSPLAN

Fase 1, litteraturstudie:	februar -94
Fase 2, feltundersøkelse:	april - mai -94
Fase 3, modellering :	juni -94
Fase 4, diamantboring og borhullsgeofysikk:	august -94
Sluttrapportering:	oktober -94

Rapport fra fase 1 vil foreligge innen uke 10, fra fase 2 og 3 (en rapport) i uke 27, mens rapport fra fase 4 og sluttrapport vil foreligge i uke 45.

Kostnader NGUs andel:

Fase 1, litteraturstudie, 75 timer	kr	27.000,-
rapportering, 10 timer	"	3.000,-
Fase 2, feltundersøkelser, 240 timer	"	86.400,-
reiseutgifter, instrumentleie m.m.	"	60.000,-
bearbeiding, rapportering, 50 timer	"	15.000,-
Fase 3, modellering, 30 timer	"	10.000,-
rapportering, 10 timer	"	3.000,-
Fase 4, diamantboring 200m,	"	120.000,-
borhullsmåling, 40 timer + reiseutg.	"	35.000,-
rapportering + prosjektl., 30 timer	"	9.600,-
Sluttrapportering, 30 timer	"	9.000,-
Prosjektledelse, 50 timer	"	18.000,-
Totalt NGU	kr	<u>396.000,-</u>

Kostnader SGUs andel:

Fase 1, litteraturstudie, 40 timer + reiseutg.	kr	32.000,-
rapportering, 8 timer	"	3.800,-
Fase 2, feltundersøkelser, 80 timer + reiseutg.	"	48.000,-
rapportering, 8 timer	"	3.800,-
Fase 3, modellering, 40 timer	"	19.000,-
rapportering, 8 timer	"	3.800,-
Fase 4, borhullsmåling, 40 timer + reiseutg.	"	29.000,-
rapportering, prosjektledelse, 13 timer	"	6.100,-
Sluttrapportering, 8 timer	"	3.800,-
Prosjektledelse, 15 timer	"	7.100,-
Totalt SGU	kr	<u>156.400,-</u>

Kostnader NTHs andel:

Fase 2, feltundersøkelser, konsulent + reiseutg.	kr	25.000,-
Fase 3, modellering, konsulent	"	20.000,-
Sluttrapportering, konsulent	"	<u>10.000,-</u>
Totalt NTH	kr	<u>55.000,-</u>

TOTALE KOSTNADER:

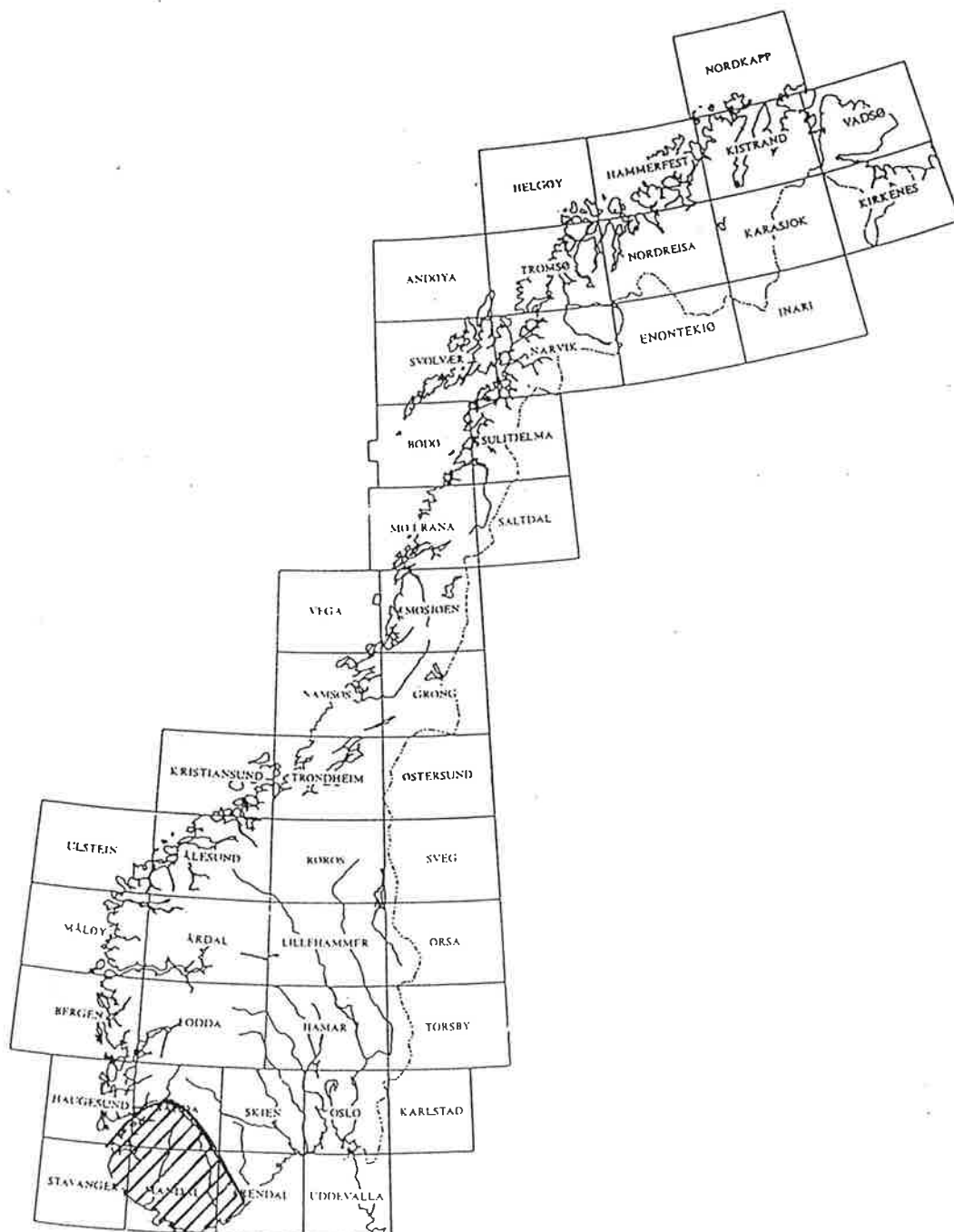
Fase 1, litteraturstudie	kr 65.800,-
Fase 2, feltundersøkelser	" 238.200,-
Fase 3, modellering	" 55.800,-
Fase 4, diamantboring og borhullsmåling	" 199.700,-
Sluttrapportering	" 22.800,-
Prosjektledelse	" <u>25.100,-</u>
Totalt	<u>kr 607.400,-</u>

Timekostnader for enkeltpersoner:

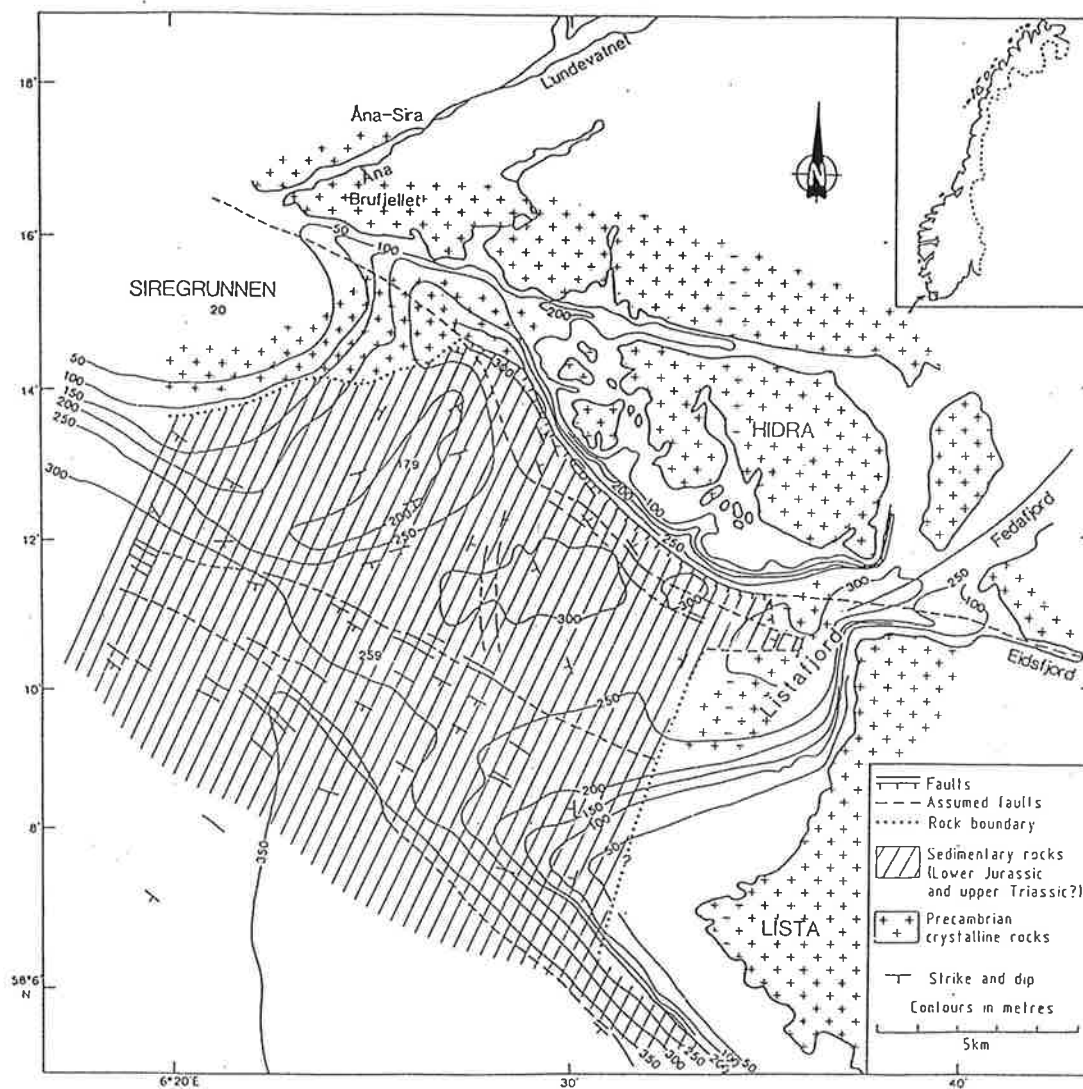
Einar Dalsegg, NGU	kr 280,-
Leiv Eriksson, SGU	" 475,-
Ole B. Lile, NTH	" 360,-
Odleiv Olesen, NGU	" 360,-
Jan S. Rønning, NGU	" 360,-

Alle beløp er i norske kroner (NOK).

Eventuelle utvidelser utover de rammer som er gitt avtales på forhånd med oppdragsgiver og faktureres med angitte timepriser for enkeltpersoner.



Aktuelt område for HVDC-elektrode



Geologisk kart over Listabassenget (Holtedahl 1988)