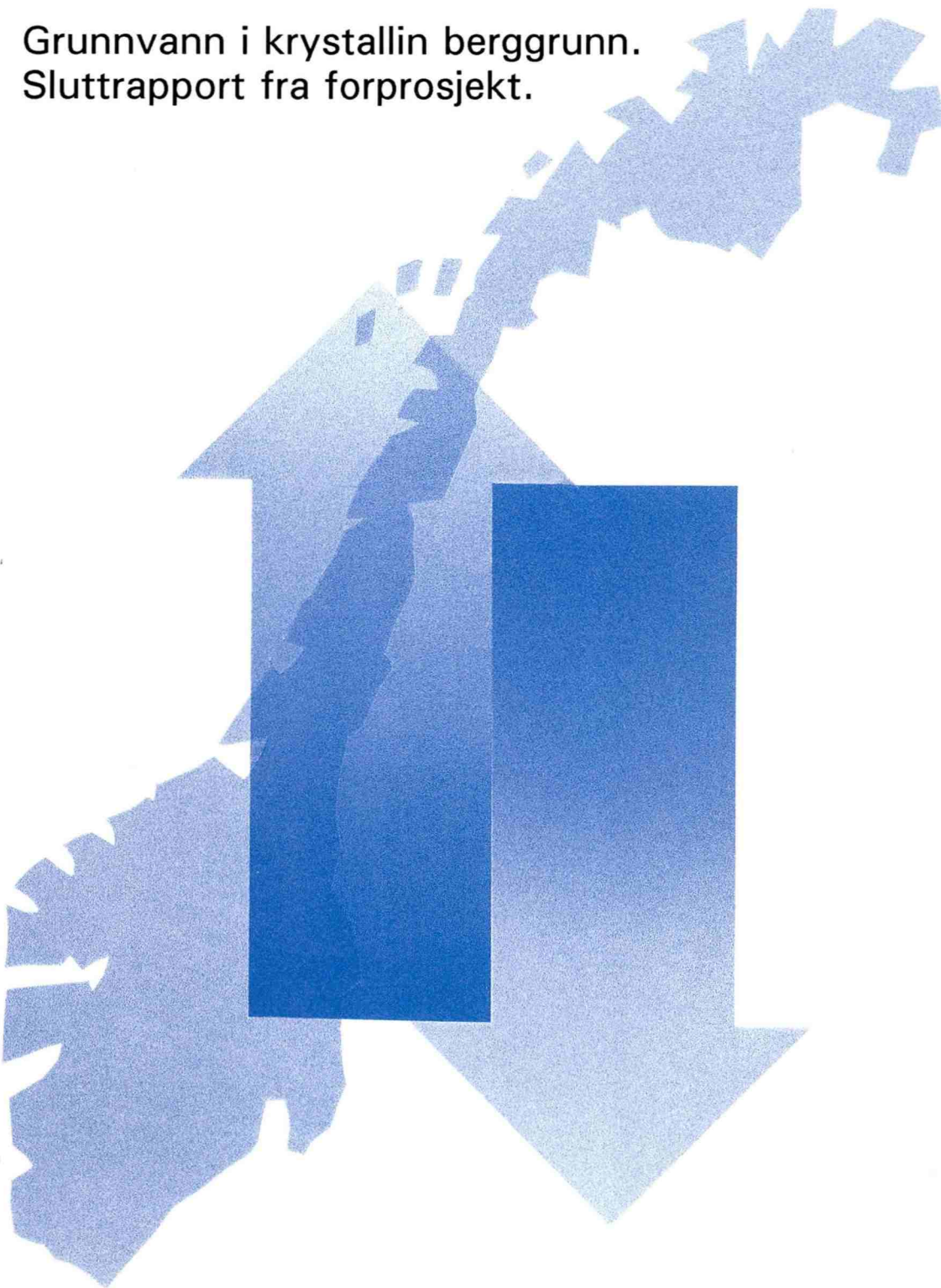




Grunnvann i krystallin berggrunn.
Sluttrapport fra forprosjekt.



Rapport nr.	91.189	ISSN 0800-3416	Åpen/For salg til
Tittel:			
Grunnvann i krystallin berggrunn. Sluttrapport av forprosjektet.			
Forfatter:		Oppdragsgiver:	
Erik Rohr-Torp		NGU/NAVF	
Fylke:		Kommune:	
Østfold		Hvaler	
Kartbladnavn (M. 1:250 000)		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000)	
Oslo		1913-3 Fredrikstad	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 14	Pris: 35,-
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført:	Rapportdato:	Prosjektnr.:	Seksjonssjef:
1989 - 90	11.07.1991	63.2462.00	
Sammendrag:			
<p>Brønnboring i fjell er forbundet med stor usikkerhet med hensyn til vannmengde, vannkvalitet og brønnens influensområde. Også internasjonalt er kunnskapsnivået relativt lavt. Derfor er der gode muligheter til å nå et høyt nivå (relativt sett) i løpet av kort tid.</p> <p>En halvøy i Hvaler kommune er valgt som forsøksfelt. Feltet består av homogen granitt med et regelmessig sprekkemønster. Mønsteret antas dannet ved en hovedkompresjon etter N20°, hvoretter sprekkeene kan klassifiseres i skjær- og tensjonssprekker. Sprekkemønsteret synes å ha relevans for store deler av den skandinaviske halvøy.</p> <p>Prosjektets hovedmål er å øke vårt kunnskapsnivå om grunnvann i fjell, og å finne fram til kriterier for en god og effektiv utnyttelse av slikt grunnvann.</p>			
Emneord	Hydrogeologi	Grunnvann	
	Berggrunn	Fagrapport	

Bakgrunn - gjennomføring

Årlig bores ca. 4000 brønner i fjell i Norge. Brønnboring er forbundet med usikkerhet med hensyn til vannmengde, vannkvalitet og influensområdet omkring borebrønnen. Derfor baseres sjelden større vannverk på grunnvann fra fjell.

Internasjonalt har forskningsinnsatsen konsentrert seg om grunnvann i porøse bergarter som klart er de beste vanngivere. I Norge der vi ikke har porøse bergarter i nevneverdig grad, er de større grunnvannsanlegg knyttet til spesielle kvartære løsavsetninger. Krystalline bergarter, hvor grunnvannet finnes i sprekke, har vært betraktet som lite interessante med hensyn til vannforsyning, men har i Norge vært utnyttet til vannforsyning i spredt bebyggelse.

Norske hydrogeologer har derfor lang erfaring med grunnvannsforsyning fra krystallin berggrunn. Med økt forskningsinnsats vil vi kunne bidra til en økt internasjonal forståelse omkring denne type grunnvannsforsyning. Dette vil åpne muligheter for grunnvannsforsyning mange steder i verden der andre alternativer ikke finnes, f.eks. i mange arabiske og afrikanske land.

Økonomisk og helsemessig er det viktig å utvikle fagfeltet. Metoder som sikrer stor vannføring, god vannkvalitet og avgrensning av influensområde ved fjellboring vil medføre at større vannverk i fremtiden ofte vil kunne bli basert på grunnvann fra fjell. Dette vil gi store økonomiske besparelser og gjennomgående bedre vannkvalitet i forhold til valg av overflatevannkilder.

Objekt

Et første forsøksfelt bør etter vår mening ha en enkel geologisk oppbygning og et oversiktlig sprekke-mønster. Den ca. 6 km² store nordvestre halvøy av Kirkøy i Hvaler kommune foreslås som undersøkelsesområde over en femårsperiode. Innledende undersøkelser gjennomførtes for NGU-midler i 1989, mens NAVF i første omgang ble søkt om driftsmidler til et forprosjekt i 1990.

Metoder

Undersøkelsene vil i første rekke baseres på:

- Detaljert sprekkekartlegging og sprekkeklassifisering.
- Geofysiske målinger over utvalgte sprekkesoner (elektriske og seismiske).
- Boring av prøvebrønner, borhullslogging.
- Analyse av sprekke-mineraler i borkaks og på overflaten.
- Geofysisk borhullslogging.
- Prøvepumping, kapasitetsøkning, måling av reaksjon i feltet.
- Fysikalsk-kjemiske vannanalyser, temperaturmålinger.

- Modellering av strømming og vannanalyse.
- Tracerundersøkelser for bestemmelse av influensområder.

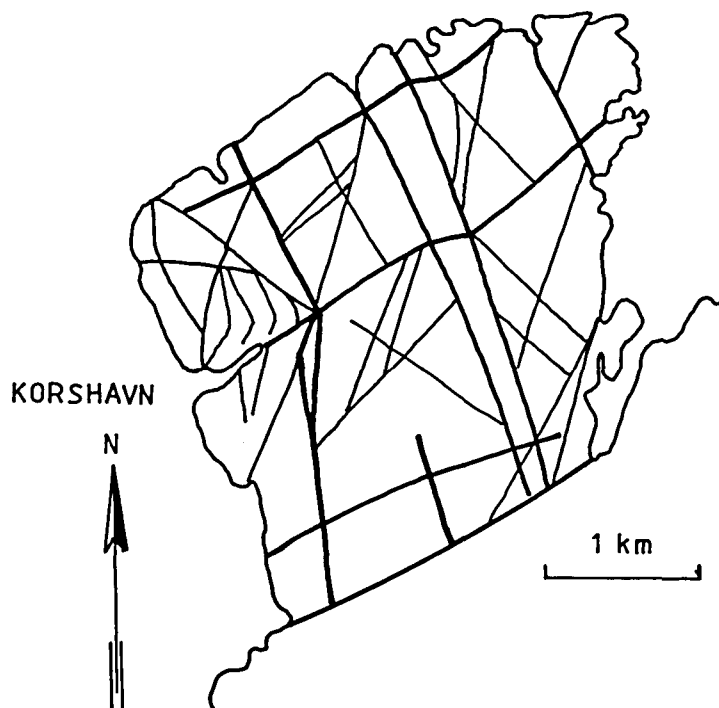
I forbindelse med NGUs eksternt finansierte oppdrag benyttes metodene, men det har hittil ikke vært gitt økonomisk eller tidsmessig anledning til en forskningsrettet systematisk gjennomføring av hele spekteret.

Utførende

NGU med sin tverrfaglige oppbygning bidrar med innsats i form av diverse måleutstyr, borrhøg, laboratoriefasiliteter og fagfolk fra ulike seksjoner. En hovedfagsoppgave i geologi var tenkt bygget inn i prosjektet i samarbeide med professor Arild Andersen, Institutt for geologi, Blindern. Det forventes deltagelse også fra andre institusjoner, i første rekke NTH/SINTEF. Støtte til prosjektet søkes hos forskningsråd samt hos kommunale og fylkeskommunale myndigheter.

Sprekkemønster

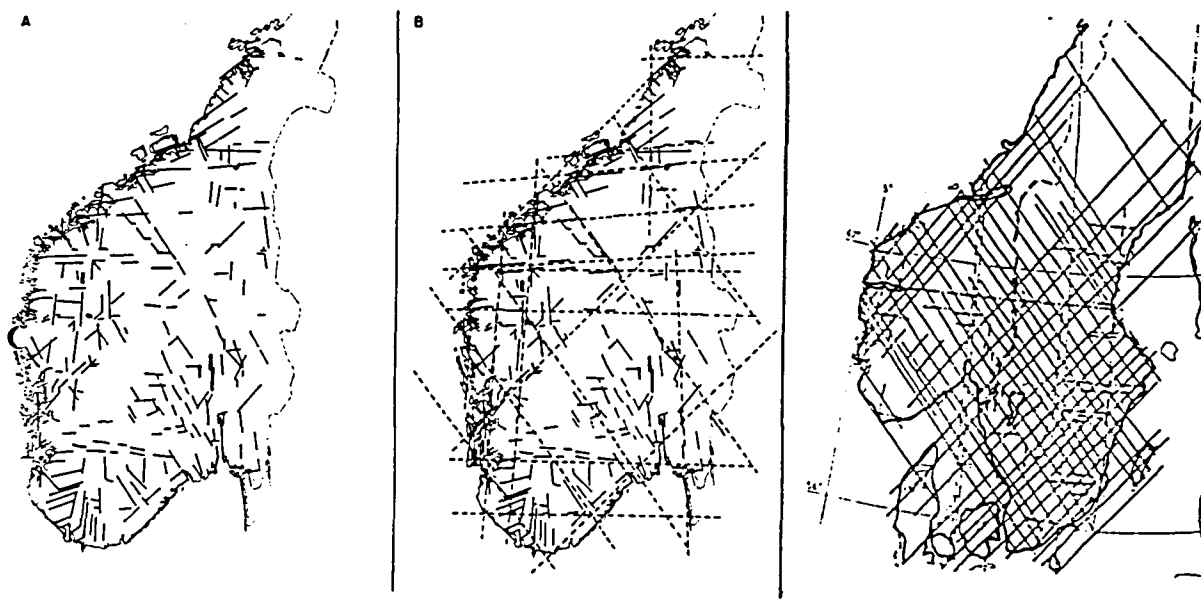
Området er del av Iddefjordgranitten (Båhusgranitt på svensk side). Granitten har vært utsatt for enkle trykk- og avlastningsforhold, noe som gjenspeiles i et regelmessig rombisk sprekkemønster. Fig. 1 viser et sprekkkart basert på en innledende flyfototolkning innen forsøksområdet.



Figur 1. Sprekkemønster innen forsøksområdet.

Systemet føyer seg inn i et spenningsfelt med hovedkompresjon etter ca. N 20°, hvorved sprekkeene kan klassifiseres i tensjonssprekker og skjærsprekker. Tradisjonelt anses tensjonssprekker som de beste vanngivere, noe prosjektet skal søke å verifisere, samtidig som det skal søkes etter feltkriterier for å skille tensjons- og skjærsprekker.

Sprekkemønsteret innen forsøksområdet synes å ha relevans for store deler av den skandinaviske halvøy. Dette fremgår bl.a. av Fig. 2 etter en artikkel av Bo Ronge.



Figur 2. Lineamentkart over Skandinavia, av fra venstre: Kjerulf (1879), Hobbs (1911), Gustafson og Ronge (1985).

Et tilsvarende sprekkemønster fremkom også ved sprekkeanalyser i grunnfjellet på kartblad Drøbak (Rohr-Torp, 1987, p. 8-9).

Vannanalyse

Området er omgitt av saltvann på tre sider. Vannbalansestudier vil bli sentrale i prosjektet. Langvarige prøvepumper vil vise hvor stor del av nedbøren som tilføres grunnvannsmagasinet, og som det er mulig å pumpe opp som ferskt grunnvann. Dette gjennomføres ved hjelp av strømningsmodeller og studier av ferskvann-saltvannsbalanse. Slike studier vil ha relevans i forbindelse med vannforsyning i kystområder, bl.a. med tanke på havbruk. Det kan nevnes at det siden 1908 har vært nedbørstasjon i drift på Kirkøy.

Annet

Grunnvannskjemiske undersøkelser vil bli gjennomført i forbindelse med prosjektet. Blant annet vil naturlige variasjoner i kjemi og grunnvannstand bli studert.

Iddefjordsgranitten har vært vurdert som kilde for geotermisk energi både på norsk og svensk side av grensen. Prosjektet vil ha direkte relevans til slike studier, ettersom det for uttak av energi er viktig å oppsøke de mest vannførende sprekkesonene.

Prosjektet vil omfatte tillemping og utvikling av utstyr, og faste rutiner for prøvepumping av borebrønner i fjell.

Kapasitetsøkning i borehull som gir lite vann vil også inngå. Det vil bli arbeidet med følgende metoder:

- Forsøk med forskjellige ladningstyper ved sprengning i borehull.
- Forsøk med "Hydraulisk trykking" av borehull (vann under meget høyt trykk presses inn under en tett mansjett i borehullet).
- Kjemikaliebehandling for oppløsning av tette sprekke mineraler i borebrønner.

Kontakt med Sverige

Svenskene har arbeidet lenge med grunnvann i krystalline bergarter. Det er derfor viktig å kjenne til hva de har gjort av forskningsinnsats, slik at prosjektet kan bygge videre på det som allerede eksisterer. Uformell kontakt er tatt med professor Gunnar Gustafson ved Chalmers tekniske høyskole i håp om å kunne utvikle et samarbeide med forskere på tilsvarende felter i Sverige.

GJENNOMFØRING

De NGU-finansierte innledende undersøkelsene i 1989 ble sterkt redusert pga. at undertegnede måtte gjennomgå en ryggoperasjon som medførte sykefravær fra midten av juni til slutten av november.

I regi av professor Arild Andersen (UiO) hadde hovedfagsstudent Ebbe Hartz 14 dagers geologisk feltarbeide i forsøksfeltet sommeren 1989. Innsamlet materiale foreligger i manusform.

For 1990 ble NAVF søkt om kr 200 000,- til et forprosjekt. Det ble bevilget kr 50 000,- til prosjektet. I tillegg har NGU bidratt med kr 50 000,- til feltmidler. Videre har NGU bidratt med lønnsmidler og med midler til prøveboringer. Av praktiske grunner ble prøveboringene lagt til senhøsten, utenom ferisesongen på Hvaler.

Sprekker

Vinteren 1990 arbeidet forsker David Banks (NGU) med lineamenter i Iddefjordsgranitten. Fra topografiske kart ble lineamenter registrert over et stort område av granitten. Sprekkediagrammene framgår av Fig. 3.

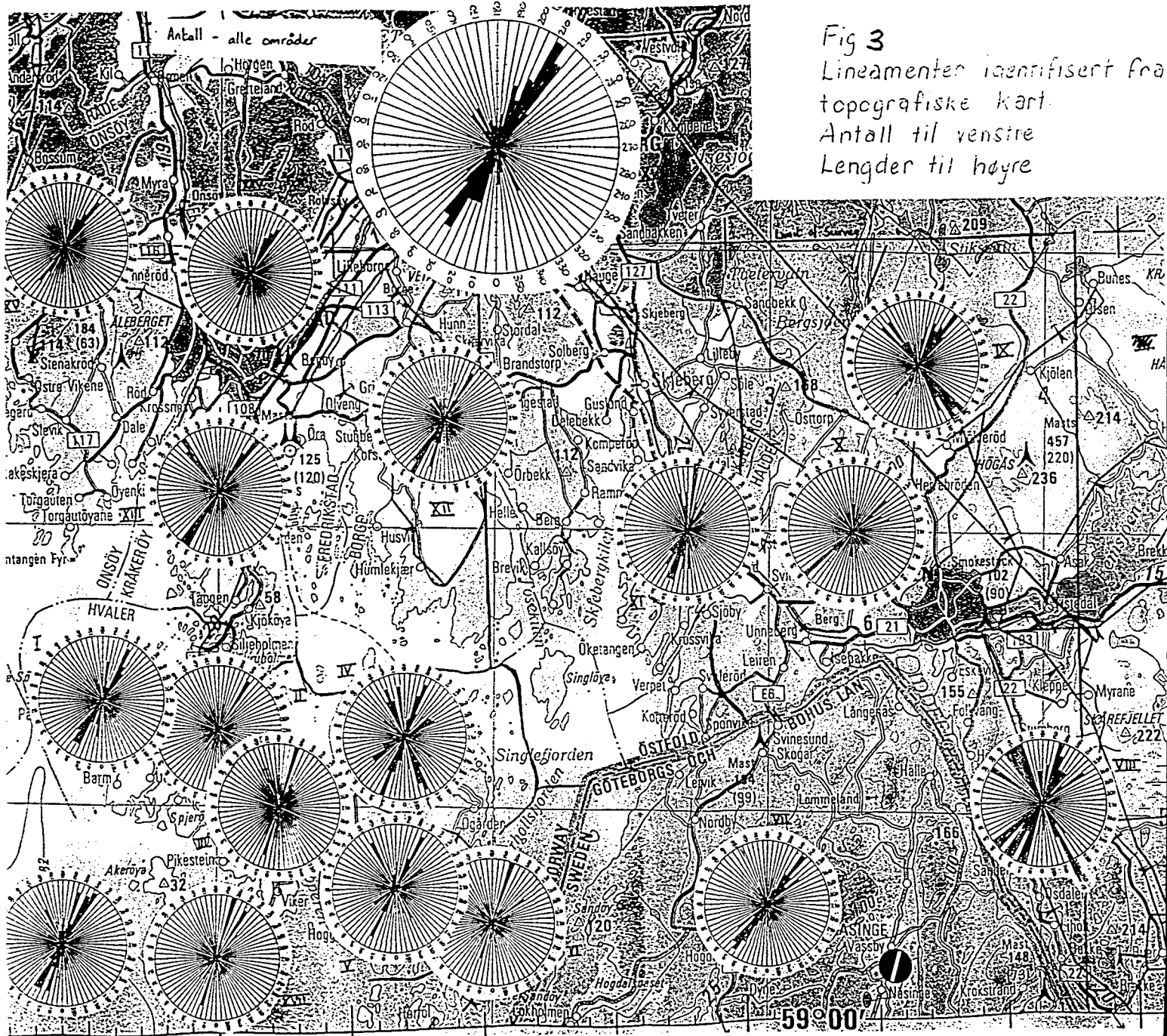
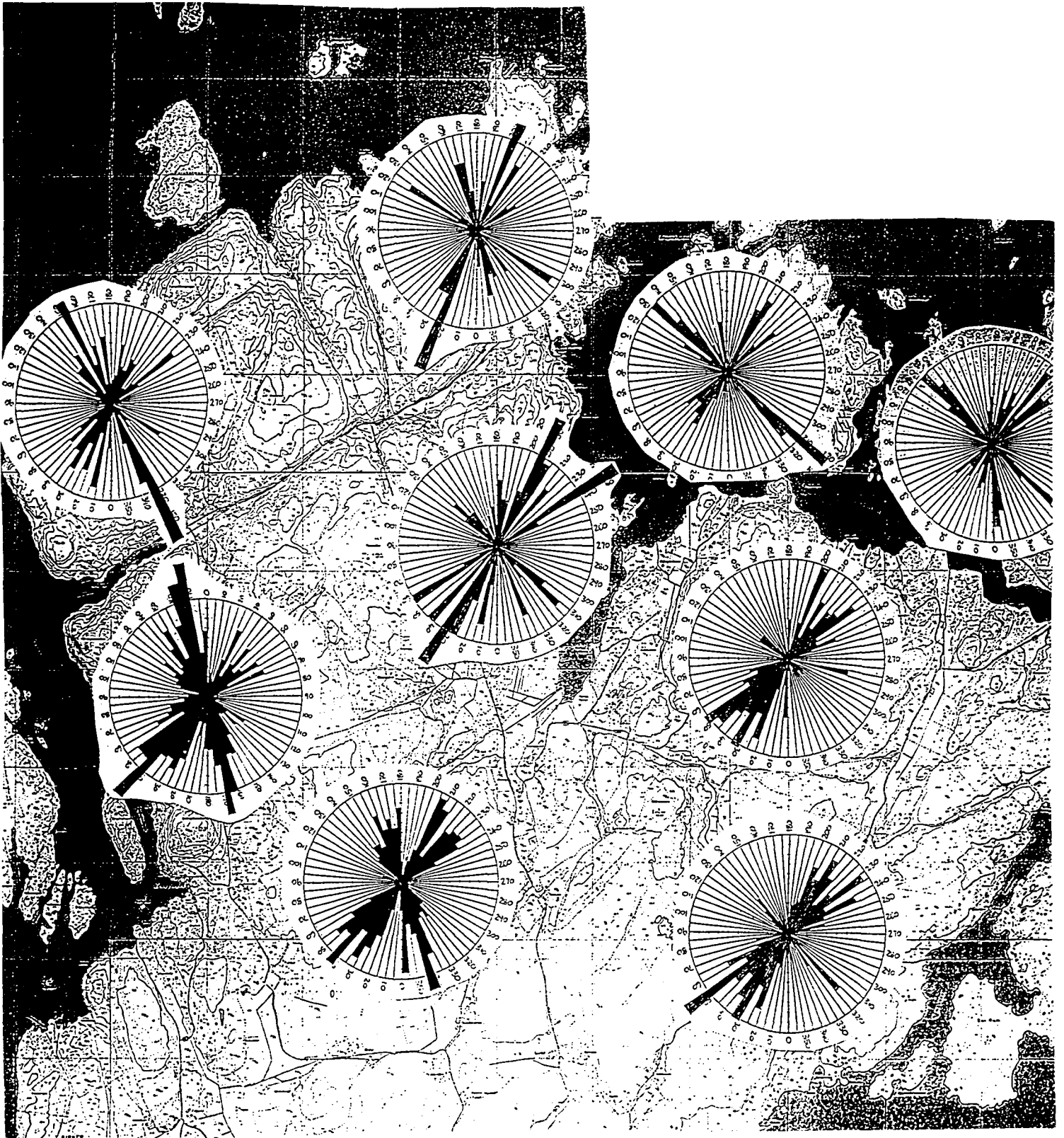


Fig 3
Lineamenter identifisert fra
topografiske kart.
Antall til venstre
Lengder til høyre

Figur 3. Lineamenter representert fra topografiske kart. Antall til venstre, lengder til høyre.



Figur 4a. Sprekkeretninger identifisert fra flyfotografier. Antall til venstre, lengder til høyre.



Figur 4b. Sprekker identifisert fra flyfotografier.

Fra flyfotografier ble mindre lineamenter registrert på nordre del av Kirkøy. Sprekkene er angitt på Fig. 4a, og sprekkediagrammer på Fig. 4b. Sommeren -90 ble ca. 1000 sprekker målt og beskrevet i felt på nordre del av Kirkøy. Sprekkediagrammene er angitt på Fig. 5.



Figur 5. Sprekkeretninger målt i felt, N Kirkøy

Sprekkediagrammene som er tatt fra flyfotografiene avviker endel fra de som er målt i felt på Kirkøy. Dette skyldes at hovedsprekkene lager en mosaikk av "blokker" lik den foran beskrevne, mens "blokkene" internt har et finmasket nett av mindre sprekker med retninger forskjellig fra hovedsprekkene. Disse mindre sprekkeene sees for en stor del bare i felt.

Det er tatt kontakt med Statens Vegvesen, og den nye tunnelen mellom Asmaløy og Kirkøy er befart. Det var lite vannlekkasjer ved tunneldrivingen, men de største lekkasjene kom fra mindre sprekker mens hovedsprekkene med oppknuste bergarter oftest var tettet av leirminerale.

Detter harmonerer med at hovedsprekkene (som antatt) kan representere lite vannførende skjærsprekker, mens de mindre sprekkeene inne i "blokkene", iallfall for en del, kan representere vannførende tensjonssprekker. Noen helt spesielle, lange og svært åpne sprekker er funnet på Kirkøy. Disse kan være et resultat av "neotektonisk" aktivitet og er således interessante i grunnvannssammenheng.

Vannkvalitet

Det er analysert vannprøver fra noen borebrønner på Kirkøy. Høyt innhold av jern, mangan og fluor forekommer i en del av vannprøvene.

"Biofilmer" (som består av jernhydroksyd og bakterien Gallionella) finnes ofte på vannførende sprekker i tunnelen. Slike biofilmer utvikles i jernrikt grunnvann, og i borehull kan filmen tette sprekker og minske vannføringen.

Flusspat opptrer i hovedsak på sprekker med retning 40°. Dette mineralet antas å være kilden til det høye fluorinnholdet i noen prøver av grunnvannet. Det kan også nevnes at mineralet epidot er vanlig i forekommende på sprekker med retning 140°.

Brønnregistrering

Eksisterende borebrønner og gravde brønner er registrert på nordlige Kirkøy. Dette for å unngå brønnskader når prøvepumping igangsettes, og for å samle informasjon. Vel 50 borebrønner ble registrert.

Geofysikk

Fire mindre områder ble etter sprekkeundersøkelsene valgt ut for geofysiske undersøkelser. Det ble benyttet very low frequency (VLF) og magnetiske målinger. Ved begge metodene ble det funnet klare anomalier over sprekkesonene.

Prøveboringer

Etter geofysikken ble ett område valgt ut for prøveboringer. Det ble boret fire hull; to mot antatte skjærsprekker, ett mot antatte tensjonssprekker og ett parallelt med antatte tensjonssprekker. Prøvepumping er ennå ikke igangsatt, men borresultatene synes å styrke teorien om at skjærsprekke for en stor del er tettet av sekundærmineraler, mens tensjonssprekkene er åpne og gir mer vann.

Det ble ført nøye borlogg og borkakset ble regelmessig prøvetatt. Det ble også tatt prøver hver gang boringen krysset en sprekk. Vanninnslag ble notert.

Ressursbruk - resultater - konklusjon

Forprosjektet er gjennomført som planlagt. Ressursbruken har vært stor, med totale projektkostnader, inkludert lønninger på ca. kr 500 000,-. Av utgiftene ble kr 50 000,- dekket av NAVF, og kr 450 000,- av NGU. Opprinnelig budsjett ble satt til kr 600 000,-. NAVF ble søkt om kr 200 000,-.

Med NGUs store egeninnsats har det for 1990 vært tilstrekkelig med kr 50 000,- i støtte fra NAVF. Med tidkrevende langtidsprøvepumper, vannbalansestudier etc., er prosjektet ment å løpe fram til 1994.

Forprosjektet har "klargjort" forsøksfeltet geologisk og strukturelt, og prøveboringer er utført. Bortsett fra styrking av opprinnelige teorier, er det naturlig nok ikke oppnådd forskningsresultater ettersom prøvepumper etc. ikke inngikk i forprosjektet.

Formidling - publisering

Prosjektet og foreløpige resultater ble presentert med en "poster utstilling" på Miljøgeologisk konferanse i Ingeniørenes Hus 21-22 november 1990.

I populær form ble prosjektet beskrevet i lokalaviser i Østfold, bl.a. i Fredrikstad Blad 21. juli 1990.