

NGU Rapport nr. 88.219

Kartlegging av forkastninger og
bruddsoner i berggrunnen i
Møre og Romsdal fylke

Rapport nr. 88.219	ISSN 0800-3416	Åpen/Fortrolig til	
Tittel: Kartlegging av forkastninger og bruddsoner i berggrunnen i Møre og Romsdal Fylke.			
Forfatter: Trond Forslund		Oppdragsgiver: NGU, Møre og Romsdal Fylkeskommune Vegvesenet i Møre og Romsdal	
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune:	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Ålesund		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 24	Pris: 45,-
Feltarbeid utført: 1988		Rapportdato:	Prosjektnr.: 2331.00.21
Seksjonssjef:			
Sammendrag: Post-kaledonske forkastninger opptrer i området, og de største av disse er forlengelser mot SV og VSV av tilsvarende forkastninger i Trøndelag. Bergartene i forkastningene varierer fra mylonitter til kataklasitter og breksjer og viser en kompleks utvikling med både duktil og sprø deformasjon. Svelleleire opptrer ofte. Bevegelsesretningene varierer på en tilsvarende kompleks måte. De store forkastningssonene NV for Ålesund kan følges over land mot ØNO. Lineamenter orientert N-S eller NV-SØ har koesive bergarter og er å foretrekke når det skal velges tversgående traséer for tunneler etc. NØ-SV til Ø-V orienterte lineamenter representerer de største problemene ved eventuelle anlegg i fjell. Det anbefales å undersøke nærmere aldersforhold og bevegelsehistorie i forkastningssystemene. Det gjenstår å mikroskopere de innsamlende bergartsprøvene.			
Emneord	Ingeniørgeologi	Bruddsoner	
Lineamenter	Hydrogeologi	Neotektonikk	
Forkastninger	Strukturgeologi	Møre og Romsdal	

INNHold:	SIDE
1. Innledning.....	3
2. Områdets regionalgeologiske plassering.....	3
3. Klassifikasjon.....	6
4. Regionale forkastningssoner.....	6
5. Deformasjonsprodukter.....	8
6. Strukturgeologisk analyse.....	11
7. Tidspunkt for bevegelser og genese av forkastningsbergartene.....	13
8. Oppsummering/konklusjon.....	15

Referanseliste.

Figurtekst.

Figurvedlegg.

1. Innledning

I juni og deler av juli måned 1988 ble det av undertegnede utført strukturgeologisk kartlegging i Møre og Romsdal fylke i et område som begrenses av Ørsta i sydvest og av Bøverdalen i øst.

Hovedformålet med undersøkelsen var kartlegging og beskrivelse av forkastninger/bruddsoner i berggrunnen i området. Dette bl.a. som et ledd i planlegging og lokalisering av framtidige undersjøiske tunneler og grunnvannsforsyninger fra fjell.

Satellitt-data, flybildetolkninger, studier av publiserte og upubliserte geologiske og geofysiske kart samt feltundersøkelser danner grunnlaget for den foreliggende rapporten.

Som kartgrunnlag er benyttet serie M 711 i målestokk 1:50 000, og UTM koordinater er angitt.

Prosjektleder har vært E. Tveten, NGU-Trondheim.

2. Områdets regionalgeologiske plassering.

Bergartene i det kartlagte området (fig. 1) ligger i sin helhet innen det basale gneis-komplekset (Vestlige Gneis-regionen) som utgjør området mellom Faltungsgriben (Goldschmidt 1912) og nordvest-kysten av Sør-Norge.

Den Vestlige Gneis-regionen består hovedsaklig av proterozoiske krystalline enheter og med mulig opptreden av under-paleozoiske bergarter (Cuthbert et al. 1983, Bryhni & Sturt 1985). Gneis-regionen ser ut til å henge sammen med området med prekambriske grunnfjellsbergarter i sørøst, men er av flere postulert å være parautokton og trolig allokton (jfr. bl.a. Gee 1975,1980).

Bergartene i gneisregionen er antatt å ha en hovedsaklig sveco-fennisk alder (ca. 1700 mill. år)(Cuthbert et al. 1983) og synes tildels sterkt påvirket av den sveconorvegiske fjellkjededannelsen (ca. 1000-1100 mill. år) (jfr. Krogh 1977, Brueckner 1979) bl. a. med intrusjon av gabbro.

Gneis-regionen er antatt å ha gjennomgått deformasjon og metamorfose i tilknytning til den kaledonske orogenese. Dette

understøttes av eklogittaldre rundt 425 Ma (Griffin & Brueckner 1980) samt evidenser for eklogittdannelse ved suksessive høyere PT-forhold mot nordvest (Krogh 1977, Griffin et al. 1985). Bergartene i den vestlige gneis-regionen er hovedsaklig gneiser og migmatitter av granittisk til granodiorittisk sammensetning, med lokal opptreden av granitt, doleritt (gabbro) og pegmatitt. Amfibolitt og ofte retrogradert granulitt, anorthositt, eklogitt og ultramafitt opptrer som lag og linser i gneisene. Metamorfe sedimentære og vulkanske bergarter av usikker geologisk opprinnelse (jfr. Bryhni & Sturt 1985) inkluderer Sætra-Risberg-dekkene, Surna-Blåhø dekkene og Støren-dekket (jfr. Krill & Sigmund 1986) og består bl.a. av kvartsitter, glimmerskifer, gneiser, granatglimmerskifer, amfibolitter, kalksilikatbergarter og marmor (fig. 1).

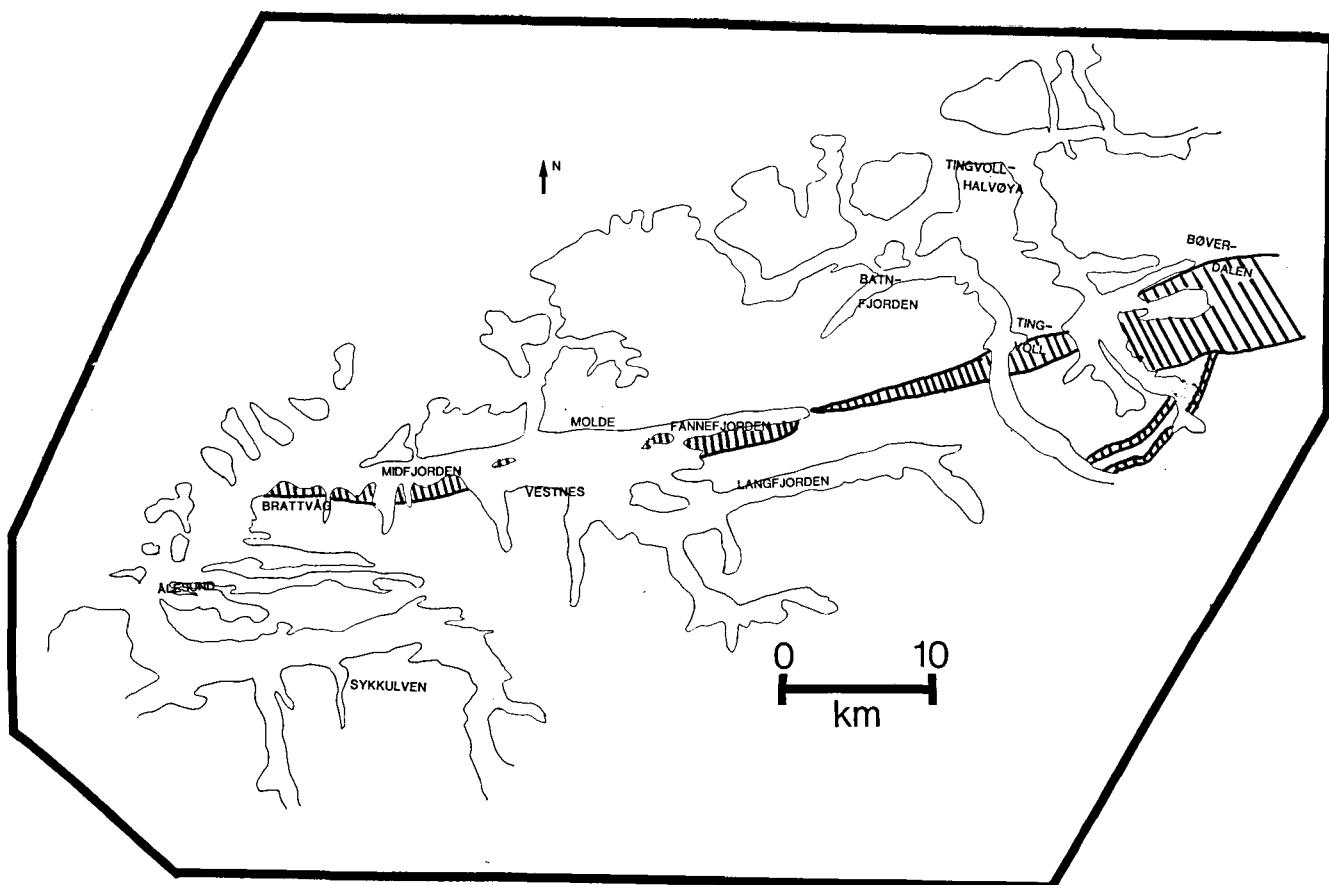


Fig.1: Forenklet geologisk kart med lokalisering av stedsnavn nevnt i teksten. Den Vestlige Gneis-regionen uskravert. Høyere tektonostratigrafiske enheter med metamorfe sedimentære og vulkanske bergarter skravert.

De krystalline basementbergartene er hovedsaklig metamorfosert i epidot-amfibolitt og/eller amfibolitt facies metamorfose (Bryhni & Sturt 1986). I vest har denne metamorfosen overprintet granulitt- og eklogittparageneser.

Den nordlige og kystnære del av den Vestlige Gneis-regionen er karakterisert av en ØNØ-VSV-lig topografi, som ofte er parallell med foliasjon og bergartskontakter (jfr. Sigmond et al. 1984). Flere forfattere (bl.a. Oftedahl 1975, Bryhni 1986, Bøe 1987 og Grønlie & Roberts under forberedelse) har påpekt opptreden av store regionale forkastningssoner med samme orientering. Lineamentstudier av Gabrielsen & Ramberg (1979) basert på Landsat satellittbilder har vist stor tetthet av ØNØ-VSV orienterte lineamenter i området (Møre-Trøndelag intensitetssone). Samme mønster er også observert av andre (jfr. Aanstad et al. 1981, Rindstad & Grønlie 1986). Møre-Trøndelag forkastningssone (Gabrielsen et al. 1984) sammenfaller med Møre-Trøndelag intensitetssonen og inkluderer bl.a. Beitstadfjordforkastningen, Verranforkastningen (Oftedahl 1972, 1975) og Hitra-Snåsaforkastningen (Grønlie & Roberts under forberedelse).

Aeromagnetisk kart "Ålesund", målestokk 1:250 000 viser en regional utvikling i det kartlagte området med vekslende høy- og lavmagnetiske soner med orientering omtrent ØNØ-VSV. Denne trenden er parallell med retningen til Møre-Trøndelag forkastningssone og sammenfaller i store trekk med strøkretningen til de geologiske enhetene i området.

Feltarbeid i tilknytning til denne rapporten har vist at post-kaledonske duktile-sprø forkastninger synes å være et svært viktig strukturelt element sørvest for Hitra-Snåsaforkastningen. Forkastningene viser regionalt i mange tilfeller en ØNØ-VSV-lig orientering og splitter den nordlige og kystnære del av den Vestlige Gneisregionen opp i flere forkastningsblokker som generelt er parallell med orienteringen til hovedforkastningene. Forkastningene står sjelden alene, men utgjør som regel en mer eller mindre kompleks forkastningssone med en bredde som varierer fra 20-30 meter til flere kilometer.

3. Klassifikasjon.

Forkastningene er i dag blottlagt på et erosjonsnivå som tilsvarer betydelige dyp i tidsrommet forkastningene var aktive. Variasjoner i både stil (duktil-sprø) og deformasjonsprodukter er karakteristisk for profiler vinkelrett på forkastningenes strøkretning. Disse variasjonene kan forklares med en to-lags mekanisk modell for forkastningssonene (jfr. Sibson 1977). Sprø deformasjon med dannelse av ufolierte forkastningsbergarter forårsaket av friksjonsprosesser foregår i de øverste 10-15 km av jordskorpa (EF-regime), mens bergarter av mylonittserien blir dannet i duktile skjærsoner ved aseismiske skjær-bevegelser dypere i skorpa (QP-regime). Inkoesive forkastningsbergarter (forkastningsbreksjer og forkastningsmel) dannes ved sprø deformasjon i de øverste 4-5 km av EF-regimet. I en kvartsfeltspatisk skorpe vil overgangen mellom EF og QP-regimene samsvare omtrentlig med 300° C isoterme som markerer nedre temperaturgrense for grønnskifer-facies metamorfose.

4. Regionale forkastningssoner.

Møre-Trøndelag forkastningssone har vært omtalt i en rekke sammenhenger i de senere år og det har vært spekulert rundt flere mulige bevegelsesmodeller. Oftedahl (1972,1975) og Gabrielsen et al. (1984) antydte kun normalbevegelse langs forkastningsplanene, mens Aanstad et al. (1981) konkluderer på bakgrunn av observasjoner i felt småskala høyrelengsbevegelser langs enkelte av forkastningene. Høyrelengs- og skråbevegelse antydes av Roberts (1983). Grønlie & Roberts (under forberedelse) postulerer et høyrelengs dupleks-system på bakgrunn av forkastningsmønsteret observert langs Verran- og Hitra-Snåsaforkastningene og påpeker i tillegg en mulig komponent av tidlige venstrelengsbevegelser.

Arbeid i felt har vært konsentrert om lokalisering av forkastningssonene samt klassifikasjon og beskrivelse av forkastningsbergartene. Det er i tillegg gjort en rekke målinger av strukturelementer i felt, hovedsaklig av orienteringen til sprekke- og forkastningsplan, men også orienteringen av observerte glidestriper. Det er fra Ålesundområdet i vest til Bøverdalen i øst

kartlagt (se figur 2) to regionale hovedlineamenter som begge synes knyttet til bevegelser langs Møre-Trøndelag forkastnings- sone. Lineamentet som strekker seg fra Midfjorden i vest, inn Fannefjorden, over Tingvollhalvøya og opp Bøverdalen i øst (hovedlineament 1) skiller grunnfjellsgneisene i nord fra tektonostratigrafisk høyere dekkeenheter i sør og er karakterisert av tilhørende sekundære strukturer (jfr. fig. 2).

Lineamentet som strekker seg fra nord om Ålesund østover langs Langfjorden og videre over Tingvollhalvøya (hovedlineament 2) synes ikke kontinuerlig langs hele traseen, men representerer helt klart en viktig tektonisk sone.

De regionale bruddsystemene viser en dominerende NØ-SV til ØNØ-VSV-lig orientering. Brudd-relaterte lineamenter med orientering omtrent NV-SØ til N-S er imidlertid også viktige strukturelle element i området. Statistisk analyse av strøkretningen til 146 forkastninger (mesostrukturer) i området viser 4 topper i det kartlagte området (jfr. fig. 3 W). Vanligst og best representert er retningene N 50° Ø og N 80° Ø som sammenfaller med orienteringen til dominerende regional-skala strukturer. Orienteringen til majoriteten av glidestripene (N 10-30° V) synes sammenfallende med strekningsretningen utledet fra forkastningsgeometrien og kan antyde normalbevegelser langs ØNØ-VSV orienterte lineamenter.

Også N 10-30° Ø og N 30° V synes å være markante forkastningsretninger i området.

Kartlegging av Krill & Sigmond (1986) samt egne observasjoner viser at dekkelagfølgen i Surnadal fortsetter helt vest til Brattvåg (jfr. fig. 1). Det geologiske kartbildet med grunnfjellsgneiser i nord og tektonostratigrafisk høyere dekkebergarter i sør antyder normalbevegelse med fallretning mot SØ langs forkastningen som strekker seg fra Midsund i vest og opp Bøverdalen i øst. Lenger nord langs Møre-Trøndelag forkastningssone (jfr. Grønlie & Roberts under forberedelse) observeres samme geologiske kartbilde med Verranforkastningen som

skille mellom proterozoiske gneiser i nord og kaledonske dekkebergarter i sør. Normalbevegelser langs hovedlineamentet som strekker seg fra Midsund i vest og opp Bøverdalen i øst understøttes også av observerte antitetiske forkastninger i hengblokken sør om forkastningstraseen samt hyppig opptreden av konjugerte forkastningssett. Forkastningsbevegelser langs regionale hovedforkastninger medfører intern deformasjon og fører til geometrisk nødvendige modifikasjoner i bergartene både i heng- og liggblokken (Ramsay & Huber 1987). Antitetiske forkastninger synes å ha vært en viktig geometrisk modifikasjonsmekanisme langs forannevnte hovedlineament. Glidestriper og "chatter-marks" observert på forkastningsplan indikerer mange steder normalbevegelse med fallretning mot SØ. Dette understøttes også av polplott av forkastningsplan i det kartlagte området (jfr. fig. 4).

5. Deformasjonsprodukter:

Varierende grad av mekanisk deformasjon og hydrotermal omvandling har ført til omfattende teksturelle og strukturelle forandringer av bergartene langs traseen til forkastningssonene. Forkastningsbredde og typer av forkastningsbergarter varierer langs strøket til forkastningssonene. Opptreden av forkastningsbergarter (fig. 5) er brukt som indisium på forkastningsbevegelser og danner grunnlaget for figur 2. Strukturelle og petrografiske beskrivelser av forkastningsbergartene er i denne rapporten utelukkende basert på opptreden/undersøkelser i felt og håndstykke.

Forkastningssonene viser mange steder en sonert oppbygging med flere påfølgende forkastningsbergarter av ulik alder. Kataklasitter og breksjebergarter er dominerende forkastningsbergarter observert langs forkastningstraseene, men det er også observert mylonittiske bergarter samt fyllonitter. Tekstur og sammensetning til bergartene antyder en komplisert bevegelseshistorie under forskjellige trykk og temperaturforhold. Protomylonitter observert langs forkastningene opptrer i relativt brede soner parallellt med forkastningene.

Flytestrukturene i mylonittene viser i felt likhetstrekk med migmatittiske gneiser tilhørende gneis-regionen og kan være vanskelig å skille fra disse. Mylonittene viser imidlertid en markert kornstørrelsesreduksjon sammenliknet med opprinnelsesbergartene og kjennetegnes stedvis av en mylonittisk foliasjon hvor store korn av oftest kvarts/feltspat ligger i en finkornet kvartsrik matriks. Det er også observert strekningslineasjoner i mylonittene.

De mylonittiske bergartene er kataklastisk deformert inn mot forkastningene og bergarter av kataklasittserien opptrer hyppig i disse sonene. Protomylonittsonene der disse opptrer synes imidlertid klart breiere enn bredden på sonene karakterisert av sprø deformasjon. Kataklasittene kjennetegnes av kataklase/granulering og er orientert parallellt og subparallellt med mylonittene. Bånd og årer av flintaktig utseende ultrakataklasitt opptrer i soner som har gjennomgått spesiell høy deformasjon. Sprekker/årer med nydannet materiale (stilbitt, laumontitt, kalsitt, epidot, prehnitt og kvarts) kutter de kataklastiske sonene på flere lokaliteter. Laumontitt og stilbitt opptrer mange steder i opptil 10-15 mm brede bånd langs bevegelsesplan i forkastningssonene.

Den polyfase karakteren til forkastningssonene, hvor sprø deformasjon har etterfulgt duktil deformasjon langs forkastningene, understrekes av kataklase/granulering, mesoforkastninger og ekstensjonsårer/sprekker som helt klart har overprintet flytestrukturene i mylonittene.

Det er observert flere typer breksjebergarter langs forkastningene. Breksjebergartene kan deles inn i tre typer:

- 1) Primærkoesive knusningsbreksjer hvor breksjeteksturen er resultat av gjennomsettende bånd/årer med nydannede mineraler som fragmenterer bergarten.
- 2) Inkoesive breksjebergarter. Denne breksjetypen er klart dominerende langs forkastningene observert i det kartlagte området og er ofte assosiert med zeolittmineralisering (stilbitt

og laumontitt).

3) Sekundærkoesive forkastningsbreksjer. Disse breksjebergartene er sekundærkoesive som resultat av sein vekst av hovedsaklig prehnitt, epidot og kalkspat. Prosessen medfører en ofte betydelig volumøkning.

Primærkoesive og inkoesive breksjebergarter er observert med fragmentstørrelser som varierer fra noen få millimeter til flere centimeter. Breksjematerialet er på de forskjellige lokaliteter noe forskjellig utviklet, men utgjør i sin mest typiske form skarpkantede fragmenter av hydrotermalt omvandlete gneisbergarter i en grunnmasse av hovedsaklig finkornet stilbitt, men også laumontitt, epidot, hematitt, karbonat og kvarts. Flere generasjoner av oppsprekking/innfylling er definert av årer/sprekker som kutter og delvis forskyver hverandre. Årer med epidot er på flere lokaliteter tolket til å være eldst. Årer med karbonat og hematitt kutter årene med epidot og er dannet etter disse. Årer med stilbitt kutter de andre åretypene og synes å være dannet sist. Stedvis viser de innfylte årene en fibrig tekstur.

Sekundærkoesive forkastningsbreksjer er bare observert på 3 lokaliteter i det kartlagte området. Forkastningsbreksjene ser ut til å ligge parallellt og subparallellt med de andre breksjebergartene, men er dannet etter disse. Breksjene opptrer med angulære til sub-angulære roterte fragmenter av hydrotermalt omvandlete gneisbergarter i en tett til finkornet grunnmasse av granulerte gneisbergarter, prehnitt, epidot og kvarts. På lokalitet 512818; kartblad Tingvoll observeres hovedsaklig kalkspat i matriks. Forkastningsbreksjer med prehnitt og epidot i grunnmassen har ofte en grågrønn farge og fragmentene har vanligvis en størrelse på under 5 mm. Forkastningsbreksjen observert på lokalitet 540736; kartblad Tingvoll kuttet av sene stilbittårer som igjen er tektonisert. Forkastningsmel (fault gouge: Sibson 1977) er observert på flere lokaliteter og er best utviklet på lok. 703374; kartblad Brattvåg langs forkastningsplan med orientering omtrent Ø-V. På lokaliteten opptrer en nedknust og melaktig granittisk gneisbergart med talkinnfylling langs bevegelsesplan og i hulrom.

Kataklasitter og primærkoesive knusningsbreksjer med kvarts og epidot i grunnmassen er dominerende langs NV-SØ til N-S orienterte forkastninger, men også protomylonittiske bergarter er observert langs disse lineamentene. Inkoesive breksjebergarter er ikke observert langs lineamenter med orientering NV-SØ. Dette understøtter forkastningsbevegelser relativt dypt i skorpa langs disse lineamentene, med senere reaktivering i lavere del av EF-regimet (jfr. opptreden av kataklasitter i disse sonene). Hovedbevegelsen langs disse forkastningene assosieres med stressregimer som trolig er tidligere enn hovedbevegelsene langs ØNØ-VSV orienterte forkastninger. Knusningsbreksjer med kvarts og epidot i grunnmassen er i gneisområdet sør for Batnfjorden betegnende for NV-SØ orienterte normalforkastninger med fallretning mot sørvest. Breksjebergarter med kvarts og epidot i grunnmassen som trolig kan relateres til normalforkastningsbevegelser er også observert lenger nord langs Møre-Trøndelag forkastningssone (jfr. Grønlie & Roberts under forberedelse). Kvartsansamlinger observeres ofte langs NV-SØ orienterte lineamenter hvor kvartsdominerte linser synes å ligge i bevegelsesplanet til duktile skjærsoner.

6. Strukturgeologisk analyse.

Strukturgeologisk analyse av det kartlagte området (jfr. fig. 3 A-W, fig. 4 og fig. 6) er hovedsaklig gjort for om mulig å finne systematikk i orienteringen av sprekker, mineraliseringsplan og forkastninger målt i felt.

Forkastningsgeometrien i horisontalplanet kan, i samsvar med argumentasjonen brukt lenger nord langs Møre-Trøndelag forkastningssone (jfr. Grønlie & Roberts under forberedelse) antyde sidelengsbevegelser langs lineamentet som strekker seg fra Midfjorden og østover. Dette bl.a. på bakgrunn av likhetstrekk med veldokumenterte sidelengsforkastninger fra litteraturen. Skjærretningsindikatorer i felt antyder imidlertid opptreden av både normal- og sidelengsforkastninger. Observerte glidestriper viser ofte en orientering N 10-30° V, omtrentlig vinkelrett på strøkretningene til hovedforkastningene i området. Stupningen til glidestripene observert på forkastningsplanene viser verdier

som varierer fra 5°-90° og intervallet 45-60° er minst vanlig. Det er observert både høyre- og venstrelengsbevegelser langs sidelengsforkastningene og glidestripene viser langs disse ofte stupning på fra 5-30° . Undersøkelser med hensyn på eventuell systematikk i bevegelsene langs sidelengsforkastningene faller utenfor denne rapportens rammer. To generasjoner glidestriper viste imidlertid på en lokalitet at normalbevegelsen helt klart postdaterte tidligere sidelengsbevegelser.

Målte sprekker/årer i felt faller ofte innenfor retningene N 60-70° Ø, Ø-V og N-S (jfr. fig. 3 V). Sprekkeplanene (jfr. fig. 4) viser hovedsaklig moderate til bratte fall og med en liten majoritet med fallretning mot SØ langs ØNØ-VSV orienterte sprekker. Sprekker/årer med orientering N 60-70° Ø er ofte planære, opptrer i parallelle sett og viser stedvis innfylling av sekundært materiale. Forannevnte kan understøtte en tolkning av disse som ekstensjonssprekker. Skjær-sprekker med glidestriper observeres også. Ø-V orienterte sprekker synes dominert av åpne hybride skjær-sprekker. N-S orienterte sprekker synes dominert av ekstensjonssprekker, men også her synes skjær-sprekker viktige. Sprekkeretninger med orientering ØNØ-VSV kan naturlig tenkes å være generert i tilknytning til samme tektoniske fase/regionale spenningsfelt som hovedforkastningene i området. Sprekkeretningene synes å vise større spredning i dekkebergartene på sørsiden av forkastningstraseen Midfjord-Bøverdalen. Dette kan understøtte normalbevegelser langs forkastningen hvor den observerte spredningen i sprekkeretningene tentativt kan forklares med gravitativ kollaps og intern deformasjon av bergartene i heng-blokken som resultat av bevegelser langs hovedforkastningen (jfr. Ramsay & Huber 1987).

Dekkelagfølgen i Surnadal kan følges vestover mot Brattvåg og bergartene ligger hele veien i en synform med aksretning ØNØ-VSV. Denne akseretningen er parallell med orienteringen til forkastningen som strekker seg fra Midsund i vest og opp Bøverdalen i øst og synformen kan tentativt tolkes som resultat av normal slepning nært forkastningsplanet.

7. Tidspunkt for bevegelser og genese av forkastningsbergartene.

Regionale seismiske studier på den kystnære delen av kontinental-sokkelen utenfor det kartlagte området har bare i grove trekk bestemt bevegelsehistorien for hovedforkastningene i området. Møre-Trøndelag forkastningssone er antatt å være en gammel svakhetszone av opprinnelig prekambrisk alder (jfr. Gabrielsen & Ramberg 1979, Aanstad et al. 1981), med gjentatte reaktiveringer trolig både i proterozoisk, mesozoisk og mulig tertiær tid. I en større skala må utviklingshistorien til MTFs trolig sees i sammenheng med den tektoniske utviklingen av Nordvest-Europa. Dette har fått Grønlie & Roberts (under forberedelse) til å argumentere for en sen jura/tidlig tertiær alder på postulerte høyrelengsbevegelser langs enkeltsegmenter tilhørende MTFs i nord. Venstrelengsbevegelser langs Hitra-Snåsaforkastningen er av de samme forfatterne antatt å være av sen devon alder. Feltarbeid gjort i tilknytning til denne rapporten lenger sør langs MTFs har vist at også normalbevegelser klart kan dokumenteres langs enkeltsegmenter tilhørende MTFs. Dette er tidligere også postulert av andre forfattere (Oftedal 1975, Gabrielsen et al. 1984). En kinematisk modell for forkastningssonen må derfor være kompleks med trolig vekslende sidelengs- og normalbevegelser langs forkastningssonen assosiert med skiftende stress-regimer i post-kaledonsk tid.

Mylonittiske bergarter opptrer som tidligere nevnt parallelt til sub-parallelt med forkastningssonene og er dannet i duktile skjærsoner relativt dypt i jordskorpa (> 15 km). Mylonittene er stedvis observert med en lav-vinklet mylonittisk foliasjon med orientering N 60-80 Ø. En lokalt utviklet strekningslineasjon med stupning på 10-30° er parallell med retningen til hoved-ekstensjonen i området (NNV-SSØ).

Mylonittiske bergarter observert parallelt med Møre-Trøndelag forkastningssone er tradisjonelt blitt tolket å være dannet som et resultat av regional stor-skala skyvning. Egne observasjoner i felt åpner for tolkningsmuligheten at mylonittene observert nærmest traseen til Møre-Trøndelag forkastningssone kan være dannet i normal-type duktile skjærsoner tilknyttet et

ekstensjonsbetinget tektonisk regime.

Observasjoner i felt har vist at kataklasitter og knusningsbreksjer stedvis er dannet ved sprø fragmentering av protomylonittiske bergarter. Lokalt opptrer tynne kataklastiske årer parallellt med den mylonittiske foliasjonen og understreker den polyfase karakteren til forkastningssonene. Kataklasitter og knusningsbreksjer dannes ved sprø deformasjon i de øverste 10-15 km av jordskorpa, mens de inkoesive og sekundærkoesive breksjebergartene observert i det kartlagte området er antatt å være dannet i de øverste 4-5 km av jordskorpa. En mulig dannelsesmodell for de inkoesive og sekundærkoesive breksjebergartene kan kort skisseres på følgende måte: Bevegelse langs forkastningene relativt høyt i skorpa medførte fragmentering og nedknusing av bergartene langs forkastningen. Angulære til sub-angulære bergartsfragmenter med mellomliggende mer finkornet og nedknust materiale danner en opprinnelig koesjonsløs breksjebergart. Hydrotermale løsninger presses opp langs bruddplanene p.g.a. et plutselig fall i væsketrykket trolig som resultat av bevegelser langs forkastningen. Utfelling av mineraler fra løsningene kitter sammen breksjebergartene.

Breksjebergarter observert langs ØNØ-VSV orienterte forkastninger opptrer ofte med stilbitt og laumontitt i matriks. Den øvre stabilitetstemperaturen for mineralet laumontitt (ca. 220° C) synes ikke å være overskredet og antyder relativt lave temperaturer assosiert med forkastningsbevegelsene. Dette understøttes også av tilstedeværelsen av stilbitt som vanligvis dannes nær overflata tilknyttet forkastningsbevegelser høyt i skorpa ved lave PT-forhold. Langs NV-SØ til N-S orienterte forkastninger synes mineralisering av kvarts og epidotmineraler å dominere. Dette kan indikere en høyere dannelsesstemperatur og større dannelsesdyb for forkastningsbergartene langs disse lineamentene.

8. Oppsummering/konklusjon.

Strukturgeologisk kartlegging fra Ålesundsområdet i vest og opp Bøverdalen i øst har vist at post-kaledonske forkastninger er et viktig strukturelt element i det kartlagte området.

Forkastningene er langt flere i antall og viser mer sammensatte bevegelsesretninger enn hva som er antydning av tidligere forfattere. Regionale bruddsystemer tilhørende Møre-Trøndelag forkastningssone viser i området en dominerende NØ-SV til ØNØ-VSVlig orientering. Foreløpige undersøkelser viser at Møre-Trøndelag forkastningssone har gjennomgått både duktil og sprø deformasjon og det er påvist opptreden av mylonittiske bergarter, kataklasitter og breksjebergarter. Strukturgeologiske observasjoner både i lokal og regional skala antyder både normal- og sidelengsbevegelser i post-kaledonsk tid langs lineamenter tilhørende MTFs. Forannevnte indikerer en relativt kompleks bevegelsehistorie på forskjellige dyp i skorpa assosiert med skiftende stress-regimer i post-kaledonsk tid.

Olsen & Blindheim (1987) dokumenterer opptreden av relativt mektige forkastningssoner langs Ellingsøy- og Valderhaugfjorden like nord og nordvest for Ålesund. Forkastningssonene viser en orientering som er parallell og sub-parallell med fjordretningene og er karakterisert av opptil 150 meter brede soner med sterkt deformerte og oppknuste bergarter. ØNØ-VSV orienterte bruddplan viser rødlig omvandling av kalifeltspat og er karakterisert av røde leirmineraler med moderat til aktive svelleegenskaper (Olsen & Blindheim 1987). Disse sonene har helt klart en regional opptreden og er på land i det kartlagte området karakterisert av tildels mektige zeolittmineraliseringer (hovedsaklig stilbitt og laumontitt) både langs sprekke- og forkastningsplan og som grunnmasse i breksjebergartene.

Langs NØ-SV orienterte bruddsoner opptrer i Ålesundsområdet (Olsen & Blindheim 1987) sterkt oppknuste og leirrike bergarter med tildels svært aktive svelleegenskaper. Mektigheten til knusningssonene er 5-25 meter. Disse leirrike knusningssonene har det ikke vært mulig å påvise i felt, hvor NØ-SV orienterte forkastninger i store trekk viser samme karakteristika som ØNØ-

VSV orienterte forkastninger.

N-S til NV-SØ orienterte bruddsoner er på land i det kartlagte området dominert av kvarts- og epidotmineralisering og det er ikke observert inkoesive breksjebergarter langs disse lineamentene.

NØ-SV til Ø-V orienterte bruddsoner representerer på bakgrunn av forannevnte egenskaper den største utfordringen ved planlegging/lokalisering av framtidige undersjøiske tunneler i Møre og Romsdal fylke. Disse bruddsonene viser ofte en mektighet på over 100 meter og består av sterkt oppknuste og deformerte bergarter med tilhørende zeolittmineralisering. I fjordene har disse sonene et høyt innhold av leirmineraler med tildels svært aktive svelleegenskaper. N-S til NV-SØ orienterte bruddsoner består av koesive og relativt homogene bergarter med en dominerende kvarts/epidotmineralisering. Disse forkastningene er bare i liten grad reaktivert i tilknytning til sene sprø deformasjonsepisoder i det kartlagte området. Fjordretninger med orientering N-S til NV-SØ synes derfor gunstigere med hensyn på fjellkvalitet enn NØ-SV til ØNØ-VSV orienterte fjorder når det gjelder undersjøiske tunneler.

Breksjebergartene må studeres nærmere med hensyn på petrologi og geokjemi (XRF- og XRD undersøkelser) for å gi bedre trykk/temperatur bestemmelser. Studier av væskeinneslutninger ville trolig kunne komplementere P/T beregningene. Tidfesting av forkastningsbevegelsene langs MTFS og bestemming av dannelsesdyp og dannelses temperatur vil være viktige problemer å arbeide videre med. I tillegg vil mikroskopering av forkastningsbergartene m.h.p. tekstur og struktur bl.a. kunne løse problemer med å bestemme retningen til skjærbevegelsene i mylonittene som ligger parallellt med MTFS.

Referanseliste.

- Aanstad, K.M., Gabrielsen, R.H., Hagevang, T., Ramberg, I.B. & Torvanger, O. 1981: Correlations of offshore and onshore structural features between 62° N and 68° N, Norway. In: **Norwegian Symposium on Exploration**. (Norsk Petroleumsforening), **Article 11**, 1-24.
- Brueckner, H.K. 1979: Precambrian ages from the Geiranger-Tafjord-Grotli area of the Basal Gneiss Region, West-Norway. **NGT 59**, no. 2. pp. 141-153.
- Bryhni, I. 1986: Årø-Bolsøya. Geologisk oversikt. **Geologisk Museum Oslo**. Upublisert. 39 s.
- Bryhni, I & Sturt, B.A. 1985: Caledonides of southwestern Norway. I: Gee, D.G. & Sturt, B.A. (red.). *The Caledonide orogen, Scandinavia and related areas*. J. Wiley & Sons Ltd. London, 89-107.
- Bøe, R. 1987: Seismiske undersøkelser i utvalgte fjorder i Møre og Romsdal fylke. **NGU-rapporter nr. 87.014, 87.036 og 87.105**.
- Cutbert, S.J., Harvey, M.A. & Carswell, D.A. 1983: A tectonic model for the metamorphic evolution of the Basal Gneiss Complex, western south Norway. **J. metamorphic Geology 1**, no. 1, pp.63-90.
- Gabrielsen, R. H., Færseth, R., Hamar, G. & Rønnevik, H 1984: Nomenclature of the main structural features on the Norwegian Continental Shelf north of the 62nd parallel. *Petroleum Geology of the North European margin*. Norwegian Petroleum Society. (Graham & Trotman, 1984), 41-60.
- Gabrielsen, R.H. & Ramberg, I.B. 1979: Fracture patterns in Norway from Landsat imagery: results and potential use. *Proc., Norwegian Sea Symposium, Tromsø, Norsk Petroleumsforening*. **NSS/23**, 1-28.
- Gee, D.G. 1975: A geotraverse through the Scandinavian Caledonides Østersund to Trondheim. **Sveriges geol. Unders., C 717**, 66 pp.
- Gee, D.G. 1980: Basement-cover relationships in the central Scandinavian Caledonides. **Geol. Fören. Stockh. Förh., 102**, pp. 455-474.
- Griffin, W.L. & Brueckner, H.K. 1980: Caledonian Sm-Nd ages and a crustal origin for the Norwegian eclogites. **Nature 267**. pp. 319-321.
- Grønlie, A. & Roberts, D. under forberedelse: Resurgent strike-slip duplex development along the Hitra-Snåsa and Verran faults, Møre-Trøndelag Fault Zone, Central Norway.

- Krill, A.G. & Sigmond, E.M.O. 1986: Surnadalens dekkelagfølge og dens fortsettelse mot vest. **Geolognytt 21**. Sammendrag av foredrag.
- Krogh, E.J. 1977: Evidence for a Precambrian continent-continent collision in western Norway. **Nature 267**, pp. 17-19.
- Oftedahl, C. 1972: A sideritic ironstone of Jurassic age in Beitstadfjorden, Trøndelag. **Norsk Geol. Tidsskr. 52**, pp. 193-214.
- Oftedahl, C. 1975: Middle Jurassic graben tectonics in mid-Norway. Proc. Jurassic Northern North Sea Symposium, **JNNSS/21**, pp. 1-13.
- Olsen & Blindheim 1987: Erfaring med stabilitetssikring og tetting av vannlekasjer i Ålesund-Giske tunnelene. **Bergmekanikkdagen 1987**. Oslo.
- Ramsay, J.G. & Huber, M.I. 1987: Modern Structural Geology. Volume 2: Folds and Fractures. Academic Press Inc. (London) Ltd., 309-700.
- Rindstad, B. & Grønlie, A. 1986. Landsat TM-data used in the mapping of large-scale geological structures in coastal areas of Trøndelag, Central Norway. **Nor. Geol. Unders. Bull. 407**, pp. 1-12.
- Roberts, D. 1983: Devonian tectonic deformation in the Norwegian Caledonides and its regional perspectives. **Nor. geol. Unders. 380**, pp. 85-96.
- Sibson, R.H. 1977: Fault rocks and fault mechanisms. Jl. geol. Soc. Lond. vol. 133, 191-213.
- Sigmond, E.M.O., Gustavson, M. & Roberts, D. 1984: Berggrunnskart over Norge - Målestokk 1:1 000 000. **Norges Geologiske Undersøkelse**.

Figurtekst.

Figur 2: Forkastninger i det kartlagte området. Traseene er trukket på bakgrunn av lineamentanalyser (utført av Arne Grønlie NGU-Trondheim), opptreden av forkastningsbergarter samt regionalgeologiske og bergrunnsgeologiske betraktninger.

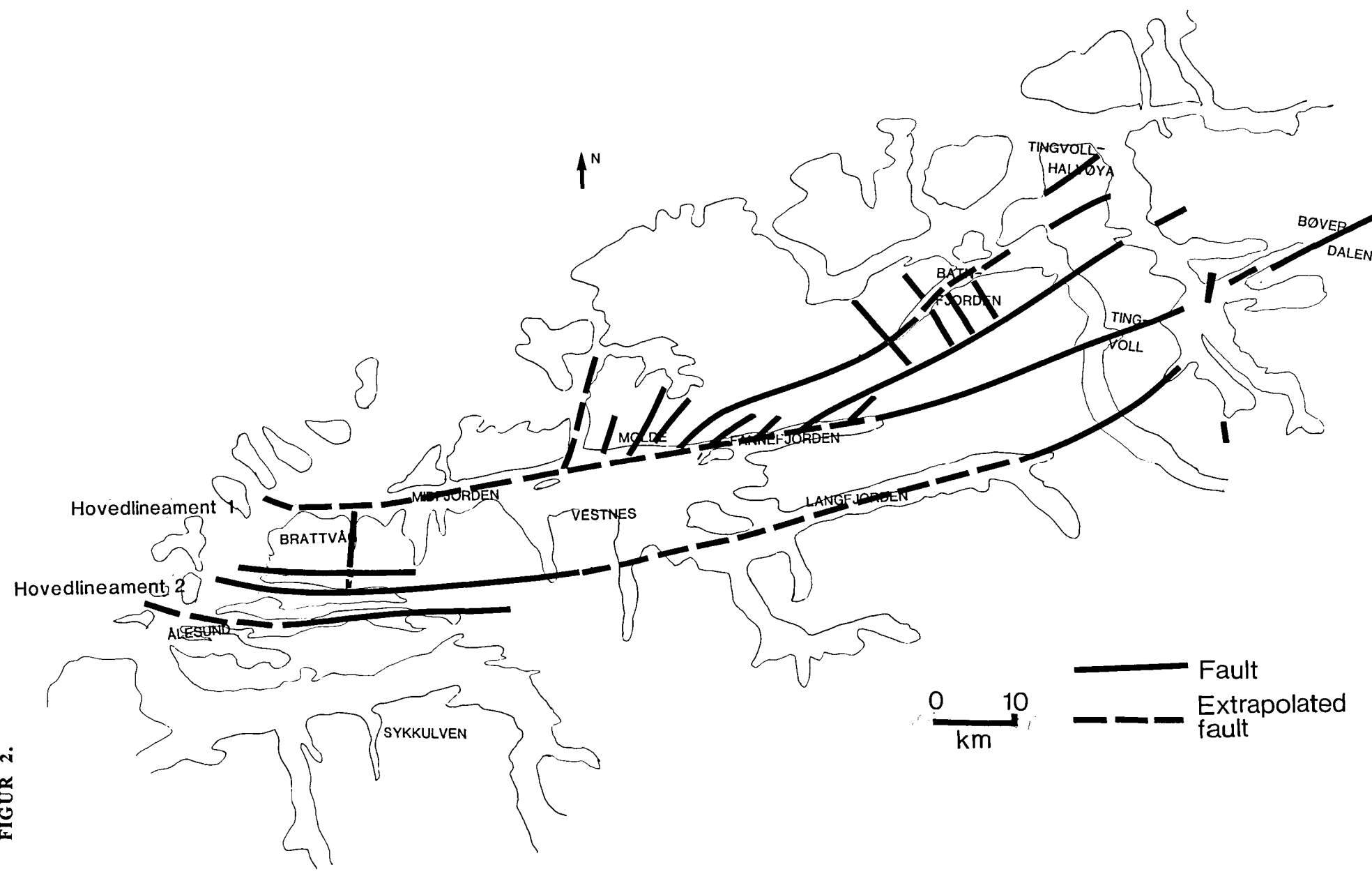
Figur 3: Rosediagram. A) Sprekkeplan; Tingvollhalvøya. B) Mineraliseringsplan; Tingvollhalvøya. C) Forkastningsplan; Tingvollhalvøya. D) Sprekkeplan; Kartblad Tingvoll uten Tingvollhalvøya. E) Mineraliseringsplan; Kartblad Tingvoll uten Tingvollhalvøya. F) Forkastningsplan; Kartblad Tingvoll uten Tingvollhalvøya. G) Sprekkeplan; Kartblad Eide. H) Mineraliseringsplan; Kartblad Eide. I) Forkastningsplan; Kartblad Eide. J) Sprekkeplan; Kartblad Vestnes. K) Forkastningsplan; Kartblad Vestnes. L) Sprekkeplan; Kartblad Brattvåg. M) Mineraliseringsplan; Kartblad Brattvåg. N) Forkastningsplan; Kartblad Brattvåg. O) Sprekkeplan; Kartblad Sykkulven. P) Mineraliseringsplan; Kartblad Sykkulven. Q) Forkastningsplan; Kartblad Sykkulven. R) Sprekkeplan; Kartblad Ålesund, Kartblad Åndalsnes og Kartblad Stranda. S) Mineraliseringsplan; Samme kartblad som R). T) Forkastningsplan; Samme kartblad som R) og S). U) Alle sprekkeplan. V) Alle mineraliseringsplan. W) Alle forkastningsplan.

Figur 4: Polplott av strukturelementer målt i felt. Kors; sprekkeplan. Åpen trekant; mineraliseringsplan. Fylt runding; forkastningsplan. N=789.

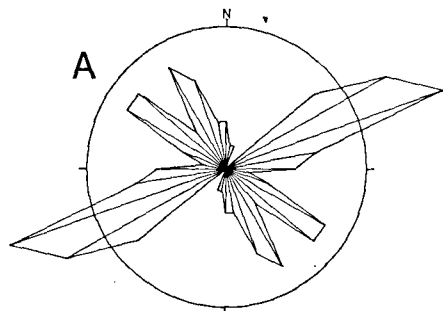
Figur 5: Lokalteter i det kartlagte området hvor det er observert forkastningsbergarter.

Figur 6: Rosediagram. Bruddplan målt i det kartlagte området.

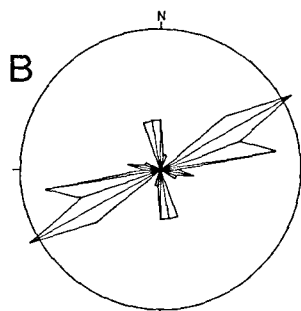
FIGUR 2.



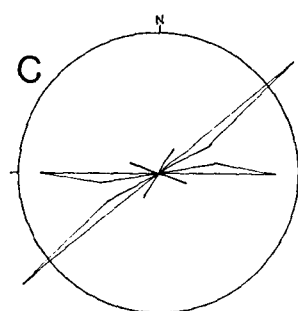
FIGUR 3.



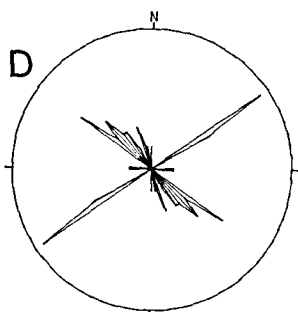
N=61
SKALA=5%



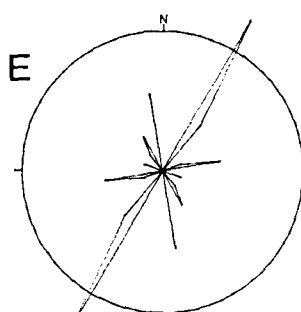
N=42
SKALA=10%



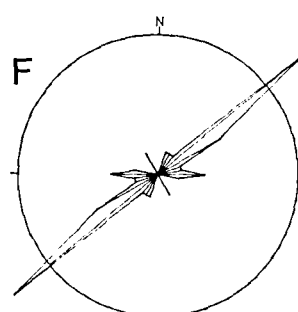
N=15
SKALA=15%



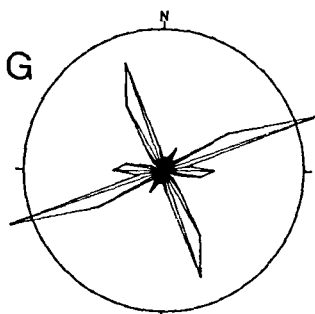
N=32
SKALA=10%



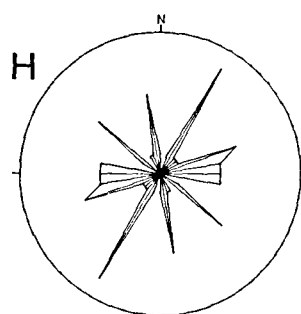
N=24
SKALA=15%



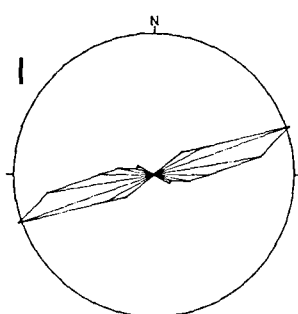
N=20
SKALA=15%



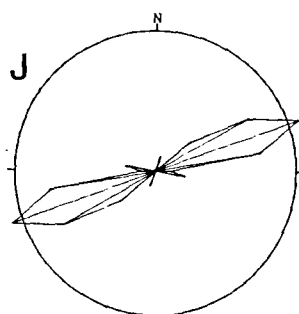
N=56
SKALA=10%



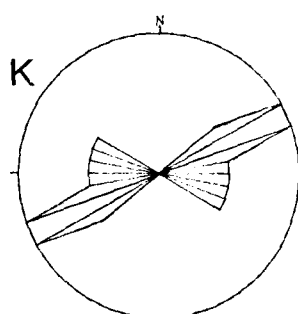
N=35
SKALA=10%



N=26
SKALA=15%

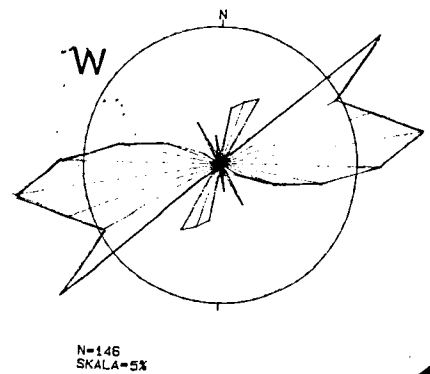
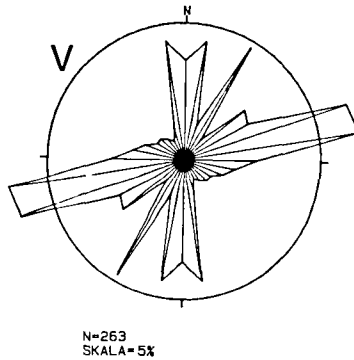
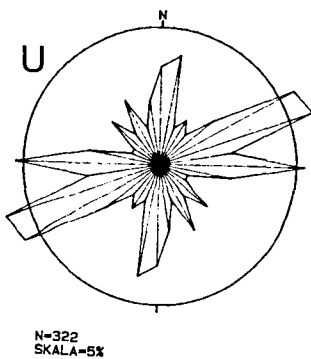
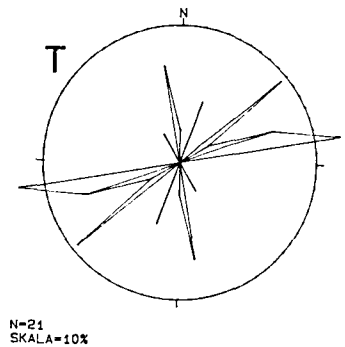
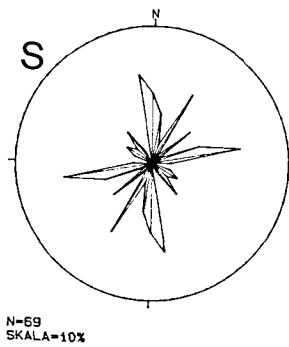
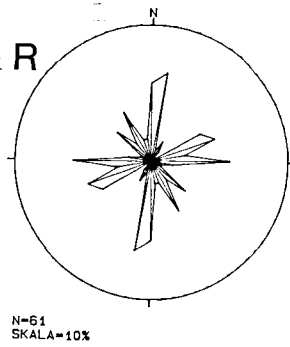
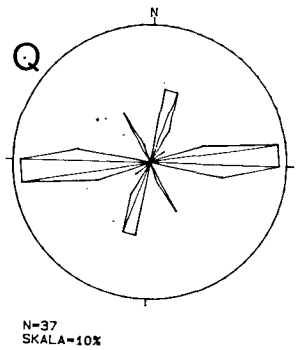
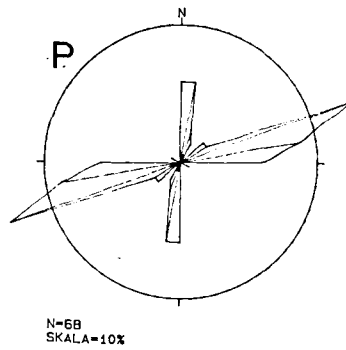
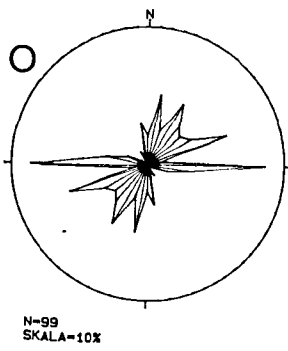
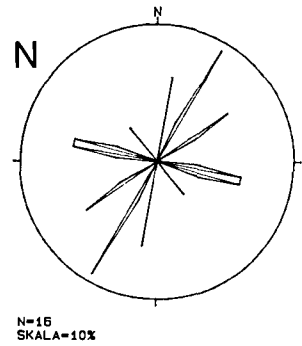
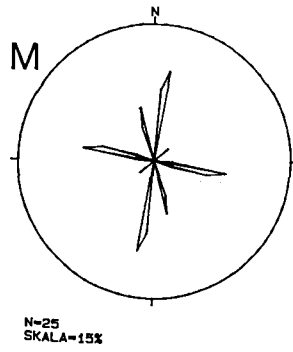
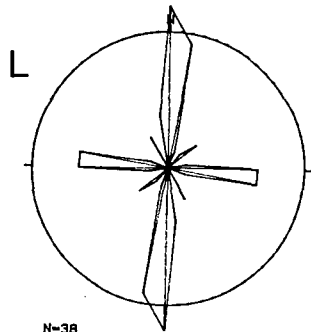


N=31
SKALA=15%

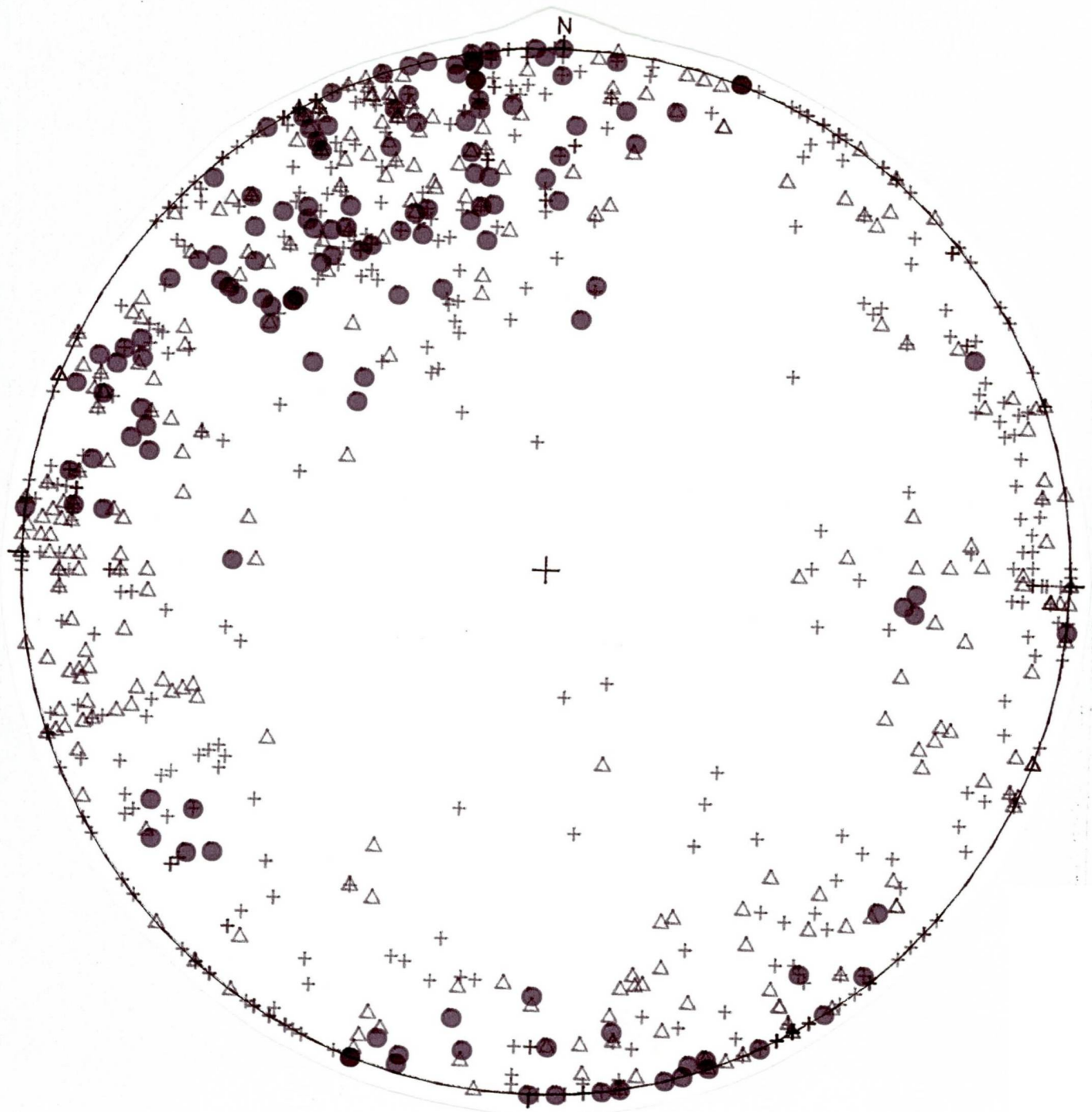


N=10
SKALA=10%

FIGUR 3.

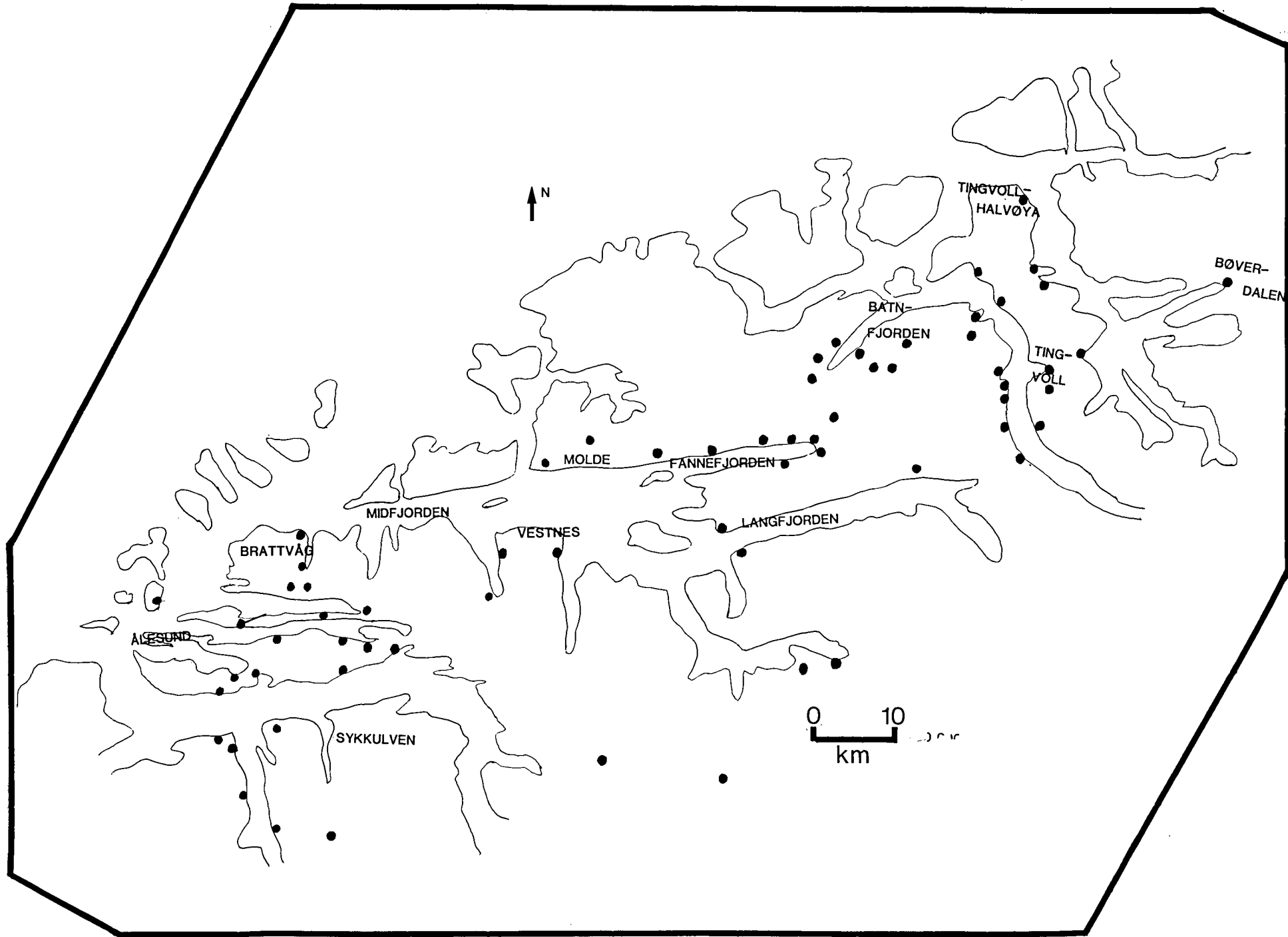


FIGUR 4.



N; 792

FIGUR 5.



FIGUR 6.

