

Geologisk feltekspedisjon til Fimbulheimen, Dronning Maud Land, Antarktis

Øyvind Sunde

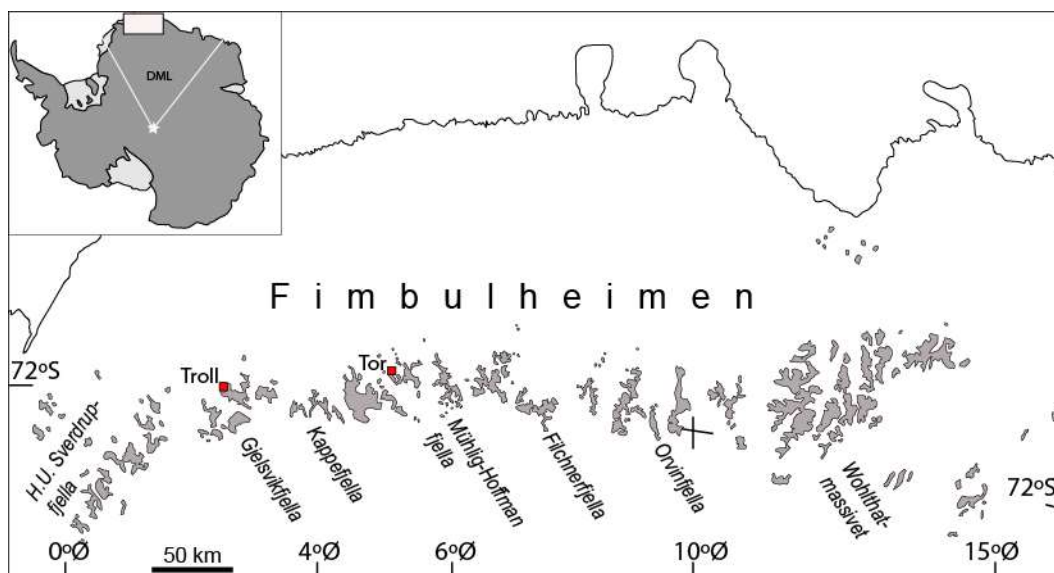
Norsk Polarinstitutt, Postboks 6606 Stakkevollen, 9296 Tromsø (oyvind.sunde@npolar.no)

Sammendrag

I fjellkjeden Fimbulheimen, Dronning Maud Land (DML, Antarktis), forekommer en magmatisk provins som strekker seg over et område med mer enn 400 km bredde. Bergartene i dette området består av granitoide intrusjoner dannet i sluttfasen av den øst-afrikanske-antarktiske orogenesen for ca. 650-500 millioner år siden. Geologer fra Norsk Polarinstitutt gjennomførte en feltekspedisjon til vestre del av Fimbulheimen sommersesongen 2022. Feltarbeidet er en del av pågående forskning på berggrunnen i Dronning Maud Land, og har et spesielt fokus på de relativt unge intrusive bergartene. Feltarbeidet avdekket variasjoner i sammensetning mellom intrusiver og innbyrdes relative aldersforskjeller. Økt kunnskap om dannelsen av de intrusive bergartene er viktig for å forstå utviklingen av jordskorpen i DML for 500 millioner år siden.

Innledning

Geologer fra Norsk Polarinstitutt gjennomførte en feltekspedisjon til Dronning Maud Land sommersesongen 2022. Det var en utfordrende start på sesongen med covid-19-tiltak og vedvarende dårlige værforhold over den norske forskningsstasjonen Troll. Dette førte til stadig forsinkede flyavganger og at feltpartiet ble sittende fast 39 dager i karantene. Formålet med feltarbeidet var å kartlegge deler av fjellkjeden Fimbulheimen (Fig. 1) med utgangspunkt i forskningsstasjonen Troll og feltposten Tor.



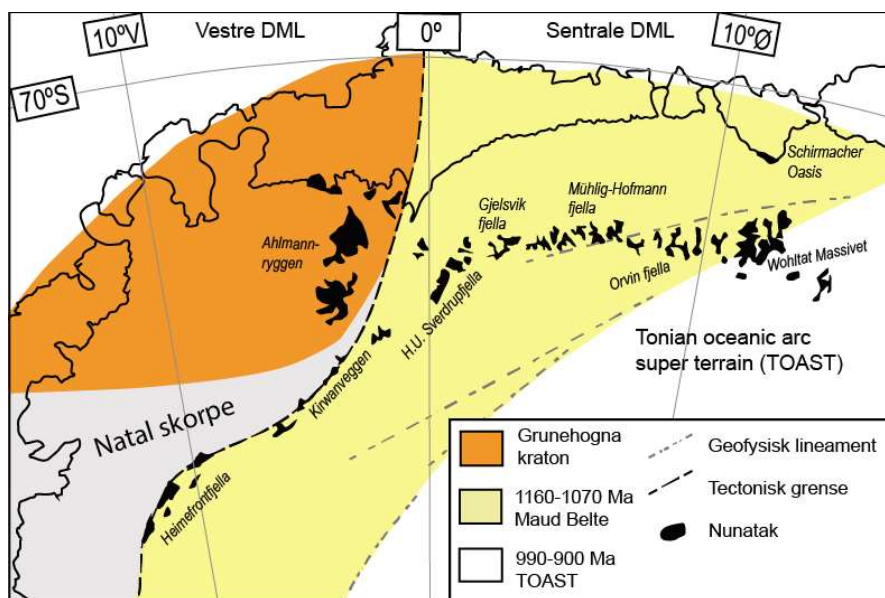
Figur 1. Kartbilde over fjellkjeden Fimbulheimen som inkluderer fjellpartiene mellom Gjelsvikfjella i vest til Wohlthatmassivet i øst. Nunataker er angitt som grå omriss med offisielle stedsnavn for de ulike deler av fjellkjeden. Røde firkanter henviser til forskningsstasjonen Troll og feltposten Tor som er del av norsk infrastruktur i Dronning Maud Land. Minikart over Antarktis og posisjonen til kartutsnittet angitt i en liten boks. DML = Dronning Maud Land; hvit stjerne = Sydpolen. Kartutsnitt er basert på Sentinel-2 satellittbilde, lengde og breddegrader følger WGS-84 koordinatsystem.

Bergartene i dette området består av udeformerte granitoider (post-orogene intrusjoner) som definerer en mer eller mindre sammenhengende magmatisk provins mellom 2°Ø–15°Ø. Kunnskap om denne provinsen og dens sammenheng med den tektoniske utviklingen er mangelfull. Dagens geologiske kart er basert på rekognoserende kartlegging på 80- og 90-tallet (Ohta & Tørudbakken 1985; Bucher-Nurminen *et al.* 1990; Austrheim *et al.* 1997). Hensikten med kartleggingsarbeidet var å studere variasjoner mellom intrusiver, dokumentere feltrelasjoner, og hente representative prøver av intrusivene. Totalt ble det samlet inn ca. 500 kg med prøvemateriale som ankommer Norge ved årsskiftet.

Geologisk bakgrunn

Geologien i DML kan bli delt inn i 3 ulike skorpe-enheter; i) Grunehogna-kratonet, ii) Maud-beltet, og iii) Tonian Arc Super Terrain (TOAST) (Fig. 2). Grunnfjellet i Grunehogna-kratonet er datert til 3067 Ma og representerer rester av et arkeisk skorpefragment som en gang tilhørte et større «proto» Kalahari-kraton (Marschall *et al.* 2010). Maud-beltet består av mesoproterozoiske bergarter som opprinnelig ble dannet langs kontinentalmarginen til Kalahari-kratonet rundt 1190-1090 Ma (Paulsson & Austrheim 2003; Wang *et al.* 2020). Bergartene i Maud-beltet er deformert gjennom flere fjellkjededannende prosesser hvor den seneste deformasjonen skjedde under den øst-afrikanske-antarktiske orogenesen for ca. 650-500 millioner år siden (Elvevold *et al.* 2020). Grunnfjellet som utgjør TOAST består av bergarter opprinnelig dannet som vulkanske øybuer i det som en gang var Mosambikhavet, og som ble ansamlet langs marginen av Kalahari-kratonet under konsolideringen av Gondwana rundt 590-570 Ma (Jacobs *et al.* 2015; 2020).

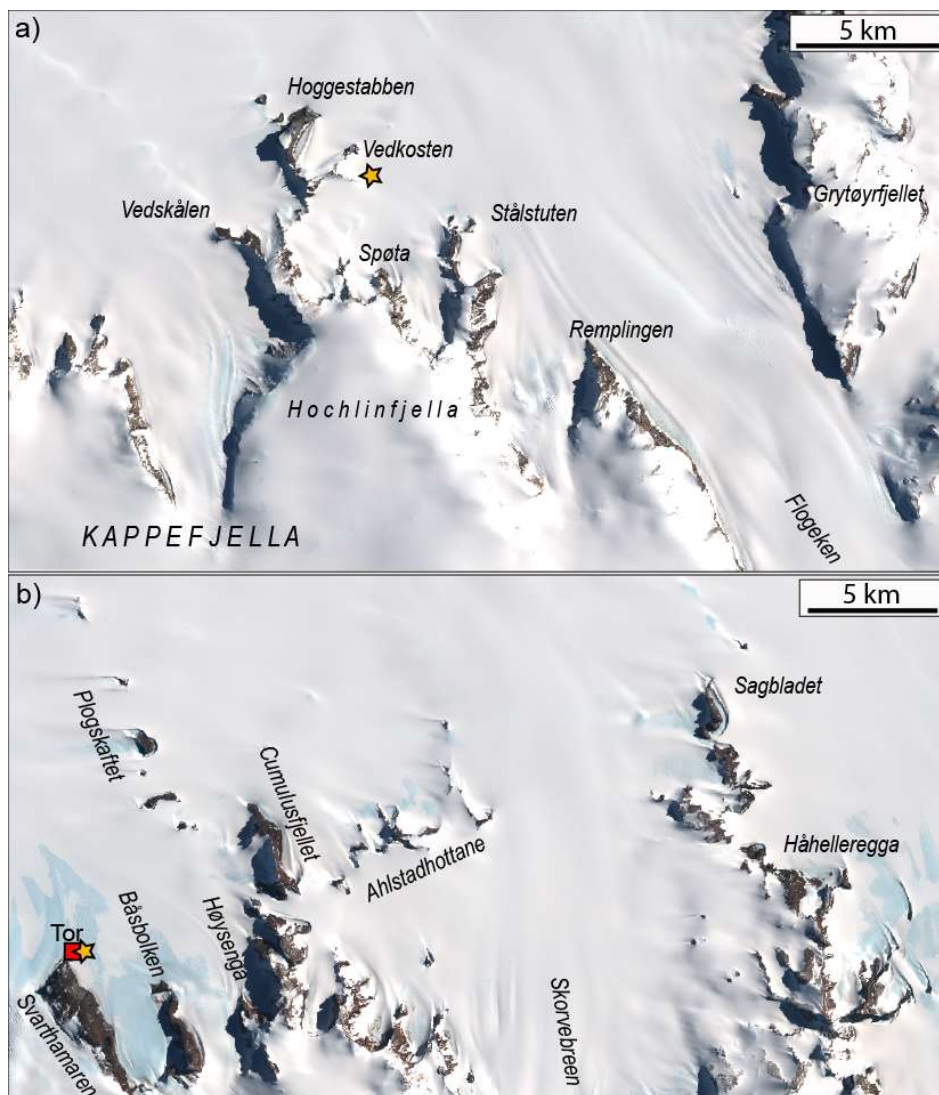
For ca. 530 millioner år siden intruderte store volumer felsiske smelter inn i Maud-beltet. Skorpen i sentrale DML gjennomgikk i denne perioden ekstensjon som følge av at fjellkjeden kollapset (Jacobs *et al.* 2008). Perioden mellom 530-500 Ma var dominert av intens magmatisme og intrusjoner av store volumer magma. På dagens erosjonsnivå opptrer intrusivene som plutoner på rekke og rad i fjellkjeden Fimbulheimen (Fig. 1).



Figur 2. Forenklet geologisk kart med inndeling av tektoniske hovedenheter i vestre og sentrale deler av Dronning Maud Land. Tektonisk grense mellom arkeisk skorpe (Grunehogna-kratonet), Natal skorpe, og Maud-beltet er påvist langs Heimefrontfjella og Kirwanveggen. Maud-beltet består av paleoproterozoiske sedimenter og intrusiver dannet langs en kontinentalmargin. Tonian oceanic arc super terrain (TOAST) er opprinnelig dannet som relativt yngre øybuer. Modifisert etter Jacobs *et al.* (2008, 2020).

Feltområdets utstrekning

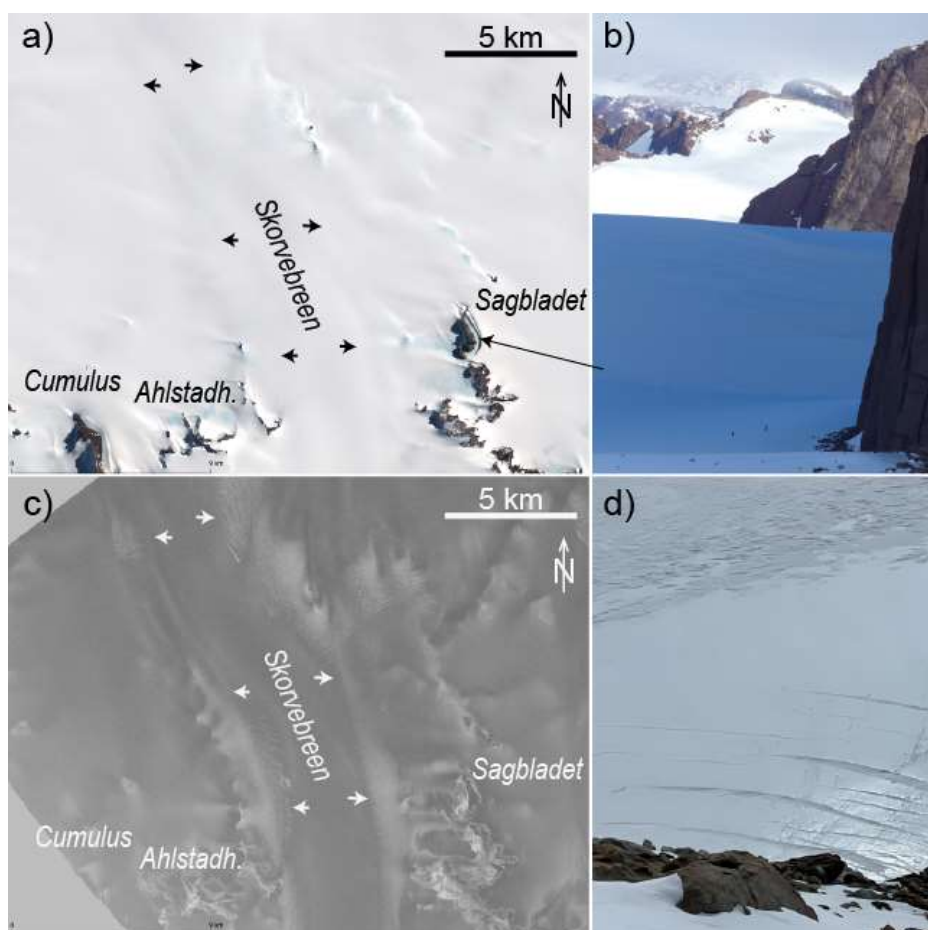
Feltarbeid på et avsidesliggende kontinent som Antarktis er krevende med hensyn på både logistikk og sikkerhet. Å ferdes på verdens største isbre krever gode forberedelser for å ivareta sikkerheten og kvalitetssikre arbeidet. Selve feltarbeidet langs fjellkjeden foregår over store avstander og ferdsel mellom lokaliteter traverserer flere brestømmer. Der isen beveger seg oppstår dype sprekker som kan være skjult under et tynt snødekke. Derfor brukes det mye tid i forkant av selve ekspedisjonen til å studere ulike satellittbilder (Sentinel-2 og Radarsat-2) for å hente mest mulig kunnskap om isforholdene i feltområdet. Årets ekspedisjon var i hovedsak satt opp med snøscootere hvor alt utstyr og forsyninger ble trukket på slede. Feltarbeidet ble gjennomført med utgangspunkt fra to feltleirer som ble etablert i tilknytning til Hochlinfjella (østre del av Kappefjella) og områdene mellom Svarthamaren-Håhelleregga (Fig. 3).



Figur 3. Sentinel-2 bilder over feltområdet; a) Nunataker tilhørende Hochlinfjella (østre Kappefjella), stjerne angir posisjon for telteir. Feltarbeid foregikk på Hoggestabben, Vedkosten, Spøta, og Stålstuten. Tilgang til øvrige nunataker begrenses av store sprekkesystemer i isen spesielt inn mot Remplingen og Grytøyrfjellet. Blå farge indikerer partier der isen er fri for snø. b) Feltområdet mellom Svarthamaren og Håhelleregga (østlig begrensning), telteir (stjerne) ble etablert i tilknytning til felposten Tor (rød firkant). Nunataker i dette området utgjør omtrent midtre Mühlighofmannfjella.

Omkring Hochlinfjella ble nunatakene Spøta, Vedkosten, Stålstuten og Hoggestabben undersøkt under årets ekspedisjon. Målet med feltarbeidet i Hochlinfjella var å følge opp kartleggingsarbeid fra 2018. Intrusivene i dette området er sannsynligvis relativt unge (~500 Ma) (Wang *et al.* 2020) og de ulike fjellpartier danner separate plutoner som viser tydelige feltrelasjoner. Under feltarbeidet ble relasjonen mellom intrusivene undersøkt og basert på feltobservasjoner kan en innbyrdes relativ alderforskjell utledes. Prøvematerialet vil danne grunnlaget for aldersbestemmelser og analyser av kjemisk sammensetning.

For områdene lenger øst ble det etablert en leir ved feltstasjonen Tor (Fig. 3b). Denne utposten ligger ved foten av Svarthamaren og benyttes til overvåkning av Antarktis-petrell med tilhold i østsiden av Svarthamaren. Feltkartlegging i de østlige områder inkluderte undersøkelser rundt Håhelleregga, Sagbladet, Ahlsthottane, Plogskiftet, Cumulusfjellet, Båsbolken, Høysenga, og Skigarden. Fra Tor ble det også klart kjørerute ved bruk av bakkeradar nord for Cumulusfjellet og over Skorvebreen til Sagbladet (Fig. 4). En annen utfordring for feltarbeid på Antarktis er dype vindgroper som dannes langs kanten av fjellpartier (Fig. 4b). Sterke katabatiske vinder som blåser ned fra is-platået i sør eroderer dype vindgroper mot fjellpartiene. Noen vindgroper er såpass dype og bratte at man må gå i taulag eller rappellere ned for å nå frem til blotninger.



Figur 4. Bilder med eksempler på sprekker og vindgroper i feltområdet. a) Sentinel-2-bilde over brestrømmen mellom Ahlsthottane (Ahlsth.) og Sagbladet. Et tynt snølag skjuler store sprekkesystemer langs marginen på brestrømmen (angitt med piler). b) Feltbilde over vindgrop på østsiden av Sagbladet. To geologer på isen for skala og pil angir området i Fig. 3a. c) Radarsat-2-bilde av samme utsnitt som Fig. 3a. Lyse linjer angir sprekkesystemer under snødekket angitt med piler. d) Feltbilde ved Spøta som viser synlige sprekker i isen (~2 m brede). Legg merke til det tynne snødekket i øvre del av bildet. Slikt snødekke kamuflerer dype sprekker.

Feltobservasjoner

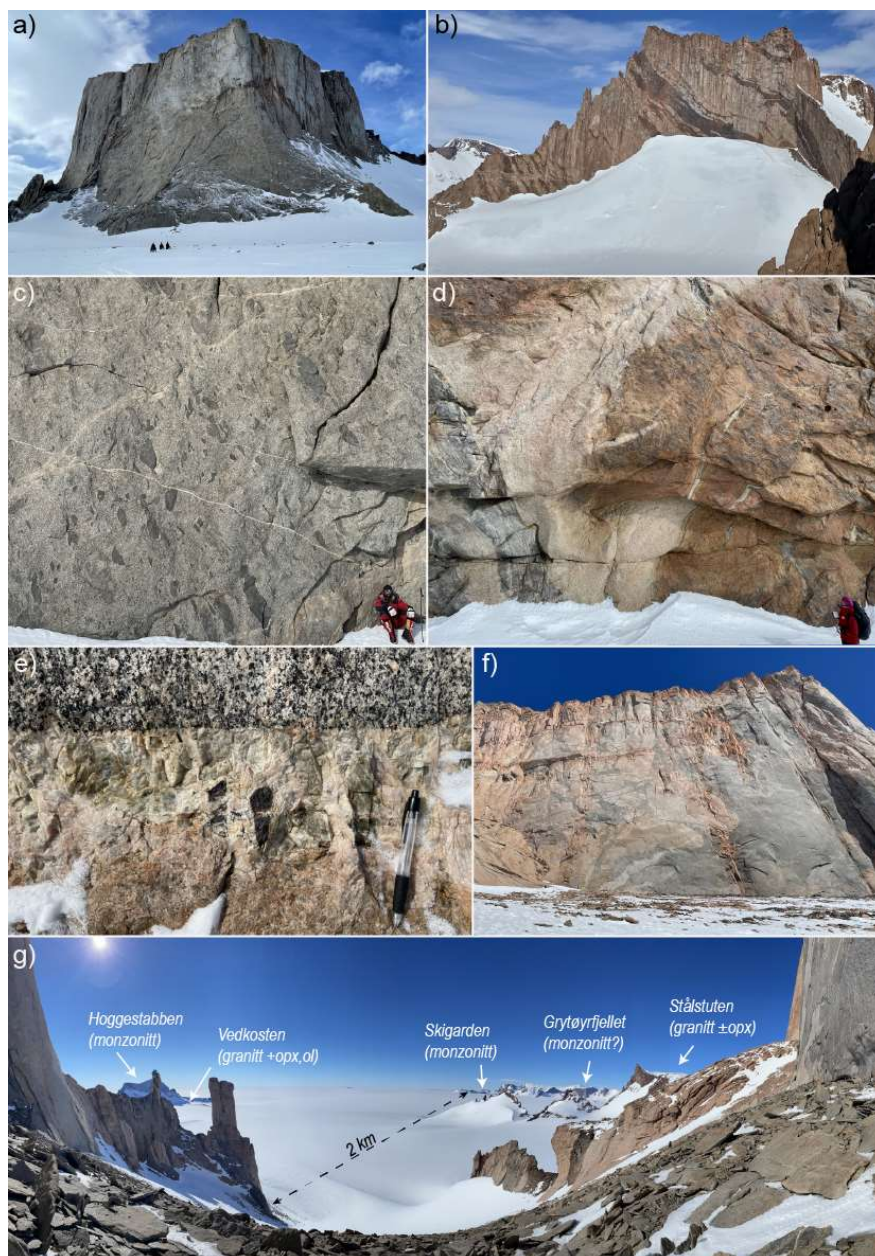
Bergartene ved Hochlinfjella varierer mellom grovkornet granitt, monzonitt, og diorittiske gangintrusjoner (Fig. 5). Hoggestabben består i hovedsak av monzonitt og inneholder små avrundede enklaver dioritt (Fig. 5c). Slike mafiske enklaver omtales som «microgranular mafic enclaves» (MME) og teksturen er dannet gjennom magmatisk blanding mellom en felsisk og mafisk smelte (mingling). Syenittiske pegmatittganger og lyse aplittganger kutter primære magmatiske teksturer i Hoggestabben. De syenittiske pegmatittene er kvarts-førende og inneholder tidlig utkrystallisert kalifeltspat, plagioklas, biotitt som danner comb-tekstur. Kjernen av pegmatittene består av finkornet feltspat ±kvarts (Fig. 5e). I overgangen til kjernen opptrer titanitt og allanitt, og det ble samlet mineraler som ikke lot seg identifisere i felt. Stålstuten består av en lysere granittvariant relativt til Vedkosten og inneholder muligens ortopyroksen. Flere skråstilte diorittiske ganger kutter Stålstuten (Fig. 5b). Ved Spøta forekommer en stor intrusjonskontakt mellom Stålstuten-granitten og monzonitt (Fig. 5f). Monzonitten ved Spøta inneholder også mafiske enklaver slik som ved Hoggestabben. Relasjonen mellom monzonitten ved Spøta og Hoggestabben er noe som senere analyser vil avdekke. Mineralassosiasjoner i de ulike intrusiver gjenstår å fullstendig karakterisere med undersøkelser av tynnslip og petrografi når prøvematerialet ankommer.

I området mellom Svarthamaren og Håhelleregga opptrer hovedsakelig granitt som varierer i kornstørrelse og tekstur. Ved Svarthamaren og Båsbolken intruderer sene mafiske og granittiske ganger (Fig. 6a, c). Det ble også kartlagt relativt yngre intrusjoner av grovkornet monzonitt som danner avgrensede separate plutoner. Aldersbestemmelser på intrusiver i dette området er mangelfullt, og relasjonen mellom plutoner i tid og kjemisk utvikling er uvisst. Under feltarbeidet ble det samlet inn representative prøver av de ulike plutoner og gangintrusjoner for å gjennomføre aldersbestemmelser og analyser av kjemisk sammensetning. Spesielt for bergartene i dette området er relativt høyt innhold xenolitter (fragmenter av fremmed bergart) av både gneiss og granitt (Fig. 6d, g). Ved Håhelleregga opptrer stedvis tette ganger av mafiske ganger, xenolitter, og pegmatittiske linser (Fig. 6e). Sene felsiske ganger som inneholder mafiske enklaver kan indikere magma mingling også under en relativt sen-magmatisk fase (Fig. 6f).

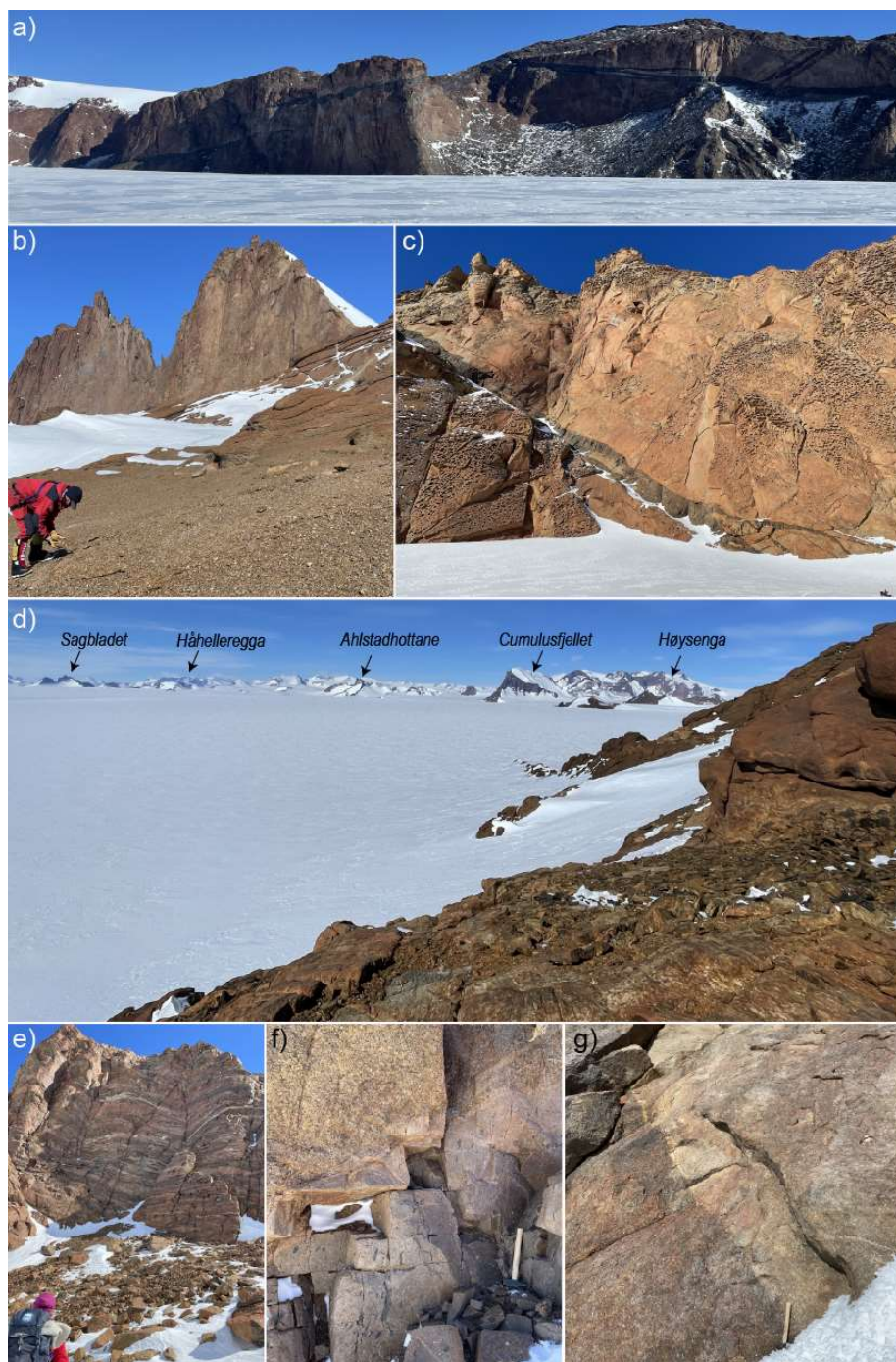
En utfordring med å kartlegge intrusivene i hele feltområdet er en svært dyptgående overflateforvitring. Denne dyptgående forvitringen gir bergartene en lys til mørkebrun farge i overflaten. Dette var spesielt utfordrende for å samle representative og friske bergartsprøver med hensyn til kjemiske analyser. Flere steder var bergartene smuldret opp til en grus bestående av utvitrede feltspatkrystaller (Fig. 6b). Forvitringsfenomenet *tafoni* er også et karakteristisk forvitringsfenomen i hele feltområdet. Tafoni er en type forvitring som danner sirkulære groper og hulrom i fjellveggene (Fig. 6c). Prosessen og mekanismene for hvordan tafoni dannes er ikke fullt ut forstått i Antarktis, men antas å være relatert til blant annet termalt stress (Engvik *et al.* 2022).

Diskusjon

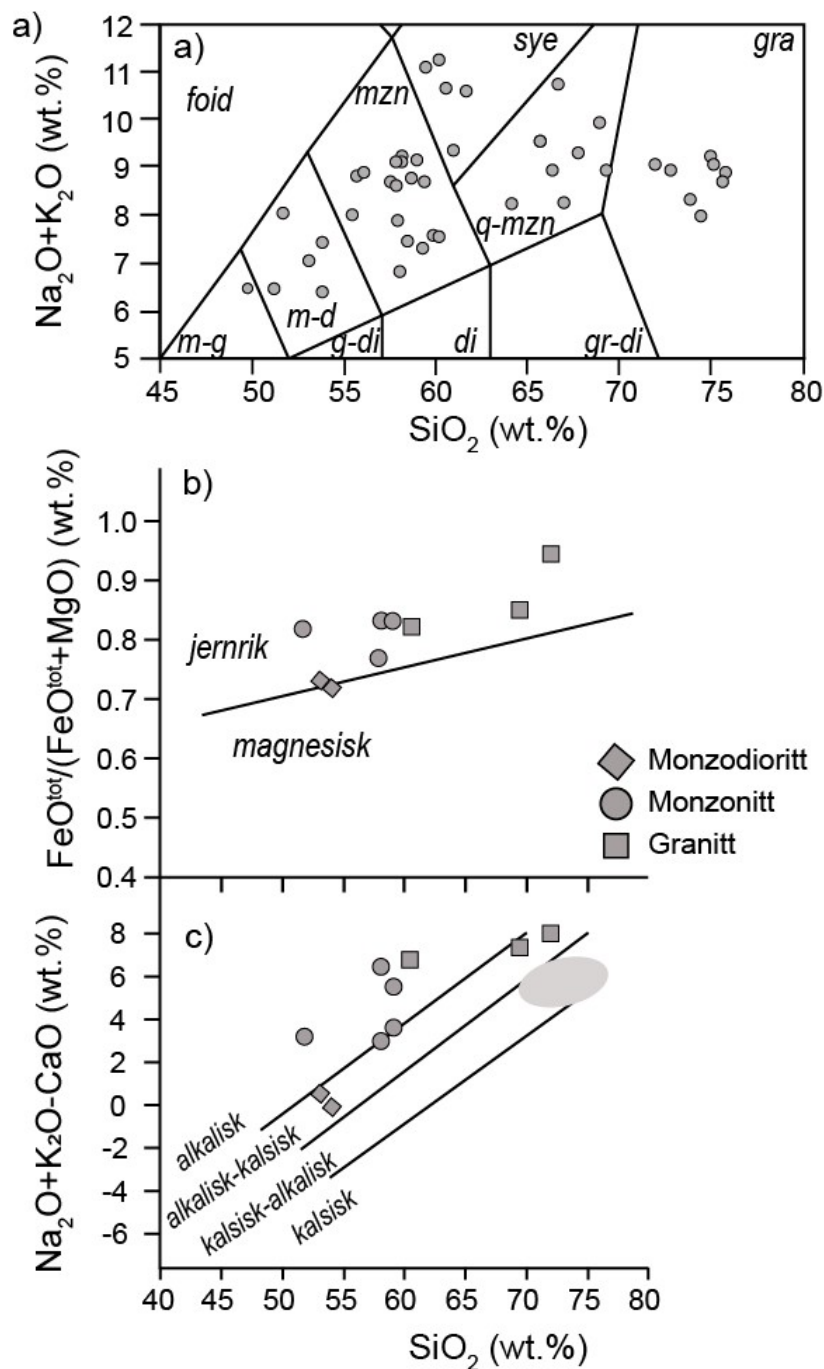
Feltarbeidet viser at feltområdet består av en rekke ulike plutoner med sammensetninger som er nært beslektet, men som varierer fra intermediære til granittiske bergarter. Selve feltområdet som ble kartlagt under årets ekspedisjon dekker en liten del (vestre flanke) av en enorm magmatisk provins mellom ~1.9°Ø–15°Ø. Eksisterende data på kjemisk sammensetning og aldersbestemmelser av intrusivene er mangelfull. Foreløpige resultater fra innledende analyser viser at bergartskjemien for intrusivene karakteriseres av intermediære til granittiske sammensetninger som både er jernrike (e.g., ferroan) og metaluminøse (Fig. 7). Selv om intrusivene er jernrike opptrer ikke magnetitt i mineralselskapene, men jerninnholdet (Fe) er silikatbundet i de mafiske mineralene (annitt, ferrosilitt, ferro-pargasitt). Innhold av sporelementer viser relativt høye konsentrasjoner av blant annet Ba, Zr, og en relativ anrikning av LREE (light rare earth elements) med en tydelig negativ Eu anomali (ikke vist).



Figur. 5. Feltbilder fra Hochlinfjella; a) Hoggestabben sett fra nord med sin karakteristiske vertikale sider og flat topp. Flaten representerer gammel erosjonsflate og bergarten består av monzonitt. b) Stålstuten sett fra sør med gangintrusjoner av dioritt. Hovedbergarten består av granitt $\pm$ ortopyroksen. c) Nærbilde av Hoggestabben; mørke flekker er mikrogranulære inneslutninger av dioritt og er karakteristisk for magmatisk mingling. Sene felsiske gangintrusjoner kutter primære magmatiske strukturer. d) Stålstuten og nærbilde av intrusjonskontakt mellom to ulike granitter (lys og mørk granitt). Den mørke granitten tilhører Vedkosten og inneholder ortopyroksen og spor av olivin. e) Syenittpegmatitt i Hoggestabben. I kontakten mot sidebergarten opptrer ~5–10 cm store krystaller av kalifeltspat (rødlig), plagioklas (grønlig), og biotittflak opp mot 20 cm store. I kjernen av pegmatittene opptrer mineralene som en finkornet masse (<2 cm), og aksessoriske mineraler er titanitt og allanitt. f) Feltbilde over intrusjonskontakt mellom granitt (lys) og monzonitt (mørk) ved Spøta (bredde på bilde ca. 100 m). g) Oversiktsbilde ved Spøta og mot nord. Hoggestabben og Vedkosten synes i bakgrunnen på venstre side i bildet, Stålstuten i høyre del av bildet, og Skigarden-Grytøyrfjellet mot horisonten i høyre del av bildet (Opx=ortopyroksen, ol=olivin).



Figut 6. Feltbilder fra området rundt Svarthamaren og Håhelleregga. a) Feltbilde over deler av Svarthamaren med to horisontale gangintrusjoner (mafisk og granittisk). Steinrøys i midtre og høyre del av bilde huser en stor koloni Antarktis-petrell. Snittet er ca. 1 km bredt. b) Feltbilde fra østsiden av Sagbladet som viser forvitring av bergarten hvor det er dannet grus med feltspatkrystaller. c) Feltbilde over vestsiden av Båsbolken som viser en mafisk gang og utbredt forvittringsfenomen kjent som tafoni (scooter for skala). d) Feltbilde tatt fra Plogskafet som viser området mellom Sagbladet og Høysenga. En stor xenolitt med kvarts-feltspatisk gneiss synes i høyre del av bildet. e) Feltbilde fra Håhelleregga som viser tette og vekslende ganger og enklaver med mafiske og felsiske bergarter. f) Feltbilde ved Skigarden som viser en felsisk gang med mafiske enklaver som intruderer en grovkornet monzonittisk bergart. g) Feltbilde fra Cumulusfjellet som viser kontakten mellom hovedbergart (grovkornet granitt) og en finkornet felsisk xenolitt.



Figur 7. Plot av kjemisk hovedsammensetning oppgitt i vektprosent; a) Klassifisering av intrusiver i feltområdet etter alkalier vs. silica (TAS) (Middlemost 1994). Mafiske ganger og enklaver plotter hovedsakelig i feltet for monzodioritt (m-d), intermediære bergarter i feltene for monzonitt, syenitt, og kvarts-monzonitt (hhv., mzn, sye, og q-mzn). Sene gangintrusjoner og granitter plotter i granittfeltet (gra). G-di=grabbroisk dioritt, di=dioritt, gr-di=granodioritt. Litteratordata fra Bucher & Frost (2006). b) klassifisering av Fe-index ($\text{FeO}_{\text{tot}}/(\text{FeO}_{\text{tot}}+\text{MgO})$) etter Frost & Frost (2006). Jernrik=ferroan, magnesisk=magnesian. Data fra nye bergartsanalyser av prøvemateriale fra Hochlinfjella. c) Plot av kjemisk trend etter modifisert alkali-lime index (Frost & Frost 2006). Samme data som Fig. 7b, stor grå sirkel indikerer data fra Bucher & Frost (2006) og Engvik et al. (2021).

Figur 7a,c viser et plot med kjemisk bergartsklassifisering for magmatiske bergarter og modifisert alkali-lime indeks (Frost & Frost 2006) for prøver fra Hoggestabben. Dataene viser at de mafiske enklavene er diorittiske og hovedbergarten er monzonitt som har en alkalisk trend. Feltobservasjoner indikerer en relativt kort intrusjonsalder mellom Vedkosten og Hoggestabben, hvor Vedkosten er datert til 500 Ma (Wang *et al.* 2020). Til sammenlikning består hovedintrusjonen ved Håhelleregga av en granitt med en kalk-alkalisk signatur (Fig. 7c, grått felt) og U-Pb-i-zirkon datert til ~515 Ma (Engvik *et al.* 2021).

En foreløpig arbeidshypotese er at de eldre intrusivene hovedsakelig er granittiske i sammensetning, med eller uten ortopyroksen og/eller olivin, og med en dominerende kalsik-alkalisk kjemisk trend. De relativt yngre intrusjonene karakteriseres muligens med intermediære sammensetninger, klinopyroksen og amfibol assosiasjoner, og en dominerende alkalisk trend. Det er også observert feltbevis for «magma mingling» flere steder (bl.a. Hoggestabben). Dette er ikke beskrevet tidligere fra DML og vil ha betydning for å forstå den petrogenetiske utviklingen. Variasjonen i både intrusjonsalder og kjemisk hovedsammensetning kan muligens relateres til karakteristiske mineralselskap for intrusivene; kalifeltspat-biotitt-amfibol-klinopyroksen, kalifeltspat-biotitt-ortopyroksen, kalifeltspat-biotitt-ortopyroksen $\pm$ olivin. Neste ledd i undersøkelsene blir dermed å vurdere den magmatiske utviklingen over tid og hva denne utviklingen kan fortelle om både intrusjonsdynamikk og tektonisk setting i skorpen for perioden <530 Ma.

Konklusjon

Eksisterende kunnskap om utviklingen av Fimbulheimen magmaprovins i kjølvannet av den øst-afrikanske-antarktiske orogenesen er svært mangelfull. Kartgrunnlaget for eksisterende geologiske kart er basert på observasjoner som stedvis stammer fra 80-tallet. Resultatene fra feltarbeidet gir grunnlag for oppdaterte geologiske kart over feltområdet. Nye analyser av bergartsprøver som er samlet inn vil danne grunnlaget for å studere hvilke prosesser som førte til en regional og storstilt oppsmelting i jordskorpen ved DML for 530-500 millioner år siden.

Referanser

- Austrheim, H., Elvevold, S., Engvik, A.K. & Paulsson, O. (1997): Geological observations in Gjelsvikfjella, Mühligh-Hofmannfjella and western Orvinfjella during NARE 1996/97. Fra: Winther, J-G (Ed.). Report of the Norwegian Antarctic Research Expedition 1996/97. *Norsk Polarinstitutt Meddelelser* **148**, 77-84.
- Bucher-Nurminen, K., Ohta, Y., Austrheim, H. & Dallmann, W. (1990): Geological observations in Gjelsvikfjella and Mühligh-Hofmannfjella. Fra: Orheim, O (Ed.). Report of the Norwegian Antarctic Research Expedition. *Norsk Polarinstitutt Meddelelser* **113**, 88-91.
- Bucher, K. & Frost, R.B. (2006): Fluid transfer in high-grade metamorphic terrains intruded by anorogenic granites: The Thor Range, Antarctica. *Journal of Petrology* **3**, 567-593.
- Elvevold, S., Engvik, A.K., Abu-Alam, T.S., Myhre, P.I. & Corfu, F. (2020): Prolonged high-grade metamorphism of supracrustal gneisses from Mühligh-Hofmannfjella, central Dronning Maud Land (East Antarctica). *Precambrian Research* **339**, 1-15.
- Engvik, A.K., Corfu, C., Kleinhanns, I. & Elvevold, S. (2021): Banded charnockite- the result of crustal magma generation, piecemeal emplacement and fluid-driven mineral replacement in high-grade crust (central Dronning Maud Land, Antarctica). *Journal of Geology* **129**, 371-390.

- Engvik, A.K., Elvevold, S. & Myhre, P.I. (2022): Cavernous decay of granite and granitic gneiss, central Dronning Maud Land, Antarctica. *Journal of Geology* **130**, 63-76.
- Frost, R. & Frost, C.D. (2008): A geochemical classification for feldspathic igneous rocks. *Journal of Petrology* **49**, 1955-1969.
- Jacobs, J., Bingen, B., Thomas, R.J., Bauer, W., Wingate, M.T.D. & Feitio, P. (2008): Early Palaeozoic orogenic collapse and voluminous late-tectonic magmatism in Dronning Maud Land and Mozambique: insights into the partially delaminated orogenic root of the East African-Antarctic Orogen?. Fra: Satish-Kumar, M., Motoyoshi, Y., Osanai, Y., Hiroi, Y. & Shiraishi, K. (Eds.) *Geodynamic Evolution of East Antarctica: A key to the East-West Gondwana Connection. Geological Society, London, Special Publications* **308**, 69-90
- Jacobs, J., Elburg, M., Läufer, A., Kleinhanns, I.C., Henjes-Kunst, F., Estrada, S., Ruppel, A.S., Damaske, D., Montero, P. & Bea, F. (2015): Two distinct late Mesoproterozoic/early Neoproterozoic basement provinces in central/eastern Dronning Maud Land, East Antarctica: The missing link, 15-21°E. *Precambrian Research* **265**, 249-272.
- Jacobs, J., Mikhalsky, E., Henjes-Kunst, F., Läufer, A., Thomas, R.J., Elburg, M.A., Wang, C.-C., Estrada, S. & Skublov, S. (2020): Neoproterozoic geodynamic evolution of easternmost Kalahari: Constraints from U-Pb-Hf-O zircon, Sm-Nd isotope and geochemical data from the Schirmacher Oasis, East Antarctica. *Precambrian Research* **342**, 1-20.
- Marschall, H.R., Hawkesworth, C.J., Storey, C.D., Dhuime, B., Leat, P.T., Meyer, H.-P. & Tamm-Buckle, S. (2010): The Annandagstoppane granite, East Antarctica: Evidence for Archaean intracrustal recycling in the Kaapvaal-Grünhogna craton from zircon O and Hf isotopes. *Journal of Petrology* **51**, 2277-2301.
- Middlemost, E.A.K. (1994): Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth-Science Reviews* **37**, 215-224.
- Ohta, Y. & Tørudbakken, B. (1985): Geology of Gjelsvikfjella and western Mühlig-Hofmannfjella. Fra: Orheim, O (Ed.). Report of the Norwegian Antarctic Research Expedition (NARE) 1984/85. *Norsk Polarinstitutt Rapportserie* **22**, 35-41.
- Wang, C.-C., Jacobs, J., Elburg, M.A., Läufer, A. & Elvevold, S. (2020): Late Neoproterozoic-Cambrian magmatism in Dronning Maud Land (East Antarctica): U-Pb zircon geochronology, isotope geochemistry and implications for Gondwana assembly. *Precambrian Research* **350**, 1-21.