

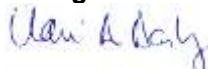
GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



Rapport nr.: 2018.029	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Vurdering av byggesteinskvaliteten for kleberstein fra Grunnesforekomsten, Målselv, Troms			
Forfatter: Gurli B. Meyer, Eva Stavsøien og Jan Strand		Oppdragsgiver: Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeider	
Fylke: Troms		Kommune: Målselv	
Kartblad (M=1:250.000) Tromsø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) Lenvik	
Forekomstens navn og nummer: Grunnes 1924 - 603		Sidetall: 26	Pris: 140
Feltarbeid utført: Juni 2017		Rapportdato: 19/06 2019	Prosjektnr.: 337102
		Ansvarlig: 	
Sammendrag: <p>Forekomsten på Grunnes har primært vært utnyttet for produksjon av klebersteinsovner, men har også levert steinblokker til Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeider (NDR). Kleberstein fra Grunnes er blant annet benyttet til rekonstruksjon av det nordvestre tårn på domkirken, enkelte blokker på ulike deler av kirken og brukes på tidspunktet for denne undersøkelse fortsatt som hovedkilde for restaurering av Kongeinngangen på sørsiden av kirken.</p> <p>Denne rapport gjør nye undersøkelser på Grunnes som et tverrfaglig prosjekt mellom steinhuggere fra NDR og førsteforfatter fra NGU. Rapporten undersøker mineralogien og teksturen av bergarten sett i forhold til huggeegenskapene. Alle prøver fra forekomsten har vært analysert på XRD og tynnslip fra prøvene er mikroskopert og fotografert.</p> <p>Rapporten fastslår at det er relative store harde aggregater av dolomitt som gir de største utfordringene, men også oikokryster av amfibol som danner harde sfærer i de blokkene som kommer fra den øvre delen av steinbruddet. Bortsett fra enkelte biotittrike årer, tynne skjærsoner og sprekker med fibrøs mineralvekst, er forekomsten massiv og relativt homogen sammenliknet med andre kleberforekomster.</p> <p>Bergarten er gunstig i forhold til forvitring fra vær og vind og inneholder hverken sulfider, kalsitt eller biotitt. I steinbruddet så vel som i kirkeveggene ses det ikke annen forvitring enn svak avskalling av relativt små tynne flak og rustfarging av dolomittkorn.</p>			
Emneord: Kleberstein	Ultramafiske bergarter	Mineralogi	
Foliasjon	XRD	Steinhugging	
Nidarosdomen	NDR		

Innhold

1. FORORD / INNLEDNING	1
2. BAKGRUNN.....	2
3. BEFARING AV NORDVESTRE TÅRN OG PORTALEN PÅ ILEN KIRKE	4
4. GEOLOGISK OVERSIKT	7
5. TRONDENES KIRKE.....	9
6. BRUDDHISTORIKK OG TIDLIGERE UNDERSØKELSER PÅ GRUNNES	10
7. FELTUNDERSØKELSER.....	12
8. HUGGEKVALITET MÅLT MOT MINERALOGI OG TEKSTUR	17
9. KONKLUSJON	24
10. REFERANSER	25

1. FORORD / INNLEDNING

Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeid (NDR) har siden 1869 arbeidet med gjenoppbygging og vedlikehold av klebersteinskatedralen Nidaros Domkirke. Gjenoppbyggingen ble offisielt ferdigstilt i 2001. Hugging for hånd er den primære arbeidsformen under tilvirkning av alt fra kvaderstein, ornamentstein og skulpturer. Derfor er huggekvaliteten et konstant tema og har vært det i hele kirkens bygningshistorie. Over de godt 130 år selve gjenoppbygningen fant sted har NDR selv tatt ut mesteparten av steinen for hånd, men etter hvert også tatt ut større blokker ved hjelp av boring og saging med wire. I en del brudd har lokale bruddrivere gjort arbeidet og solgt stein til NDR. Sag blir brukt hos NDR til å redusere blokkstørrelse til rette ytre form, men bearbeiding av de ferdige emner foregår fortsatt for hånd, og bevaring av håndverket er hele tiden i fokus. Naturlig nok har det vært en sterk nedgang i behovet for stein siden 2001 da selve gjenoppbyggingsfasen var i mål, men et bygg som er så stort og komplekst har konstant stort behov for restaurering og vedlikehold. Samtidig arbeider NDR med oppgaver på andre kirker og konstruksjoner i Norge med tilsvarende vernestatus. Derfor er det viktig å finne best mulig stein til de ulike formål. Fram mot 2020 er det Kongeinngangen som er under restaurering. Deretter står den øvre del av koret mot nordøst for tur. Her vil det bli behov for produksjon av ny stein i et større volum enn tilfellet var for Kongeinngangen.

NGU har befart forekomstene gjennom flere ulike programmer og det meste av det en har samlet av data er sammenfattet i databasen over Naturstein i Norge under forekomst Grunnes 1924-603. I dag er det ikke drift i bruddet, men store mengder skrotstein ligger lett tilgjengelig på skrotteippene på Grunnes og har i hovedsak blitt kassert på grunn av for liten blokkstørrelse til ovnsproduksjonen. Bruddet ble lagt ned i 2001. Til NDRs formål er blokkstørrelse gunstig i forhold til håndtering i verkstedet og størrelsen av emner, men blokkformen er ofte trekantet, hvilket gir spill og ekstra arbeid med transport og saging. Fra steinhuggerne er det uttrykt en utfordring med at flak og fragmenter kan løsne uforutsigbart ved hugging av hjørner, kanter og detaljert ornamentikk. Dette gjør steinen tidkrevende å arbeide med fordi en må slipe, framfor å hugge ornamentikken fram. Samtidig beskrives det at steinen har en uregelmessig hardhet og struktur i noen partier. Dette gjør at steinen 'ryr', hvilket vil si at det rives av små biter under hugging og at ornamentikken ikke blir jevn og glatt uten etterfølgende sliping. Stein fra Grunnes er kort og godt noe uforutsigbar å arbeide med.

Denne rapporten tar for seg petrografiske og teksturelle egenskaper av steinen fra Grunnes i Målselv i Troms, og sammenlikner den med forekomsten på Dalhaugen som NGU har vurdert i rapport nr. 2015.021 og 2016.040 samt andre av de forekomster som har vært brukt gjennom tidene. Rapporten gjør også kort rede for observasjoner som ble gjort i det nordvestre tårn, befart med henblikk på synlige tegn på forvitring, samt på Ila Kirke der inngangsportalen er restaurert med stein fra Grunnes.

Grunnesforekomsten ble befart 19.-21. juni 2017 med det formål å få en bedre geologisk forståelse av strukturer og mineralogi sett i sammenheng med huggeegenskapene. Befaring foregikk som et samarbeid mellom forfatterne hvor huggeegenskaper og geologiske forhold ble vurdert i felles observasjonspunkt. Det

er gjennom flere besøk i NDRs verksted også kartlagt aktuelle problemer med stein fra Grunnes. Alle prøver fra forekomsten har vært analysert ved hjelp av XRD, og tynnslip fra prøvene er mikroskopert og fotografert.

2. BAKGRUNN

Et spørsmål som ofte stilles når det kommer til uthenting av stein til restaurering av Nidaros Domkirke er, hvorfor en ikke kan gå til de gamle bruddene fra middelalderen og restaureringsperioden og ta ut stein der? Problemstillingen er beskrevet grundig i boken: Nidarosdomens grunnfjell – I steinbryternes fotspor fra Det gamle Egypt til Europas nordligste katedral (Storemyr 2015). I det følgende trekker vi fram enkelte aspekter av eldre forekomster og brudd som har relevans for rapporten. Kleberstein finnes i og rundt Trondheim, og de deler av Nidaros Domkirke som stammer fra middelalderen er primært bygget i stein fra Bakkaunet/ Kuhaugen i Trondheim by og Klungen og Øye i Øysand-området. Steinen har et karakteristisk mønster av karbonatårer og har grønnlig til grålig farge (Fig. 1). I gjenoppbyggingsfasen er det brukt noe stein både fra Bakkaunet og fra Klungen og Huseby. Også i nyere tid er det gjort forsøk på å ta ut stein fra middelalderbruddet på Klungen, men på grunn av bergspenninger og kløv i bergarten fungerer ikke steinen like bra for uttak av relativt stor blokk som den gjorde i middelalderen for manuell uthugging stein for stein (Storemyr 2015). Forekomsten på Bakkaunet er i dag bygget ned og gjort utilgjengelig. En bred vifte av forekomster rundt omkring i Norge har vært gjenstand for uttak under gjenoppbyggingen, men er likedan enten bygget ned, vernet pga av før-reformatoriske uttak eller lagt til side på grunn av ulike problemstillinger.



Figur 1. De eldste delene i domkirken er bygget i stein fra Bakkaunet og Klungen/ Øye og ses som grønne blokker med forvitret overflate. Til venstre rundt ventilasjonsluken og mot toppen av bildet ses innfelte stein av svak rødlig kleber fra restaureringsperioden. Det er tydelig at Trondheimskleberen er sterkere forvitret enn disse, men samtidig armeres den av karbonatårene og foliert kloritt og viser brukbare holdbarhet og styrke. Partiet på bildet har vært utsatt for varme og sot fra varmeanlegget som sto i denne delen av kirken. De grønne blokker i nedre delen av bildet er mest sannsynlig klorittskifer fra bruddet på Øye.

Under gjenoppbyggingen ble det største volumet kleberstein hentet fra Bjørnålia ved Mosjøen i Nordland. Bruddet ble lagt ned i slutten av 1950-tallet dels på grunn av utfordringer med gjentakende kollaps av bruddvegger og dels pga av sprekke dannelse i stein som kom til Trondheim. En og annen stein fra Bjørnålia må derfor byttes ut etter 50-100 år i murene (Storemyr 2015). I tillegg til Bjørnålia er relativt store volumer stein tatt ut i Grytdal og Rogstad i Midtre Gauldal. Den øvre delen av korets nordøstlige fasade er bygget opp primært i stein fra Midtre Gauldal, til daglig omtalt som Grytdalstein. Stein herfra har et relativt høyt innhold av kis (sulfider), som over tid reagerer med vann og fuktighet i luften og dermed blir omvandlet til gips og andre mineraler. Steinen ekspanderer og gir skade på omgivende bygningsdeler. Bruddene i Midtre Gauldal er dermed ikke aktuelle for videre uttak. Samtidig må stort sett all Grytdalstein byttes ut sammen med noe omliggende skadet stein. NDR skal etterhvert kartlegge omfanget av forvitring i den nordøstlige delen av koret, men allerede nå står det klart at en vil få økt behov for uttak og tilhugging av ny stein. Stein fra Gullfjellet ved Bergen har vært benyttet i gjenoppbyggingen og ser ut til å holde seg bra i forhold til forvitring, men varianten er relativt krevende å bearbeide grunnet hardheten og en har gått bort fra denne kilden (Storemyr 2015). Bruddet er lagt ned og vil være utfordrende å drive både pga av beliggenheten og de bratte bruddvegger. Bubakk ved Kvikne har vært brukt i en årrekke, men dels pga av vern og dels pga av problemstillinger med forvitring er dette bruddet også lagt ned. Solerudbruddene i Østfold (http://geo.ngu.no/kart/mineralressurser_mobil/: Korneliusseter 118-601, Viken 119-602 og Solerudberget 119-604) har tidligere vært benyttet og steinen har vist god holdbarhet mot forvitring. Ettersom steinen ikke har vært i bruk siden 1950-tallet er det ingen av forfatterne som har erfaringer med huggeegenskapene. Storemyr (2015) trekker fram hardhet som en mulig problemstilling og sprekker som en annen ut ifra diverse brevkorrespondanse mellom arkitekt og leverandør og/ eller geolog sist på 1800-tallet og tidlig på 1900-tallet. Også transportlengden og konkurransen med bruddet i Bjørnålia trekkes fram som momenter. Begge disse argumentene faller bort i nåtiden og det kan være en mulighet å se på de tre forekomster i Østfold igjen. Alle brudd som har vært lagt ned i mange årtier vil kreve en god del utredning og nyetablering av maskinell for å bli gjenåpnet. Det samme er tilfellet for Dalhaugen ved Mosjøen og Grunnes ved Målselv. En meget stor fordel ved bruddet på Grunnes er, at det ligger en forholdsvis stor skrottepyll igjen fra de som drev bruddet fram til 2001. Ettersom grunneier er positiv til uttak fra tippen er dette lett tilgjengelig stein og forholdsvis lave transportkostnader.

Problemstillinger som går igjen kan deles opp i fire hovedkategorier:

1. Bergartsegenskaper som gir utfordringer for steinhuggerne
2. Bergartsegenskaper som gir utfordringer med forvitring og skader over tid
3. Bergartsegenskaper som gjør at steinen har vesentlig forskjellig farge og tekstur i forhold til Trondheimskleber brukt i middelalderen
4. Forekomstens tilgjengelighet, vernestatus og driftsituasjon

Fra 2014 fram til 2017 ble forekomsten Dalhaugen (Steinhaugen) vurdert av NDR, NGU og NTNU (Meyer et al 2015, Keiding et al. 2017 og Lund 2017) og forekomsten er avgrenset ved hjelp av kartlegging og boring. Det ble tatt ut 10-15 blokker fra en steinur ved forekomsten for testhugging, og enkelte stein i Kongeinngangen stammer således fra forekomsten ved Dalhaugen. Konklusjonen i dette arbeidet er 1. at bergarten er relativt hard og tidkrevende å arbeide med, men likevel homogen,

ensartet og forutsigbar i forhold til å få fram fin ornamentikk (Fig. 2), 2. at steinen er særdeles holdbar og sterk i forhold til forvitring, 3. at bergarten har en farge og et visuelt uttrykk som glir godt inn med steinen fra middelalderen og 4. at forekomsten ligger nær vei, men at det vil kreve utredning, planlegging av drift og søknad for oppstart av brudd som pr i dag ikke finnes. En fordel ved Dalhaugen er, at det ikke finnes før-reformatoriske uttak og det finnes ikke annen vernestatus i området. Det er i skrivende stund ikke satt i verk utredning for å vurdere drift av forekomsten.



Figur 2. Detaljert frise i stein fra Dalhaugen under arbeid av Jan Strand, dato 25.10.2018. Steinen er hard i forhold til de fleste andre steintyper som har vært gjennom verkstedet, men den har svært gode egenskaper i forhold til forvitring. Kornstørrelsen er under 1 millimeter slik at ornamentikk i denne finhetsgrad ikke er påvirket av kornstørrelsen. Likedan er det ikke store kontraster i hardheten.

3. BEFARING AV NORDVESTRE TÅRN OG PORTALEN PÅ ILEN KIRKE

Det nordvestre tårn ble befart 7. juni 2017 av Eva Stavsøien og Gurli Meyer. I fig. 3 er vist en serie bilder som viser de karakteristiske trekk ved kleberstein fra Grunnes. Klebersteinen er hovedsakelig grå til brunlig i farge med karakteristiske rustfargede spetter. I en del stein danner spettene bånd som er mere eller mindre sammenhengende. I ulike vinkler til båndingen ses lyse årer av karbonat som ikke ruster. Til sammen gir dette et uttrykk som tilsvarer kleberstein fra middelalderen, men noe lysere og mer rødlig enn de kloritrike grønlig klebersteinsvarianter fra Trondheimsområdet. På den del av hjørnespiret som vender mot øst ses en endring i farge mot mørkere grå som sammenfaller med sterkere avflekkning og knutret overflate.

Storemyr (2015) beskriver at de første stein NDR tok ut på Grunnes ble tatt ut med sømboring og saging. Under befaring i bruddet i 2017 kom forfatterne over et mindre brudd med tett sømboring og uttak av kanskje så mye som 50 kubikkmeter stein (Fig. 11). Om den første steinen kom fra denne delen av forekomsten eller om det også var gjort sømboring i påslaget i nedre delen av forekomsten er usikkert. Det regnes som sandsynlig at en god del av steinen i tårnet mot nordvest kom fra det mindre bruddet drevet med tett sømboring. Denne varianten ligger helt i kontaktsonen av amfibolitten og det kan tenkes at mineralogien er noe ulik mineralogien i hovedbruddet. Det vil dermed være forbundet med noen usikkerhet å bruke observasjoner fra nordvesttårnet direkte til å si noe om forvitringsproblemer fra stein som kommer fra hovedbruddet.

Et aspekt med forvitring i tårnet er vinden. Med dominerende vindretning fra vest og nordvest er de partiene som viser sterkst forvitring også de som er mest utsatt for

vind spesielt der vinnen kanaliseres over gesimsene. Noe tyder imidlertid på at det også kan være mineralogiske forskjeller innen en og samme blokk ettersom forvitringen ser ut til å følge bestemte lag i steinen. For å komme helt til bunns i en slik utfordring må en ta prøve i hver del av blokken for å studere mineralogien og tekturen. Dette kan være relevant i framtiden hvis en ser at problemet akselerer eller dukker opp flere steder. På spesielt utsatte parti flaker det av biter av stein. Dette er bare observert to steder på tårnet; langs en av 'armene' i et vindu mot øst og langs kanten av gesimsene der vannet løper inn mot plattformen i tårnet. Dette er også områder hvor det forekommer vekst av lav- og mose grunnet skygge og fuktighet. Enn må derfor kontrollere at ikke stein som henger utover der publikum ferdes kan ha samme tendens til avflekking.



Figur 3. De to øverste bilder viser karakteristisk overflate av kleberstein fra Grunnes som har vært utsatt for vind og vær. Det mest karakteristiske for steintypen er de rustrøde flekker av karbonat med sine mikroskopiske korn av jernoksid som ruster. Ofte danner karbonat en form for lagdeling eller bånding og markante årer av karbonat forekommer hyppig. De nederste bilder viser forvitring i form av avflekking. Begge områder er utsatt for sterk erosjon av vind, men det kan også være mineralogiske variasjoner i steinen som gjør deler av en og samme stein mer utsatt for forvitring enn andre.

I deler av hjørnespiret ses det en del hvite saltutslag og utfellinger som løper ned fra fuger og overganger mellom bygningselementer (Fig. 4a). Det samme gjør seg gjeldende i portalen til Ila kirke (Fig. 4b). Storemyr (2015) beskriver utfelling av salter fra Kjøpsviksement og trolig også andre typer sement og betong som hovedårsaken til de hvite utfellingene på domkirken. Særlig stort er problemet der vann har kommet i kontakt med sement og betong på innsiden av klebersteinsmurene og tatt løsninger fra sementen med ut gjennom fugene. Også selve fugene fra restaureringsperioden fram mot 1990-tallet inneholder en del sement og kan bidra til utfelling ved vann- og fukttillsig. Fra arkivsak 09/4590 i Trondheim kommune er det bevilget penger til

renovering av vannlekkasjer i Ila Kirke. Dette indikerer at det har vært vanntilsig inne i bildet i kombinasjon med sementmørtel. Samtidig er Ilen kirke bygget opp i sandstein fra Stjørdal (Heldal 2016). Denne typen stein inneholder en del svovelkis og det ses rustflekker over store deler av fasaden. Det ses skade på enkeltstein i klebersteinsportalen på Ila Kirke der utfellingen er verst og muntlig kommunikasjon med NDR forteller at det har vært reparasjon på stein. Dette kan like gjerne tilskrives frostsprenging ved vanntilsig som ekspansjon grunnet salter og gips fra utvasking av sement og svovel i sandstein.

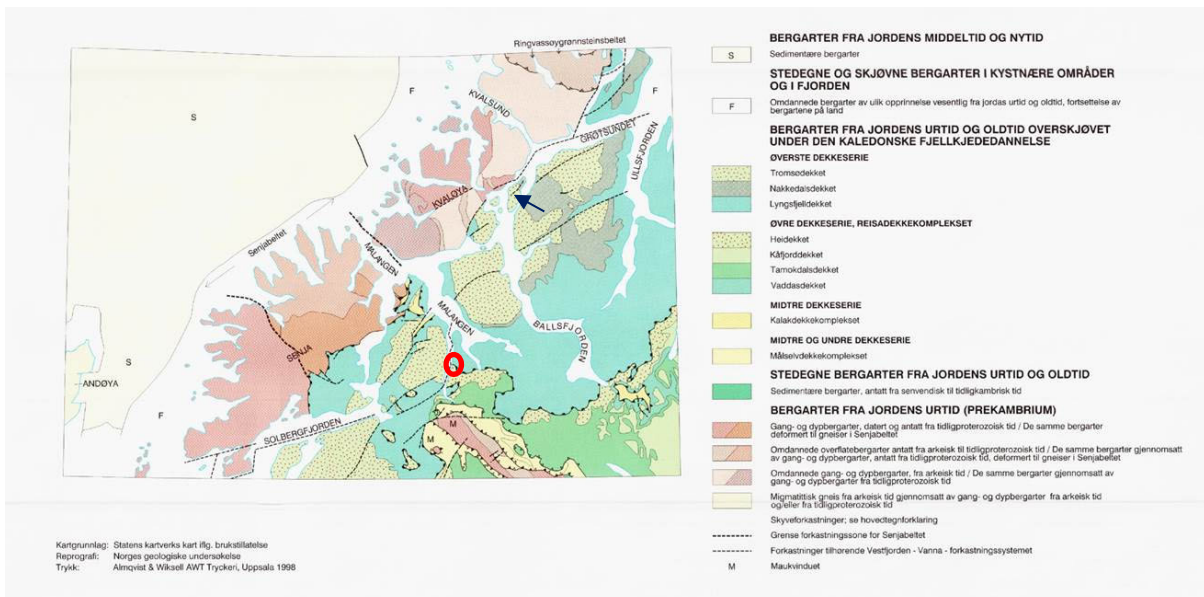
For Nidarosdomen sin del kan det være en mulighet å gjøre en kartlegging av for eksempel 100 punkter der saltutslag slår ut i fuger på kleberstein for å få bedre oversikt over problemet. Ved å kartlegge de ulike punkt, bestemme tilstand og typen av kleberstein vil en få fram et bilde av reaksjonen med steintypene. Hvis problemet knytter seg spesifikt til stein fra Grunnes må en ta vesentlige forholdsregler ved bruk av sementmørtel og betong på fuktutsatte parti. Ut fra det som kunne observeres fra nordvesttårnet så problemstillingen med saltutfelling ut til å gå igjen over store deler av katedralen, også i parti der det er brukt Bjørnåliastein. Det var ingen tydelige skader på stein fra Grunnes der saltutslaget ble observert i det nordvestretårnet, men det anbefales å se på stein fra andre bruddområder og kontrollere hvordan reaksjonen er der.



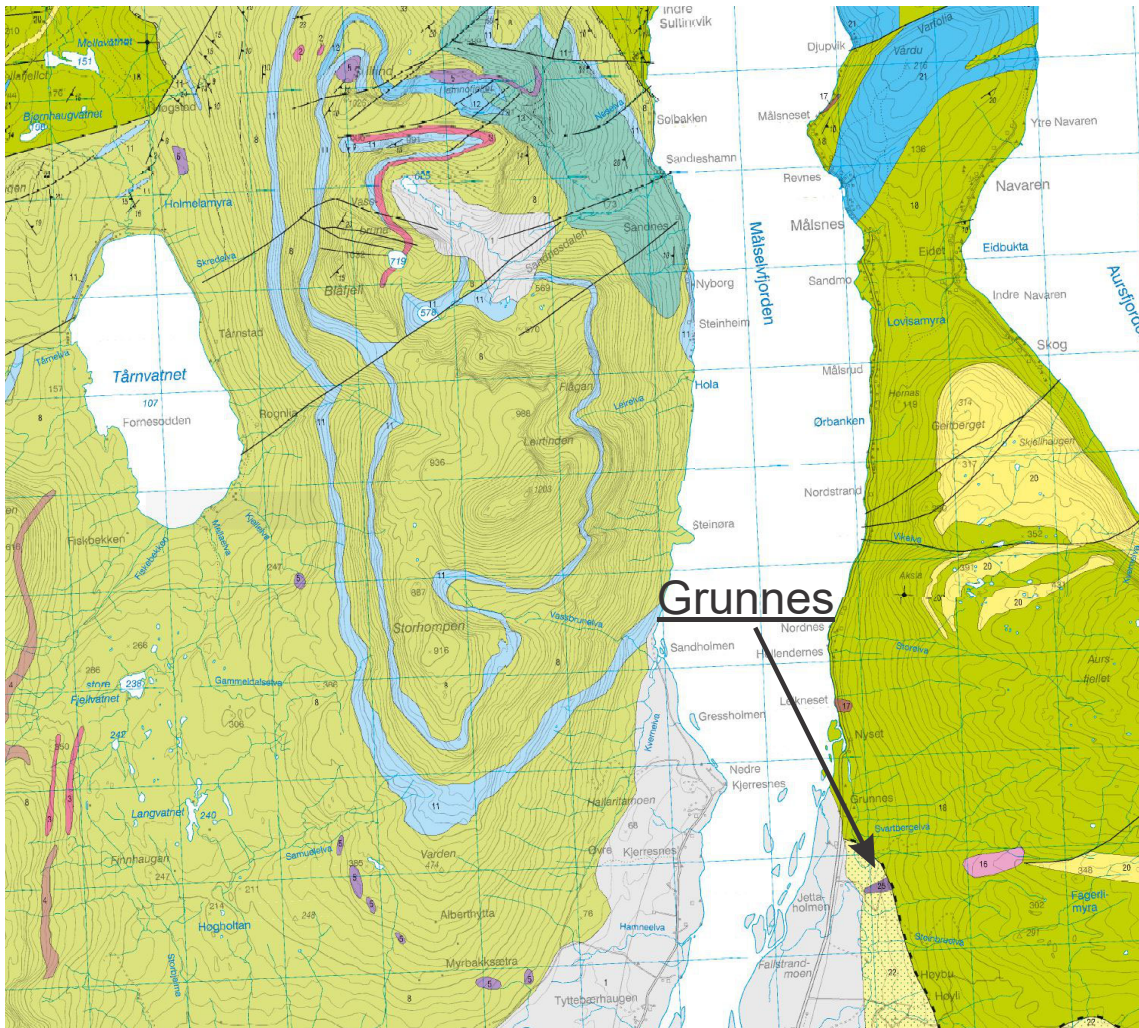
Figur 4 A (venstre) og B (høyre). Ulike reaksjoner med sementmørtel og/ eller bakenforliggende betongkonstruksjon. Til venstre fra det nordvestre tårn på domkirken. Til høyre fra inngangsportalen i Ila kirke. Begge er bygget opp i stein fra Grunnesforekomsten.

4. GEOLOGISK OVERSIKT

En generell oversikt over geologien i Troms finnes i boka *'Landet blir til'* (Ramberg et al 2007), mens det regionale bildet for Målselv best kommer fram på det geologiske berggrunnskart 1:250 000 Tromsø (Fig. 5, Zwaan et al. 1998) samt midlertidig kartblad 1:50 000 Lenvik (Fig. 6) (Zwaan et al. 2009). Vær oppmerksom på at forekomsten på Grunnes er tolket til å ligge i den geologiske grensen mellom øverste og øvre dekkserie. Både i kartblad Tromsø 1:250 000 og kartblad Lenvik 1:50 000 går denne grensen nord-sør midt gjennom forekomsten og skal dermed kutte denne (Fig. 6). Dette kunne ikke bekreftes under feltarbeidet i 2017. I felt kunne den ultramafiske kroppen følges kontinuerlig opp imot 400 m mot øst oppover i Lia fra dagbruddet (Fig. 9). I tillegg ble det funnet en tynn åre av karbonat på sørsiden av den ultramafiske kroppen, så slik sett er kartblad Lenvik 1: 50.000 ikke detaljert nok for området. I dette prosjektet var det ikke resurser for en nytolkning av geologien i lokalområdet, men det anbefales at NGU ser på kartblad Lenvik på nytt.



Figur 5. Oversikt over geologien i området mellom Senja, Tromsø (svart pil) og Bardufoss. Grunnesforekomsten (rød sirkel) ligger i grensen mellom øverste og øvre dekkserie i den kaledonske fjellkjede. Kart fra Zwaan et al. 1998.



Figur 6. Kartutsnitt fra 1:50 000 berggrunnskart, midlertidig kartblad, Lenvik. Signaturforklaring finnes på http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/. Bemerk at det er tegnet inn en større skyvedekkeforkastning i kartet akkurat gjennom den ultramafiske kroppen på Grunnes. Denne ble ikke påvist i felt og det trengs bedre geologisk kartlegging for å tolke bildet på nytt.

Geologien i Målselvområdet er komplekst med tette folder og en serie forkastninger (Fig. 6). Tolkning på tvers av Målselvfjorden byr på utfordringer på grunn av tykke fluviale og marine avsetninger og blotningsgraden oppover dalsidene er begrenset på grunn av varierende morenedekke og forvitningsmateriale

I det store bildet har klebersteinsforekomsten ved Grunnes slektninger hele veien sørover i Den Kaledonske fjellkjeden gjennom Troms, Nordland og Trøndelag. Disse har en felles geologisk dannelse og har gått gjennom analoge omvandlingsprosesser. Likevel er det variasjoner som gir hver enkelt klebersteinsforekomst en egen geokjemisk signatur, mineralogi og tekstur. De viktigste parameterne for klebersteinens kvalitet er utgangsbergartens mineralogi og geokjemi, de omgivende bergarters mineralogi, og sist men ikke minst trykket og temperaturen som har styrt mineralreaksjonene gjennom ulike faser av metamorfose.

I hele Troms finnes det både store sammenhengende og mer spredte kroppar av gabbro og ultramafiske bergarter foldet sammen med granatglimmerskifer, fyllitt, marmor og kvartsitt. Hele massivet av bergarter har gjennomgått fjellkjedefoldning og er gjennomgått av sen-kaledone og yngre forkastninger. Det samme beltet av

gabbroer kan følges videre mot nordøst til Lyngsalpene som utgjør et langt mer massivt belte av ultramafiske bergarter, gabbro og til dels også gangbergarter og lava (Zwaan et al. 1998). Vest og sør-vest for Målselv finnes flere kleberkropper og det regnes som sannsynlig at forekomstene Myrbakkseter (1924 – 607), Nyborg (1924 – 601) og Nyeng (1925 – 601) tilhører den samme serien av ultramafiske kropper som Grunnesforkomsten (1924 – 603).

5. TRONDENES KIRKE

Museet i Tromsø ved Stephen Wickler og førsteforfatter sammen med Leif Furuhaug fra NGU gjorde i 2012 en befaringsreise av de klebersteinskropper som i lokalhistoriske årbøker omtales som mulige leverandører til oppbyggingen av middelalderkirken, Trondenes kirke, i Harstad (Fig. 7). Samtidig ble databasen oppdatert for de forekomster som hadde en viss størrelse og utbredelse eller hadde vært i moderne drift. På ingen av forekomstene ble det funnet spor etter eldre kvaderproduksjon. Det ble utelukkende observert små uttak for fiskeredskap og tilsvarende, helt sporadisk gryteuttak, men ingen større uttak for bygningsstein. Også forekomsten på Grunnes ble gått opp i sømmene for å se etter spor i ytterkant av bruddet eller spor på blokk på skrottippen, men det var ingen indikasjoner på at bruddrift hadde funnet sted i større skala med håndmakt. Storemyr (2015) beskriver oppdagelsen og utviklingen av bruddet i noen detalj og han omtaler at det finnes muntlige overleveringer som forteller at det har vært uttak av limpotter og garnsøk. Slike spor vil være helt utslettet av dagens brudd, men en vil kunne finne rester av uttak på skrottstein på tippen. Klebersteinen som er brukt i murene på Trondenes kirke har ved første øyekast noen likehetstrekk til kleberen på Grunnes med sine markante rustne spetter, men grunnmassen er mindre grønnlig og har antakelig høyere innhold av talk ettersom den er mykere. Karbonatinnholdet virker til å være noe høyere enn det er for Grunneskleberen. Også teksturen avviker og ut ifra en ren visuell inspeksjon, samt de muntlige overleveringer regnes det ikke som sandsynlig at Trondenes kirke er bygget i stein fra Grunnes.



Figur 7. Detalj av kirkeveggen i middelalderkirken, Trondenes Kirke i Harstad.

Som led i et Ph.D. prosjekt med Laura Bunse fra Universitetet i Tromsø ble ytterlige en vifte av små forekomster befart med førsteforfatter i 2016. Ingen av disse hadde spor etter uttak av bygningsstein. Dermed forblir opphavet til steinen i murene på Trondenes kirke et uoppløst mysterium, men lite sannsynlig at den kommer fra Grunnes.

6. BRUDDHISTORIKK OG TIDLIGERE UNDERSØKELSER PÅ GRUNNES

Fra dagbøker og brevvekslinger kan en lese at NDR fikk kjennskap til forekomsten allerede i 1930-tallet, men ikke hadde første befaring før i 1961 (Storemyr 2015). En geologisk rapport av bergingeniør Viggo H. Wiik (Wiik 1962) fra gamle NTH gir en oversikt over bruddet i 1962. På det tidspunktet hadde NDR gjort et første uttak. Wiik anslo volumet av kleber til å være ca 30.000 – 50.000 m³ og estimerte at klebersteinskroppen måtte ha sin største utstrekning mot dypet. (Se kartskisse i Vedlegg 1). Han konstaterte at det primært fantes kleberstein i den delen hvor påslaget var lagt og at det lengre mot øst bare fantes amfibolrike bergarter med bare litt talk og noe kloritt. Han anbefalte boring som videre undersøkelse grunnet dårlig blotningsgrad samt at en etterfølgende utredet en driftsplan. Det ble skrevet en serie rapporter på basis av ulike tester i forbindelse med de samme undersøkelser hvor Wiik er medforfatter. Men av størst relevans for dette arbeidet er boringene som ble gjort på 1990-tallet.

Bruddet ble drevet først av Kleber Naturstein AS fra 1994 til 1997, hvor stein ble fraktet til Sveits for videre produksjon av ovner. Siden tok det Sveitsiske firmaet Speckstral Kleber AS over og drev bruddet fram til 2001. I 1994 og sannsynligvis igjen i 1996 ble det gjennomført boring av tilsammen 9 vertikale borehull og tatt ut

borekjerner i lengde fra 40 til 80 meter. Borekjernene ligger igjen i plastesker i bruddet og har mistet all merking (Fig. 8). Det vil imidlertid være mulig ut ifra loggingen av kjernene gjort i 1996 (Søvegjarto 1996) helt eller delvis å rekonstruere rekkefølgen av de esker som ligger uforstyrret. Bare fire borekjerne ble gjenfunnet i 2017 og disse ble målt inn med håndholdt GPS. Lokalitetene de ble funnet på samsvarer med borehull 1 og 2 fra 1996 og borehull 5/ 94 og 3/ 94 fra 1994 (Søvegjarto 1996 vedlegg 2 og 3). Ved hjelp av rapporten og kart fra Søvegjarto (1996) vil det være mulig å lokalisere de resterende fem kjerner. Det anbefales at en så fort som mulig får hentet ned kjernene og sendt de på borekjernelageret på Løkken slik at de blir tatt vare på for ettertiden og eventuelt kan logges på nytt. Så vidt forfatterne kan vurdere er det ikke merker etter testing eller prøvetaking. De har således bare vært logget av Søvegjarto i 1996 og antakelig ikke vært gjenstand for videre undersøkelser.



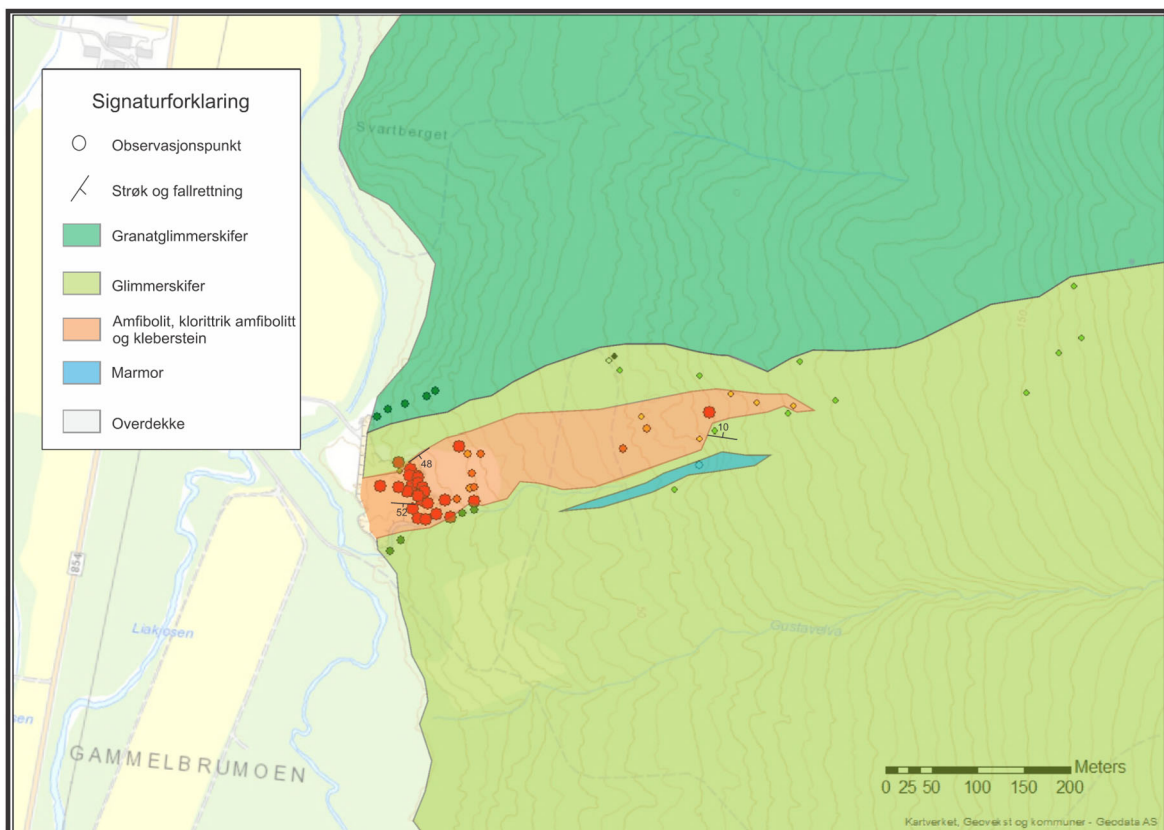
Figur 8. Borekjerner fra 1994 etterlatt i bruddet uten merking, men relativt uforstyrret internt i eskene. Mest sannsynlig er dette borekjerne 5/ 94 som er beskrevet i rapport av Søvegjarto (1996) der stemmer best overens med lokalitet og lengde på kjernen (ca. 40 meter)

Logging og detaljert kartlegging gjennomført av Søvegjarto (1996) samsvarer godt med observasjonene gjort i dette feltarbeidet. Kart og borekjerneloggene er gjengitt i vedlegg 2 og 3. Den største endringen i forhold til tidligere studier er, at bergarten utenfor kleberkroppen mest sannsynlig har vært en pyroksenitt eller pyroksengabbro og at det ikke finnes serpentin i bergarten. Dermed kan den klassifiseres som metagabbro og amfibolitt og ikke serpentinit. Konklusjonen fra borerapporten er at bergarten fra og med steinbruddet og videre mot øst har et relativt lavt talk- og klorittinnhold og tilsvarende høyere innhold av amfibol og til dels pyroksen og plagioklas. Videre står det klart at ingen av de 9 borehull påtreffer kleberstein mot dypet. Dermed kan kleberkroppen avgrensnes til den vestligste delen samsvarende med hovedbruddet, samt området rundt det mindre brudd med tett sømboring. Resultatene fra boringene viser at kroppen mest sannsynlig har vertikal fortsettelse mot dypet. Høydedata fra kartverket viser at det må have vært drift i bruddet mellom 2009 og 2013. Det er ukjent for forfatterne hvem som drev bruddet i den perioden

(Vedlegg 4). Men etter 2013 kan det ikke ha vært drift ettersom topografiske data og høydedata fra Lidar prosjekt Troms 2013 (Høydedata.no) stemmer helt overens med dagens situasjon. Under en befaring gjort av NGU i 2012 og igjen i 2017 var det ingen tegn på aktiv drift.

7. FELTUNDERSØKELSER

Det meste av dalsiden ovenfor Grunnesbruddet er preget av et usammenhengende dekke av morene- og forvitningsmateriale med vekslende skog-, kratt- og lyngvegetasjon. Kartlegging i området er basert på sporadiske blotninger langs skogsveier, små framstikkende fjellknauser og langs bekkeløp. I figur 9 er vist alle de punkt som ble undersøkt i 2017. Fra bruddveggene på Grunnes og ca 100 meter mot øst har på 1990-tallet vært foretatt rydding og maskinell avdekking av bergflaten i et belte på ca 50 meters bredde (Fig. 11). Avdekningen kan knyttes til AS kleber sitt boreprogram i 1994. Området og selve bruddveggene holder på å vokse igjen med lav og mose samt nyetablert vegetasjon (Fig. 10). Fra bruddet mot vest er det et tykt dekke av fluviale og marine avsetninger langs Målselvens løp og det finnes ingen blotninger av fastfjell før Myrbakkseter på vestsiden av Øvre Kjerresnes.



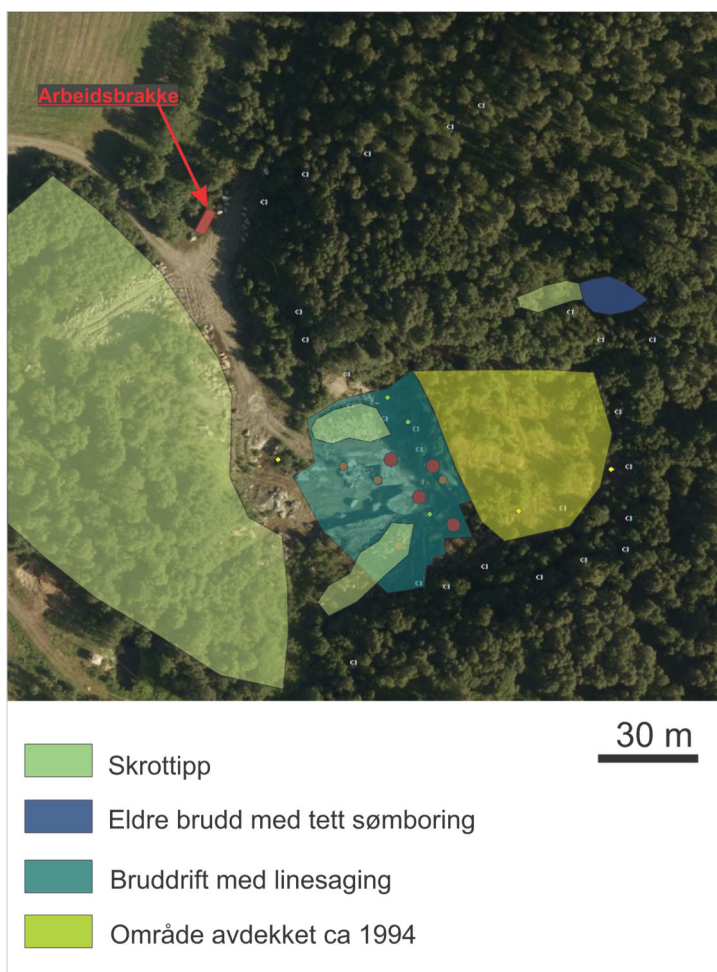
Figur 9. Forenklet geologisk kart over Grunnesområdet. Området utenfor observasjonspunktene er tolket fra kartbald Lenvik og sporadiske feltobservasjoner. Kleberkvaliteten er vist i detalj i Fig. 13.

Klebersteinen på Grunnes ligger i en kropp av omvandlet ultramafitt/ gabbro som strekker seg 500 meter fra bruddet og mer eller mindre sammenhengende oppover i lia mot øst (Fig. 9). Kroppen kiler ut mot øst men det kan være flere kroppar i retning Aursfjordbotn som ikke er kartlagt. Det regnes som sannsynlig at forekomsten

Myrbakseter (Forekomst 1924 – 607) på vestsiden av Målselven er en tilsvarende metagabbro/ ultramafitt som er omvandlet til kleber. Fra NGUs database er denne beskrevet som relativt massiv med et lite uttak drevet med boring.



Fig 10. Øverst: foto tatt i 2012 sett inn på bruddet i retning nordøst. Nederst: Foto tatt i 2017 sett inn på bruddet i retning sørøst. Partiet innen den gule rammen er den samme bruddveggen. På fem år er bruddet grodd en del igjen.



Figur 11. Oversikt over bruddet på Grunnes med skrotteipp, brudd, avdekking av bergflate og plassering av arbeidsbrakke. Et eldre brudd med tett sømboring ble oppdaget i forbindelse med feltarbeidet og kan være en tidlig fase av domkirkens uttak på 1960-tallet.

Som omtalt under beskrivelsen av nordvesttårnet, ble det oppdaget et brudd som er drevet med tett sømboring i skogen nordøst for det avdekkede område (Fig. 11 og 12). Bruddet er grodd helt igjen, delvis vannfylt og vanskelig å fotografere, men viser at det finnes et parti av kleberstein utenfor hovedområdet. Muligheten for at det finnes flere slike kleberparti oppover i lia i grensen mot glimmerskiferen er dermed til stede. Ettersom denne delen av forekomsten er vanskelig tilgjengelig sammenliknet med hovedbruddet har rapporten ikke fokusert på å vurdere kvaliteten av klebersteinen i det gamle bruddet. Samtidig er dette lille området med kleberstein noe begrenset og alle punkter som er observert rundt det eldre bruddet viser kloritt-rik amfibolitt. Det vil antakelig være noe stein fra 1960-tallet i murene på Nidarosdomen som stammer fra dette bruddet.

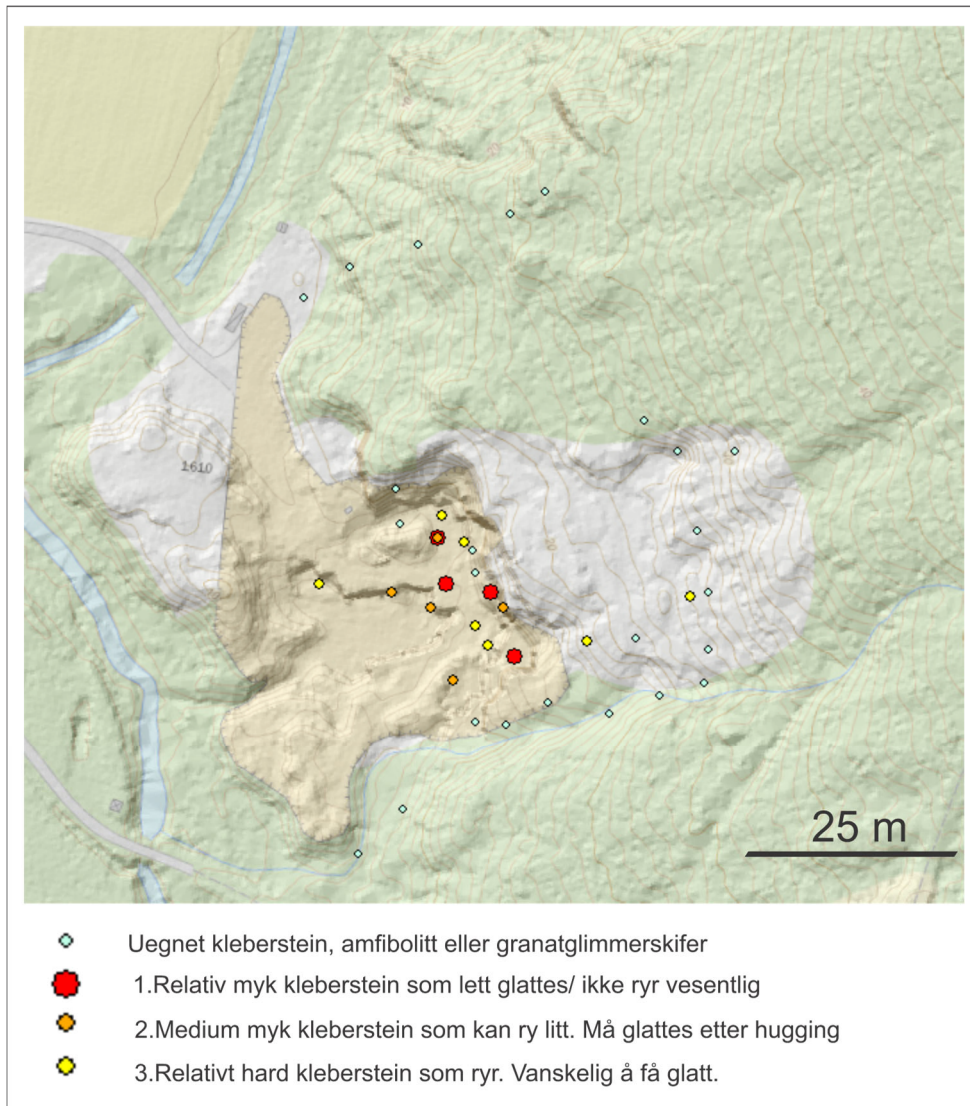


Figur 12. Eldre brudd drevet med tett sømboring nord for avdekket område. Bruddet ses ikke fra hovedbruddet og er sterkt gjengrodd. Hugge kvaliteten er ikke like god som i den sentrale delen av hovedbruddet.

Selve hovedbruddet er drevet med linesag som terrasser innover mot øst og nedover mot vest (Fig. 10). Dette var antakelig drevet med sømboring i en tidlig fase. Et yngre del av bruddet er drevet på et lavere nivå inn fra vest mellom 2009 og 2013 (Vedlegg 4). To skrottpipper ligger igjen på hver side ovenfor dette uttaksområdet og steinen må fjernes før videre drift kan finne sted. Ut mot vest ligger det flere generasjoner av skrottpipp av større og mindre blokker og det er fra dette området NDR henter stein i dag. Det er ikke mulig å knytte de ulike deler av skrottpippene til ulike deler av bruddet, men det fremkommer en form for skrottpippstratigrafi etter eldre, yngre og yngst. I selve bruddet virker veggene forholdsvis stabile, men enkelte ras har gått langs glideplan, sprekker og skjærsoner og det ses sprekker i overkant som kan være ustabile. Bruddveggene må sikres før videre drift kan tas opp. I det følgende blir steinen vurdert ut fra de tester som ble gjort i felt. Hugge kvaliteten delt inn i tre kvaliteter.

1. (Rød) Relativ myk kleberstein som lett glettes/ ikke ryr vesentlig (Fig. 15 b)
2. (Orange) Medium myk kleberstein som kan ry litt. Må glettes etter hugging (Fig. 16 B)

3. (Gul) Relativt hard kleberstein som ryr. Vanskelig å få glatt. (Fig. 17B)



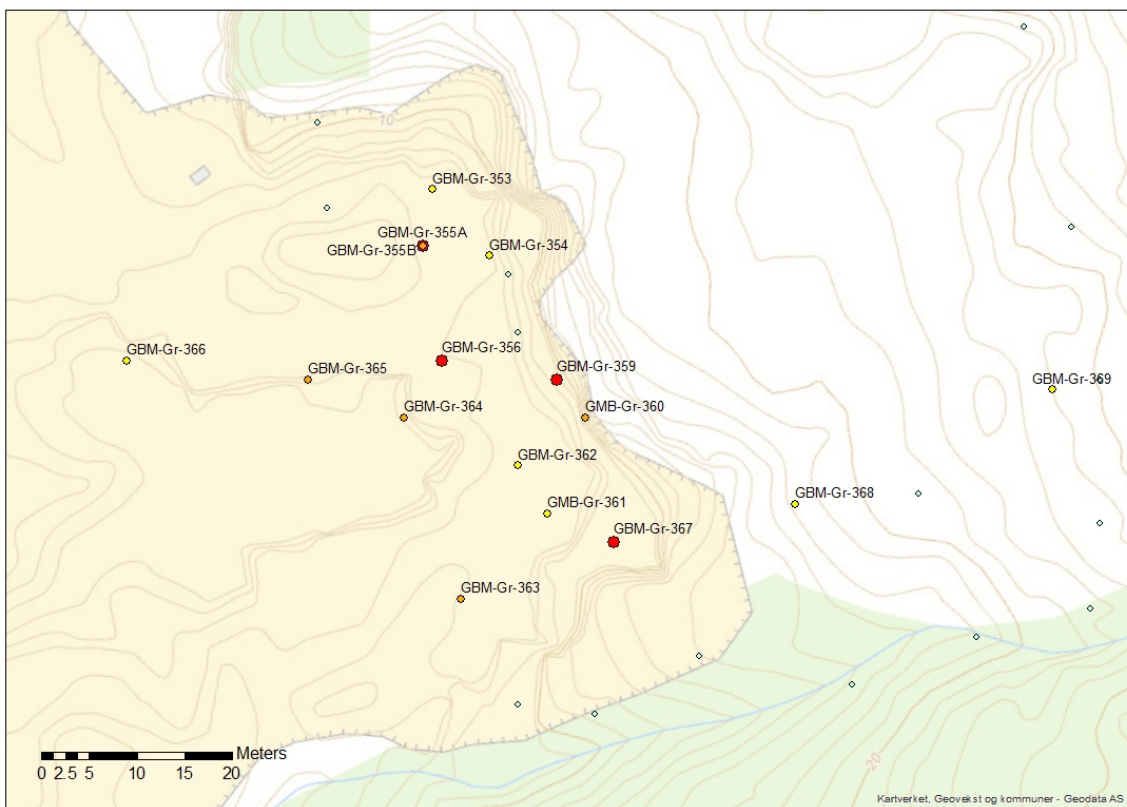
Figur 13 viser hvordan de ulike kvaliteter fordeler seg i bruddet. De punkt som er markert som blå prikker er amfibolitt eller granatglimmerskifer, men også kleberstein med kløv, sekundær omvandling eller biotittrike årer. Det er tydelig at kvaliteten er best for hugging i den sentralen delen av bruddet langs de eksisterende bruddvegger. Vær oppmerksom på at enkelte punkt kan være forskjøvet med opptil 5 meter grunnet dårlige GPS-mottak langs bruddveggene.

Fra det øverste bruddplatå og innover den avdekkede flaten mot øst stiger amfibolinnholdet og kvaliteten faller utenfor det som er egnet til hugging for hånd. Bergarten er bare prøvetatt i noen helt få punkt oppover i lia mot øst for å studere utgangsbergarten. Det er fortsatt kloritt, dolomitt og talk i bergarten, men amfibolinnholdet er over 20% og stiger jevnt mot øst. Mot kontakten i nord og sør er kløven sterkere og bergarten er inhomogen i forhold til hardhet. Samtidig øker amfibol, biotitt og dolomittinnholdet mot sidesteinen. Mot vest i den lavereliggende delen av bruddet er huggekvaliteten av medium kvalitet, men den er fullt anvendelig til kvaderstein og enkel profilstein. Fordelingen av kvalitet 1 i figur 14 indikerer at det nederste og yngste bruddnivå arbeider seg inn mot området med best kvalitet. Boringer gjort i 1996 indikerer at kleberen fortsetter vertikalt eller med bratt fall nedover mot øst mot dypet (Sørvegjarto 1996). Borehull nummer to fra 1996 er 60 meter langt, loddrett og er plassert 25 meter øst for det østligste punkt av den

øverste bruddvegg. Det påtreffer ikke kleberstein og en kan derfor konkludere med at bruddet ikke bør arbeide seg lengre mot øst utover det som trengs for å få sikre bruddvegger og få bedre arbeidsvinkel for kleberen av best kvalitet. For å avgrense kleberens kvalitet og mektighet mot dypet, og videre mot vest må en sette opp nye boringer i det eksisterende bruddet og gjerne bore i en østlig retning ca 45 grader eller slakere fra det vestligste punktet av dagens brudd som for eksempel punkt GBM-Gr-366 markert i Fig. 14.

8. HUGGEKVALITET MÅLT MOT MINERALOGI OG TEKSTUR

I det følgende sammenliknes huggekvaliteten direkte med mineralogien og teksturer i makro og mikroskala. 18 prøver er tatt ut til XRD og tynnslip (Fig. 14) for å bestemme mineralinnholdet kvantitativt og for å se på hvilke mineralfaser og teksturer som byr på utfordringer under arbeidet med steinen i verkstedet. Beskrivelse av lokaliteter finnes i Vedlegg 5.



Figur 14. Kart over alle prøver innsamlet og analysert. En tabell over observasjoner og analyser finnes i Vedlegg 5. Bemerk at enkelte prøve kan ha en feilplassering på opptil 5 meter grunnet dårlige GPS forhold langs de bratte vegger i steinbruddet.

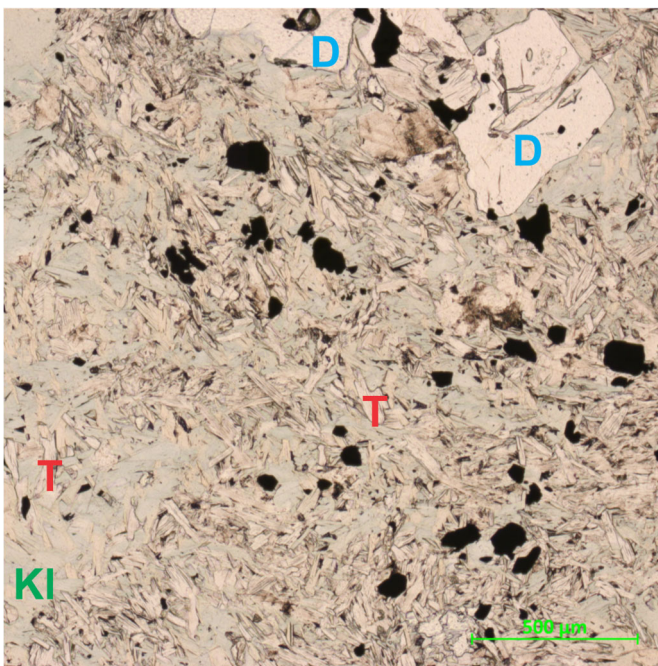
Huggekvalitet 1 er karakterisert ved at ryggen som hugges fram i testen blir jevn og glatt (Fig. 15). Steinen oppleves som forholdsvis myk ettersom amfibolinnholdet er relativt lavt. Samtidig er kornstørrelsen fin og korn av dolomitt er relativt små og forekommer i spredte små aggregater.



Figur 15a. Lokalitet 356 er den lyse grå bergflaten rett under hammeren. Testhugging er gjort ved den røde sirkel og prøven er tatt rett under hammeren. Bildet er tatt imot sør ca midt i bruddet.



Figur 15b. Enkel test av huggekvaliteten. Huggekvalitet 1 som karakterisere kleber der er myk og jevn å bearbeide og som ikke ryr. Det er ingen harde knuter og aggregater, og ryggen som hugges fram er jevn og glatt. Kornstørrelsen for dolomitt er forholdsvis fin og fordelingen er jevn. Det er få linser og lag der dolomitt er konsentrert.



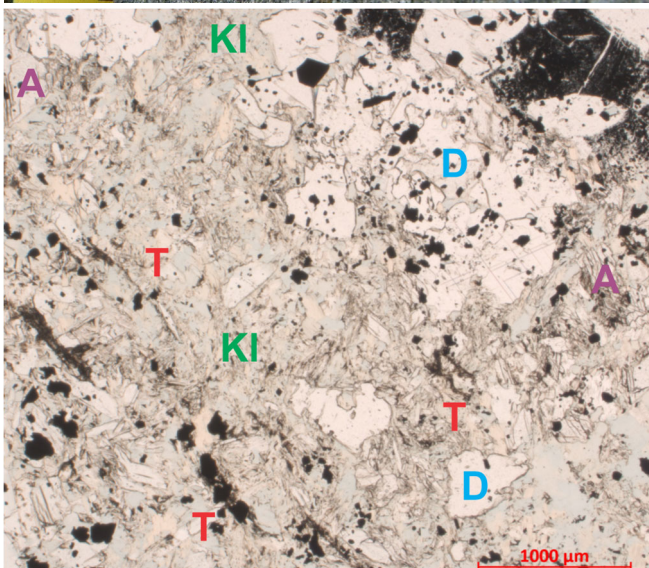
Figur 15c. Mikrofoto av prøve 356. De svarte korn er magnetitt. Forkortelser i øvrig er KI - Kloritt, T – Talk, D – dolomitt. Relativt jevnkornet kleberstein med enkelte litt større korn av dolomitt. Det er 8 % amfibol i prøven og kornene er relativt små og fragmenterte og ses ikke så godt i bildet. Prøven inneholder 18% dolomitt.



Figur 16a. Lokalitet 360 på en terrasse mellom mellomste og øverste bruddnivå. Den røde sirkel markerer hvor prøven er tatt. Testhuggingen er gjort på baksiden av framspringet. Dolomitt danner relativt store aggregater i bergarten, men de ligger fortsatt spredt og danner ikke sammenhengende lag og linser. Bildet er tatt mot sørøst. Målebåndet er strukket ut på 210 cm.



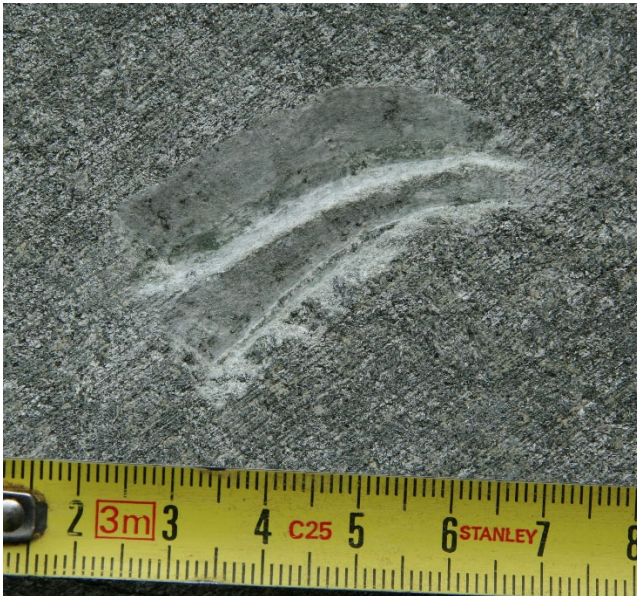
Figur 16b. Enkel test av huggekvaliteten. Testen viser at steinen ryr noe, men ikke fullt så mye som for kvalitet 3 (se figur 17b). Steinen er mer grovkornet enn kvalitet 1 og korn av amfibol rives ut av grunnmassen. Det samme skjer for større aggregater av dolomitt. Prøven inneholder 16% amfibol og 13% dolomitt.



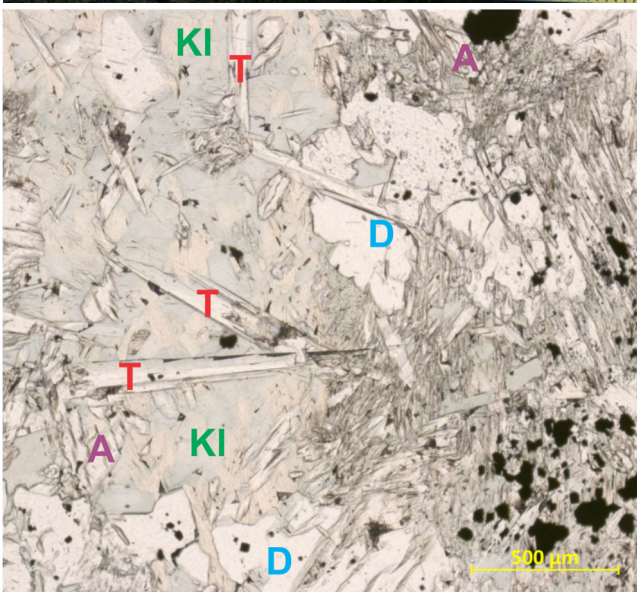
Figur 16c. Mikrofoto av prøve 360. De svarte korn er magnetitt og det fine svarte støvet øverst til høyre i bildet er helt finkornet oksid der ligger innesluttet i kloritt og talk. Forkortelser i øvrig er KI - Kloritt, T - Talk, D - dolomitt og A - amfibol. Dolomitt danner et større sammenhengende aggregat øverst til høyre i bildet.



Figur 17a. Kvalitet vurdert i lokalitet 354 i den nordøstlige del av bruddet. Den røde sirkel markerer hvor testen er gjort. Prøven er tatt der personen higger. Bemerk mønsteret i de rustfargede flekker av dolomitt. Mineralene danner uregelmessige og til dels sammenhengende aggregater i form av lag og linsjer som vil gi uregelmessig hardhet. Bildet er tatt mot nord.



Figur 17b Enkel test av huggeskvaliteten. I dette punktet er kleberet kategorisert i kvalitet 3 ettersom hardheten varierer sterkt over en større flate, steinen ryr og er hard å arbeide med.



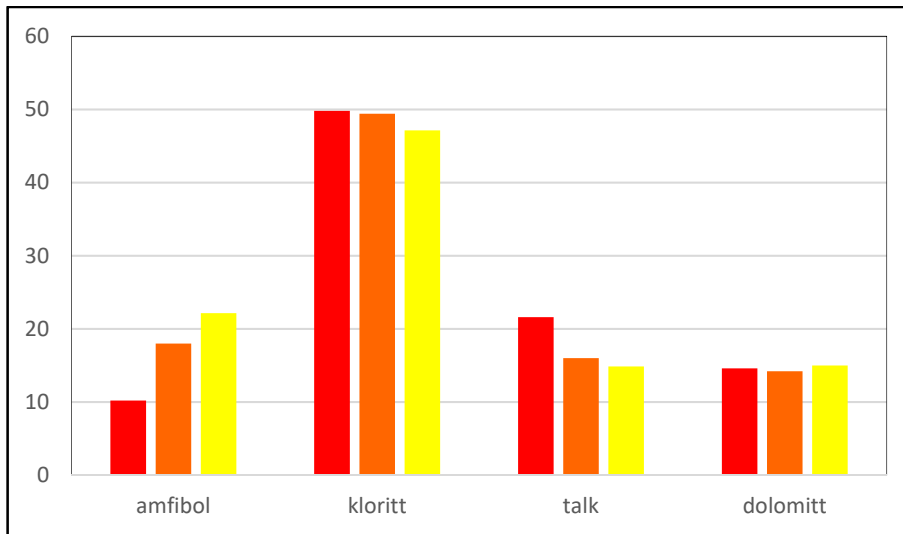
Figur 17c. Mikrofoto av prøve 354. De svarte korn er magnetitt. Forkortelser i øvrig er KI - Kloritt, T – Talk, D – dolomitt og A – amfibol. Analyse på XRD viser at det er ca 20% amfibol i prøven og over 20% dolomitt. (se tabell 1). Dolomitt er relativt hardere enn kloritt og talk, men ikke like hard som amfibol. Tilsammen bidrar det høye innholdet og den ujevne fordelingen til utfordringer med hugging.

Huggekvalitet 2 karakteriserer en kleberstein som ryr litt og er medium hard (Fig. 16). Kvaliteten er ikke helt optimal for dekorstein og skulpturer, men vil egne seg godt for kvadrer og relativt enkle profiler. Det kan være noe amfibol i steinen, men ikke like mye og ikke like grovkornet som for kvalitet 3. Kornstørrelsen av dolomittkorn er litt grovere enn for kvalitet 1 og kan være fordelt i klynger og aggregater, men fortsatt ikke så markant som kvalitet 3. Huggekvalitet 3 beskrives som generelt hard, samtidig som hardheten er ujevn hvilket gjør at bergarten ryr markant og harde mineralaggregater rives ut (Fig. 17).

Tabell 1 viser mineralinnholdet beregnet ut fra XRD analyser i analyserapport 2017.0071. Gjennomsnittet for amfibol, kloritt, talk og dolomitt for de tre huggekvaliteter er illustrert i figur 18. Hovedmineralet i alle prøver er kloritt og innholdet er forholdvis konstant med 50% i kvalitet 1, 49% i kvalitet 2 og 47% i kvalitet 3. Talk og amfibol har motsatt rettede verdier slik at kvalitet 1 inneholder i gjennomsnitt 10% amfibol og 22% talk, kvalitet 2 har 18% amfibol og 16% talk og kvalitet 3 har 22% amfibol og 15% talk. Innholdet av dolomitt er gjennomsnittlig likt for alle tre kvaliteter, men i tabell 1 er det tydelig at enkelte prøver i hver kvalitet har lavt innhold av dolomitt og tilsvarende høyere innhold av kloritt og talk.

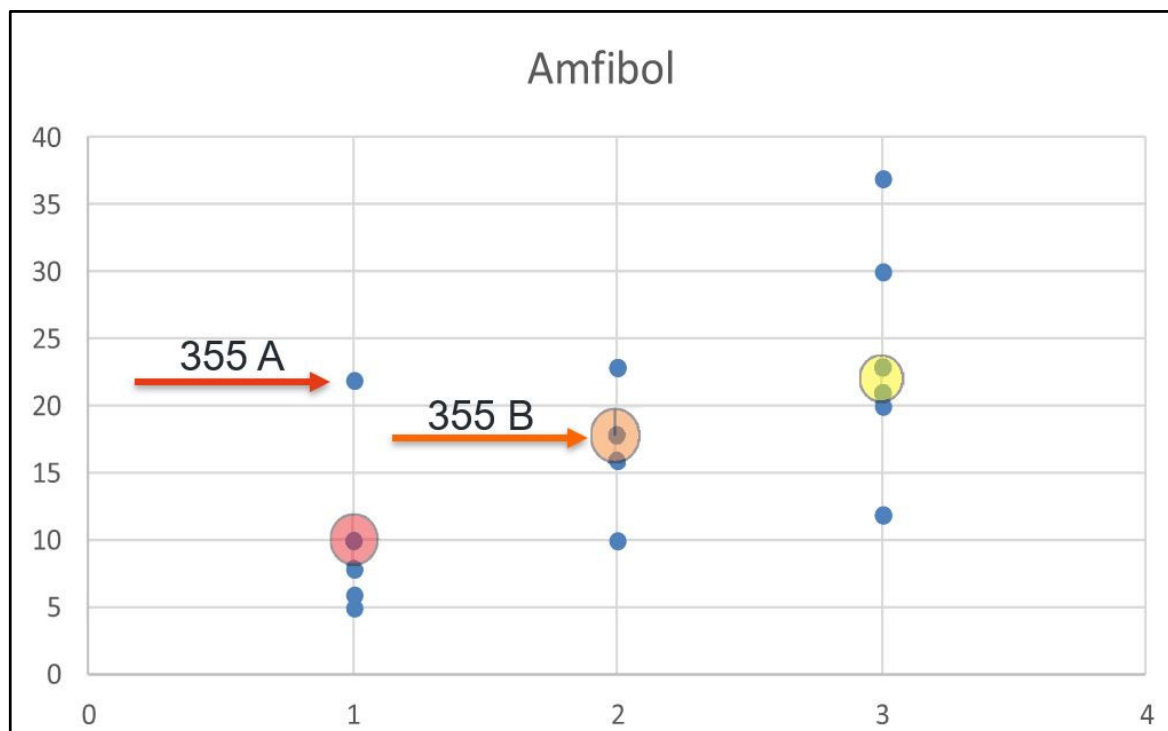
NGU prøvenr. Feltnr.	Huggekvalitet	Amfibol	Kloritt	Talk	Dolomitt	Magnetitt	GOF	Rwp	
133876	GBM-Gr-355A	1	22	55	15	6	2	2.21	23.97
133878	GBM-Gr-356	1	8	50	21	18	3	1.78	21.82
133879	GBM-Gr-359	1	10	49	19	18	4	1.84	21.72
133887	GBM-Gr-367	1	6	45	28	15	6	1.99	23.73
133882	GBM-Gr-362	1	5	50	25	16	4	2.28	24.07
133877	GBM-Gr-355B	2	18	48	17	14	3	2.07	22.93
133880	GBM-Gr-360	2	16	52	15	13	4	1.91	22.47
133883	GBM-Gr-363	2	10	48	24	17		2.03	21.1
133884	GBM-Gr-364	2	23	54	11	8	3	1.99	22.92
133885	GBM-Gr-365	2	23	45	13	19		2.01	23.84
133874	GBM-Gr-353	3	30	33	15	22		1.76	21.06
133875	GBM-Gr-354	3	20	47	12	21		1.86	22.91
133881	GBM-Gr-361	3	12	55	21	8	4	1.82	21.44
133886	GBM-Gr-366	3	12	48	22	18		2.08	22.57
133888	GBM-Gr-368	3	23	46	15	16		2.01	24.07
133889	GBM-Gr-369	3	21	53	13	11	2	1.86	22.6
133891	GBM-Gr-376	3	37	48	6	9	spor	2.11	25.37
133890	GBM-Gr-371	0	26	55	6	9	4	2.08	26.39

Tabell 1. Forenklet tabell over mineralinnholdet i prøvene fra Grunnesbruddet. Lokalitetene er vist i Fig. 14. I tillegg til mineralene i listen er det spor av Ilmenitt, titanitt, cummingtonitt, aktinolit/ tremolit. GOF betyr 'goodness of fit' og angir sammen med Rwp påliteligheten av Rietveld modeleringen. En komplett tabell av analysene finnes i analyserapport 2017.0071.



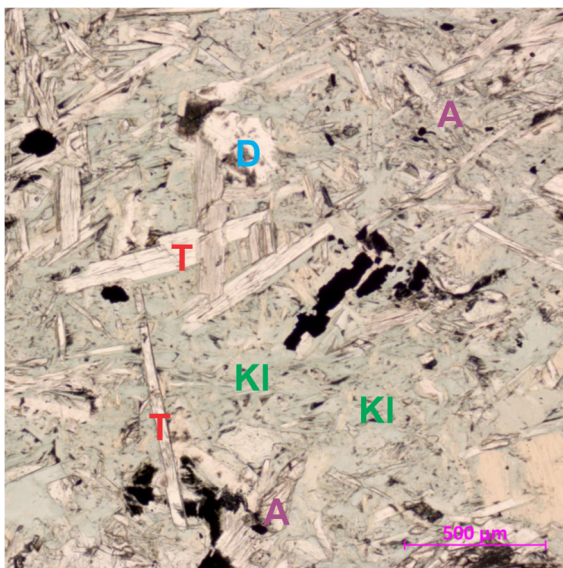
Figur 18. Mineralinnhold beregnet som gjennomsnitt. For kvalitet 1 (rød) er antall prøver 5, for kvalitet 2 (oransje) er antall prøver 5 og for kvalitet 3 (gul) er antall prøver 7.

Amfibol har erfaringsmessig stor betydning for hardheten ettersom mineralet er det hardeste i dette selskapet. I figur 18 og 19 er vist variasjonen i amfibolinnholdet i forhold til huggekaliteten. Figurene viser at amfibol virker inn på kvaliteten; jo høyere amfibolinnhold jo lavere kvalitet på steinen i forhold til hugging. Likevel viser enkelte prøver høyt innhold av amfibol og fortsatt god huggekalitet. Og omvendt i kvalitet 3 finnes prøver med lavt amfibolinnhold uten at kvaliteten er god. Det må derfor være flere faktorer enn amfibolinnholdet som påvirker kvaliteten.

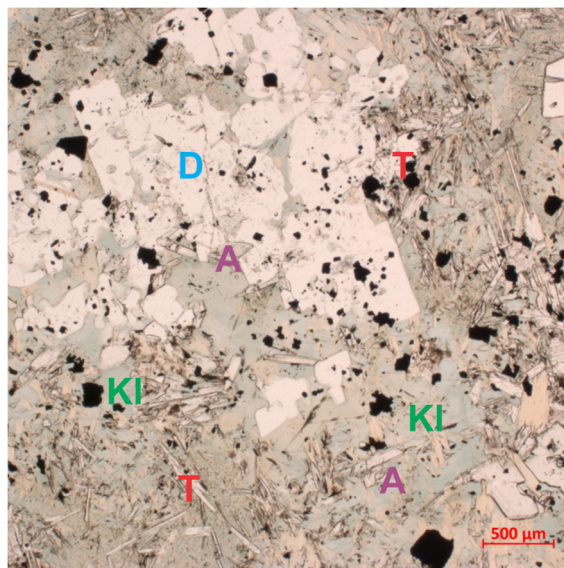


Figur 19. Amfibolinnholdet som funksjon av huggekalitet med både gjennomsnittverdier og enkeltverdier for hver prøve. 1 (rød) er best kvalitet, 2 (oransje) er middelkvalitet og 3 (gul) er dårlig kvalitet. De blå punkter viser enkeltverdiene for hver kvalitet.

Går man inn på enkeltprøver (Tabell 1) og ser på de prøver som faller utenfor gjennomsnittet er det flere faktorer som medvirker. Prøve 355A og B (Figur 14) er innsamlet med litt under en meters avstand. Prøve A er fra et parti med god huggekvalitet, mens prøv B ryr og er klassifisert som kvalitet 2. Prøve 355A har høyest amfibolinnhold, men er likevel vurdert til å ha god huggekvalitet. Samtidig har prøven lavt dolomittinnhold (6%). Klorittinnholdet i samme prøve er relativt høyt (55%) mens talkinnholdet er lavt (15%). Prøve 355B har litt lavere amfibolinnhold (18%) enn prøve A, men ligger helt på gjennomsnittet for kvalitet 2, mens dolomittinnholdet er mere enn dobbelt så høyt som for prøve A (14%), men helt på gjennomsnittet for kvalitet 2. I Figur 20 ses mikrofotografier av tynnslip av begge prøvene. Ser en på kloritt, talk og amfibol i grunnmassen, er de to prøvene forholdsvis like i kornstørrelse og tekstur, men dolomitten i prøve B består av korn som er større en 2-4 mm, hvor prøve A har relativt små (< 0,5 mm) spredte korn av dolomitt. Så svaret på testen er, at kornstørrelsen og mengden av dolomitt har stor effekt på huggekvaliteten. Denne observasjon støttes av observasjoner og prøvehugging ved øvrige lokaliteter i bruddet.



Figur 20A. Mikrofoto av prøve 355A med huggekvalitet 1. De svarte korn er magnetitt. Forkortelser i øvrig er KI - Kloritt, T – Talk, D – dolomitt og A – amfibol. Bemerk ulik skala på foto A og B.



Figur 20B. Mikrofoto av prøve 355B med huggekvalitet 2. De svarte korn er magnetitt. Forkortelser i øvrig er KI - Kloritt, T – Talk, D – dolomitt og A – amfibol. Bemerk ulik skala på foto A og B.

Det kan se ut til at både teksturen og fordelingen av dolomitt avspeiler en opprinnelig mineralfordeling og lagdeling fra moderbergarten. Bildet øverst til venstre i figur 3 viser en stein i det nordvestre tårn med markant bånding av rustfarget dolomitt. Det samme går igjen på mange av de blokker som ligger utenfor verkstedet hos NDR i skrivende stund, på tippen i bruddet på Grunnes og i selve bruddveggene. I forbindelse med bruddrift vil det være ønskelig å ta hensyn til dolomittfordelingen. Riktignok kan en og samme blokk kan have både finkornede lag med lavt dolomittinnhold og mer grovkornede lag med relativt høyt dolomittinnhold. Men forsøket fra lokalitet 355 viser at en bør velge blokk til finere ornamentikk som har finkornet dolomitt og amfibol. Og den beste måten å finne ut dette på, er å studere de rustne dolomittkorn i blokk og bruddvegger som har fått forvittringshud, samt kjenne seg fram med huggejern før blokken sages ut fra berget.

9. KONKLUSJON

Erfaringer med stein fra Grunnesbruddet fra 1960-tallet og fram til i dag har vist at steinen har gode egenskaper i forhold til forvitring. Forvitring skje primært som rustfarging av dolomittkorn i overflaten og eksfoliering av relativt små flak i de mest talk og klorittrike parti. Bare i forbindelse med årer av biotitt og skjersoner med fibrig amfibol, talk og kloritt er det observert sterkere forvitring og utglidning av sprekker i steinbruddet.

Blokker som er hentet på skrottippen i 2017 og 2018 har sterk varierende kvalitet. Enkelte blokker har iboende hardhetskontraster som gjør at steinen ryr og at tidsforbruket med hugging av profiler og detaljer dermed øker sammenliknet med annen kleberstein fra det samme bruddet eller andre brudd. Rapporten bekrefter at egenskapene for hugging varierer i bruddveggene. Det finnes partier i de eksisterende bruddvegger som har ensartet hardhet og gode huggeegenskaper, men også at disse ligger tett inn til soner med middels gode og til dels lokalt dårlige huggeegenskaper. Kvaliteten varierer med kornstørrelsen og fordelingen av amfibol og karbonatmineralet dolomitt. Erfaringer fra andre steinbrudd viser at innholdet og kornstørrelsen av amfibol har svært stor innvirkning på huggekvaliteten. Således også i bruddet på Grunnes. Også her ser en at svært finkornet amfibol ikke nødvendigvis forringer kvaliteten for hugging. Det er de litt større sammenhengende korn av amfibol som gir de største utfordringer. Fra toppen av bruddveggene anno 2017 og mot øst øker hardheten markant grunnet økende amfibolinnhold og kornstørrelsen på amfibol og steinen egner seg mindre godt til hugging. Skuringsstriper fra istiden står tydelig i bergoverflaten og stein fra øvre del av forekomsten vil kunne fungerer godt som kvaderstein og dekkestein i partier på bygninger som er særlig utsatt for forvitring. Internt i denne sonen er det dokumentert et brudd med kleberstein i grensen mot kontakten i nord, men derutover er det observert bare sporadiske soner med talk og klorittrik amfibolitt mot øst. Mot kontaktene i nord og sør blir bergarten sterkere foliert med økende innslag av sprekker og mørk glimmer/ biotitt. Fra de eksisterende bruddvegger og i vestlig retning er forekomsten overdekket av fluviale og marine avsetninger.

Det som er mest karakteristisk for kleberstein fra Grunnes er måten karbonatmineralet dolomitt er fordelt på. Spesielt partier med tettliggende bånd og sammenhengende aggregater av dolomitt ser ut til å gi de største utfordringer. Hardheten til dolomitt ligger litt over hardheten til talk og kloritt. Generelt er korn av dolomitt godt armert i grunnmassen, men mineralet er relativt sprøtt og aggregatene henger internt godt sammen. Dermed kan slike store enkeltkorn, aggregater og linser løsne under hugging og ta med biter av grunnmassen. Rapporten konkluderer med at slike variasjoner kan inntreffe innenfor få meter sentralt i bruddet og at bruddrift krever spesialkompetanse for å sortere ut partier med finest kornstørrelse. Rapporten anbefaler å drive bruddet i tett samarbeid med steinhuggere slik at en har kontroll over kvaliteter for hugging med nøye utvelgelse av blokk til ulike formål i restaurering allerede før uttak i bruddet.

Det sentrale bruddområdet med stein av god til middels kvalitet utgjør en største utstrekning i areal på 45 x 30 meter. Forutsatt at en klarer å drive bruddet i en dybde på ca fem meter fra 2017 nivå gir dette et volum på 6750 m³. Hvor stor skrotprosent en vil få avhenger av måten bruddet drives på i forhold til sprekker og årer og hvilke

kvaliteter en velger å sortere ut ifra. Det er i denne rapport ikke gjort systematisk registrering av sprekker og årer, men det er observert et konjugerende sett av sprekker og det finnes fibrøs mineralvekst på enkelte sprekkeplan. Likedan er det observert biotittrike årer opp mot 20 cm i tykkelse. Både i forhold til eventuelt utglidning, i forhold til helsemessige utfordringer med fibrøse mineraler og i forhold til forvitring av biotitt bør ferdig produsert råblokk ha en buffer på minst 20-30 cm til slike sprekkeplan. Sprekkene i bruddet har en slik frekvens at de vil kunne fungere som gunstige planare grenseflater i forbindelse med blokkuttak. Men geometrien av sprekkeplanene har en tendens til å gi trekantform på blokk og igjen må det framheves at klok bruddrift i forhold til sprekkegeometrien er et klart fortrinn i forbindelse med plassering av eventuelle linesager. For å avgrense kroppen enda bedre og få et godt bilde av sprekkefordelingen kan en vurderer orientert boring av et eller flere borehull fra det vestligste punkt for fast fjell og med slakt fall i retning østnordøst. En kan også vurdere en eller to vertikale boringer der kvaliteten er best for å klarlegge fortsettelse mot dypet fra det eksisterende bruddet.

Bergarten som er kildebergart til kleberforekomsten er tidligere blitt karakterisert som en kropp av serpentinit. Denne studien viser at bergarten opprinnelig har vært en pyroksenitt eller gabbro, muligvis med noe olivin. Bergarten har også vært lagdelt og lagdelingen kommer fram i den omvandlede kleberstein som bånd anrikt i karbonat. I tidligere kartlegging er det lagt en skyveforkastning midt igjennom gabbroen. Denne grensen er ikke påtruffet i felt og det regnes som sandsynlig at det ligger lengre mot nord eller sør og en nytolkning av området anbefales for framtidige kartleggingsprosjekt i Troms.

10. REFERANSER

Heldal, Tom (2016): Ilen Kirke. Kort artikkel på NGU's hjemmesider: <https://www.ngu.no/emne/ilen-kirke>. Publisert 21. september 2016.

Keiding, Jakob, Lund, Vegard og Meyer, Gurli B. (2016): Kjerneboring og resultater fra logging av borekjerner fra Dalhaugen klebersteinsforekomst, Vefsn, Nordland. NGU-rapport 2016.040. 35 sider.

Heldal, Tom (2016): Naturstein i Trondheim. Hefte. Norges geologiske undersøkelse. 26 sider.

Lund, Vegard (2017): Geologiske og mineralogisk karakterisering av Dalhaugen klebersteinsforekomst. Masteroppgave. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for geovitenskap og petroleum. 115 sider.

Meyer, Gurli B., Aasly, Kari A. og Pettersen, Eirik (2015): Dalhaugen klebersteinsforekomst, Vefsn, Nordland. Geologisk beskrivelse og avgrensning av forekomsten for bygningsstein. NGU-rapport 2015.021. 38 sider.

Ramberg, I. B., Bryhni, I. & Nøttvedt, A. (Red.) (2006): Landet blir til. Norges geologi. Norsk Geologisk Forening. 608 sider.

Storemyr, Per (2015): Nidarosdomens Grunnfjell. I steinbryternes fotspor fra Det gamle Egypt til Europas nordligste katedral. Bok utgitt av Nidarosdomens Restaureringsarbeiders forlag. 412 sider.

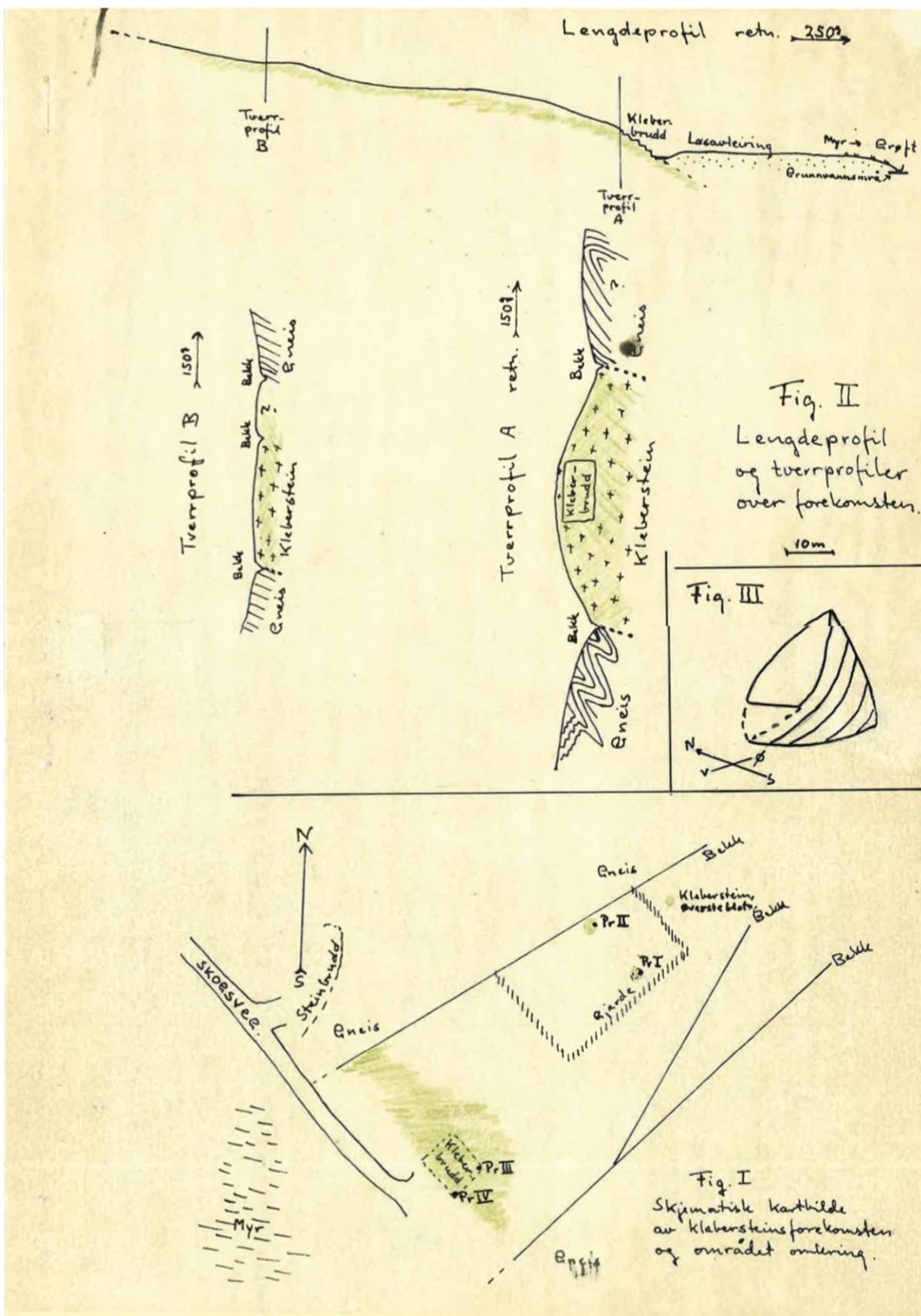
Søvegjarto, U. (1996): Geologisk 1:1000 kartlegging ved Grundnes klebersteinsbrudd, Målsnes, Troms 1.-5- juli 1996. Feltrapport. Dato 19.august 1996. Norges geologiske undersøkelse.

Wiik, V. H. og Sverdrup, T. L. (1962): Rapport angående befarings av klebersteinsforekomst på eiendommen Grunnes, Nedre Målselv, Troms. Norges geologiske undersøkelse, Fagrapport, Berarkivet; NO BA 6256; 7 sider.

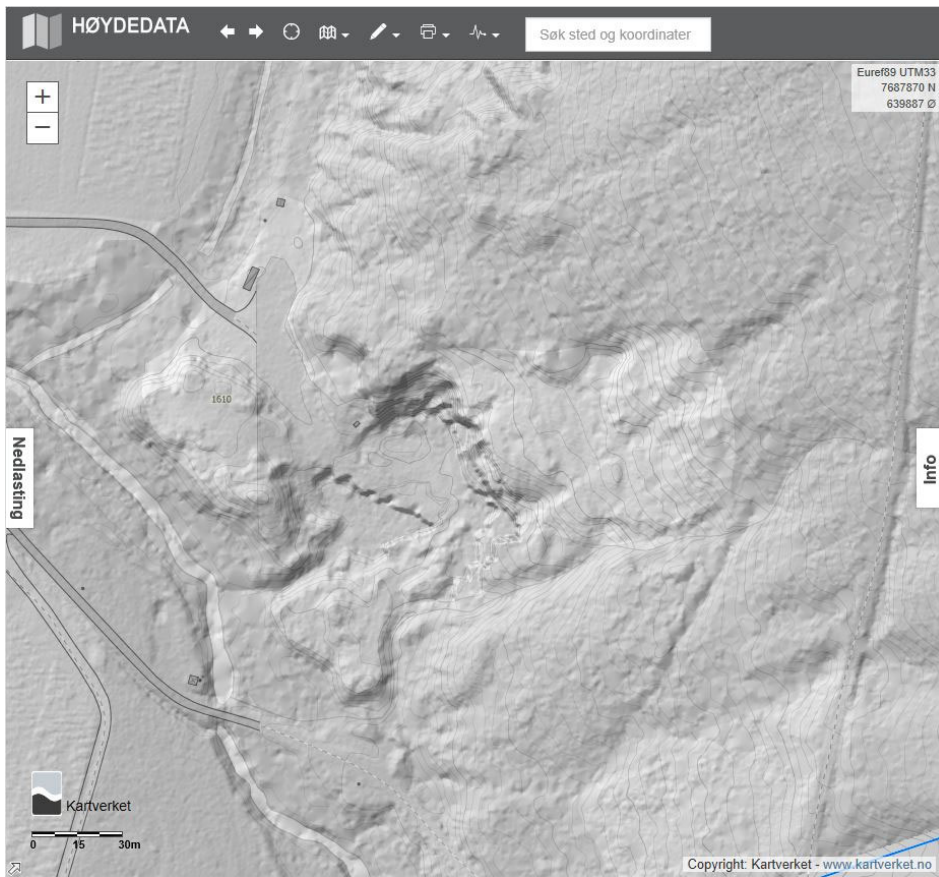
Zwaan, K. B., Farreth, E. og Grogang, P.W., 1998. Geologisk kart over Norge, berggrunnskart TROMSØ, M 1: 250.000. Norges geologiske undersøkelse.

Zwaan, K. B., Landmark, K., Kristensen, S. E. & Sørđal-Pedersen R. B. (2009) Berggrunnskart LENVIK 1433 I, M 1:50 000, foreløpig utgave. For oppdaterte utgave se: http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/

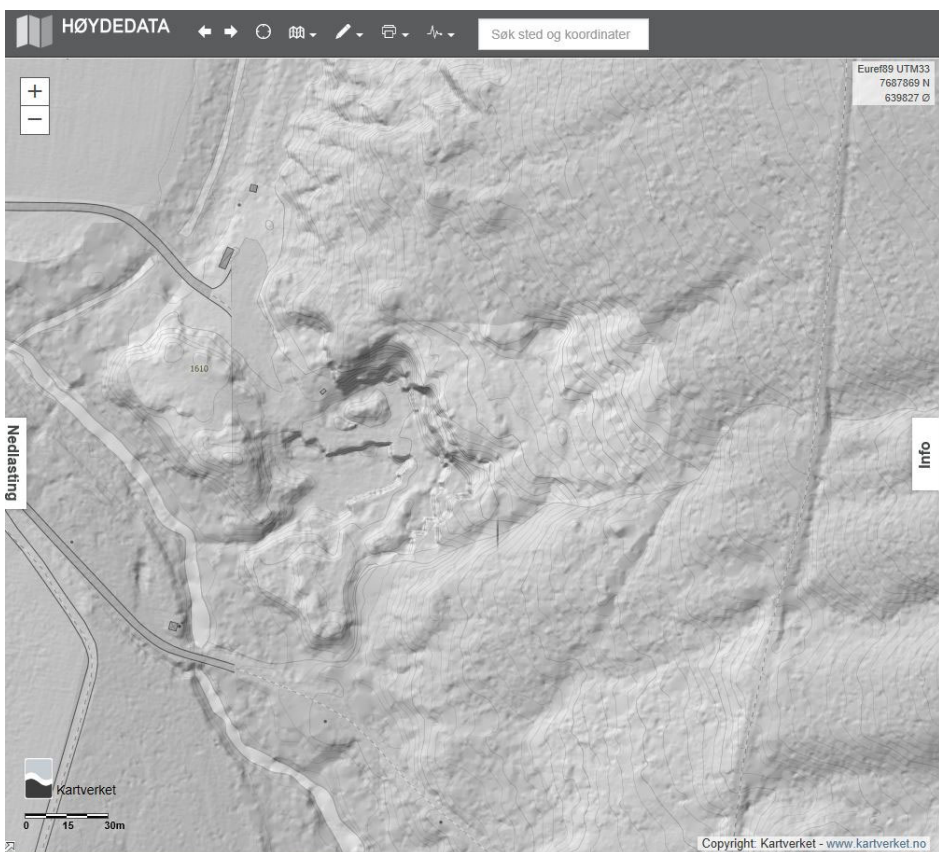
Vedlegg 1: Kartskisse av Grunnesforekomsten (Wiik 1962)



Vedlegg 4. Høydedata fra Troms 2009 og 2013 (Hoydedata.no)



2009



2013

Vedlegg 5: Tabell over observasjonspunkt og prøvepunkt med beskrivelser av huggeegenskaper

Lokalitet	UTM	Øst	Nord	Prøvenavn	Bergart	Struktur	Hugge kvalitet	Huggeegenskaber, beskrivelse
0	34	402987	7685735		Granatglimmerskifer	Naturlig flate		
1	34	402978	7685729		Granatglimmerskifer	Naturlig flate		
2	34	402954	7685721		Granatglimmerskifer	Naturlig flate		
3	34	402936	7685715		Granatglimmerskifer	Naturlig flate		
4	34	402924	7685707		Granatglimmerskifer	Naturlig flate		
5	34	402938	7685561		Granatglimmerskifer	Naturlig flate		
6	34	402950	7685573		Granatglimmerskifer	Naturlig flate		
7	34	403017	7685603		Granatglimmerskifer	Naturlig flate		
8	34	403029	7685606		Granatglimmerskifer	Naturlig flate		
351	34	403013	7685675		Kleber	Skrotteipp		
352	34	402949	7685648		Glimmerskifer	Brudd		
353	34	402960	7685650	GBM-Gr-353	Kleber	Brudd	3	Litt kornet, ikke fet, løss, ryr
354	34	402966	7685643	GBM-Gr-354	Kleber	Brudd	3	Relativt hard, ujevn
355	34	402959	7685644	GBM-Gr-355A	Kleber	Brudd		
355	34	402959	7685644	GBM-Gr-355B	Kleber	Brudd		
356	34	402961	7685632	GBM-Gr-356	Kleber	Brudd	1	Hard og tør, forholdsvis jevn.
358	34	402969	7685635		Kleber	Brudd		
359	34	402973	7685630	GBM-Gr-359	Kleber	Brudd	1	Relativt myk, jevnkornet, myk å hugge.
360	34	402976	7685626	GMB-Gr-360	Kleber	Brudd	2	Relativt hard, tør, ikke-kornet
361	34	402972	7685616	GMB-Gr-361	Kleber	Brudd	3	Innehold harde mineralkorn, relativt seig
362	34	402969	7685621	GBM-Gr-362	Kleber	Brudd	3	Relativt myk, uregelmessige sprekker
363	34	402963	7685607	GBM-Gr-363	Kleber	Brudd	2	Rel myk, spretter litt
364	34	402957	7685626	GBM-Gr-364	Kleber	Brudd	2	Litt hard, spretter litt, hard mineralkorn
365	34	402947	7685630	GBM-Gr-365	Kleber	Brudd	2	Hard variant, spretter, glattes fint
366	34	402928	7685632	GBM-Gr-366	Kleber	Brudd	3	Skifrig. Ryr litt
367	34	402979	7685613	GBM-Gr-367	Kleber	Brudd	1	Lett å hugge. Spretter ikke.
368	34	402998	7685617	GBM-Gr-368	Kleber	Naturlig flate	3	Hard og kornet. Ryr.
369	34	403025	7685629	GBM-Gr-369	Metadunitt	Naturlig flate	3	Meget hard, som Dalhauger
370	34	403022	7685667		Hard kleber	Eldre brudd		
371	34	403217	7685694	GBM-Gr-371	Amfibolitt	Naturlig flate		
372	34	403247	7685628		Glimmerskifer	Naturlig flate		
373	34	403274	7685655		Marmor	Naturlig flate		

Lokalitet	UTM	Øst	Nord	Prøvenavn	Bergart	Struktur	Hugge kvalitet	Huggeegenskaber, beskrivelse
374	34	403274	7685683		Amfibolitt	Naturlig flate		
377	34	403275	7685751		Glimmerskifer	Naturlig flate		
376	34	403285	7685711	GBM-Gr-376	Kleber	Naturlig flate	3	Relativt hard. Tør. Harde partikler.
375	34	403291	7685692		Glimmerskifer	Naturlig flate		
378	34	403308	7685731		Amfibolitt	Naturlig flate		
379	34	403337	7685722		Amfibolitt	Naturlig flate		
380	34	403371	7685710		Glimmerskifer	Naturlig flate		
381	34	403377	7685718		Amfibolitt	Naturlig flate		
382	34	403384	7685767		Glimmerskifer	Naturlig flate		
383	34	403422	7685724		Glimmerskifer	Naturlig flate		
384	34	403630	7685733		Glimmerskifer	Naturlig flate		
385	34	403665	7685776		Glimmerskifer	Naturlig flate		
387	34	403681	7685849		Glimmerskifer	Naturlig flate		
386	34	403689	7685792		Glimmerskifer	Naturlig flate		
388	34	403745	7685876		Gneiss	Naturlig flate		
393	34	425653	7653676		Kleber	Naturlig flate	2	Grei, men litt sprø



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no