

Geologisk og mineralogisk karakterisering av Dalhaugen klebersteinforekomst

Vegard Lund

Geologi

Innlevert: juni 2017

Hovedveileder: Kurt Aasly, IGP

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for geovitenskap og petroleum

Sammendrag

Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeider (NDR) har et kontinuerlig behov for stein til restaurering av Nidarosdomen. De har primært behov for tre typer stein. Stein som tåler klimasykler over tid uten å forvitre synderlig. Bulk stein som tåler noe påvirkning fra klimasykler men samtidig er relativt lett bearbeidelig, og en steintype som fortrinnsvis er lett bearbeidelig og som primært vil bli benyttet i områder lite utsatt for forvitring. I den forbindelse har enkelte klebersteinsprovinser i Norge blitt sett nærmere på som aktuelle for uttak av byggestein. I denne oppgaven er det Dalhaugen klebersteinsforekomst som har blitt kartlagt. Denne ligger i Drevjedal i Vefsn kommune i Nordland.

Hensikten med avhandlingen er å avgrense partier i forekomsten som er best egnet med henblikk på blokkproduksjon og hvilke formål disse partiene passer best til for restaurering av Nidarosdomen. Det er lagt mye vekt på hardheten til steinen og hvordan den styres av mineralogien, samt hvordan disse to faktorene påvirker de huggetekniske egenskapene til steinen. Hovedfokuset i oppgaven har vært logging av fire borekjerne innhentet fra området, dette sammen med digitalt modelleringsverktøy for å visualisere forekomsten.

Området rundt plataet hvor borehull 3 er lokalisert vil være det beste området å starte blokkproduksjon på. Her er steinen relativt homogen til minimum 30 meters dyp, samtidig som det kun er de to øverste meterne som viser tegn til forvitring. Det vil være mulig å ta ut blokker på mellom 0,5 til 1 meter jevnt over, men også blokker på opp imot 3 meter vil være mulig å hente ut. Hardheten til Dalhaugen Kleberstein vil variere i sykler innover i forekomsten. Det vil derfor være vanskelig å kun få ut kun den mykeste steinen. Blokkuttak av forekomsten vil derfor inneholde stein med varierende grad av hardhet. Generelt vil blokkene være best egnet til bruk i forvitningsutsatte områder, men det er også mulig å hugge figurer i dem forbeholdt at det er hardt å jobbe med. Opptreden av aktinolitt i form av oikokryster påvirker ikke hardheten i veldig stor grad grunnet myk kloritrik grunnmasse rundt. De viser heller ikke tegn til problemer under hugging. Det mest gunstige for gode huggetekniske egenskaper i klebersteinen, er å ha store mengder kloritt som henger sammen i nettverk rundt nesten helt nedbrutte oikokryster, hvor restene av oikokrysten danner en grunnmasse av aktinolitt, talk og karbonat.

Abstract

Nidaros Cathedral's Restoration Worker (NDR) has a continuous need of stone for restoration of Nidarosdomen. They primarily need three types of rock. Rock that can withstand climate changes over time without huge amounts of weathering. Bulk stone that can withstand any impact from climate changes but at the same time is relatively easy to process, and a stone type that is preferably easily processed and which will primarily be used in areas less exposed to weathering. In this connection, some soapstone provinces in Norway have been considered as suitable building blocks. In this task it is soapstone from Dalhaugen that has been mapped. This site is located in Drevjedal in Vefsn, Nordland.

The purpose of the dissertation is to refine parties in the instance that are best suited for block production and the purposes for which these parties are best suited for restoring Nidarosdomen. A lot of emphasis has been placed on the hardness of the stone and how this is controlled by mineralogy, as well as how these two factors affect the cutting techniques of the stone. The main focus of the assignment has been the logging of four drill cores obtained from the area, along with digital modelling tools to visualize the occurrence.

The area around the plateau where borehole 3 is located will be the best area to start block production. Here the stone is relatively homogeneous to a depth of 30 meters, while only the two upper meters show signs of weathering. It will be possible to take blocks of between 0.5 and 1 meter evenly but also blocks up to 3 meters will be possible to extract. The hardness of Dalhaugen Kleberstein will vary in cycles across the occurrence. It will therefore be difficult to get only the softest stone. Extracted blocks will therefore contain stones with varying degrees of hardness. Generally, the blocks will be best suited for use in weathered areas, but it is also possible to carve figures out of them, but this will be hard to work with. The appearance of actinolite in the form of oikocrysts does not affect hardness to a very large extent due to the soft chlorite matrix. They also do not show signs of problems during stone crafting. The most beneficial for good cutting characteristics in the soapstone brick is to have large amounts of chlorite attached to networks around almost completely broken down oikocrysts, where the remains of the oikocrysts form a matrix of actinolite, talc and carbonate.

Forord

Denne oppgaven er en avsluttende masteroppgave for masterstudiet i geologi, ved Institutt for geovitenskap og petroleum, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).

Jeg vil takke alle som har bidratt til å gjennomføringen av denne masteroppgaven mulig. Først og fremst vil jeg takke min veileder Kurt Aasly og medveileder Gurli Meyer, som alltid stilte opp ved behov. Takk til Jakob Kløve Keiding for en fin og lærerik tur til Mosjøen. Takk til Jan Strand ved NDR for god mottakelse på verkstedet. Takk til Morten Peder Raanes med hjelp på mikrosonde. Takk til NGU og NDR som har gitt meg muligheten til å gjennomføre oppgaven, samt betalt for feltekskursjonen.

Til slutt vil jeg takke mamma, pappa og Verena for støtte underveis det siste året.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	1
1.1	Bakgrunn og problemstilling	1
1.2	Tidligere arbeid.....	3
1.3	Geografisk beliggenhet.....	3
1.4	Boring	5
2	Bakgrunn og teori	6
2.1	Regional og lokal geologi.....	6
2.1.1	Den kaledonske fjellkjeden	6
2.1.2	Helgelandsdekkekomplekset.....	8
2.1.3	Lokalgeologi.....	9
2.2	Kleberstein mineralselskap og dannelse.....	11
2.2.1	Definisjon	11
2.2.2	Bruksområder	12
2.3	Stein i Nidarosdomen	12
3	Metode og materiale	17
3.1	Feltarbeid	17
3.2	Materiale.....	19
3.2.1	Prøvetaking.....	19
3.2.2	Prøvemateriale.....	20
3.3	Metode.....	21
3.3.1	Logging av borekjerne	21
3.3.1.1	Hardhet.....	21
3.3.1.2	Karbonatinnhold	22
3.3.1.3	Farge	23
3.3.1.4	Kornstørrelse.....	24
3.3.1.5	Magnetisme.....	24

3.3.1.6	Sprekker og årer	24
3.3.1.7	Teksturer og strukturer.....	24
3.3.2	Mineralogi	24
3.3.2.1	Optisk mikroskopering av tynnslip.....	24
3.3.2.2	Røntgenkrystallografi (XRD)	24
3.3.2.3	Elektronmikrosonde	25
4	Resultat	25
4.1	Geologisk kartlegging.....	25
4.2	Borekjerne-logging.....	28
4.2.1	Farge.....	28
4.2.2	Oikokryster.....	29
4.2.3	Rekrystallisasjon	33
4.2.4	Sprekker og årer	37
4.3	Mineralogi og kjemi	40
4.3.1	Mineralogi	40
4.3.2	XRD	41
4.3.3	Mikrosonde.....	45
4.4	Hardhet	50
4.5	Geometrisk modell	58
4.6	Kvalimetrisk modell	65
5	Diskusjon	67
5.1	Dalhaugen mineralogi.....	67
5.2	Dalhaugen hardhetsmålinger	69
5.3	Hardhet sett i sammenheng med mineralogi	70
5.4	Egenskaper som påvirker hardhet og huggekvalitet.....	72
5.5	3D modell av Dalhaugen forekomst.....	75
6	Konklusjon.....	76

7	Bibliografi	78
8	Appendiks	81
9	Vedlegg	115

Figurliste

FIGUR 1: DALHAUGENS BELIGGENHET I FORHOLD TIL MOSJØEN. LITE BILDE HENTET FRA GISLINK.NO. STORT BILDE HENTET FRA GOOGLE MAPS.....	4
FIGUR 2: DEKKEOPPBYGNING I DE NORSKE KALDONIDENE. BERGGRUNNSKARTET VISER DEN GEOGRAFISKE BELIGGENHETEN TIL DE FORSKJELLIGE DEKKESERIENE. BILDET ER HENTET FRA LANDET BLIR TIL (2006)....	7
FIGUR 3: KART SOM VISER DE FORSKJELLIGE DEKKEKOMPLEKSENE I DEN ØVERSTE DEKKESERIEN. FIGUREN ER HENTET FRA (ROBERTS, NORDGULEN, & MELEZHIK, 2007)	8
FIGUR 4: BERGGRUNNSKART OVER OMRÅDET RUNDT MOSJØEN OG DREVJA. DALHAUGEN ER REPRESENTERT INNENFOR DEN SORTE FIRKANTEN. KARTET ER HENTET FRA NGU SIN KARTDATABASE	10
FIGUR 5: DE STØRSTE STEINBRUDDENE AV KLEBERSTEIN OG DERES RESPEKTIVE DRIFTSPERIODER, UNDER RESTAURERINGEN AV NIDAROSDOMEN. FIGUREN ER HENTET FRA (STOREMYR, 1997).....	13
FIGUR 6: GEOLOGISK KART OVER NORGE MED ENKELTE AV STEINBRUDDENE SOM ER BENYTTET TIL RESTAURERING AV NIDAROSDOMEN. KARTET ER HENTET FRA (RAMBERG ET AL., 2007).	14
FIGUR 7: ANDEL I KUBIKKMETER AV DE FORSKJELLIGE BRUDDENE, BRUKT TIL RESTAURERING AV NIDAROSDOMEN. TALLENE ER HENTET FRA (STOREMYR, 1997).	15
FIGUR 8: BILDE FRA FELTARBEIDET. BORERIGGEN MANØVRERER SEG GJENNOM TERRENGET VED HJELP AV EN GRAVEMASKIN.....	17
FIGUR 9: OPPMÅLING AV ORIENTERINGEN TIL BOREHULL 1.....	18
FIGUR 10: INNSAMLING AV PULVER FRA KLEBERSTEIN FOR VIDERE XRD-ANALYSE.....	19
FIGUR 11: GRAFISK FREMSTILLING OVER HVORDAN HARDHETSVERDIEN (HL) BLIR UTREGNET.	21
FIGUR 12: DEMONSTRASJON AV EQUOTIP 3 FOR NDR.	22
FIGUR 13: SKJEMA ANVENDT FOR Å ESTIMERE ANDELEN KARBONAT I KJERNEN.....	23
FIGUR 14: FARGEKART ANVENDT PÅ BOREKJERNEN FOR Å ANALYSERE VARIASJONEN I FARGE.....	23
FIGUR 15: OVERFLATEINFORMASJON OVER DALHAUGEN KLEBERSTEINSFOREKOMST.	26
FIGUR 16: KONTAKT MELLOM GABBRO OG GLIMMERSKIFER SØR FOR DALHAUGEN.	27
FIGUR 17: STEINBLOKKER AV KLEBERSTEIN FRA DALHAUGEN.	29
FIGUR 18: PORFYROBLASTER I BOREKJERNEN. BILDET TIL VENSTRE VISER HVORDAN PORFYROBLASTENE OPPTRER OVER ET LENGRE PARTI, MENS BILDET TIL VENSTRE VISER TEKSTUREN MER DETALJERT.	30
FIGUR 19: ANDEL OIKOKRYSTER I DE FIRE BOREKJERNENE ANGITT I PROSENT. DYBDESKALAEN ER FORSKJELLIGE I DE FIRE GRAFENE.....	32

FIGUR 20: LYSE FLEKKER AV MEGET FINKORNET MATERIALE. MENGDEN OG HVOR KRAFTIGE DE KAN OBSERVERES REPRESENTERER DET ØVERSTE SIKTET I DALHAUGEN KLEBERSTEIN, MEN FINNES OGSÅ I LAVERE KONSENTRASJONER OG SOM MER DIFFUSE.....	33
FIGUR 21: GRAFISK FREMSTILLING AV OPPTREDEN TIL LYSE FLEKKER PÅ BOREKJERNENE.....	36
FIGUR 22: TYNNSLIP SOM VISER FORSKJELLIGE ÅRER OG SPREKKER I DALHAUGEN KLEBERSTEIN.....	38
FIGUR 23: FOTO FRA MIKROSKOP AV TYNNSLIP MED FORSKJELLIG GRAD AV OMVANDLING. BILDENE PÅ VENSTRE SIDE ER TATT MED VANLIG LYSGJENNOMGANG, MENS BILDENE PÅ HØYRE ER TATT MED POLARISERT LYSGJENNOMGANG.	40
FIGUR 24: FIGUREN VISER HVORDAN KLORITTEN PLOTTES I ET FE-SI SKJEMA. TALLENE ER HENTET FRA MIKROSONDEDATAEN. NOMENKLATUR OG GRENSER ER HENTET FRA (HEY, 1954).....	46
FIGUR 25: DIAGRAMMET VISER HVORDAN ELEMENTENE CA, MG OG FE+MN ER FORDELT FOR KARBONATMINERALENE.	47
FIGUR 26: ELEMENTKART MED GRUNNSTOFFENE SI, CA, MG, FE OG AL OVER MATRIKSEN I TYNNSLIP 128275.49	
FIGUR 27: ELEMENTKART MED GRUNNSTOFFENE SI, CA, MG, FE OG AL OVER MATRIKSEN I TYNNSLIP 128255.50	
FIGUR 28: HARDHETSMÅLINGER GJENNOMFØRT PÅ BOREKJERNE 3. GRAFENE ER BASERT PÅ GJENNOMSNITTSVERDIEN AV HVER METER AV KJERNEN.	51
FIGUR 29: FIGUREN VISER HARDHETEN I DE FIRE BOREHULLENE SAMMEN MED STANDARDAVVIKET. BLÅ VISER HARDHETEN MÅLT MED EQUOTIP, MENS ORANGE VISER STANDARDAVVIKET.	54
FIGUR 30: FIGUREN VISER DE FIRE BOREHULLENES HARDHETEN MED GJENNOMSNITTET TIL ANNENHVER METER (RØD) OG GJENNOMSNITTLIG HARDHET TIL OPPDELTE INTERVALLER BESTEMT FRA DEN FULLE BOREHULLSLOGGEN (GRØNN). HARDHETSVERDIENE ER TATT FRA EQUOTIPMÅLINGENE.	56
FIGUR 31: VISER HARDHETEN MÅLT MED EQUOTIP TIL DE FEM FORSKJELLIGE TYPENE KLEBER SOM DET ER AVBILDET AV I APPENDIKS A. FIGUREN ER HENTET FRA (KEIDING ET AL., 2016).....	57
FIGUR 32: SNITT GJENNOM DALHAUGEN KLEBERSTEINSFOREKOMST I ØSTLIG RETNING.....	59
FIGUR 33: SNITT GJENNOM DALHAUGEN KLEBERSTEINSFOREKOMST I NORDØSTLIG RETNING.....	60
FIGUR 34: SNITT GJENNOM DALHAUGEN KLEBERSTEINSFOREKOMST. SNITTET ER TATT PÅ LANGS AV GABBROEN.	61
FIGUR 35: SNITT GJENNOM DALHAUGEN KLEBERSTEINSFOREKOMST I SØRVESTLIG RETNING.....	62
FIGUR 36: VISER LOKALISERING OG ORIENTERING TIL DE FIRE BOREHULLENE I DALHAUGEN KLEBERSTEINSFOREKOMST.	63
FIGUR 37: KVALIMETRISK MODELL BASERT PÅ HARDHET, SPREKKER OG ÅRER.....	66
FIGUR 38: A: VISER TYPISK UTSEENDE AV TYNNSLIP 128270. B: VISER TYPISK UTSEENDE AV TYNNSLIP 128284. C: BILDE AV BOREKJERNEN DER SLIP 128270 ER TATT UT FRA. D: BILDE AV BOREKJERNEN DER SLIP 128284 ER TATT UT.	68
FIGUR 39: FIGUREN VISER EN LINSE AV NESTEN REN AKTINOLITT SOM BEFINNER SEG I EN KARBONATSONE... 72	
FIGUR 40: FIGUREN VISER BRUDD, KARBONATINNHOLD, OIKOKRYSTER OG HARDHET I INTERVALLET 30 TIL 44 M I BOREKJERNE 1.	74

Tabeller

TABELL 1: OVERSIKT OVER BOREHULLENES PLASSERING, ORIENTERING OG LENGDE.....	5
TABELL 2: VIKTIGE KRITERIER FOR STEIN SOM SKAL ANVENDES TIL RESTAURERING.....	16
TABELL 3: TABELLEN VISER HVOR PÅ BOREKJERNENE MATERIALET TIL TYNNSLIP, XRD OG MIKROSONDE STAMMER FRA.....	20
TABELL 4: VARIASJONER I FARGE I DE FIRE BOREHULLENE. HVA DE FORSKJELLIGE FARGEKODENE BETYR ER GITT I FIGUR 10. DISTANSEN ER GITT I CENTIMETER.....	28
TABELL 5: XRD RESULTATER AV MINERALOGIEN FRA DALHAUGEN BOREKJERNE.	42
TABELL 6: XRD RESULTATER AV MINERALOGIEN FRA DIVERSE KLEBERTYPER BRUKT TIL RESTAURERING AV NIDAROSDOMEN.....	43
TABELL 7: TABELLEN VISER DEN GENERELLE FORMELEN TIL DE FORSKJELLIGE MINERALENE TESTET AV MIKROSONDE.	45

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og problemstilling

Bakgrunnen for oppgaven er Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeider (NDR) sitt behov for stein til restaurering av Nidarosdomen. I den forbindelse har enkelte klebersteinsprovinser i Norge blitt sett nærmere på som aktuell forekomster for byggestein. I denne oppgaven er det Dalhaugen klebersteinsforekomst som har blitt kartlagt. Dalhaugen ligger i Drevjedal i Nordland i Vefsn kommune og har tidligere blitt kartlagt av Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) (Meyer, Aasly, & Pettersen, 2015). Ytterligere undersøkelser har imidlertid vært viktig for å forstå berggrunnen nedover i dypet.

Hovedmål for oppgaven er å:

- avgrense de partier i forekomsten som er best egnet med henblikk på blokkproduksjon.
- definere hvilke partier i forekomsten som egner seg for hvilke formål for restaureringen av Nidarosdomen.
- karakterisere mineralogien med tanke på hvordan den styrer egenskaper som hardhet og andre huggetekniske egenskaper.

Hovedfokus for oppgaven har vært logging av borekjerner for avgrensning av bergarter, hardhet, sprekkesystemer, foliasjon, skjærsoner, årenettverk og inneslutninger av sidestein, samt prøvetaking for tynnslip, XRD- og mikrosondeanalyser.

Kombinasjonen av NDR sine kriterier og resultater fra loggingen av borekjerner vil danne grunnlaget for avgrensningen, 3D-modellering av forekomsten og lokalisering av de best egnede soner for mulig framtidig uttak.

NDR har behov for tre typer stein:

Type 1: Stein som tåler klimasykler over tid uten å forvitte synderlig.

Type 2: Bulk stein som tåler noe påvirkning fra klimasykler men samtidig er relativt lett bearbeidelig

Type 3: En steintype som fortrinnsvis er lett bearbeidelig og som primært vil bli benyttet i områder lite utsatt for forvitring.

1.2 Tidligere arbeid

I de eldste beskrivelsene av området blir Dalhaugen omtalt som Steinhaugen. Det finnes bare korte og udetaljerte beskrivelser under dette navnet (Norges Geologiske Undersøkelse, 2013).

Første befaringsrapport av forekomsten er beskrevet i boken *Naturstein i Nordland* (Lindahl, 2012). I 2013 hadde NGU og NDR en befaringsrapport på forekomsten. Det ble under dette oppholdet innhentet 10 prøver, samt enkelte løse blokker for kvalitetsvurdering. Resultatene fra disse prøvene viste at steinen hadde gode egenskaper i forhold til forvitring og mineralogi. Det ble gjort en estimert avgrensning av forekomsten i forhold til egenskaper som bygningsstein (Meyer et al., 2015). Denne avgrensning har vært viktig med tanke på hovedfokuset ved senere arbeid.

I 2014 ble det i tillegg til Dalhaugen gjort feltundersøkelse på Bjørnålia, som er en nærliggende kleberforekomst av Dalhaugen. Det ble konkludert med at forekomsten på Dalhaugen er mer robust mot forvitring enn Bjørnålia.

1.3 Geografisk beliggenhet

Dalhaugen utgjør en knaus i Drevjedal og er gjennomskåret av fylkesvei 78 til Sandnessjøen (figur 1). Veien blottlegger et snitt gjennom den vestlige delen av klebersteinsforekomsten. Den aktuelle bergartskroppen har en utstrekning på ca. 400x250 meter og høyeste punkt ligger på 139 m.o.h. Fra bilveien går det en traktorvei fram til den aktuelle delen av forekomsten, hvor det meste av vegetasjonen er rensket bort med gravemaskin. Klebersteinen kan observeres som bart fjell i veiskjæringen og på kanten av åsen, samt vegetasjonsrenskede områder på toppen.



Figur 1: Dalhaugens beliggenhet i forhold til Mosjøen. Lite bilde hentet fra GisLink.no. Stort bilde hentet fra google maps.

1.4 Boring

Det tidligere arbeidet på forekomsten lå til grunn for lokalisering av borehull på forekomsten. Ut i fra befaringen i 2013 ble det mest aktuelle området på forekomsten bestemt. Borehullene ble planlagt slik at mest mulig av forekomsten skulle bli kartlagt i dypet, ved bruk av færrest mulig hull. Orientering ble bestemt ut i fra kartlagte kløv i forekomsten. Det ble planlagt at dybden på hullene skulle bestemmes under selve boringen, slik at prosessen kunne avsluttes når grensen til gabbroen ble nådd.

Det ble totalt tatt ut fire borekjerner. Informasjon om borehullene finnes i tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over borehullenes plassering, orientering og lengde.

Borehull	Geografisk plassering (UTM)			m.o.h	Retning (°)	Fall (°)	Lengde (m)
	Sone	Ø	N				
BH-1	33	422019	7321043	135,7	175	10	79,5
BH-2	33	421984	7321011	136,2	130	10	58,2
BH-3	33	422035	7321008	154,9	180	70	30
BH-4	33	422085	7321054	142,5	180	10	28,8

Disse fire borehullene gir opphav til en borehullslogg (Vedlegg 1), som danner det meste av bakgrunnen for denne masteroppgaven.

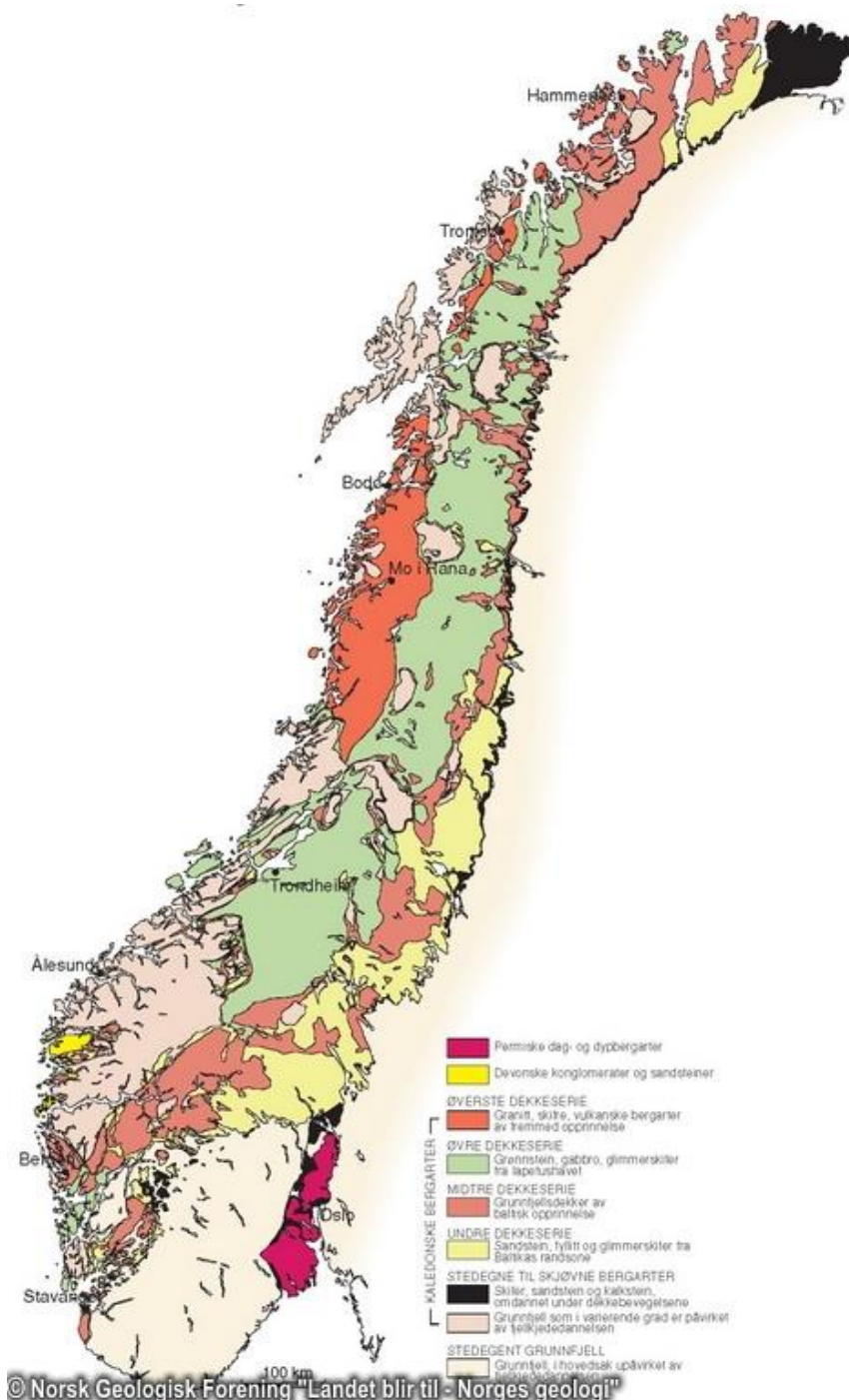
2 Bakgrunn og teori

2.1 Regional og lokal geologi

2.1.1 Den kaledonske fjellkjeden

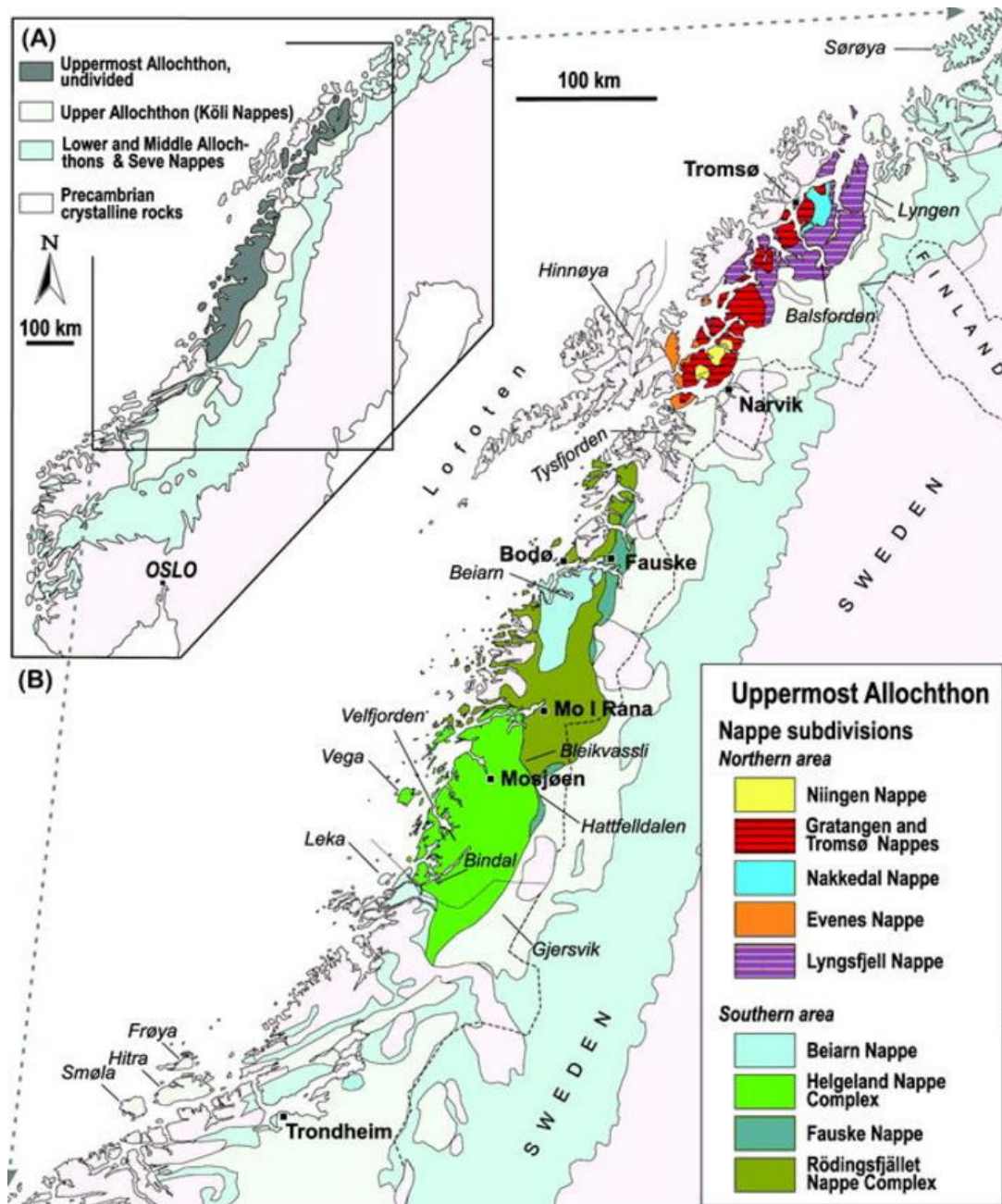
Dalhaugen ligger i Helgelandsdekkekomplekset, som består av ulike metasedimentære sekvenser skjøvet sammen med gneis og intrusiver i forbindelse med den kaledonske fjellkjeden. Den kaledonske fjellkjeden ble dannet da de Laurentiske- og Baltiske platene kolliderte (Ramberg, Bryhni, Nøttvedt, & forening, 2007). Fjellkjeden er kjent for sine skyveforkastningssystemer med dominerende østlig vergens (Gee, Fossen, Henriksen, & Higgins, 2008). Det forhistoriske havet Iapetus begynte å lukke seg i slutten av Kambrium (Ramberg et al., 2007). Havet lukket seg fullstendig da kontinentalplatene kolliderte gjennom midtre Silur til tidlig Devon. Under kollisjonen ble Baltika presset under det Laurentiske kontinentet, slik at den østlige delen av Laurentia ble skjøvet opp over det baltiske kontinentet sammen med gammel havbunn, løsmasser og andre fragmenter som befant seg mellom kontinentene (Gee et al., 2008). Fjellkjeden som ble dannet har mange likhetstrekk med dagens Himalaya, og kan ha hatt samme størrelsesorden (Ramberg et al., 2007). Under tidlig Devon stoppet de konvergerende kreftene og fjellkjeden gjennomgikk en ekstensjonsfase (Andersen, 1998). Ekstensjonen førte til at både eksisterende strukturer skled tilbake og nye strukturer ble dannet med en dominerende vestlig og nordvestlig retning. (Ramberg et al., 2007).

De norske kalodonidene består av fire dekkeserier (alloktoner); undre-, midtre-, øvre- og øverste dekkeserie (se figur 2) (Gee et al., 2008). Den undre dekkeserien er korttransportert og består av bergarter som stammer fra det baltiske skjoldet. Den midtre dekkeserien representere randen på det baltiske kontinentet i form av grunnfjell som befant seg som mikrokontinenter og grunnfjellsøyer i havområdet mellom Laurentia og Baltika (Ramberg et al., 2007). Den øvre dekkeserien består av ofiolittfragmenter fra havbunnen til Iapetus med overliggende sedimentære sekvenser og bergarter relatert til tidligere vulkanske øybuer (Greiling, Garfunkel, & Zachrisson, 1998).



Figur 2: Dekkeoppbygning i de norske kaledonidene. Berggrunnskartet viser den geografiske beliggenheten til de forskjellige dekkeseriene. Bildet er hentet fra Landet blir til (2006).

Den øverste dekkeserien, som Helgelandsdekkekomplekset tilhører (se figur 3), har sin opprinnelse enten fra randen av Laurentia, eller et mindre kontinent mellom Baltika og Laurentia (Ramberg et al., 2007). Denne serien består hovedsakelig av gneis, store granittiske intrusjoner, amfibolitt, glimmerskifer og marmor (Corfu, Ravna, & Kullerud, 2003).



Figur 3: Kart som viser de forskjellige dekkekompleksene i den øverste dekkeserien. Figuren er hentet fra (Roberts, Nordgulen, & Melezvik, 2007)

2.1.2 Helgelandssdekkekomplekset

I Nordland og Troms deles de øvre alloktonene inn i de tre hovedenheter Kølidedkene (øvre dekkserie), Rødingsfjälldekkekomplekset (underste del av øverste dekkserie) og Helgelandssdekkekomplekset (toppen av øverste dekkserie). Disse tre hovedenhetene skiller seg fra hverandre både med hensyn på bergartenes alder og type. Opprinnelsen til disse

dekkene er vanskelig å bestemme, men det platetektoniske miljøet de er dannet i er det mulig å si noe om (Ramberg et al., 2007).

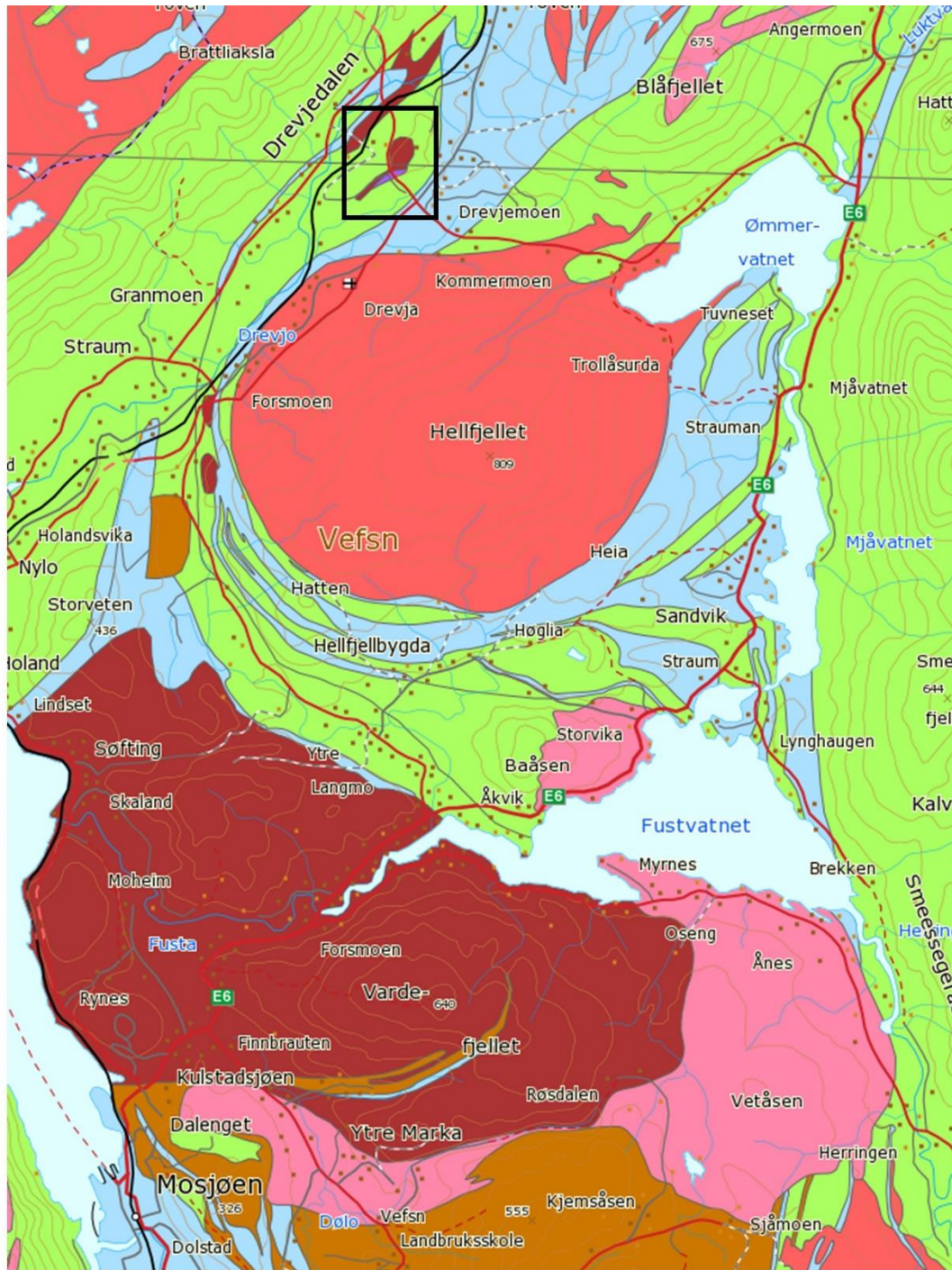
Helgelandsdekkekomplekset ligger helt øverst i dekkestabelen i den sørvestlige delen av Nordland og i Nord-Trøndelag. Hovedbergartene er glimmergneiser og glimmerskifer, som er sterkere omdannet enn tilsvarende bergarter i enhetene under. I tillegg opptrer store granittiske intrusivkropper i Helgelandsdekket som ikke finnes i underliggende dekker. Disse er i hovedsak av kaledonsk alder. Den høye andelen av dypbergarter er karakteristisk for Helgelandsdekkekomplekset. Dypbergartene er dominert av granitter og granodioritter, men også monzonitt, trondhjemit, tonalitt, dioritt og gabbro (Ramberg et al., 2007).

Grensen mellom hoveddekkeenhetene i Nordland er definert som skyveforkastninger dannet under den kaledonske fjellkjedefoldingen, men grensene er også påvirket av senere ekstensjonstektonikk. I Nordland fremstår de viktigste dekkegrensene som strekkingssoner, som f.eks. Nesnaskjærsonen, som avgrense Helgelandsdekket (Ramberg et al., 2007).

2.1.3 Lokalgeologi

Området rundt Mosjøen er karakterisert av store og små magmatiske kropper som befinner seg i forskjellige typer skifer, som glimmerskifer og amfibolskifer (figur 4). De magmatiske kroppene er vanligvis forskjellige typer granitter og gabbroer. Enkelte mindre linser av marmor og kalksilikater opptrer også. Flere av de stor magmatiske kroppene i området har blitt datert. Mosjøengabbroen har blitt datert til ca. 420 millioner år ved bruk av Rb-Sr metoden (Tørudbakken & Mickelson, 1986). Denne gabbroen tilhører Mosjøenheten. På figur 4 kan deler av denne kroppen observeres rett nord for Mosjøen.

Dalhaugen er lokalisert helt nord på kartet i figur 4. Enheten Dalhaugen er en del av kalles for Geittindenheten. Hovedlitologien i enheten er Glimmergneis/-skifer kvartsitt. Tynne lag av amfibolitt, marmor, hornblendegneis og øyegneis opptrer også (Norges Geologiske Undersøkelse).



Figur 4: Berggrunnskart over området rundt Mosjøen og Drevja. Dalhaugen er representert innenfor den sorte firkanten. Kartet er hentet fra NGU sin kartdatabase.

På kartet i figur 4 er Dalhaugen kartlagt som en avlang gabbrokropp med en linse av pyroksenitt ved siden av seg på sørøstlig side. Gabbrokroppen opptrer som en intrusjon i den omkringliggende glimmerskiferen. Det skal sies at ikke hele området har blitt detaljert kartlagt. Et mer detaljert berggrunnskart av selve Dalhaugen finnes i figur 15.

2.2 Kleberstein mineralselskap og dannelse

2.2.1 Definisjon

Kleberstein har fått navnet sitt etter den «såpete» følelsen overflaten gir, som har opphav i bergartens innhold av talk (Storemyr & Heldal, 2002). Navnet på engelsk er da naturlig nok blitt «soapstone». Kleberstein er i litteraturen ett rimelig vidt begrep og definisjonen kan variere rimelig mye. Ofte er det mengden talk som avgjør om steiner kan defineres som kleber.

Andre navn som også blir brukt om kleberstein i litteraturen er klorittskifer, steatitt og myk grønskifer. I litteraturen blir ordet «myk stein» brukt når det ikke er mulig å skille mellom kleberstein og klorittskifer. Ofte i engelske utgivelser der det heter *soft stone* (Storemyr, 2015).

Definisjonen til Amerikas geologiske institutt lyder som følgende:

a. Massive talc. b. A metamorphic rock of massive, schistose, or interlaced fibrous or flaky texture and soft, unctuous (greasy) feel; composed essentially of talc with variable amounts of mica, chlorite, amphibole, and pyroxene; alteration product of ultramafic rock; may be carved into art objects or sawn into dimension stone for use where chemical resistance or high heat capacity is needed. c. A miners' and drillers' term for any soft, unctuous rock.

The U.S Bureau of mines, 1997: P. 2985

Mer spesifikt skal innholdet av mineralene nevnt i definisjonen ovenfor være over 25% og minimumsmengden av talk skal være over 35% (Miloš, 1984).

Bergarten fra Dalhaugen kommer ikke under denne strenge definisjonen, men den kommer i denne oppgaven til å bli referert til som kleberstein ettersom den blir omtalt som dette i tidligere rapporter fra området.

2.2.2 Bruksområder

Kleberstein har kvaliteter som gjør den egnet som et industrimineral. Blant annet har den gode varmeegenskaper, som gjør den særdeles egnet til bruk i peiser og ovner. Den er på grunn av den lave hardheten også brukt til skulpturer og andre utsmykningsformål. Allerede for nesten 5000 år siden begynte gamle sivilisasjoner å anvende talkrike klebersteiner til kosmetiske formål (Chatterjee, 2009).

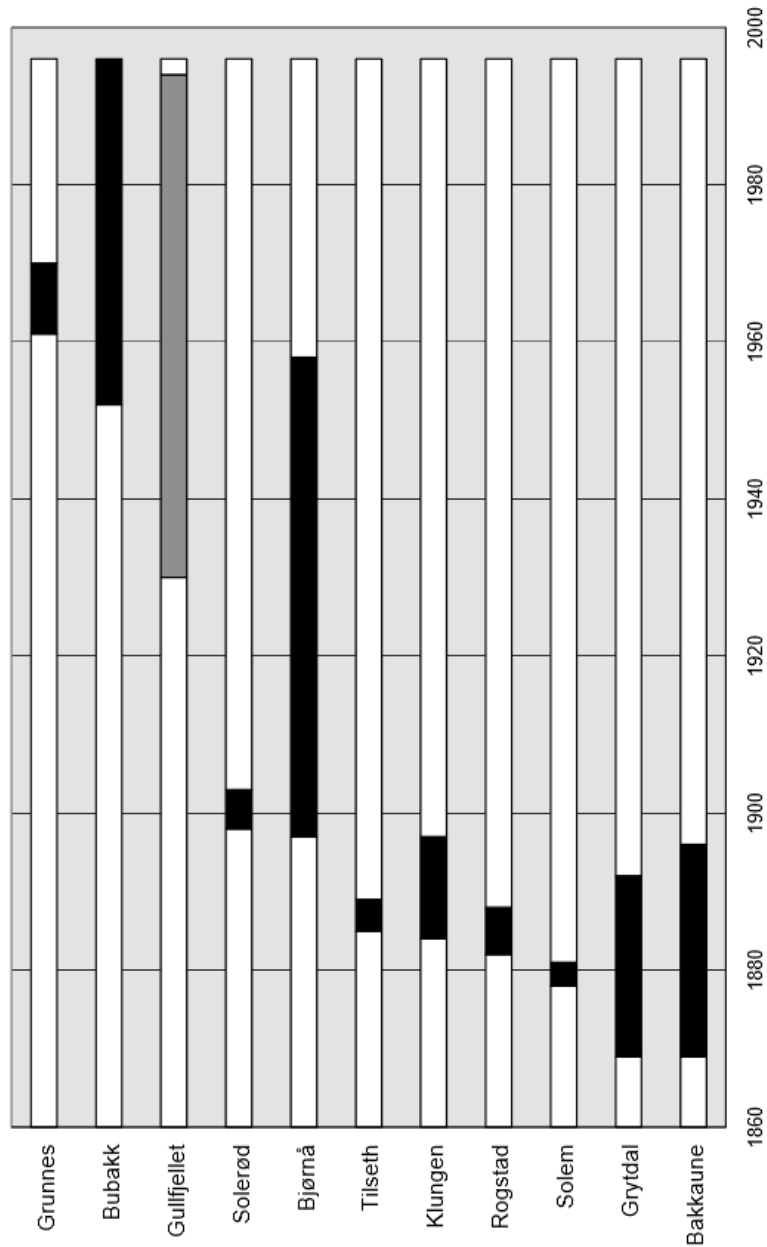
I Egypt begynte de å bruke kleberstein for allerede for 6000 til 7000 år siden. De tidligste fullstendige bygningene av kleberstein i verden er trolig templene i Mons Smaragdus. I tillegg ble klebersteinen i dette området brukt til leker, smykker og kokegryter (Storemyr, 2015).

2.3 Stein i Nidarosdomen

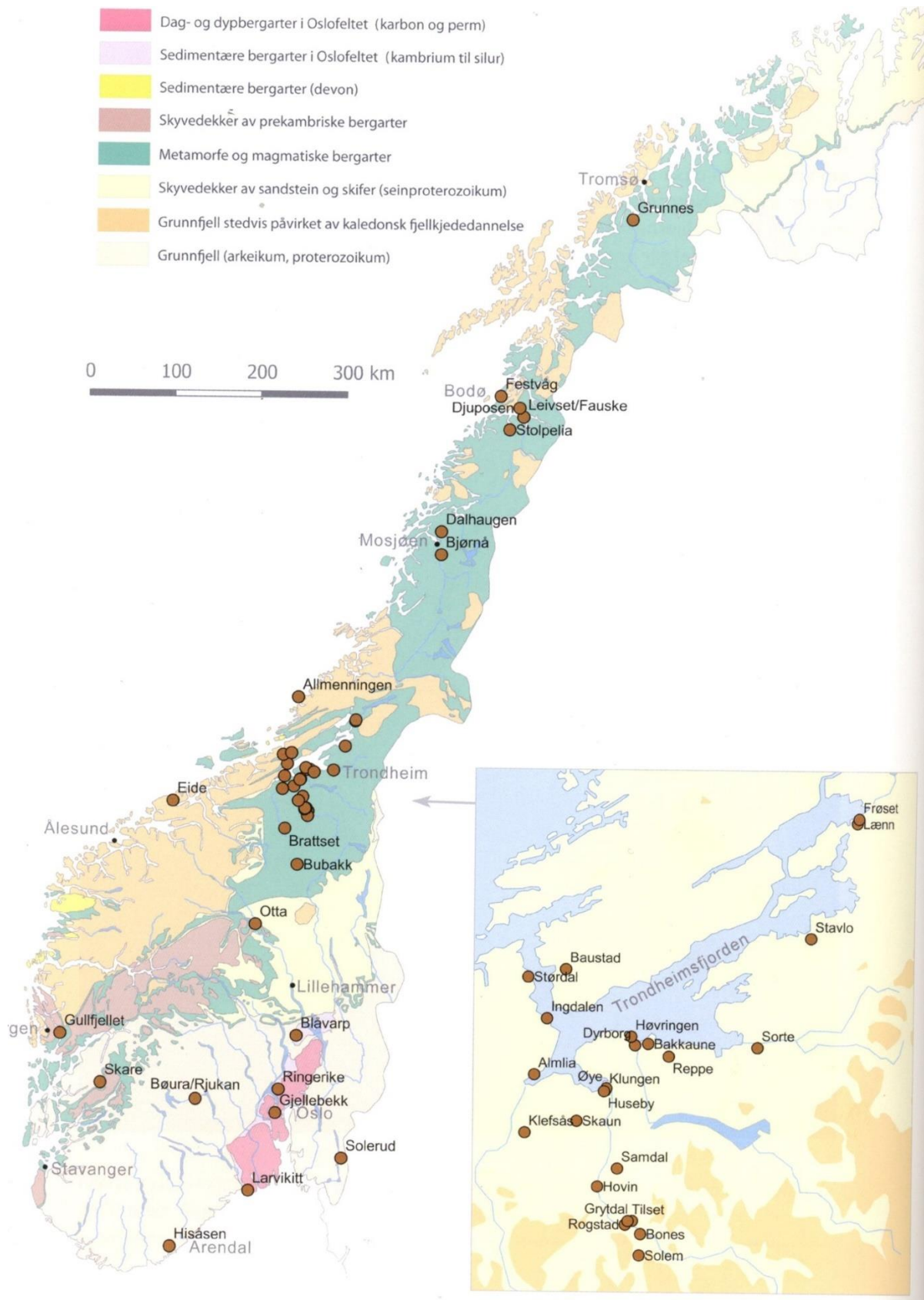
Bergarter brukt til bygging og restaurering av Nidarosdomen er hovedsakelig grønnskifer, kleberstein, marmor og metasandstein (Storemyr, 1997)

Klebersteinen som er brukt har opphav fra ulike steinbrudd. På figur 5 kan man se at Grunnes hadde sin driftsperiode på 70-tallet, men den blir fremdeles brukt i dag hvor det hentes løse blokker fra skrottippen. Grunnes er den steinen som foretrekkes til bruk for øyeblikket. Det er vanlig praksis å hente inn stein fra tidligere brudd for restaurering ettersom samtlige brudd i figur 5 er inaktive.

Figur 6 viser hvor i Norge de forskjellige bruddene er lokalisert. Bruddene er fordelt over hele lande, men det er naturlig nok en høy konsentrasjon av brudd i Trondheimsregionen ettersom det er dyrt med frakt.

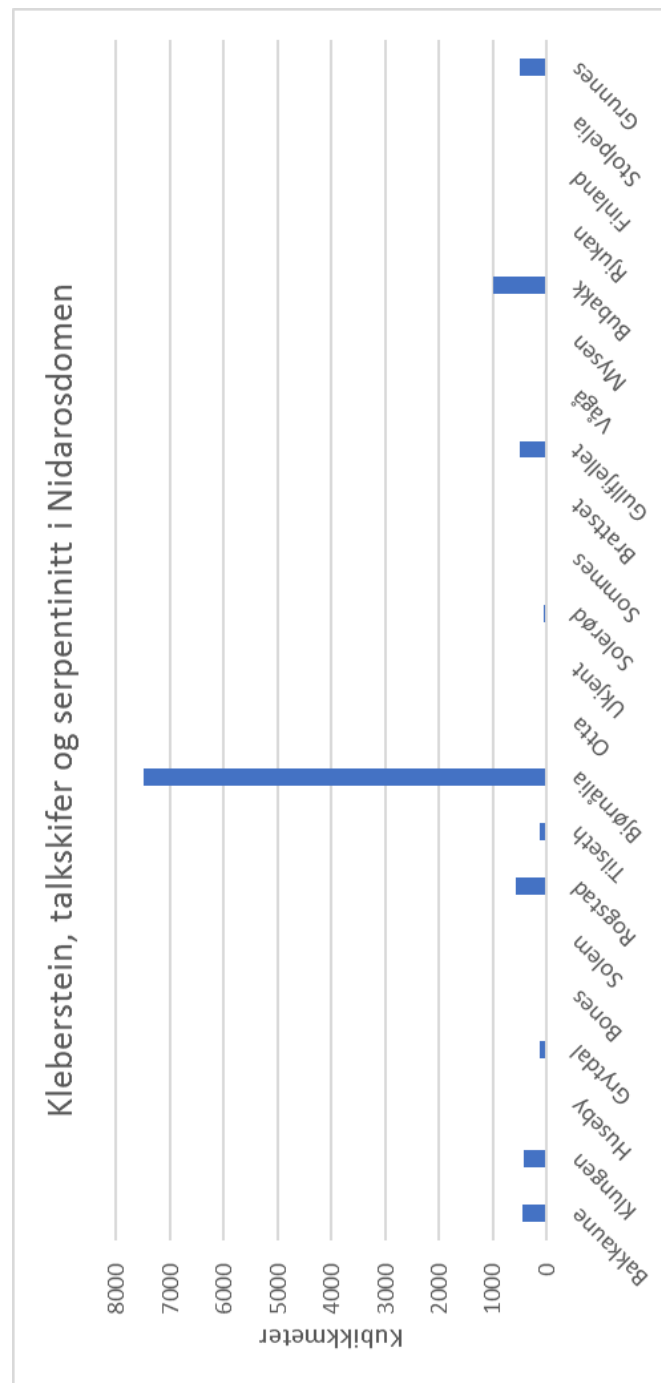


Figur 5: De største steinbruddene av kleberstein og deres respektive driftsperioder, under restaureringen av Nidarosdomen.
 Figuren er hentet fra (Storemyr, 1997)



Figur 6: Geologisk kart over Norge med enkelte av steinbruddene som er benyttet til Restaurering av Nidarosdomen. Kartet er hentet fra (Ramberg et al., 2007).

Den steinen som har blitt mest brukt under restaureringen av Nidarosdomen er Bjørnålia. Over 65% av anvendt stein er fra denne forekomsten. Figur 6 viser hvor mange kubikkmeter av stein fra de forskjellige bruddene som er brukt under restaureringen. Dalhaugen har ikke tidligere vært anvendt i Nidarosdomen, hverken under oppbygging eller restaurering. Den blir dog brukt for øyeblikket under restaureringen av kongeinngangen.



Figur 7: Andel i kubikkmeter av de forskjellige bruddene, brukt til restaurering av Nidarosdomen. Tallene er hentet fra (Storemyr, 1997).

Tabell 2: Viktige kriterier for stein som skal anvendes til restaurering.

Viktige kriterier	Notater
Forvitring	Viktig faktor med tanke på at steinen ikke trenger å byttes ut for ofte. Det er uheldig om stein forvitres og trenger utskifting i løpet av et par tiår i stedet for et par hundre år.
Sprekker	Sprekker vil gjøre det vanskelig å bearbeide steinen til figurer. Det risikeres at deler kan falle av under huggingen og må limes på.
Årer	Årer trenger ikke nødvendigvis å være en ulempe. Men enkelte kan lage svakhetssoner i steinen, samt at enkelte kan inneholde hardt materiale som det er ugunstig å bearbeide.
Hardhet	Viktig faktor med tanke på tid og energi som må nedlegges for å lage en figur.
Kløv	Kraftige kløv kan gjøre det vanskelig å bearbeide steinen. Det er derfor viktig å bruke kløven til sin fordel med å velge en smart orientering under bearbeidingen.
Farge	Det er ikke ønskelig å ha for lyse eller for mørke steiner. Dette med tanke på det estetiske.
Oikokryster	Kan skape problemer under bearbeiding ved at oikokrystene preller av.
Sulfider	Stort innhold av sulfider vil skape store forvitningsproblemer.

Tabell 2 viser forskjellige egenskaper for er viktig for en god byggestein. Avhengig av hva steinen skal brukes til og hvor utsatt den skal plasseres varierer viktigheten av de forskjellige kriteriene. For eksempel er hardheten er en viktig faktor ved skulpturhugging, men om skulpturen inneholder mye årer av hardt materiale vil den være ugunstig å bearbeide.

3 Metode og materiale

3.1 Feltarbeid

Feltarbeid for denne masteren ble gjennomført høsten 2015 på forekomsten sammen med Jakob Keiding og Kari Aasly fra NGU, samt Jan Strand og Rune Langås fra NDR.

Hovedformålet med arbeidet var å hente inn fire borekjerner til videre analyser, samt å gjøre oss bedre kjent med områdets geologi. Dette arbeidet tok i overkant av én uke hvor borearbeidet ble kontinuerlig inspiserte og kjernene observert og fotografert. Det ble i tillegg gjort supplerende målinger og observasjoner av den lokale geologien.

Målingene gjennomført i felt var for det meste registreringer av kløv, foliasjoner, sprekker, forkastninger og folder, gjennomført ved hjelp av kompass og GPS, hvor også utstrekningen av forekomsten og nærliggende bergarter ble kartlagt nærmere. Feltarbeidet var preget av mye regn, noe som gjorde det vanskelig å gjøre detaljerte observasjoner på borekjernene underveis i prosessen.



Figur 8: Bilde fra feltarbeidet. Boreriggen manøvrerer seg gjennom terrenget ved hjelp av en gravemaskin.

Hovedformålet med feltarbeidet var å bli kjent med geologien i området og å følge med på boringen underveis for å konstatere når grensen mellom kleberstein og gabbro ble nådd. Gjennomføringen av feltarbeidet var i oktober 2015 og tok ni dager.



Figur 9: Oppmåling av orienteringen til borehull 1.

I etterkant av feltarbeidet ble det skrevet en rapport høsten 2016 (Keiding, Lund, & Meyer, 2016). Fra masterstudiet var hovedbidraget kapitlene om mineralogi og hardhet, samt borehullsloggene i appendiks. De viktigste figurer og bidrag i den rapporten er også tatt med i denne oppgaven, med referanse til rapporten.

3.2 Materiale

3.2.1 Prøvetaking

Innhenting av borekjerner.

Prøver til tynnslip ble innhentet ved å sage ut aktuelle partier fra borekjernene, for så å dele partiet i to og legge gjenparten tilbake i borekassen. Ett stykke fra hvert parti ble så tatt ut, hvor ønsket område for tynnslipene ble tegnet inn med tusj. Til sammen ble 24 polerte tynnslip (28x48 mm) produsert på sliplaboratoriet ved institutt for geologi og bergmekanikk (IGB).

12 utvalgte prøver ble plukket ut til XRD-analyse. Det ble også gjort XRD-analyse av kleberstein fra tre andre forekomster som er brukt av NDR. Prøvematerialet var mindre steinskiver fra NDR. Ved å skrape med rengjort rasp på overflaten av stykkene ble det produsert et pulver som ble samlet opp og sendt til XRD-analyse på NGU. Raspen var helt ny og rensset med trykkluft. Prøvetakingen ble gjennomført på NDR sitt steinhuggingsverksted. Ved bruk av samme utstyr som brukes til steinhuggingen ble det risset løs pulver med en rasp fra steinblokkene. Figur 6 viser hvordan innsamlingen foregikk. På NGU's laboratorium ble pulveret malt ned og homogenisert.



Figur 10: Innsamling av pulver fra kleberstein for videre XRD-analyse.

Ulempene ved denne metoden er at det er fare for mindre mengder kontaminering av stålet fra raspen samt at prøvematerialet kun representerer en liten del av selve steinblokken.

Hovedgrunnen til at denne metoden ble valg er at den har blitt brukt i tidligere rapporter fra NGU og gir en god oversikt over mineralogien i bergarten. Dette gjør det derfor enklere å sammenligne de nye og de gamle resultatene. En annen grunn er at denne metoden gjennomføres enkelt, noe som gjør det mulig å hente inn flere prøver relativt raskt.

3.2.2 Prøvemateriale

Materialet brukt til tynnslip er tatt fra borekjernene. Borekjernene i sin helhet finner i rapport (Keiding et al., 2016). I tabell 1 vises hvor på borekjernene materialet til tynnslipene er hentet fra.

Tabell 3: Tabellen viser hvor på borekjernene materialet til tynnslip, XRD og mikrosonde stammer fra.

Borehul	Dybde	NGU prøve nr.	NGU prøve nr. for XRD	Tynnslip Batch I	Tynnslip Batch II	Mikrosonde
BH-1	3,5	128269			x	
BH-1	7,9	128288			x	
BH-1	9,9	128270	133801	x		x
BH-1	15,4	128271			x	
BH-1	16,8	128272	133802	x		
BH-1	33,2	128275			x	x
BH-1	40,2	128278	133803	x		x
BH-1	43,4	128279			x	
BH-1	58,5	128282	133804	x		
BH-1	64,8	128284	133805	x		
BH-1	76,1	128287			x	
BH-2	3,5	128261			x	
BH-2	14,3	128262	133806	x		
BH-2	22,9	128263			x	
BH-2	33,5	128265	133807	x		
BH-2	33,7	128266			x	
BH-2	45,5	128267	133808	x		
BH-2	53,5	128268	133809	x		
BH-3	2,3	128255	133810	x		x
BH-3	17,5	128256	133811	x		
BH-3	22,4	128258			x	
BH-4	1,4	128289			x	
BH-4	19,1	128291			x	
BH-4	24,6	128292	133812	x		

3.3 Metode

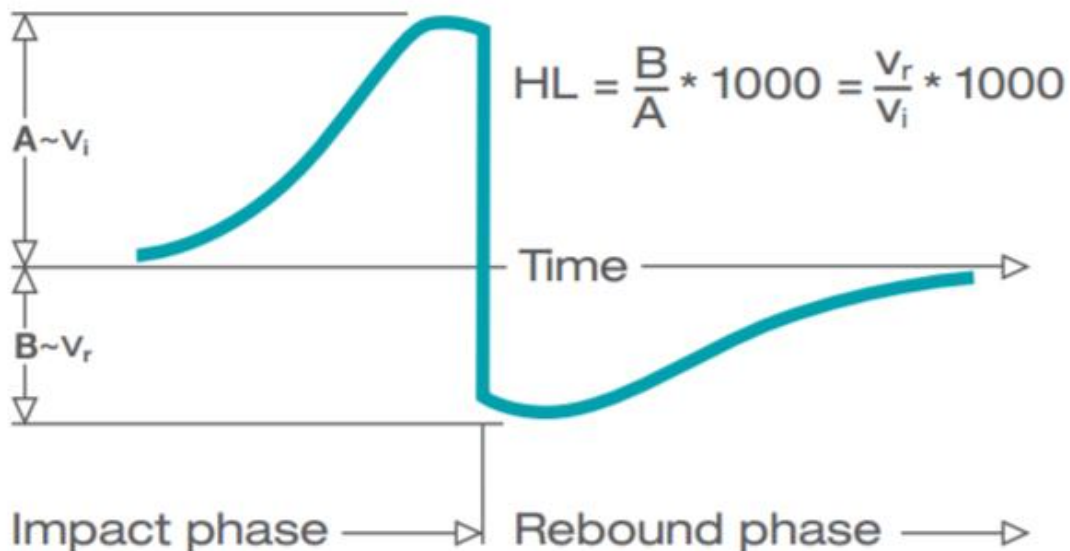
3.3.1 Logging av borekjerne

Loggningen av borekjernene fant sted på loggelinjen på NGU's laboratorium. Loggen er representert i vedlegg 1.

3.3.1.1 Hardhet

Hardheten ble målt ved bruk av hardhetsmåleren Equotip 3. Målingene ble tatt annenhver centimeter på de fire borekjerner. Under målingene lå kjernene seg i oppbevaringskasser på loggelinjen slik at underlaget var likt for hver måling.

Utstyret har en sammenstøtsflate med en «ball indenter» som blir løst ut ved hjelp av fjæreenergi mot objektet som skal måles. Før og etter sammenstøtet vil en magnet på innsiden av sammenstøtsflaten passere gjennom en koil hvor spenning blir indusert. Signalet som induksjonen danner oppfører seg proporsjonalt med hastigheten. Forholdet mellom hastigheten før sammenstøt V_r og etter sammenstøt V_i multiplisert med 1000 gir hardhetsverdien HL (Leeb hardness). HL er en direkte måling av hardhet ("Equotip 3 hardness tester manual,"). Utregning av HL er vist i figur 11 og utstyret er vist i figur 12.



Figur 11: Grafisk fremstilling over hvordan hardhetsverdien (HL) blir utregnet.

Figur 12 viser hvordan hardhetsmåleren ser ut. Bildet er tatt under en sammenkomst mellom NGU og NDR ansatte.

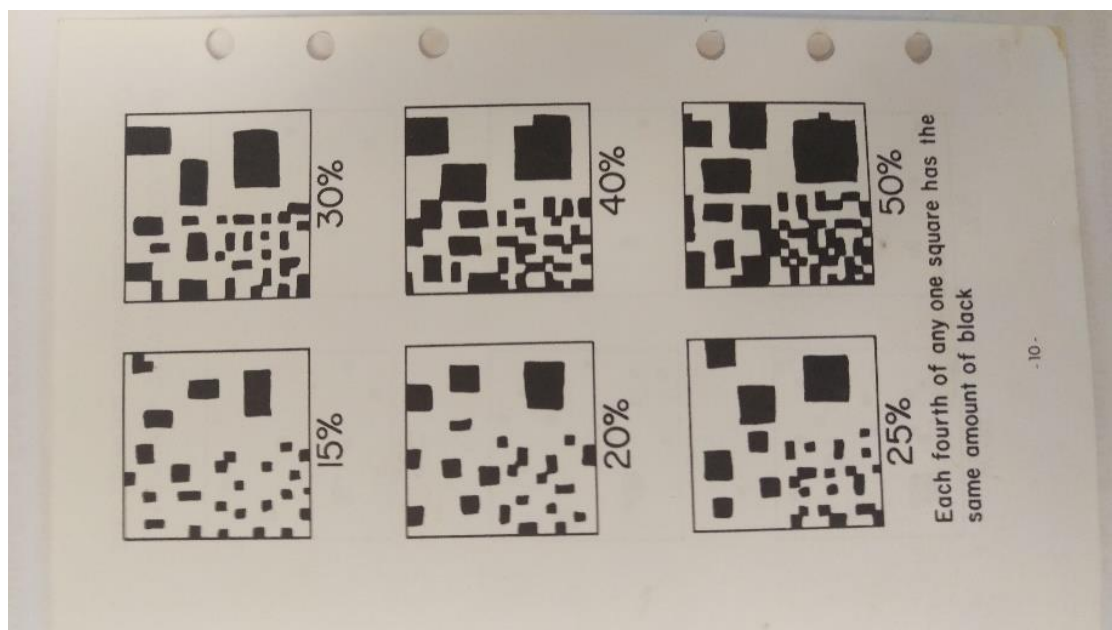


Figur 12: Demonstrasjon av equotip 3 for NDR.

3.3.1.2 Karbonatinnhold

Karbonatinnholdet ble logget ved å estimere antall prosent av visuelle karbonater på borekjernen med øyemål. Som assistanse brukte jeg et skjema som viste eksempler visuelt hvordan en hvit bakgrunn vil se ut med forskjellige prosent tildekket av svarte prikker (Se figur 13).

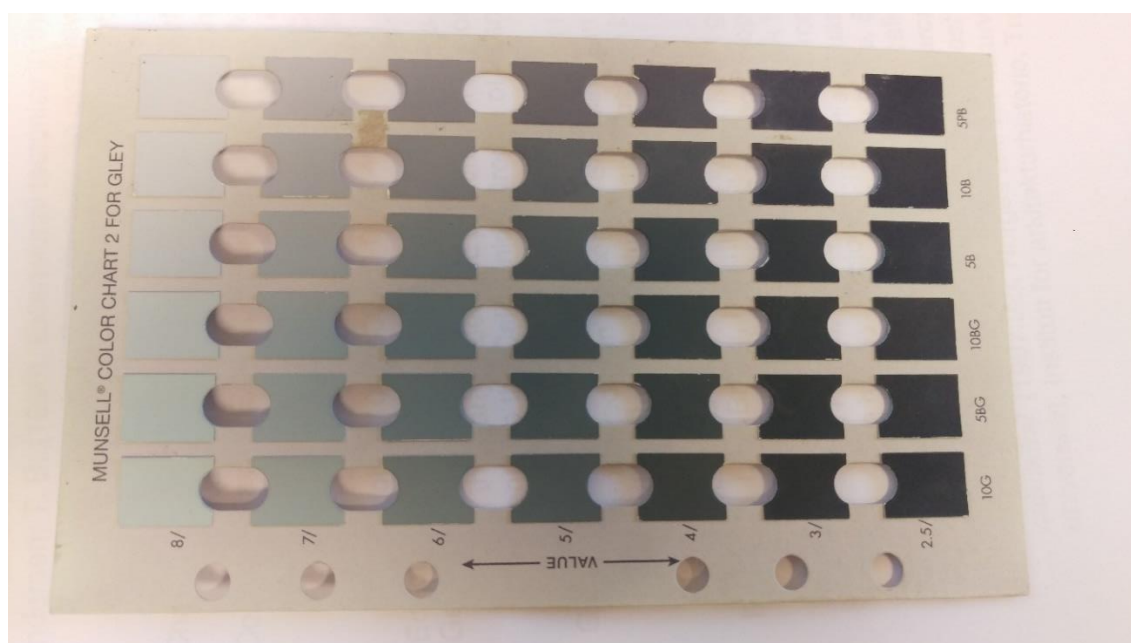
Kjernene ble underveis også testet med saltsyre med en konsentrasjon på 10%, som hjelp for å gjenkjenne karbonatene.



Figur 13: Skjema anvendt for å estimere andelen karbonat i kjernen.

3.3.1.3 Farge

Fargen ble kartlagt ved å plassere et fargekart (U.S. Department of Agriculture, 1994) over kjernene for så å notere hvilken farge på kartet som lignet mest på det området som ble analysert (se figur 14). Metoden med vurdering av farge er subjektiv, men gir likevel en indikasjon på hva som kan brukes i forhold til toner av rød, grønn og blå.



Figur 14: Fargekart anvendt på borekjernen for å analysere variasjonen i farge.

3.3.1.4 Kornstørrelse

Skillet mellom tett, svært finkornet, finkornet og medium kornet ble målt ved hjelp av en linjal og standard betingelser for kornstørrelser. De registrerte verdiene er basert på den dominerende grunnmassen, ikke på porfyroblaster og oikokryster.

3.3.1.5 Magnetisme

Magnetismen ble målt ved å bevege en magnetpenn over borekjernene og ble klassifisert etter størrelsen på magnetismen; svakt magnetisk eller magnetisk.

3.3.1.6 Sprekker og årer

Sprekker og årer ble kartlagt av Gurli Meyer og Jacob Keiding ved NGU. Metode og resultater finnes beskrevet i (Keiding et al., 2016). En utdypning ut fra mikroskopering vil bli gitt senere i avhandlingen.

3.3.1.7 Teksturer og strukturer

Bare strukturer og teksturer som var synlige med det blotte øye og lupe ble registrert i borekjernene. Foliasjon ble målt ved hjelp av en gradskive. Grunnet at informasjon om kjernens opprinnelige orientering ikke eksisterer, vil vinkelen målt kun gi informasjon om foliasjonens orientering i forhold til borekjernens lengderetning (se appendiks!).

3.3.2 Mineralogi

3.3.2.1 Optisk mikroskopering av tynnslip

Tynnslipene ble analysert med gjennomlys der planpolarisert- og krysspolarisert lys ble anvendt. Reflektert lys ble brukt for å studere opake mineraler. Mikroskopet anvendt var av typen Zeiss axioplan2 imaging. Bilder av tynnslipene ble tatt med Zeiss AxioCam 506 color, og redigert med programvaren Zen 2 pro.

3.3.2.2 Røntgenkrystallografi (XRD)

Røntgenkrystallografi er en analytisk metode for å kartlegge kjemisk karakteristikk av et materiale. Metoden fungerer ved at røntgenstråler blir påført atomer i krystallstrukturen (Will, 2006). Prøvene ble analysert ved NGU, ved bruk av en røntgendiffraktor av typen D8 Advance med kobberrøntgenrør og en Lynxeye XE detektor. Ytterligere informasjon finnes i appendiks A.

3.3.2.3 Elektronmikrosonde

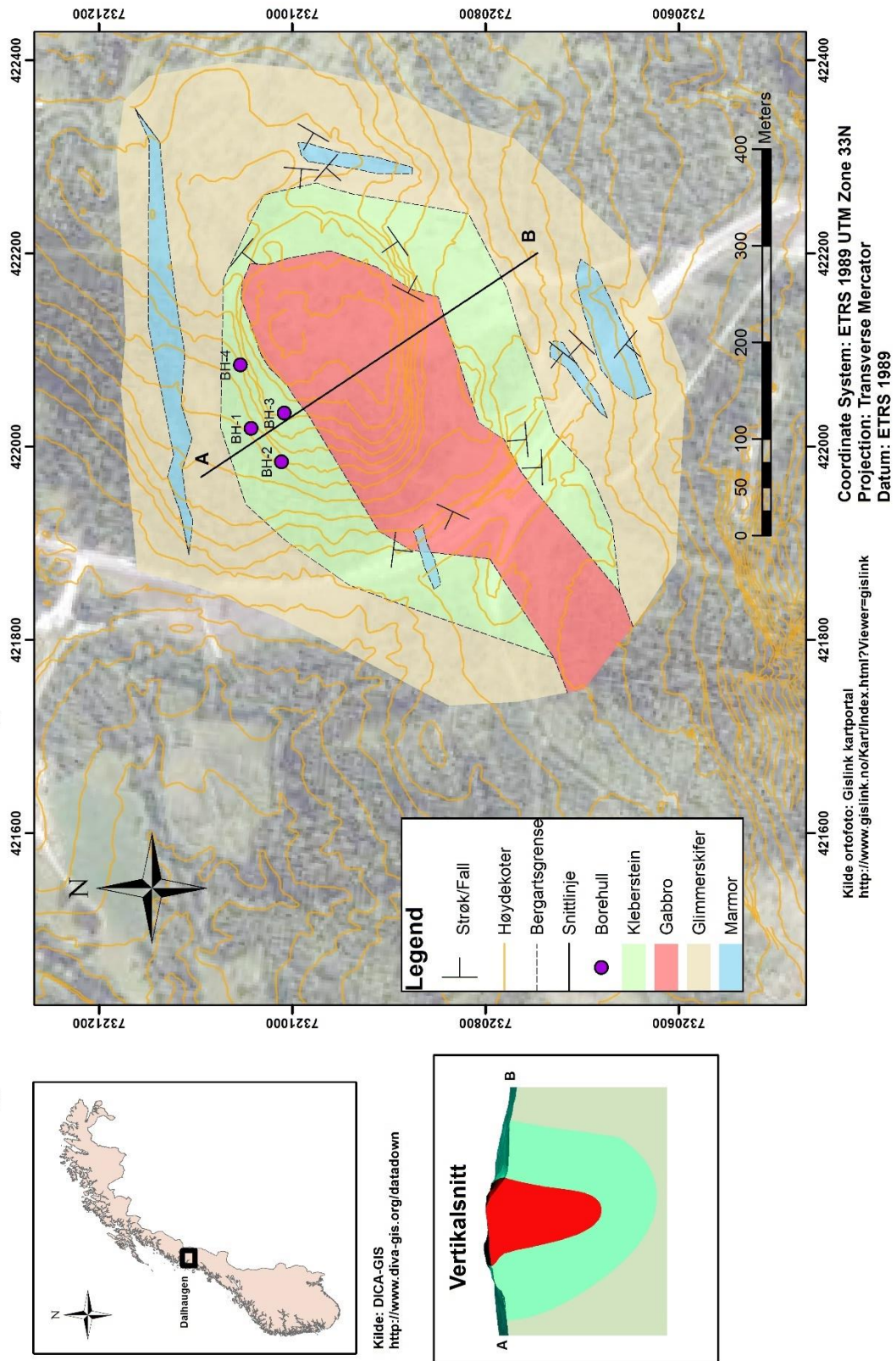
Aktuelle områder for analyse ble bestemt under mikroskopering av tynnslipene. Ved å tegne sirkler med en vannfast tusj rundt de aktuelle mineralene på tynnslipene kunne disse områdene gjenkjennes på elektronmikrosonden. Utstyret som ble brukt til analysen var en JEOL JXA-8500F Electron Probe Micro Analyzer. Det ble også laget fire elementkart med samme instrument. Mer informasjon om utstyret som ble brukt finnes i appendiks B.

4 Resultat

4.1 Geologisk kartlegging

Det geologiske kartet over området er basert både på egne observasjoner og målinger i felt. Til sammenligning med kartet fra (Meyer et al., 2015) er grensene mot sidesteinen flyttet noen få meter. Det er også lagt til flere marmorlinser ettersom disse nylig har kommet til syne under byggingen av den nye veien. Tidligere kart viser at gabbrokroppen kiler ut mot sørvest, utenfor kartleggingsområdet for denne masteroppgaven.

Geologisk kart over Dalhaugen klebersteinsforekomst



Figur 15: Overflateinformasjon over Dalhaugen klebersteinsforekomst.

Grensen mellom gabbro og kleberstein er ikke så skarp som det ser ut som på figur 15, men representerer en overgangssone som enkelte steder strekker seg over flere meter. Grensen mellom gabbro og kleberstein er mer markant, hvor overgangssonen er representert av foldede årer av gabbro inne i klebersteinen (figur 16).



Figur 16: Kontakt mellom gabbro og glimmerskifer sør for Dalhaugen.

4.2 Borekjerne-logging

4.2.1 Farge

Tabell 4 viser hvordan hvilken farge de forskjellige delene til borekjernene har, representert av fargekodene fra figur 14.

Tabell 4: Variasjoner i farge i de fire borehullene. Hva de forskjellige fargekodene betyr er gitt i figur 10. Distansen er gitt i centimeter.

Distanse (cm)		Farge
Fra	til	
0	13,5	5/10BG
13,5	62	7/10BG
62	143	7/5BG
143	300	6/10BG
300	352	7/5BG
352	356	8/10BG
356	619	6/10BG
619	638	6/5BG
638	1143	6/10BG
1143	1243	6/5BG
1243	1258	7/10BG
1258	1362	6/5BG
1362	1705	7/10BG
1702	1715	6/5BG
1715	1939	6/10BG
1939	1977	7/10BG
1977	2075	6/5BG
2075	2100	6/10BG
2100	2217	6/5BG
2217	2345	7/10BG
2345	2484	6/10BG
2484	2528	8/5B
2528	2758	6/10BG
2758	2805	7/10BG
2805	2852	6/5BG
2852	2857	7/10BG
2857	2979	6/10BG
2979	3059	7/10BG
3059	3068	6/10BG
3068	3071	?
3071	3118	7/10BG
3118	3350	6/10BG
3350	3888	(6-7)/BG
3888	3922	6/10BG
3922	4080	7/10BG
4080	4157	6/5BG
4157	4188	7/10BG
4188	4236	6/10BG
4236	4293	8/10BG
4293	4316	6/10BG
4316	4396	8/10BG
4396	4503	7/10BG
4503	5271	6/10BG
5271	5570	7/10BG
5570	5600	6/10BG
5600	5839	7/10BG
5839	5856	?
5856	6216	7/10BG
6216	6354	6/10BG
6354	6378	7/10BG
6378	6422	6/10BG
6422	6480	7/10BG
6480	6541	6/10BG
6541	6608	7/10BG
6608	6625	6/10BG
6625	6678	7/10BG
6678	6708	6/10BG
6708	7583	7/10BG
7583	7621	Variierende
7621	7642	7/10BG
7642	7655	Variierende
7655	7840	7/10BG
7840	7955	7/5BG

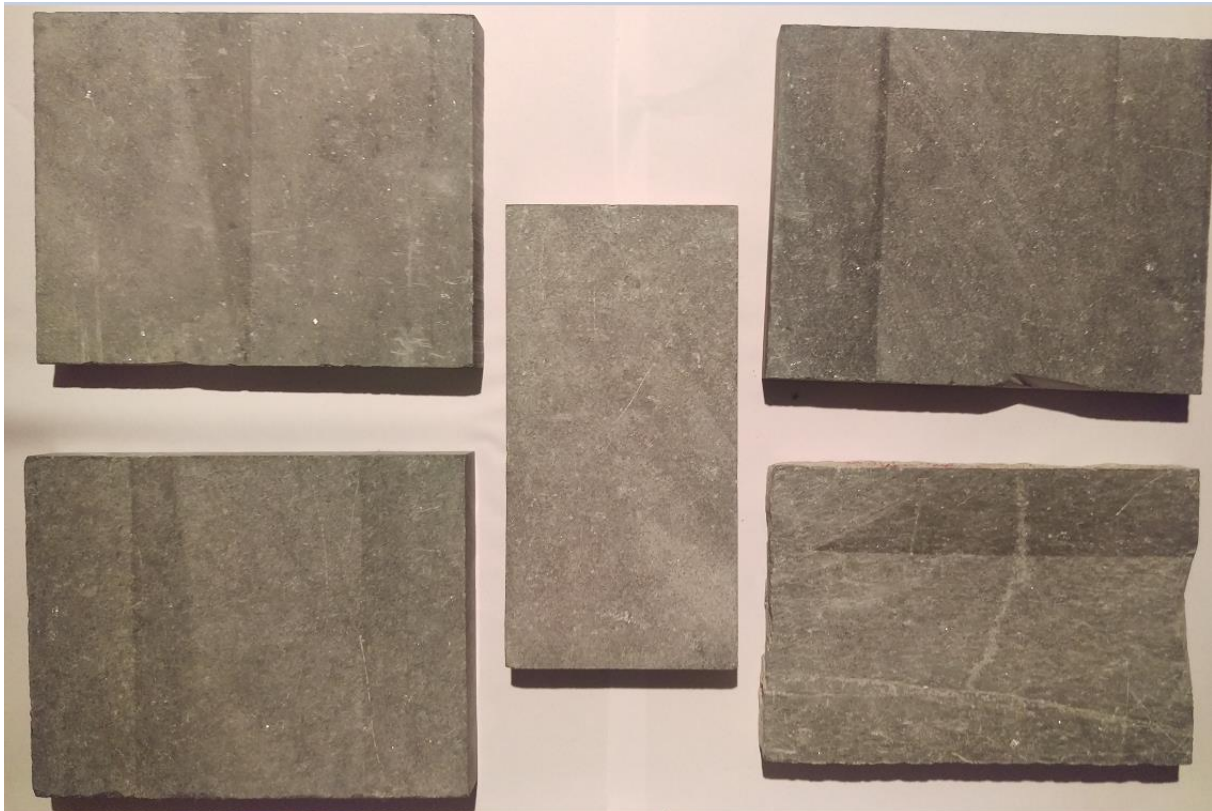
Distanse (cm) BH2		Farge
Fra	til	
0	233	6/10BG
233	289	7/10BG
289	319	6/5BG
319	376	6/10BG
376	406	6/5BG
406	427	6/10BG
427	434	7/10BG
434	474	6/10BG
474	511	(7-6)/10BG
511	535	6/10BG
535	582	7/10BG
582	586	7/5B
586	680	6/10BG
680	787	6/10BG
787	821	6/5BG
821	929	6/10BG
929	1136	6/10BG
1136	1200	7/10BG
1200	1219	8/5B
1219	1365	6/10BG
1365	1400	7/5B
1400	1648	7/10BG
1648	1816	6/10BG
1816	1821	8/5B
1821	2291	6/10BG
2291	2325	8/5B
2325	2484	6/10BG
2484	2543	2,5/5PB
2543	2590	6/5B
2590	2790	6/10BG
2790	2811	8/5B
2811	2861	6/5B
2861	3015	7/10BG
3015	3020	6/5BG
3020	3126	7/10BG
3126	3265	6/10BG
3265	3319	7/10BG
3319	3363	6/10BG
3363	3383	Variierende
3383	3614	7/10BG
3614	3750	6/10BG
3750	3864	7/10BG
3864	3885	6/10BG
3885	3910	6/5BG
3910	4330	6/10BG
4330	4552	7/10BG
4552	4847	6/10BG
4847	4886	7/10BG
4886	5015	6/10BG
5015	5069	7/10BG
5069	5114	6/10BG
5114	5130	?
5130	5820	6/10BG

Distanse (cm) BH3		Farge
Fra	til	
0	14	?
14	85	6/5BG
85	200	7/10BG
200	524	6/10BG
524	543	8/10BG
543	700	6/10BG
700	1359	7/10BG
787	858	7/10BG
1359	1394	8/5B
1394	2238	6/5BG
2238	2254	6/10BG
2254	2355	6/5BG
2355	2370	7/10BG
2370	2545	6/5BG
2545	2568	7/10BG
2568	2700	6/10BG
2700	2726	7/10BG
2726	3000	6/10BG

Distanse (cm) BH4		Farge
Fra	til	
0	126	7/10BG
126	136	6/10BG
136	146	8/5B
146	181	6/10BG
221	392	7/10BG
392	578	6/10BG
578	613	7/10BG
613	633	Variierende
633	642	7/10BG
642	936	6/10BG
936	1172	7/10BG
1172	1270	6/10BG
1270	1509	7/10BG
1509	1638	6/10BG
1638	1692	6/5B
1692	1698	6/5BG
1698	1709	8/5B
1709	1716	6/5BG
1716	1768	6/10BG
1768	1908	7/10BG
1908	1924	7/5B
1924	2061	6/10BG
2061	2073	7/10BG
2073	2805	6/10BG
2805	2833	7/10BG
2833	2880	6/10BG

Ofte er overgangene mellom fargene relativt glidende, og store forandringer i farge forekommer for det meste i korte partier.

På figur 17 kan kontrastene mellom fem klebersteiner observeres. Fargene på bilde kan være noe forskjellig fra virkeligheten, men hvilke klebersteiner som ligner mest og minst med tanke på farge kommer fram. Grunnes og Dalhaugen har relativt lik farge, men Grunnes er noe lysere. Kvikne hard er en god del mørkere enn kvikne med/myk.



Figur 17: Steinblokker av kleberstein fra Dalhaugen (nede til venstre), Grunnes (oppe til venstre), Bjørnålia (nede til høyre), kvikne hard (oppe til høyre) og kvikne med/myk (midten).

4.2.2 Oikokryster

En av de tydeligste teksturene i klebersteinen fra Dalhaugen er oikokryster. Ofte befinner oikokrystene seg i større ansamlinger, noe som kan observeres som mørke flekker i figur 18.



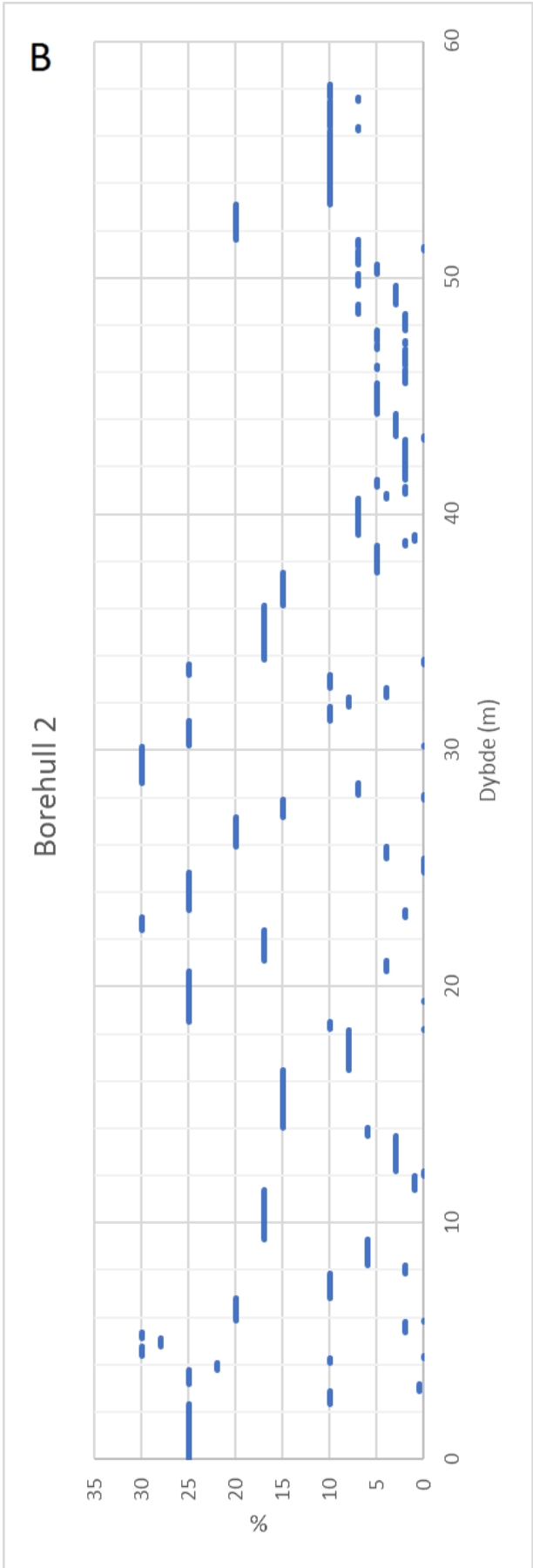
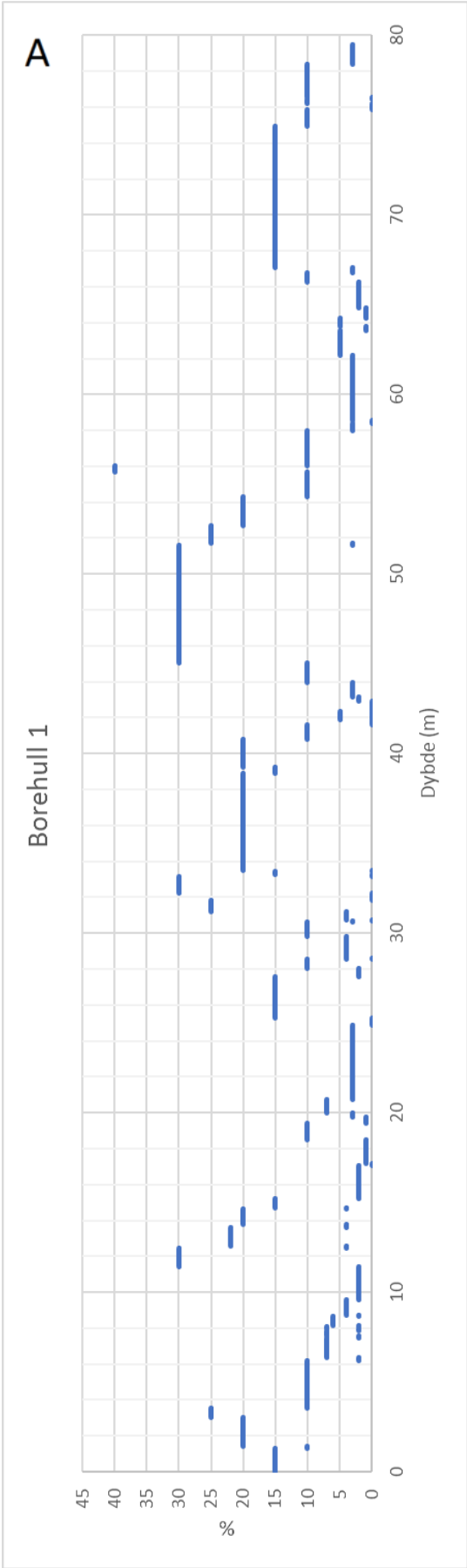
Figur 18: oikokryster i borekjernen. Bildet til venstre viser hvordan porfyroblastene opptrer over et lengre parti, mens bildet til venstre viser tekturen mer detaljert.

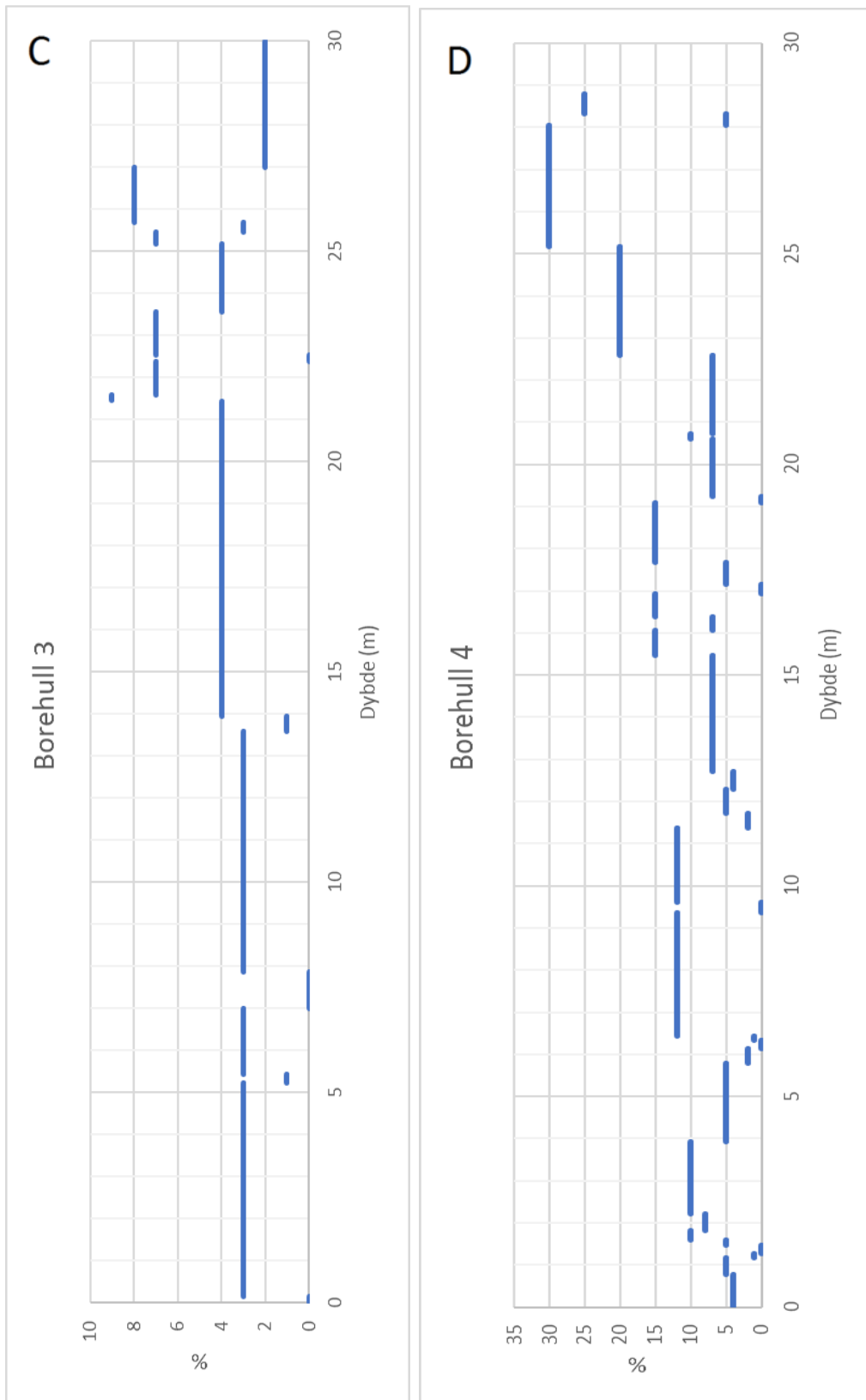
Andelen av oikokryster i kjernene varierer mye og relativt hyppig. Figur 19 viser andelen av oikokryster fordelt over de fire kjernene. Spesielt i borehull 1 og 2 forekommer det korte partier som skiller seg ut ved raske endringer av mengden oikokryster sammenlignet med omgivelsene. Spesielt i borehull 1 kan det observeres at endringene i andel foregår gradvis, enten ved at prosentandelen stiger eller minker. Borehull 2 virker som å ha en mer tilfeldig fordeling, men i intervallet 28 til 41 meter avtrapper mengden gradvis.

Borehull 3 viser lave og stabile verdier på rundt 2-8%, med korte intervaller som ikke inneholder oikokryster. Borehull 4 inneholder lengre partier med lik andel oikokryster, men enkelte korte partier med lave verdier forekommer innimellom. Fra 19 til 27 meter kan det observeres en gradvis økning av oikokryster.

Ved å se på borehull 1 og to som er de to dypeste borehullene, virker det som at mengden porfyroblaster avtar nedover i dypet.

Under bearbeiding av kleberstein kan oikokrystene skape problemer ved at de preller av underveis og at de påvirker homogeniteten til steinen under arbeidet.

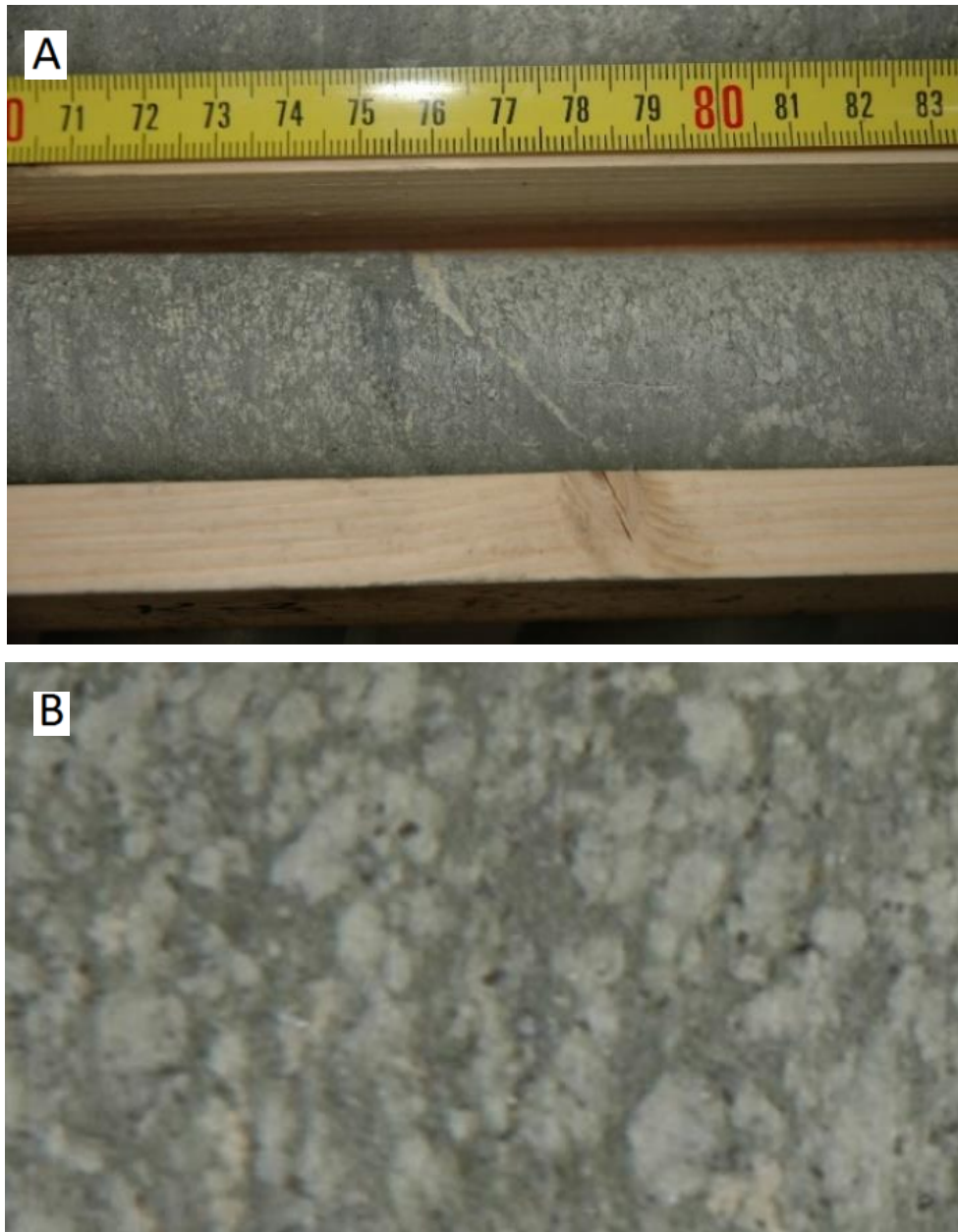




Figur 19: Andel oikokryster i de fire borekjernene angitt i prosent. Dybdeskalaen er forskjellige i de fire grafene.

4.2.3 Rekrystallasjon

Klebersteinen fra Dalhaugen har flere steder lyse flekker som består av meget finkornet materiale. Hvor tydelige de kan observeres i håndstykke, samt mengden varierer. Figur 20 viser hvordan de aller tydeligste flekkene ser i borekjernen, og figur 22D viser hvordan de ser ut i tynnslip.

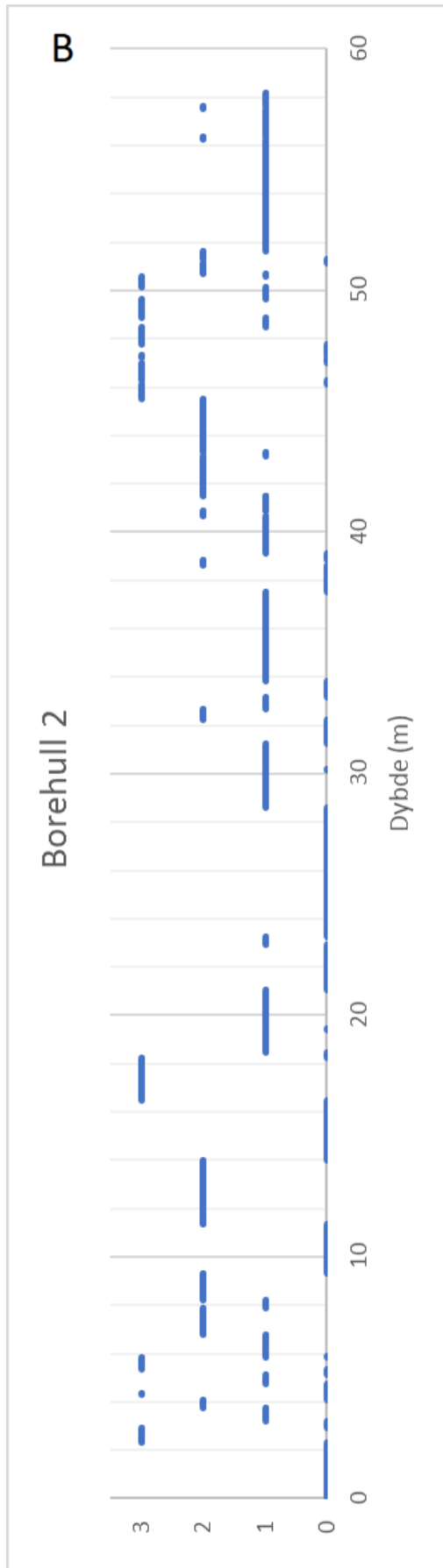
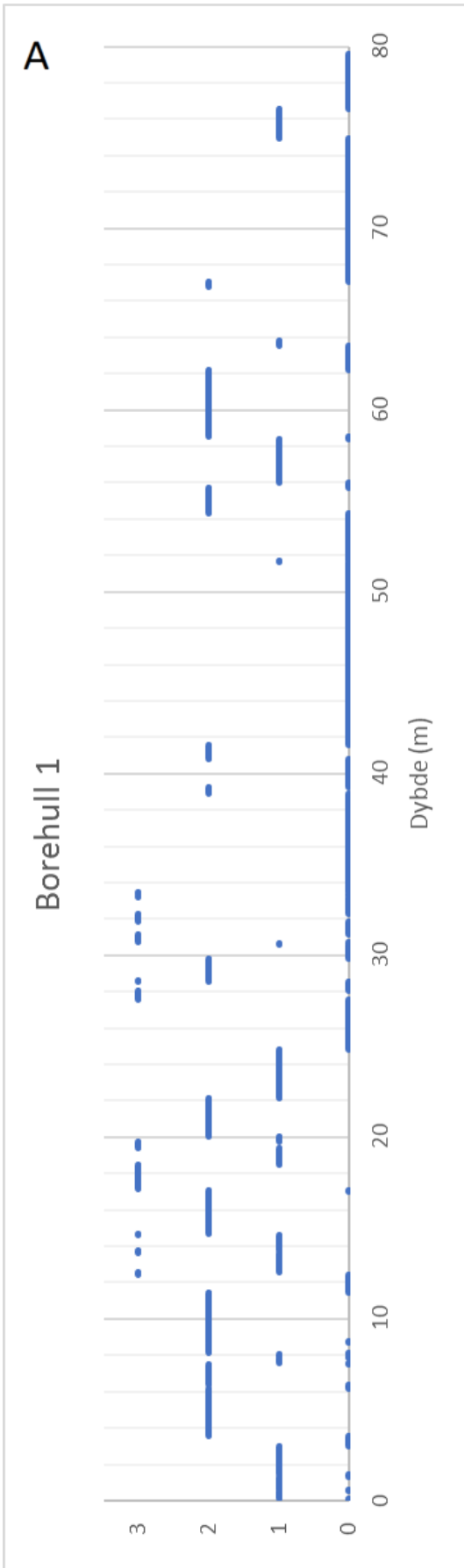


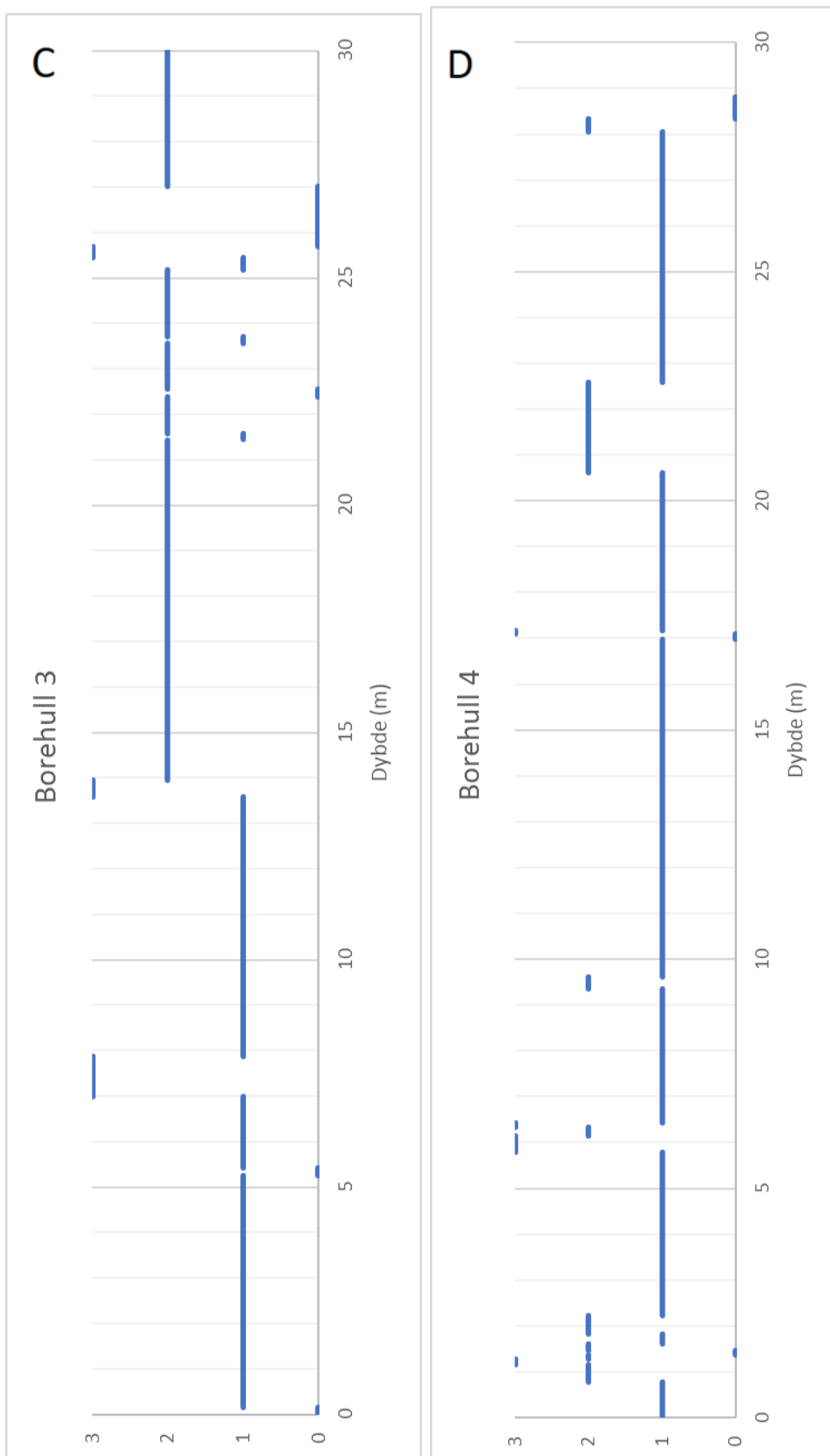
Figur 20: Lyse flekker av meget finkornet materiale. Mengden og hvor kraftige de kan observeres representerer det øverste sjiktet i Dalhaugen kleberstein, men finnes også i lavere konsentrasjoner og som mer diffuse.

Eksempelet i figur 20 viser hvordan de aller tydeligste flekkene forekommer, men de finnes også som mer diffuse flekker og med lavere konsentrasjon. Flekkene representerer restene av porfyroblastene, hvor det har blitt omgjort og nedbrutt til meget finkornet materiale.

Figur 21 viser grafisk hvordan utbredelsen til flekkene er i de fire borekjernene. Skalaen brukt varierer fra 0 til 3 hvor 0 representerer mangel på flekker og 3 representerer veldig tydelige flekker. Intervallet i figur 20 har fått klassifiseringen 3.

Områder med klassifisering 3 forekommer relativt sjeldent, mens 0, 1 og 2 opptrer i omtrent like store mengder.

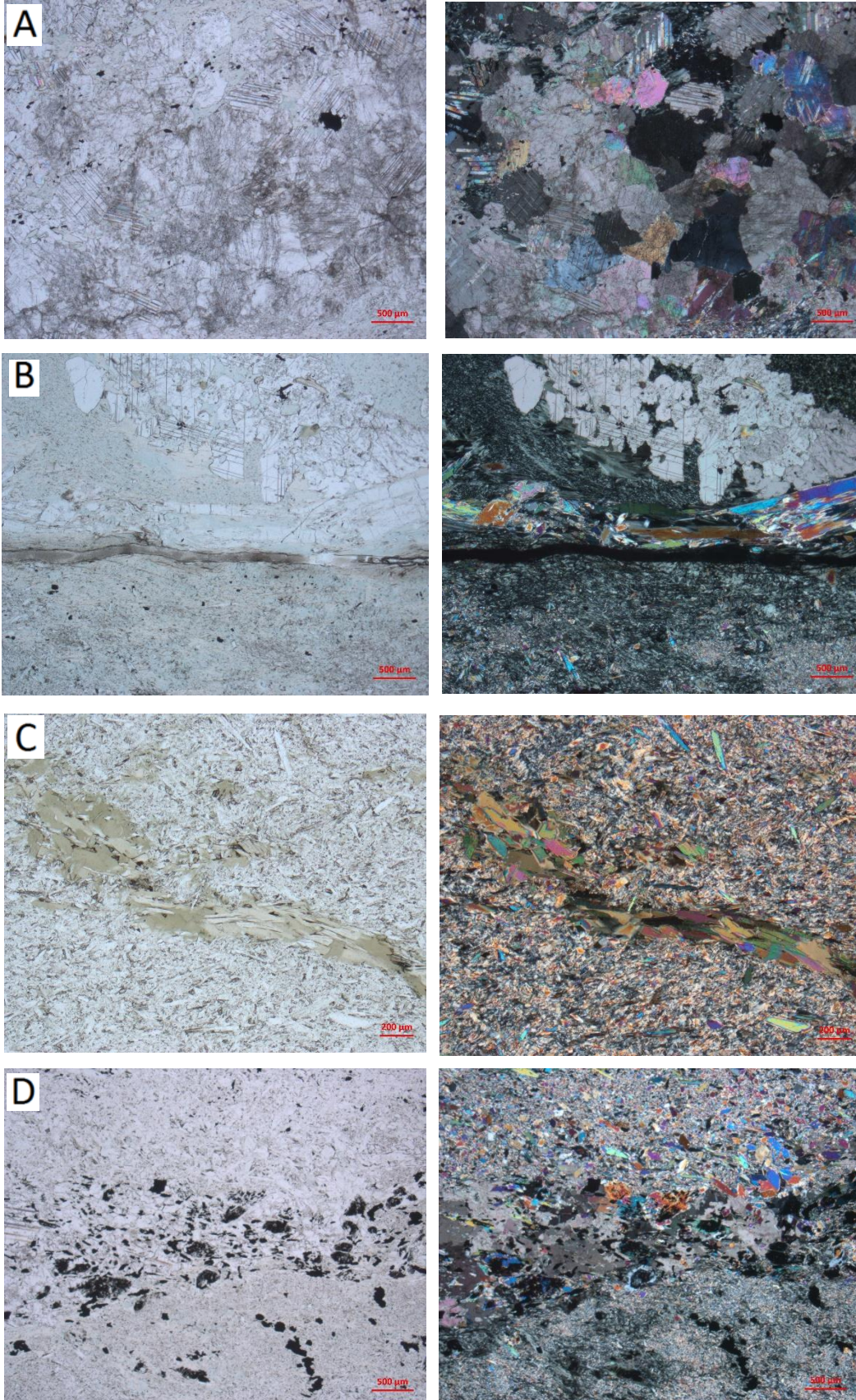


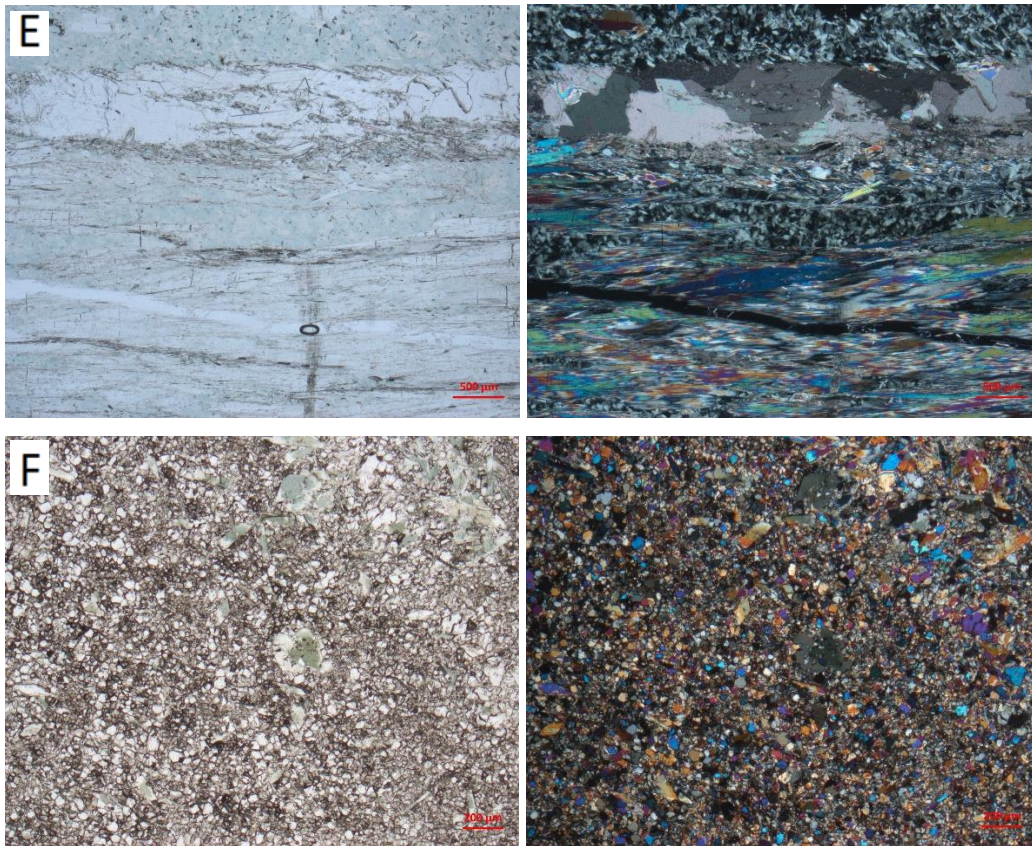


Figur 21: Grafisk fremstilling av oppreden til lyse flekker på borekjernene.

4.2.4 Sprekker og årer

Klebersteinen fra Dalhaugen har forskjellige typer årer med varierende grad av betydning for de huggetekniske egenskapene. I figur 22 er de vanligste typene årer vist fram i tynnslip.





Figur 22: Tynnslip som viser forskjellige årer og sprekker i Dalhaugen Kleberstein. Bildene til venstre viser vanlig lysgjennomgang, mens bildene til høyre viser polarisert lysgjennomgang. A: viser en karbonatåre. B: Viser en åre med aktinolitt, sammen med en sprekk. C: Viser en glimmeråre. D: Viser en åre av hovedsakelig karbonat og aktinolitt med litt talk. E: Viser forskjellige årer av kloritt, aktinolitt og karbonat. En markant sprekk er dannet gjennom aktinolittåren. F: Viser en tykk åre med finkornet aktinolitt og talk.

Hyppigheten av årene kan observeres i vedlegg 2.

Figur 22A viser en tykk åre bestående av karbonat, sammen med enkelte korn av sulfider og oksider. Disse årene forekommer relativt ofte i de fire borekjerne og oppfattes som myke.

Figur 22B og 22E viser begge et eksempel på årer av foliert aktinolitt. I begge eksempelet har det blitt dannet en sprekk i forbindelse med årene. Dette er uønsket og kan gå ut over kvaliteten på steinen under bearbeidelse. 2E viser i tillegg en karbonatåre og en klorittåre. Disse typene oppfattes som myke og det er ikke observert noen sprekker relatert til dem.

Figur 22F representerer et område med hovedsakelig meget finkornet aktinolitt, sammen med mindre mengder talk og karbonat. Slike inneslutninger framkommer som veldig harde, men forekommer bare i forbindelse med lengre karbonatpartier (vedlegg 2).

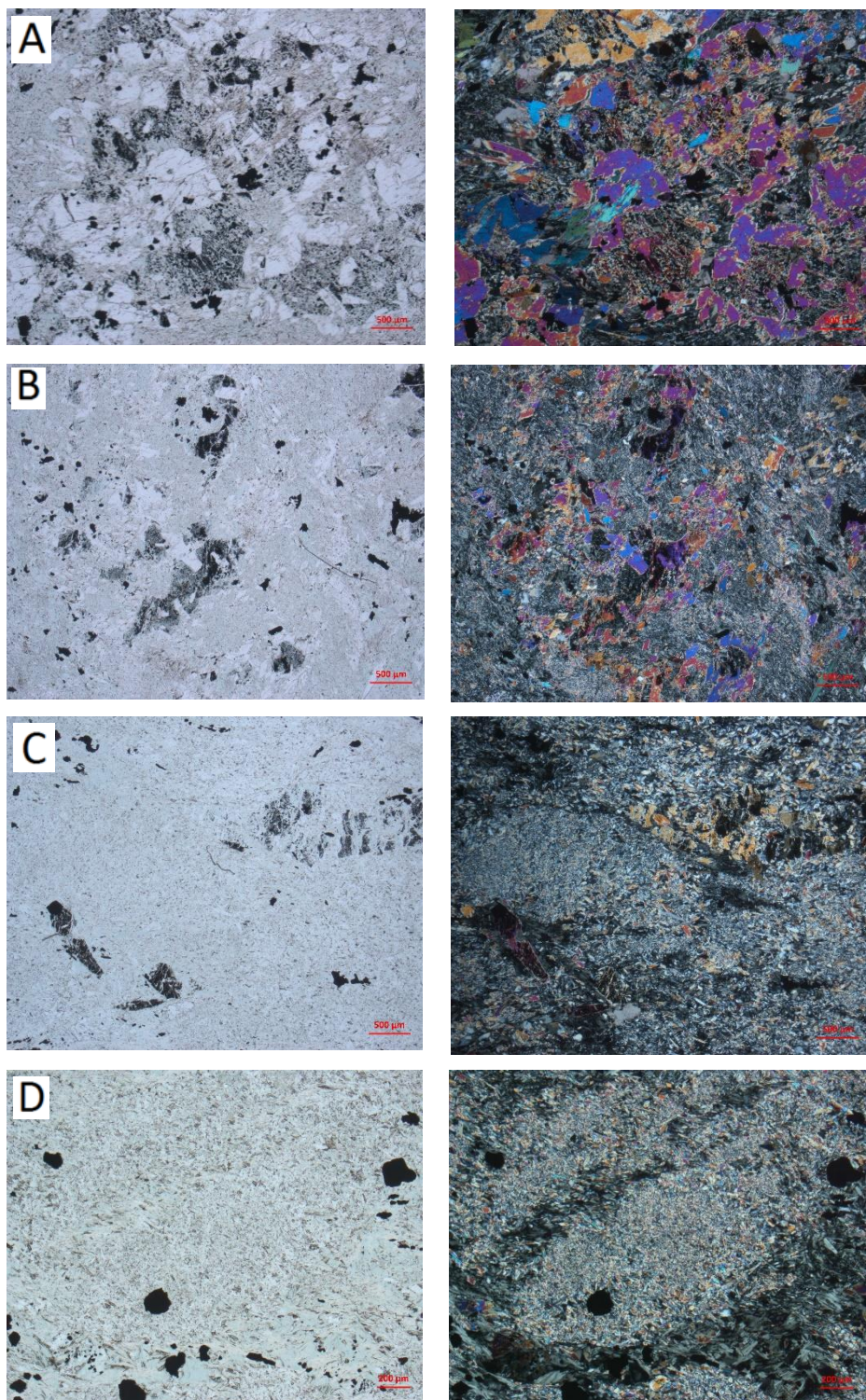
Figur 22C viser en tynn biotittåre. Denne typen årer er myk og forekommer for det meste rundt partiene med biotittrike inneslutninger (vedlegg 2). Figur 22D viser en åre som

inneholder en blanding av karbonat, aktinolitt, talk, oksider og sulfider. Denne typen åre er sammen med de rene karbonatårene de vanligste typene observert i de fire borekjernene.

4.3 Mineralogi og kjemi

4.3.1 Mineralogi

Klebersteinen befinner seg i forskjellige stadier av omvandling. I figur 15 representeres fire forskjellige stadier i omvandlingen.



Figur 23: Foto fra mikroskop av tynnslip med forskjellig grad av omvandling. Bildene på venstre side er tatt med vanlig lysgjennomgang, mens bildene på høyre er tatt med polarisert lysgjennomgang.

Figur 23A representerer den typen av borekjernene som ligner mest på den opprinnelige gabbroen, og er dermed minst omvandlet. Mineralogien er dominert av store aktinolitt oikokryster som befinner seg i en grunnmasse av hovedsakelig små aktinolitt- og klorittkrystaller. Større mineralkorn av oksider er også representert.

I figur 23B har amfibolkrystallene blitt ytterligere nedbrutt og konturer av markante områder med meget finkornet materiale begynner å synes. Fremdeles mye oksider i prøven.

I figur 23C har de fleste av oikokrystene blitt nedbrutt, men litt rester eksisterer fremdeles. Oikokrystene har blitt erstattet av en finkornet grunnmasse som er omringet av kloritt.

I figur 23D har alle oikokrystene blitt nedbrutt. Der oikokrystene tidligere lå er det nå kun finkornet grunnmasse omringet av et sammenhengende nettverk av kloritt.

4.3.2 XRD

Tabell 5 viser XRD analyser fra de fire borehullene. Tynnslip av områdene analysert finnes i appendiks D. De typiske verdiene for andel aktinolitt i prøvene ligger mellom 37 og 49 prosent, mens de typiske verdiene for kloritt ligger mellom 38 og 42. Prøvene som skiller seg ut er 133801, 133805 og 133804. Sistnevnte representerer en glimmerrik inneslutning i klebersteinen, derav det høye innholdet biotitt. Prøve 133801 og 133805 skiller seg ut ved å ha større andel aktinolitt og mindre andel kloritt enn de resterende prøvene.

Andelen av oksider varierer fra 1 til 4 prosent, hovedsakelig i form av ilmenitt, men også mindre mengder magnetitt. Sulfider i har blitt observert i tynnslipene, men mengden er for lav til å detektere med XRD, hvor den er langt under 1 prosent.

I tabell 6 er det vist XRD analyser fra steinskiver fra både Dalhaugen, Grunnes, Kvikne og Bjørnålia. Bilder av disse skivene er vist i appendiks A. Det ble tatt prøver av to steinskiver fra hver forekomst og det ser ut som at mineralogien har vært relativt lik i hver hovedtype. Blokkene fra Dalhaugen virker å representere mineralogien observert fra tabell med god overlapp.

Slip Nr	NGU-nr.	Borehull	Dybde (m)	act	chl	tlc	zeo	dol	cal	bt	tob	qtz	ilm	mt	tit	GOF	Rwp
128270	133801	1	9,9	60	27	6	2						2	2	1	1,98	15,76
128272	133802	1	16,8	40	45	4	4	2				spor	1	2	2	2,36	17
128278	133803	1	40,2	42	42	9	2						2		3	2,05	16,4
128282	133804	1	58,5	33					4	58	3		2			2,49	16,54
128284	133805	1	64,8	64	27	5	spor		3				1			1,92	15,25
128262	133806	2	14,3	39	39	12	3	3	spor				2	mulig	2	2	15,31
128265	133807	2	33,5	44	44	5	2	1					2		2	2,17	16,7
128267	133808	2	45,5	42	44	9	2		1				2		spor	2,07	16,1
128268	133809	2	53,5	49	38	8	3		1				1			2,12	16,1
128255	133810	3	2,3	44	43	6	2		2				2		1	2,13	16,54
128258	133811	3	17,55	43	44	4	2		4				2		1	2,3	16,74
128292	133812	4	24,6	37	44	10	3	3					2		1	2,16	16,71

Tabell 5: XRD resultater av mineralogien fra Dalhaugen borekjerne. Mineralinnholdet er angitt i vektprosent. Prøve 133804 er fra en biotittrik sone og alle øvrige prøver er fra kleberstein. Prøveplassering og litologi fremgår også av loggen i Vedlegg 2A. act=aktinolit, chl=klorit, tlc=talc, zeo=zeolit, dol=dolomit, cal=kalsitt, bt=biotitt, tob=tobermoritt, qtz=kvart, ilm=ilmenitt, mt=magnetitt, tit=titanitt. GOF = goodness of fit, Rwp = weighted profile factor. Hentet fra (Keiding et al., 2016)

NGU-nr.	Prøve	act	chl	tlc	dol	mgs	bt	srp	qtz	ilm	mt	tit	GOF	Rwp
133813	Dalhaugen1	46	42	10	1				spor	1		spor?	1,72	20,76
133814	Dalhaugen2	51	41	5	1					2		spor?	1,71	20,64
133815	Grunnes1	25	40	14	19					2		spor?	1,76	12,09
133816	Grunnes2	26	45	17	7					1		4	1,8	21,35
133817	Kvikne Hard1	6	29	19	12		8	21		2	3	spor?	1,84	20,47
133818	Kvikne Hard2	5	31	18	11		10	20		2	3	spor	1,88	20,16
133819	Kvikne med/myk1		26	24	11	28	9					2	1,83	19,86
133820	Kvikne med/myk2		25	26	10	28	9					2	1,91	20,27
133821	Bjørnålia1	16	38	19	8		15			1		3	1,84	20,23
133822	Bjørnålia2	16	40	18	8		15			1		2	1,7	19,89

Tabell 6: XRD resultater av mineralogien fra diverse klebertyper brukt til restaurering av Nidarosdomen. Mineralinnholdet er gitt i vektprosent. act=aktinolit, chl=kloritt, tlc=talk, dol=dolomitt, mgs=magnesitt, bt=biotitt, srp=serpentin, qtz=kvarts, ilm=ilmenitt, mt=magnetitt, tit=titanitt. GOF= goodness of fit. Rwp= weightet profile factor.

Steinen fra Kvikne er representert av to forskjellige typer, en hard variant og en medium til myk variant. Varianten som er medium til myk hard vil for enkelthet skyld bli referert til som kvikne myk videre i oppgaven. Det er tydelig hvordan endringene i mineralogien påvirker hardheten til steinen. Kvikne hard inneholder ca. 20% serpentin, som oppfattes som hard å hugge i. I kvikne myk har serpentin, sammen med aktinolitt og noe kloritt blitt omgjort til magnesitt og talk.

Grunnes, som er klebersteinen som for øyeblikket foretrekkes av steinhuggerne på NDR, har en lavere mengde aktinolitt enn Dalhaugen og høyere mengde av talk og karbonat.

Klorittinnholdet er noenlunde det samme. Dalhaugen og Grunnes skiller seg blant annet ut fra de andre bergartene ved at de ikke inneholder biotitt.

Bjørnålia har høyest innhold av biotitt. Den har også et høyere innhold av talk og lavere innhold av aktinolitt sammenliknet med Dalhaugen og Grunnes.

4.3.3 Mikrosonde

Lokalisering av de ulike analysepunktene sees i tabell 3. Tabell 7 viser hvordan den kjemiske formelen til de forskjellige mineralene ser ut når den gjennomsnittlige mengden av hvert element er regnet ut fra de forskjellige mikrosondepunktene. Rådata for utregningene finnes i appendiks B.

Mineral	Generell mineralformel
Aktinolitt	$(K_{0,01}Na_{0,06})(Ca_{1,86}Ni_{0,01})(Mn_{0,02}Mg_{4,55}Fe_{0,66})(Si_{7,78}Al_{0,18}Ti_{0,01})(OH)_2$
Kloritt	$(Mg_{8,57}Fe_{1,93}Al_{1,65}Mn_{0,02}Ni_{0,02}Ti_{0,01})(Si_{5,95}Al_{2,05})O_{20}(OH)_{16}$
Dolomitt	$(Ca_{1,02}Mg_{0,84}Fe_{0,12}Mn_{0,02})(CO_3)_2$
Kalsitt	$(Ca_{0,96}Mg_{0,02}Fe_{0,01}Mn_{0,01})CO_3$
Pyrrhotitt	$Fe_{0,93}Ni_{0,04}S_{1,03}$
Pentlanditt	$(Ni_{5,07}Fe_{3,92}Mg_{0,01})S_8$
Kalkopyritt	$Cu_{1,02}Fe_{1,06}Mg_{0,02}S_{1,9}$
Magnetitt	$(Fe_{2,95}Mg_{0,02}Si_{0,02}Ca_{0,01})O_4$
Ilmenitt	$Fe_{0,96}Ti_{0,95}Mn_{0,06}Mg_{0,03}O_3$

Tabell 7: Tabellen viser den generelle formelen til de forskjellige mineralene testet av mikrosonde. Formlene er basert på gjennomsnittsmengden av de forskjellige elementene i sine respektive mineraler.

Aktinolitt

Det ble totalt gjennomført 26 analyser av aktinolitt (se appendiks B). Ut i fra resultatene fra tabell 2 i Appendiks B har følgende generell formel for aktinolitt blitt regnet ut til:

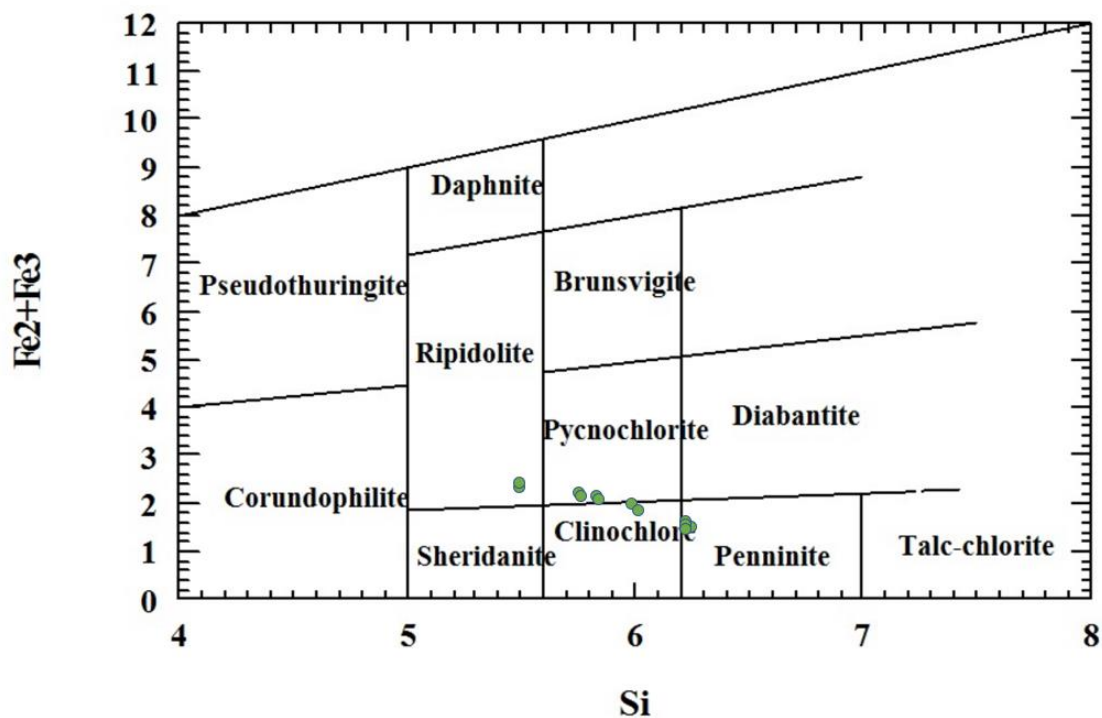


Utgangspunktet for formelen er tatt med forbehold den generelle formelen for aktinolitt $AB_2^{vi}C_5^{iv}T_8O_{22}(OH)_2$ (Leake et al., 1997).

Under utregningen ble prøve 128255.2.1 sett bort i fra grunnet at resultatene kan ha fått smitte fra omkringliggende kloritt fordi aktinolittkornet var meget lite.

Kloritt

Figur 24 viser at kloritten kan klassifiseres i ulike hovedtyper. Kloritten plottes i tett på klinoklor, som er et hydrotermalt alterasjonsprodukt av amfibol og pyroksen (Valdré, Malferrari, & Brigatti, 2009).

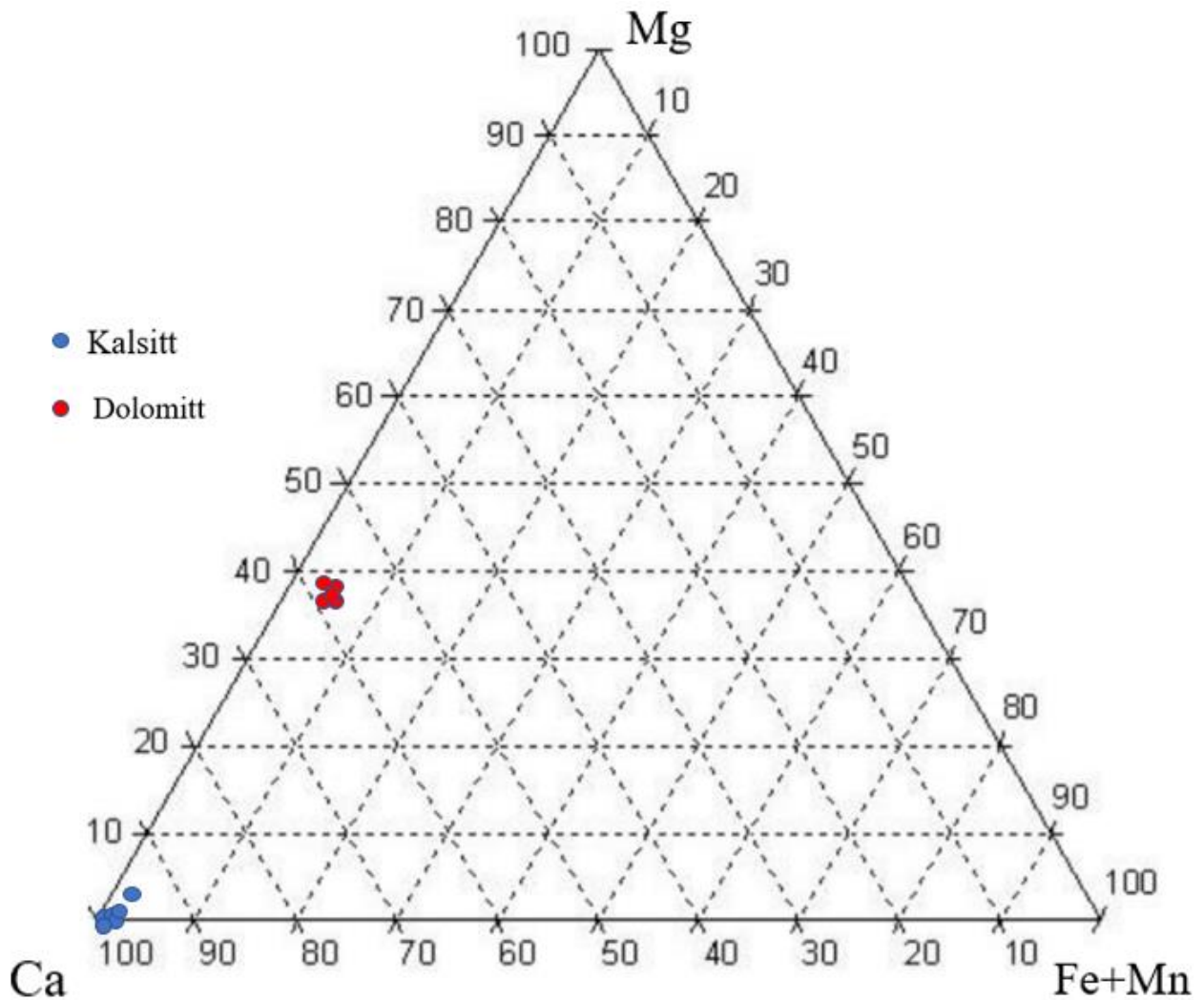


Figur 24: Figuren viser hvordan kloritten plottes i et Fe-Si Skjema. Tallene er hentet fra mikrosondedataen. Nomenklatur og grenser er hentet fra (Hey, 1954).

De forskjellige typene kloritt forteller noe om hvilke trykk og temperaturforhold mineralet ble dannet under. En viss usikkerhet til plottet er at den totale andelen jern er utregnet med forbehold om at mineralformelen til kloritten inneholder 18 oksygen, dette er dog en antagelse som ble tatt.

Karbonat

Det ble gjort 12 analyser av karbonater, hvorav mengden var likt delt mellom kalsitt og dolomitt (se appendiks B). Figur 25 viser hvordan fordelingen av elementene Ca, Mg, Fe+Mn er fordelt i de forskjellige karbonatene.



Figur 25: Diagrammet viser hvordan elementene Ca, Mg og Fe+Mn er fordelt for karbonatmineralene.

Karbonatene som plottes nede i venstre hjørne har et høyt innhold av Ca og et lavt innhold av Mg, Fe, og Mn. Disse kan klassifiseres som kalsitt (Deer, Howie, & Zussman, 1992a).

Punktene med høyt innhold av Ca og Mg, med lavt innhold av Fe og Mn kan klassifiseres som dolomitt (Deer, Howie, & Zussman, 1992b).

Den generelle formelen til dolomitten er $(Ca_{1,02}Mg_{0,84}Fe_{0,12}Mn_{0,02})(CO_3)_2$ da det er tatt høyde for at karbon og oksygen fyller plassene sine. Den generelle formelen til kalsitt er $(Ca_{0,96}Mg_{0,02}Fe_{0,01}Mn_{0,01})CO_3$ da det er tatt høyde for at karbon og oksygen fyller sine plasser.

Sulfider

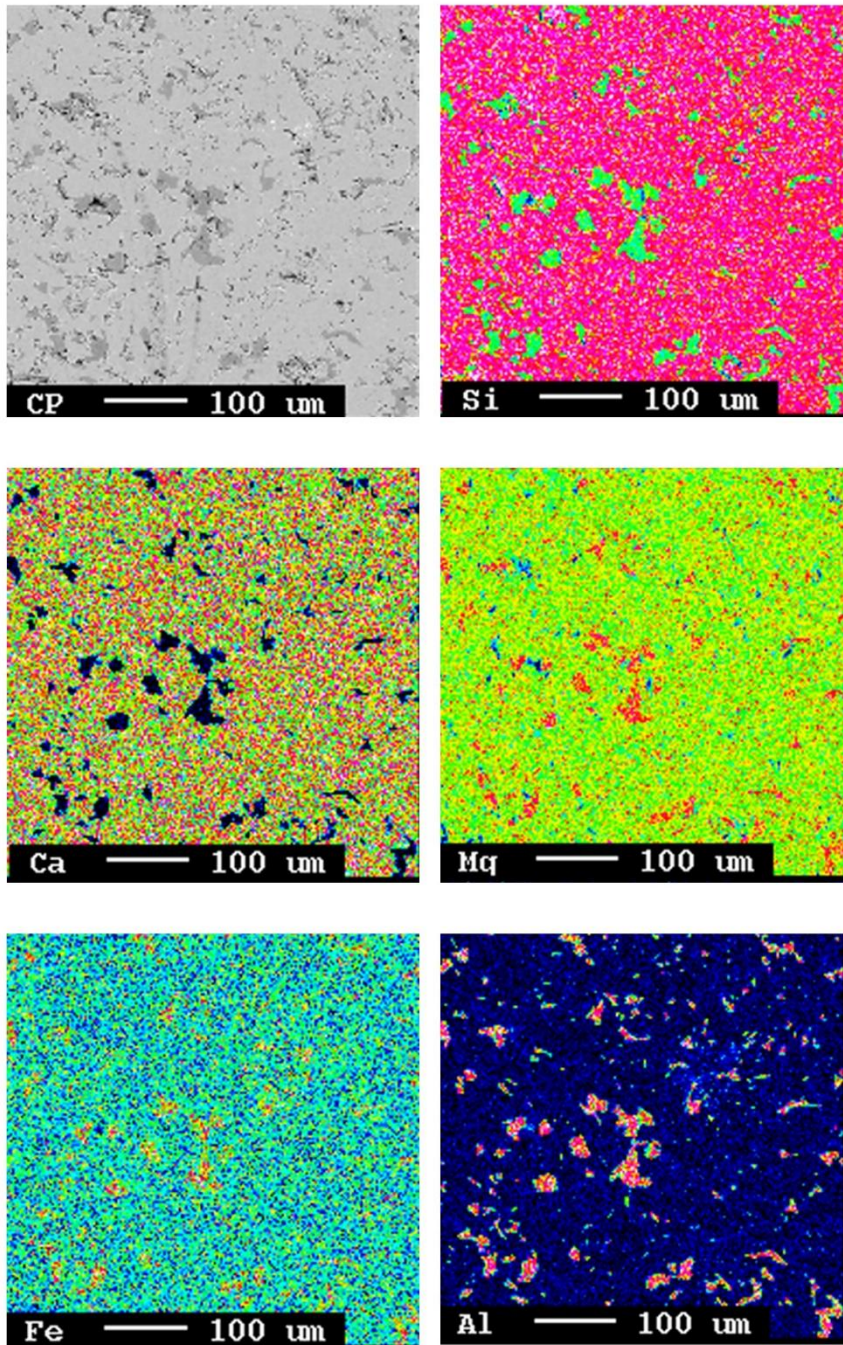
De tre sulfidene analysert med mikrosonde var pyrrhotitt, pentlanditt og kalkopyritt. Resultatene er gitt i tabell 7. Formlene er utregnet og normalisert basert på at alle plassene var fullsatte.

Oksider

Oksidene som ble analysert var magnetitt og ilmenitt. Resultat finnes i tabell 7. Formlene ble utregnet og normalisert ut i fra at oksygen fyller plassen sin perfekt. Elementer det eksisterte mindre enn 0,01 av har blitt utelatt fra formelen. Disse elementene er Si, Na, S, Al, Ca og Ni.

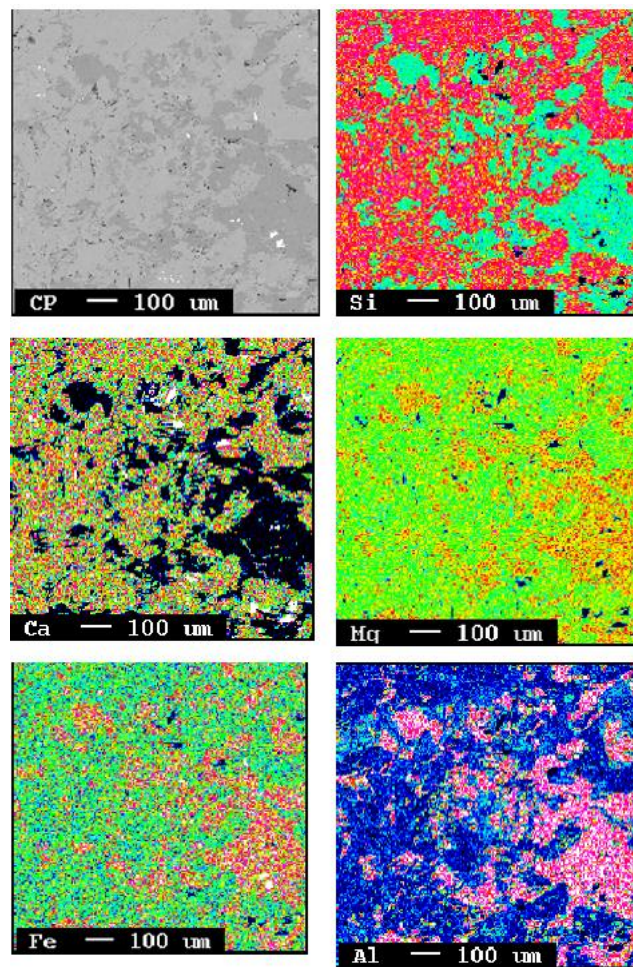
Elementkart

Elementkartet i figur 26 viser hvordan den typiske matriksen hovedtypen av kleberstein i Dalhaugen. Områder med kloritt står frem som røde i aluminium kanalen og blå i kalsium kanalen. De største partier av kloritt har en utbredelse fra 10-30 μm , mens de minste er for små til å observeres. Elementkart over samtlige grunnstoff analysert finnes i appendks B.



Figur 26: Elementkart med grunnstoffene Si, Ca, Mg, Fe og Al over matriksen i tynnslip 128275.

Figur 27 representerer et område der en stor aktinolittkrystall har begynt å nedbrytes. Det er denne typen aktinolitt som tidligere i oppgaven har blitt referert til som en oikokryst.

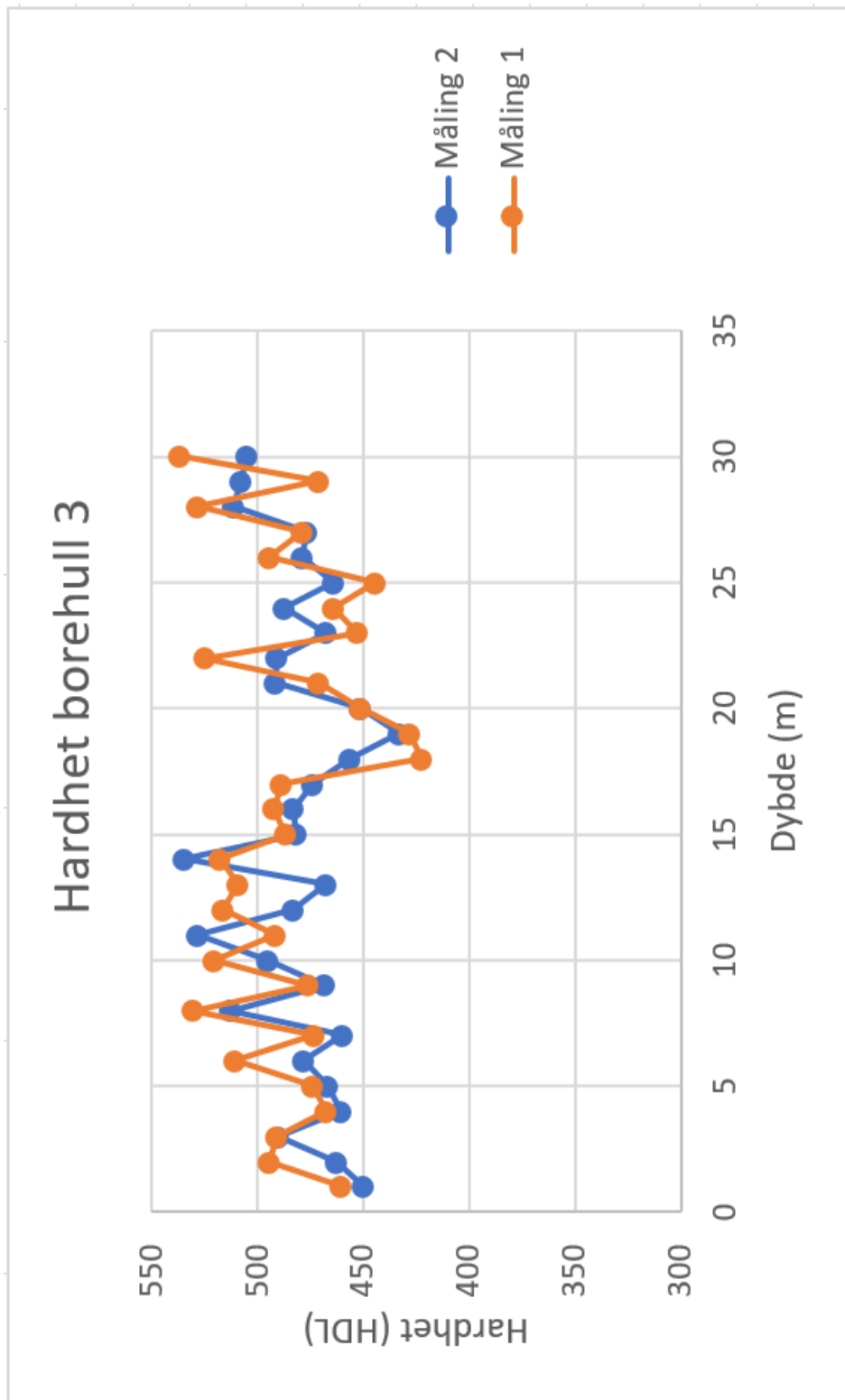


Figur 27: Elementkart med grunnstoffene Si, Ca, Mg, Fe og Al over matriksen i tynnslip 128255.

4.4 Hardhet

Utstyret brukt til hardhetsmålingene i dette kapitlet er gjort med equotip 3, som er beskrevet i metodekapitlet. Alle verdiene målt er tatt i betraktning med unntak av målinger med verdi under 100. Dette er grunnet at disse mest sannsynligvis skyldes at målingen ble gjennomført med en vinkel på borekjerne, slik at equotip-måleren ikke traff med hele sin overflate. Enkelte steder skyldes også disse lave målingene at borekjernes var oppsprukket.

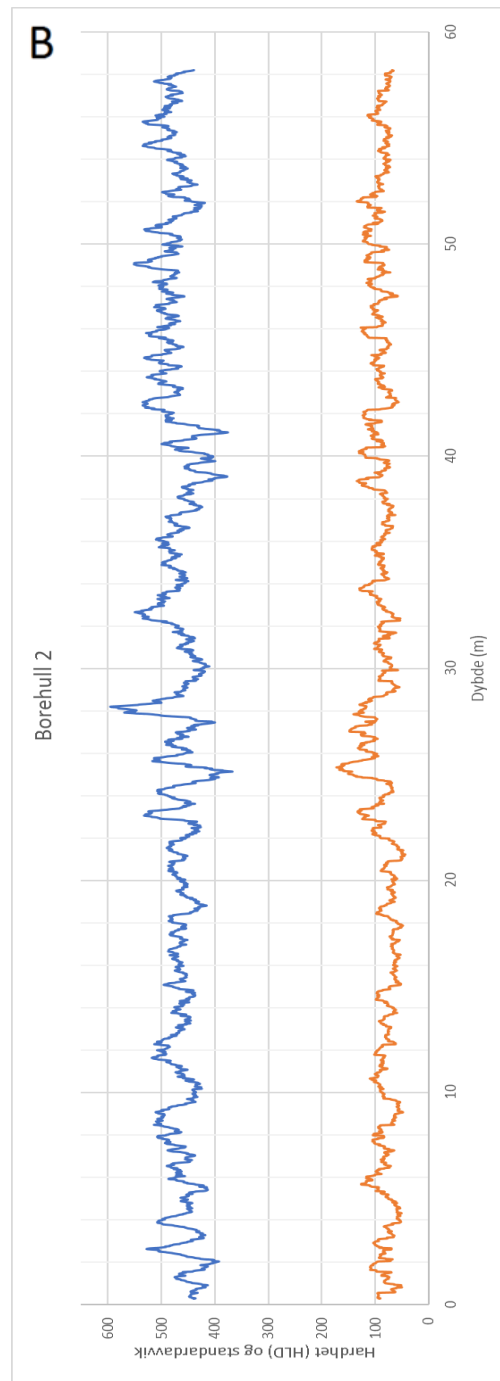
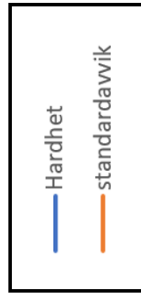
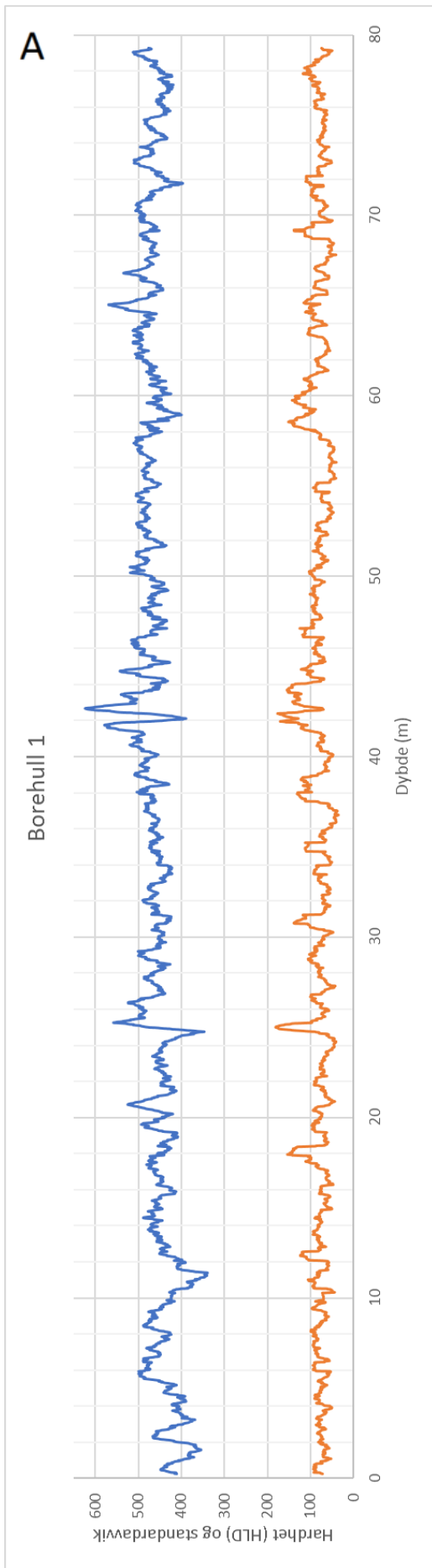
For å sjekke kvaliteten på equotip-målingene ble det gjennomført to målesekvenser på borekerne 3.

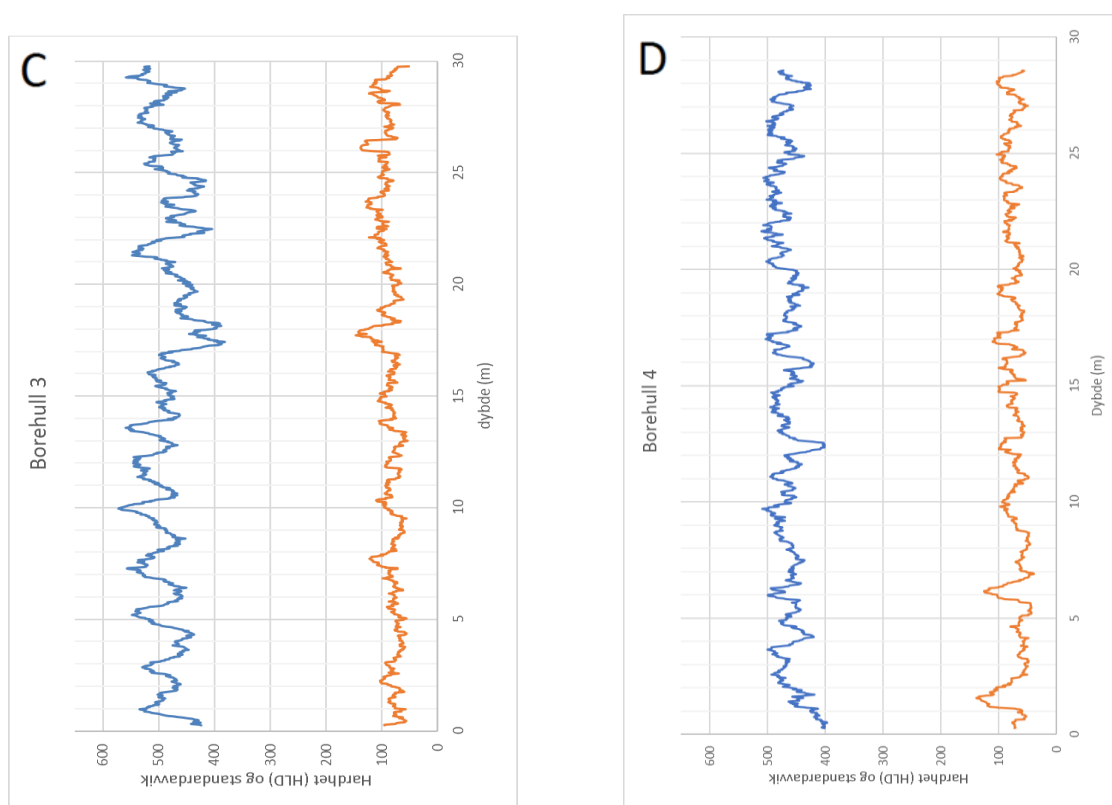


Figur 28: Hardhetsmålinger gjennomført på borekjerne 3. Grafene er basert på gjennomsnittsverdien av hver meter av kjernen.

Det ser tilsynelatende ut til å være god korrelasjon mellom de to målingene (figur 28). Unntaket er mellom 12 og 13 meter hvor variasjonen kan tilskrives at deler av kjernen var tatt ut til tynnslip når måling 2 ble gjennomført.

For å få et overblikk over variasjonen hardhet gjennom de fire borehullene er det produsert forskjellige grafer ut i fra forskjellige betingelser. Figur 29 fiser både hardheten og standardavviket i samme diagram.





Figur 29: Figuren viser hardheten i de fire borehullene sammen med standardavviket. Blå viser hardheten målt med equotip, mens orange viser standardavviket. Både hardheten og standardavviket er regnet ut ved å ta gjennomsnittsverdien til målt hardhet med 50 cm intervaller. Dimensjonen til de fire grafene er like.

I figur 19 har det blitt brukt gjennomsnittlig hardhet med intervaller på 50 meter.

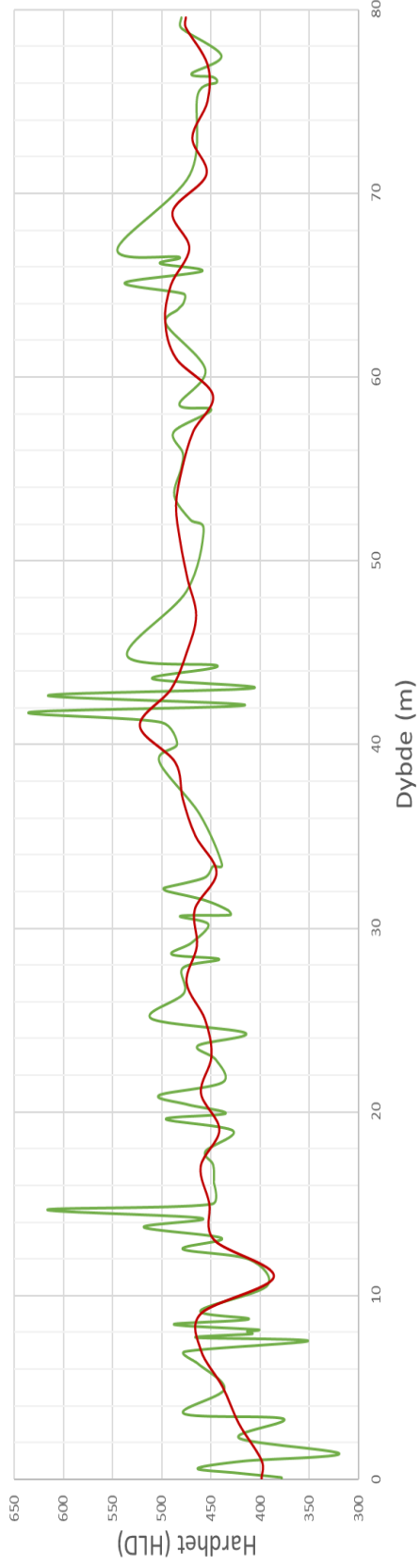
Gjennomsnittet ble først målt fra 0 til 50 cm hvor utregnet verdi ble plassert på 25 cm, og neste verdi ble plassert på 26 cm som representerer gjennomsnittet fra 2 til 26 cm, osv. Altså en forskyvning på 2 cm av hele intervallet for hver gjennomsnittsverdi. Standardavviket er regnet ut på samme måte.

Når standardavviket viser høye verdier kan det tyde på at det finnes ett kortere område ved denne dybden som har egenskaper som skiller seg ut fra resten av kjernen. Hardhetsmåleren registrerer kun punkter, så ved heterogene partier vil få høyt standardavvik. Det kan for eksempel være et område med mye karbonater eller store amfibolkorn. På borehull 1 kan det blant annet observeres høye verdier i standardavvik ved 25 og 42 meter, mens hardhetsverdien viser et stort sprik fra verdiene rundt.

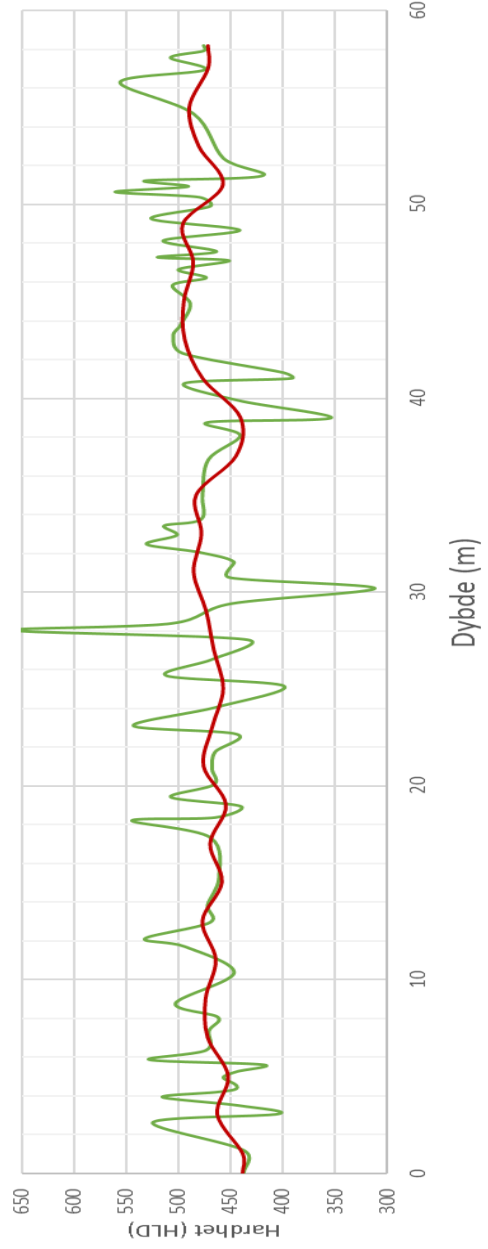
Det kommer fram fra figur 29 at hardheten varierer over relativt korte distanser. Borehull 4 viser for eksempel topp og bunnpunkt med relativt like intervaller. Appendix C viser hvordan disse grafene ser ut når det er brukt 20 cm intervaller i stedet for 50 cm.

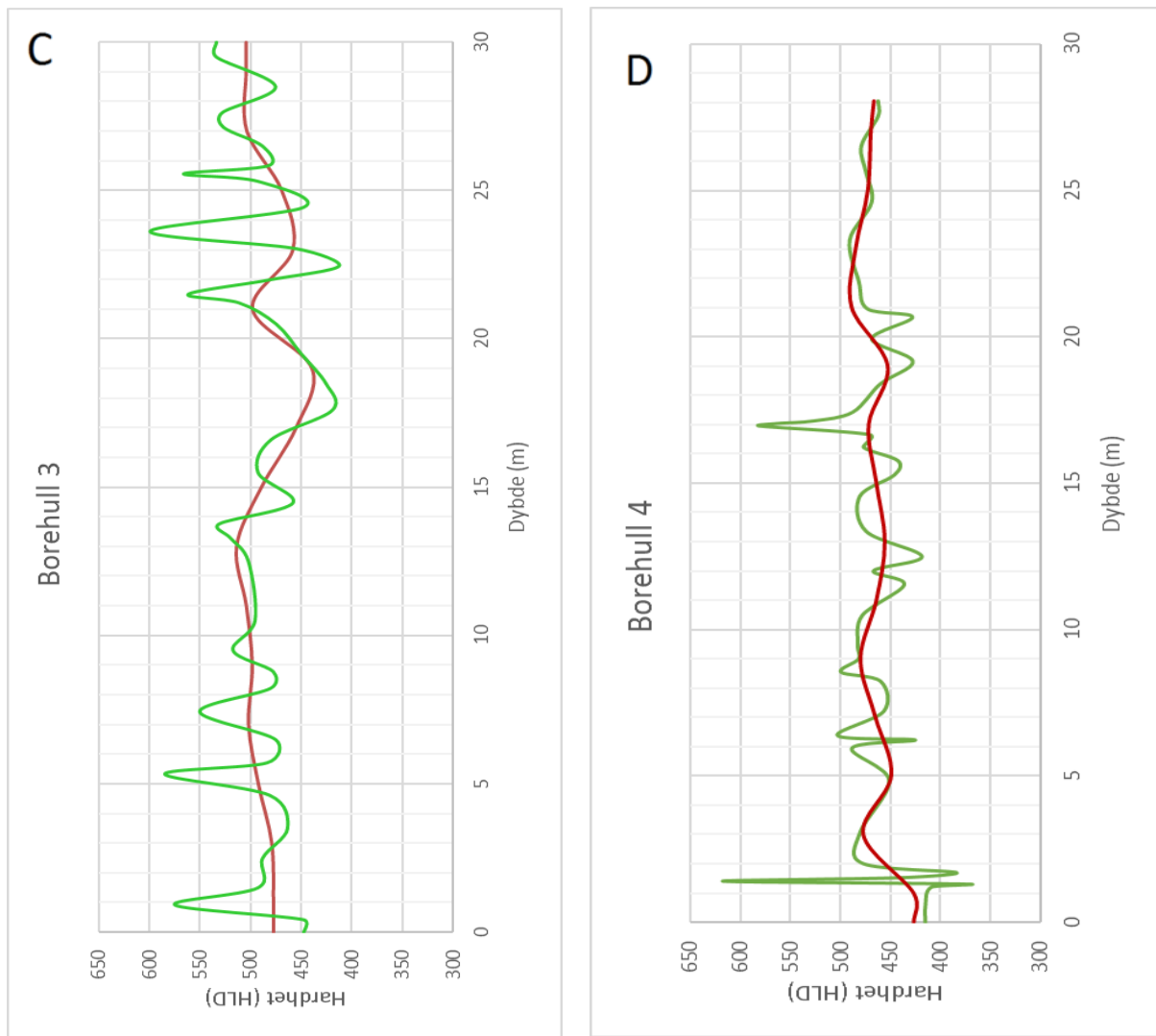
A

Borehull 1

**B**

Borehull 2



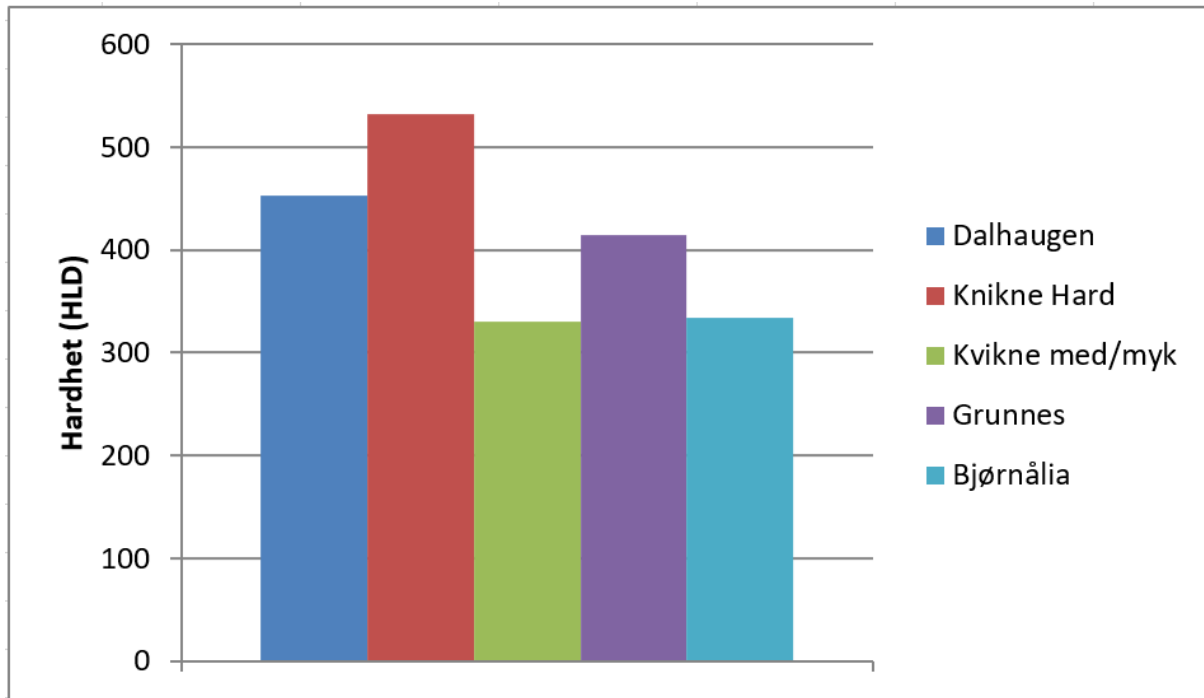


Figur 30: Figuren viser de fire borehullenes hardheten med gjennomsnittet til annenhver meter (rød) og gjennomsnittlig hardhet til oppdelte intervaller bestemt fra den fulle borehullsloggen (grønn). Hardhetsverdiene er tatt fra equotipmålingene.

Den røde grafen i diagrammene i figur 30 viser hardheten til de fire borekjernene når gjennomsnittlig verdi er målt fra annenhver meter i kjernene. Altså er først gjennomsnittet fra intervallet 0 til 2 meter regnet ut og representert i grafene ved dybde 1 meter, så gjennomsnittet for intervall 2 til 4 meter, osv. Det som da kan observeres fra grafene er de store trendene nedover i borehullene.

Den grønne grafen i diagrammene i figur 30 viser gjennomsnittlig hardhet til oppdelte intervaller i borekjernene bestemt fra den borehullsloggen i vedlegg 1. Det kan ut i fra disse grafene observeres tydelige topp og bunnpunkter som skiller seg betydelig fra de røde grafene. Disse områdene med spesielt høye og lave verdier kan brukes til å lokalisere partier av kjernene som skiller seg spesielt ut fra resten. Det kan dermed undersøkes om dette skyldes for eksempel mineralogiske variasjoner.

Figur 31 viser hardheten av steinskivene fra de ulike forekomstene. Figuren gir en indikasjon på sammenhengen mellom mineralogien og hardhetsmålingene.



Figur 31: Viser hardheten målt med equotip til de fem forskjellige typene kleber som det er avbildet av i Appendiks A. Figuren er hentet fra (Keiding et al., 2016)

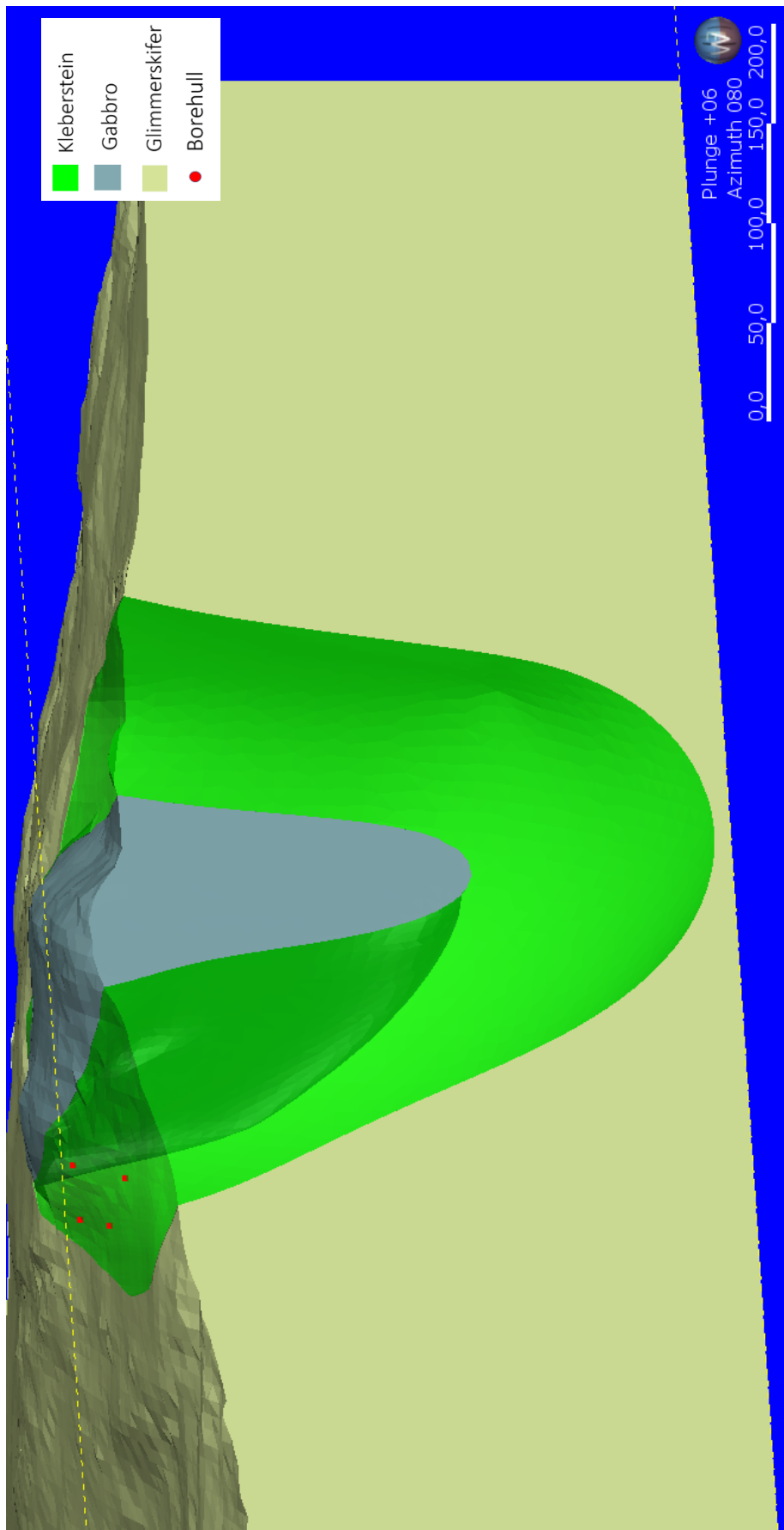
Hardhetsmålingene samsvarer godt med erfaringene steinhuggerne har fra arbeidet med de forskjellige steintypene. Dalhaugen har en HLD verdi på rundt 50 høyere enn Grunnes. Grunnes er den steinen som foretrekkes på NDR for øyeblikket, så det er mest relevant å sammenligne Dalhaugen med denne. Dalhaugen viser seg å være merkbart hardere å jobbe med enn Grunnes, noe som kan tyde på at 50 HLD gjør en relativt stor forskjell når steinen skal bearbeides. I diskusjonen blir det vurdert om tekstur og foliasjon også kan ha en innvirkning på den hardhet steinhuggeren opplever.

4.5 Geometrisk modell

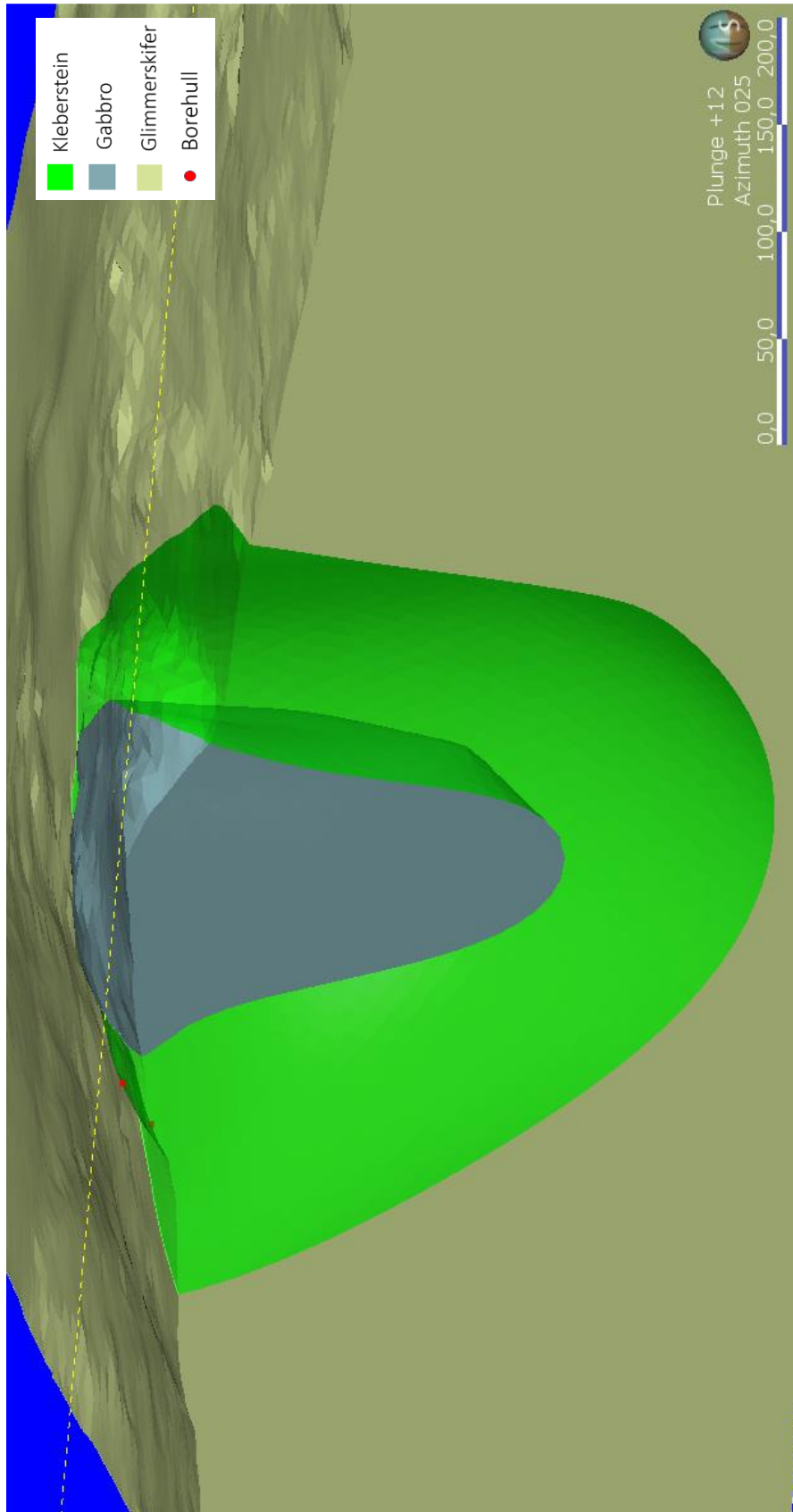
Den geometriske modellen av Dalhaugen klebersteinsforekomst er produsert ved med bakgrunn fra borekjernene, bergartsgrense kartlagt i dagen og strøk/fall målinger av foliasjoner observert og målt i felt.

Borehullene ble brukt til å lokalisere minimumsdybden for kleberstein, ettersom grensen til ren gabbro ikke ble nådd. Strøk og fall målingene ble brukt til å tegne trendlinjer nedover i dypet og var dermed den viktigste informasjonen for kunne avgrense forekomsten i dypet (figur 32).

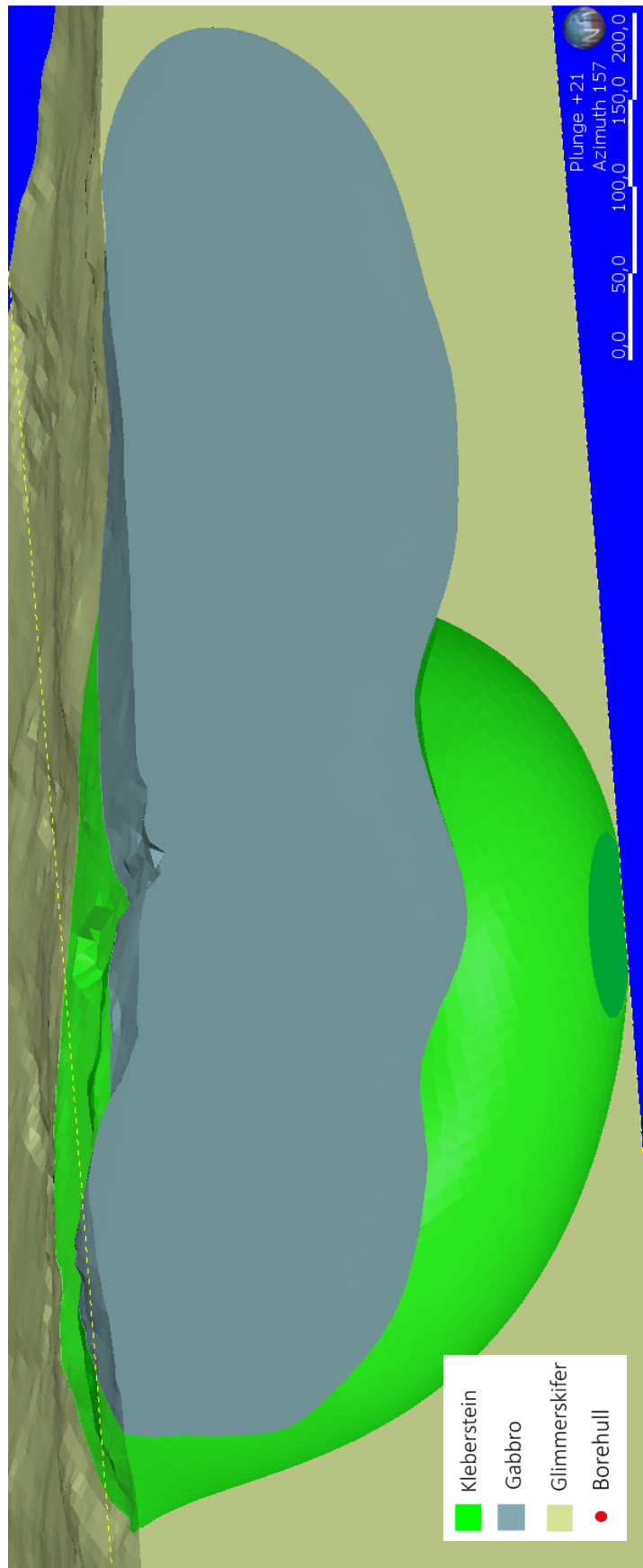
Marmoren fra figur 11 som ble kartlagt i felt er ikke tatt med i modellen i figur 32, ettersom det ikke finnes informasjon over hvordan disse marmorlinsene opptrer i dypet. De anses som lite viktige i denne sammenheng ettersom de opptrer utenfor det aktuelle uttaksområdet.



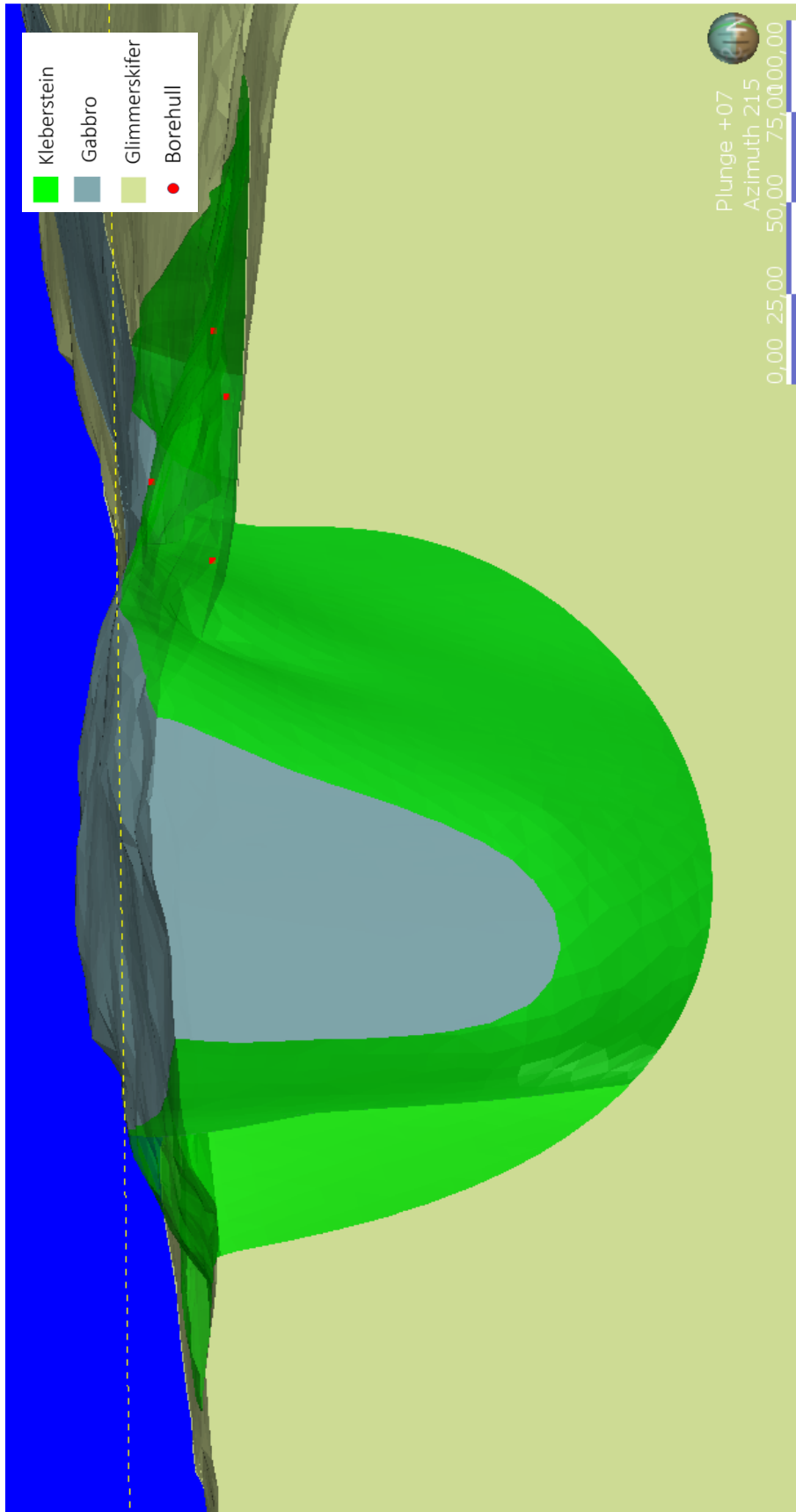
Figur 32: Snitt gjennom Dalhaugen klebersteinsforekomst i østlig retning.



Figur 33: Snitt gjennom Dalhaugen klebersteinsforekomst i nordøstlig retning..



Figur 34: Snitt gjennom Dalhaugen klebersteinsforekomst. Snittet er tatt på langs av gabbroen.



Figur 35: Snitt gjennom Dalhaugen klebersteinsforekomst i sørvestlig retning.



Figur 36: Viser lokalisering og orientering til de fire borehullene i Dalhaugen Klebersteinsforekomst.

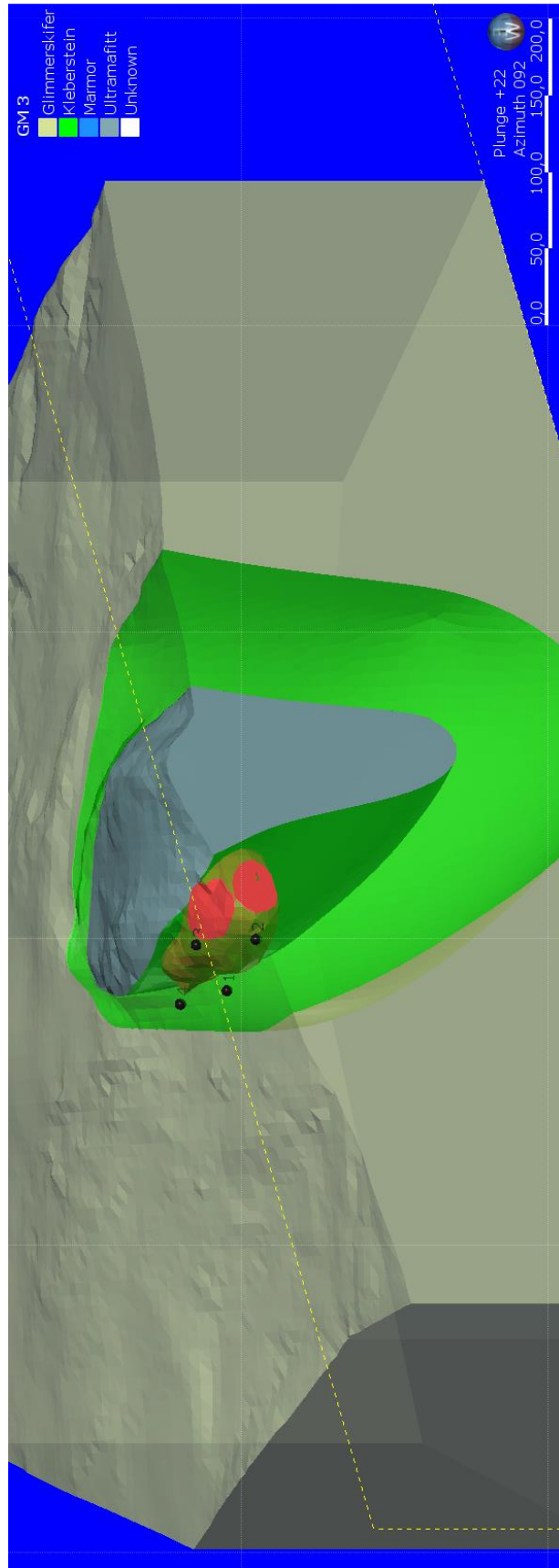
Figur 33 illustrerer hvordan de forskjellige borehullene er orientert. Borehull 1, 2 og 4 har samme vinkel nedover på 10 grader, mens borehull 3 befinner seg rett ovenfor borehull 1 og har en vertikal orientering på 70 grader.

4.6 Kvalimetrisk modell

For å lokalisere den best egnete steintypen er det laget flere kvalimetriske modeller med forskjellige betingelser. Ettersom det finnes fire borehull vil det være et avgrenset område rundt disse hullene hvor den kvalimetriske modellen vil befinne seg.

Det finnes mange viktige parametere for å bestemme bergartens kvalitet. Til bruk som byggstein er sprekker en meget viktig parameter å ta hensyn til, ettersom uttak av størst mulig blokk er ønskelig.

Modellen i figur 4 har tatt utgangspunkt i sprekker, årer og hardhet. Det røde området viser hvor det best egnete området befinner seg. I retning borehull 4 befinner den ønskede steintypen seg nedover i dypet og er for oppsprukket ved overflaten. Det samme gjelder for borehull 1, mens borehull 3 som ligger rett over borehull1 ser det ut til å være god kvalitet selv oppe i dagen.



Figur 37: Kvalimetrisk modell basert på hardhet, sprekker og årer.

5 Diskusjon

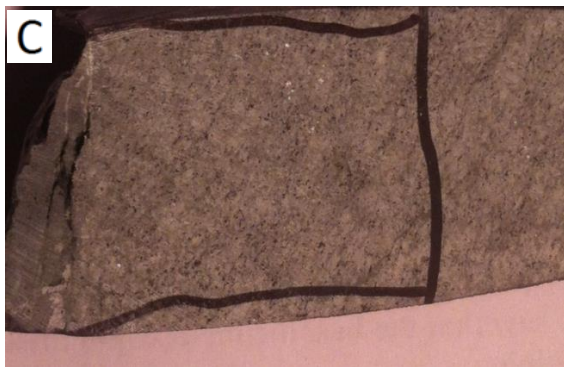
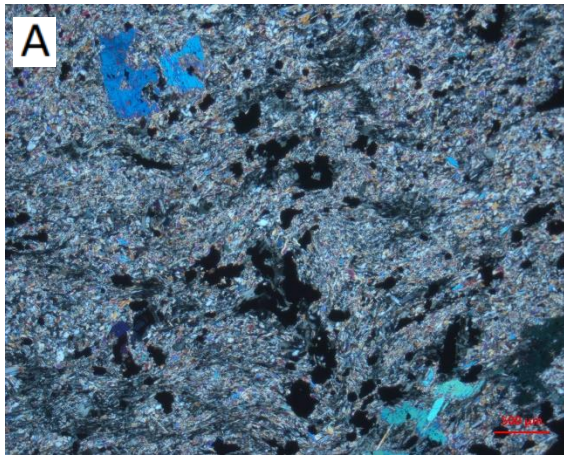
5.1 Dalhaugen mineralogi

Mineralogien i Dalhaugen har blitt kartlagt ved hjelp av mikroskopering, XRD og visuelt på stoff/borekjerne. Ved å kombinere mikroskopering og observasjoner fra borekjernen kan de mineralogiske forskjellene nedover i borekjernene tolkes.

En god del av mineralene i kleberstein er for finkornet til å kunne identifiseres i tynnslip. Elementkartene er dermed et godt hjelpemiddel til å analysere mineralogien i den finkornede grunnmassen. Figur B3 i appendiks representerer et elementkart over et område med finkornet grunnmasse. Kloritt gjenkjennes ved høyt innhold av aluminium og magnesium.

Kornstørrelsen til kloritten ligger på godt under 100 mikron, hvor de største kornene er ca. 30 mikron. Figuren viser også at det aller meste av den finkornede grunnmassen består av aktinolit. Grunnen til at andelen kloritt er såpass lav sammenlignet med XRD-resultatene er at de fleste klorittkornene opptrer som sammenhengende nettverk rundt den finkornede grunnmassen, noe som kan observeres på figur 23D.

Aktinolitinnholdet i tynnslip 128284 og 128270 (appendiks D) ligger på over 60% ifølge XRD-analysene, noe som er adskillelig høyere enn resten. Samtidig er andelen kloritt på 27%. I figur 38 er det bilde av disse to slipene sammen med bilde av partiet av borekjernen de er hentet ut fra. Til tross for relativt like resultater på XRD-analysen til disse to prøvene, skiller de seg utseendemessig og teksturelt fra hverandre. De lyse flekkene, som representerer finkornet grunnmasse, er på tynnslip 128270 mer diffuse enn dem på 128284. Kloritten i 128270 danner et mer sammenhengende nettverk rundt den finkornede grunnmassen, mens kloritten i 128284 opptrer mer som inneslutninger i grunnmassen. Kornstørrelsen i 128284 er også noe større enn i 128270. For huggetekniske formål vil områder med sammenhengende nettverk av kloritt være mer gunstig enn områder med finkornet aktinolitrik grunnmasse.



Figur 38: A: viser typisk utseende av tynnslip 128270. B: Viser typisk utseende av tynnslip 128284. C: Bilde av borekjernen der slip 128270 er tatt ut fra. D: Bilde av borekjernen der slip 128284 er tatt ut.

En av teksturene som er kartlagt er oikokryster. En oikokryst er definert som en vertsfenokrystall som inneholder inklusjoner av andre mineraler (Winter, 2010). I Dalhaugen klebersteinen er vertskrystallen aktinolitt. Aktinolitten opptrer ikke bare i form av oikokryster men også som finkornet grunnmasse.

Andelen talk i Klebersteinen fra Dalhaugen er lav, hvor den høyeste mengden analysert med XRD var på 12%. Sammenlignet med de andre kleberforekomstene undersøkt i tabell 6, er det den desidert Dalhaugen som har lavest andel talk. Talken opptrer for det meste som en del av grunnmassen, men enkelte større korn er observert. Med tanke på hardheten til steinen fra Dalhaugen er dette definitivt en av grunnene til at den plotter såpass høyt i figur

5.2 Dalhaugen hardhetsmålinger

For å finne ut om hardhetsmålingene på borekjernene gav et bra resultat ble borekjerne 4 målt to ganger på identisk måte og lokasjon. Resultatene for de to målingene er gitt i figur 28. En faktor som kan ha påvirket at grafene ser litt forskjellige ut er at i tidsrommet mellom målingene ble gjennomført ble det tatt ut partier av kjernene til tynnslip. Hardheten i disse partiene ble estimert ut i fra sidesteinen, noe som vil påvirke resultatet, spesielt i heterogene partier. Opptreden av tynne årer er en annen faktor som vil gi en påvirkning, ettersom målingene ble gjennomført med et intervall på 2 cm. Oppsprukkete partier kan også gi variasjon i målingene. På tross av dette er den generelle trenden del de to målingene rimelig like.

Hardhetsmålingene har blitt framstilt ut i fra forskjellige kriterier for å finne ut hvilke metoder som best viser relevante opplysninger i forhold til huggekvalitet. Figur C2 i appendiks viser grafisk hvordan samtlige hardhetsmålinger plotter. Disse grafene ser veldig kaotiske ut, men gir litt informasjon om de store trendene i borekjernene. Den viktigste informasjonen som kalles av disse grafene er de ekstreme verdiene, der spesielt de høyeste verdiene er av interesse. Grunnet vanskeligheten i å lese av relevant informasjon var det nødvendig å prøve forskjellige metoder for fremstilling av resultatene.

Den røde grafen i figur 30 som viser hardheten regnet ut i fra annenhver meter gir et bilde av de store hardhetstrendene nedover i borehullene. Styrken til denne metoden er at lengre partier som viser en trend om mykere partier kan oppdages og bli sett nærmere på. Det er dog mye viktig informasjon som uteblir, som for eksempel oppsprukkete partier og inneslutninger. Det er derfor nødvendig å se denne grafen i sammenheng med andre observasjoner. I figuren er den representert sammen med hardheten utregnet fra intervallene fra borehullsloggen. Denne ekstra informasjonen er med på å gi en bedre forståelse av virkeligheten, ved at ekstremverdier til korte intervaller blir fremvist. Et eksempel er i borehull 2 i intervallet 28 til 30 meter, hvor ekstremverdier i begge ender av skalaen er detektert. Dette er viktig informasjon ettersom slike områder er uønsket. Et ønskelig intervall for blokkproduksjon vil være der grafen for annenhver meter gir en generell trend av mykere stein sammen med få ekstremverdier i topp og bunnpunktene til intervallgrafene.

En annen måte hardheten er framvist på er i figur 29, hvor grafen gir et mer riktig bilde av den kontinuerlige forandringen i hardheten. Det er i denne grafen enklere å detektere variasjoner i hardhet over korte intervaller. 50 cm lange intervaller som er brukt under utregningen av

denne grafen er en god lengde for grafisk fremstilling. Sammenlignet med figur C1 i appendiks hvor det er brukt intervaller på 20 cm, som får grafen til å se mer kaotisk ut og de generelle trendene er vanskeligere å detektere. Hardheten har i figur 29 blitt framstilt sammen med standardavviket. Standardavviket kan brukes for å få en indikasjon på homogeniteten til steinen nedover i borekjernene.

Hardhetsmålingene i Borehull 1 har tre områder som skiller seg spesielt ut. Dette er ved 11 meter, 25 meter og 43 meter. Årsaken til lave verdier ved 11 meter er at det er lokalisert et parti her med stor andel sprekker. Ved 25 meter ligger en glimmerrik inneslutning ved siden av en karbonatrik sone, som er årsaken til at hardheten først får en veldig lav verdi for så å stige kraftig. Det virker som at hardheten øker noe nedover i borekjernen, men det er relativt lite. I likhet med borehull 1 har borehull 2 sine høyeste toppunkter ved de karbonatrike sonene, som befinner seg ved 23 og 28 meter. Grunnen til disse høye verdiene til karbonatrike soner blir diskutert i neste delkapittel. Det lave bunnpunktet ved 30 meter skyldes et årenettverk av rent karbonat. Hardheten ser ut til å øke litt nedover i borekjernen. Borehull 4 ser ut til å ha en relativt jevn hardhet med unntak av høye verdier ved 1,5 og 17 meter som skyldes 10 cm lange karbonatsoner.

Borekjerne 3 skiller seg ut fra de andre borekjernene ved at den er boret nesten vinkelrett på kløvet. Det er denne borekjernen som viser den høyeste hardheten jevnt over. Dette er sannsynligvis grunnet dens orientering på kløvet. I figur 29C ser det ut som at hardheten varierer i sykler gjennom hele borekjerne 3. Dette skyldes at kjernen har regelmessige variasjoner tekstuel. Toppunktene viser områder hvor grunnmassen opptrer som store lyse flekker, og andelen av omkringliggende klorittnettverk er lav. Det er derfor tydelig at hardhetsmåleren registrer grunnmassen som mye hardere enn kloritten. Grunnen til at disse syklene ikke kan observeres på figur 21 er at under loggingen ble disse lyse flekkene kategorisert ut i fra en totalvurdering av styrke og størrelse, noe som burde vært kategorisert hver for seg.

5.3 Hardhet sett i sammenheng med mineralogi

Tabell 6, som viser XRD-resultatene fra de forskjellige klebersteinene gir nyttig informasjon om hvilke mineralogiske egenskaper som har en signifikant betydning for hardheten og huggetekniske egenskaper. Dette er fordi samtlige typer er godt kjent for steinhuggerne hos NDR og dermed blitt godt beskrevet muntlig. Spesielt Kvikne, som representerer to forskjellige hardhetstyper er godt kjent av steinhuggerne. Den største forskjellen på disse to

typene er at Kvikne hard inneholder store mengder serpentin og Kvikne myk inneholder store mengder magnesitt. Det tyder derfor på at serpentinen er en stor bidragsyter til at steinen er såpass hard og at mangelen på dette mineralet sammen med større mengder magnesitt er avgjørende for at Kvikne myk er enklere å jobbe med. Kvikne myk er erfaringsmessig den steintypen steinhuggerne liker best å bearbeide, men har samtidig vist seg ikke å være så bestandig i forhold til forvitningsprosesser over tid.

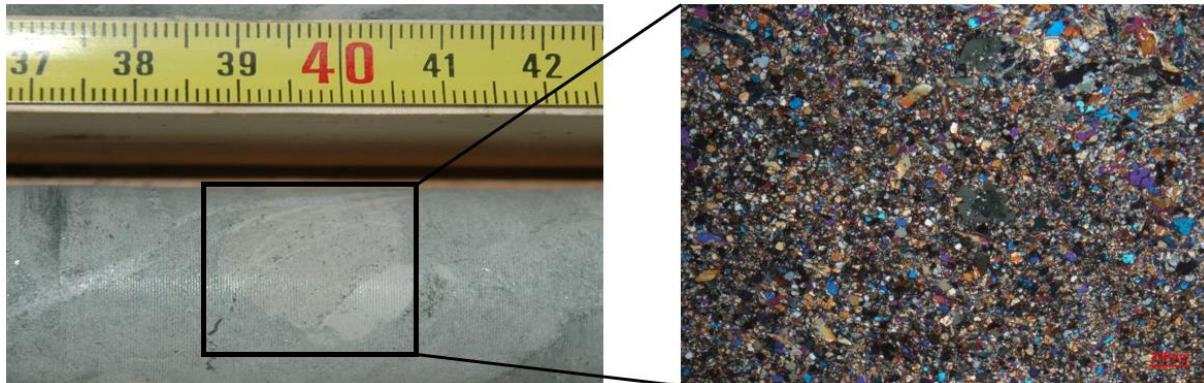
Forskjellene på Grunnes og Dalhaugen er også av stor interesse. Grunnes er den klebersteinen som for øyeblikket foretrekkes av NDR og ved å se på forskjellen i mineralogi sammenliknet med Dalhaugen, oppnås en god indikasjon på hvilke mineraler som gjør at steinen oppfattes som hard. Blant annet er aktinolittinnholdet adskillelig større i Dalhaugen, samtidig som at Dalhaugen inneholder mindre talk og karbonat enn Grunnes. Grunnes oppfattes som adskillelig enklere å jobbe med enn Dalhaugen. Det kan derfor tyde på at målingene gjort med equotip godt representerer at hardheten som er målt faktisk kan være en god indikator på hvordan steinhuggerne i praksis synes det er å jobbe med steinen. Det er selvfølgelig flere viktige faktorer enn hardhet når det er snakk om god stein i denne sammenheng, men hardheten er definitivt en av de viktigste. Lavt innhold av aktinolitt sammen med høyere innhold av talk og karbonat kan derfor sees på som gunstig for huggetekniske forhold.

Biotitt er et mineral som er viktig i forhold til steinhugging. Sett i sammenheng med hardhet vil biotitt være med på å gjøre steinene mykere, men det knytter seg til problemer med flakdannelse under hugging. Bergarten fra Bjørnålia er relativt grovkornet, slik at større flak av biotitt vil utgjøre svakheter så fremt de har felles foretrukken orientering. Samtidig forvitrer biotitt relativt fort og er dermed en bidragsyter til raskere erosjon av steinen. Både Dalhaugen og Grunnes er nesten fri for biotitt, med unntak av enkelte inneslutninger av sidestein. Dermed har de forholdsvis god bestandighet i forhold til forvitring og skader. Stein fra Bjørnålia inneholder varierende mengder biotitt. Det er kjent at Bjørnålia holder seg relativt dårlig over tid grunnet forvitring og avflakning.

I diskusjonen blir det vurdert om tekstur og foliasjon også kan ha en innvirkning på den hardhet steinhuggeren opplever.

Områdene som er omtalt som karbonatsoner i borehullsloggen i vedlegg 2 gir et kraftig utslag på høy hardhet. Grunnen til dette kan forklares med sammen med karbonaten befinner det seg mange finkornede amfibolkrystaller. Disse partiene vil være ubrukelig å bearbeide. Grunnen til at disse områdene ble logget som karbonatsoner og karbonatlinser var at de reagerte kraftig

på syre. Figur 39 viser en typisk linse som opptrer i karbonatsonene. Linsen inneholder nesten kun aktinolitt, for det meste finkornet, men også enkelte større korn. Store mengder karbonat burde bety svake hardhetsmålinger, så det er sannsynligvis denne opptreden av finkornet aktinolitt som gir disse høye hardhetsmålingene



Figur 39: Figuren viser en linse av nesten ren aktinolitt som befinner seg i en karbonatsone.

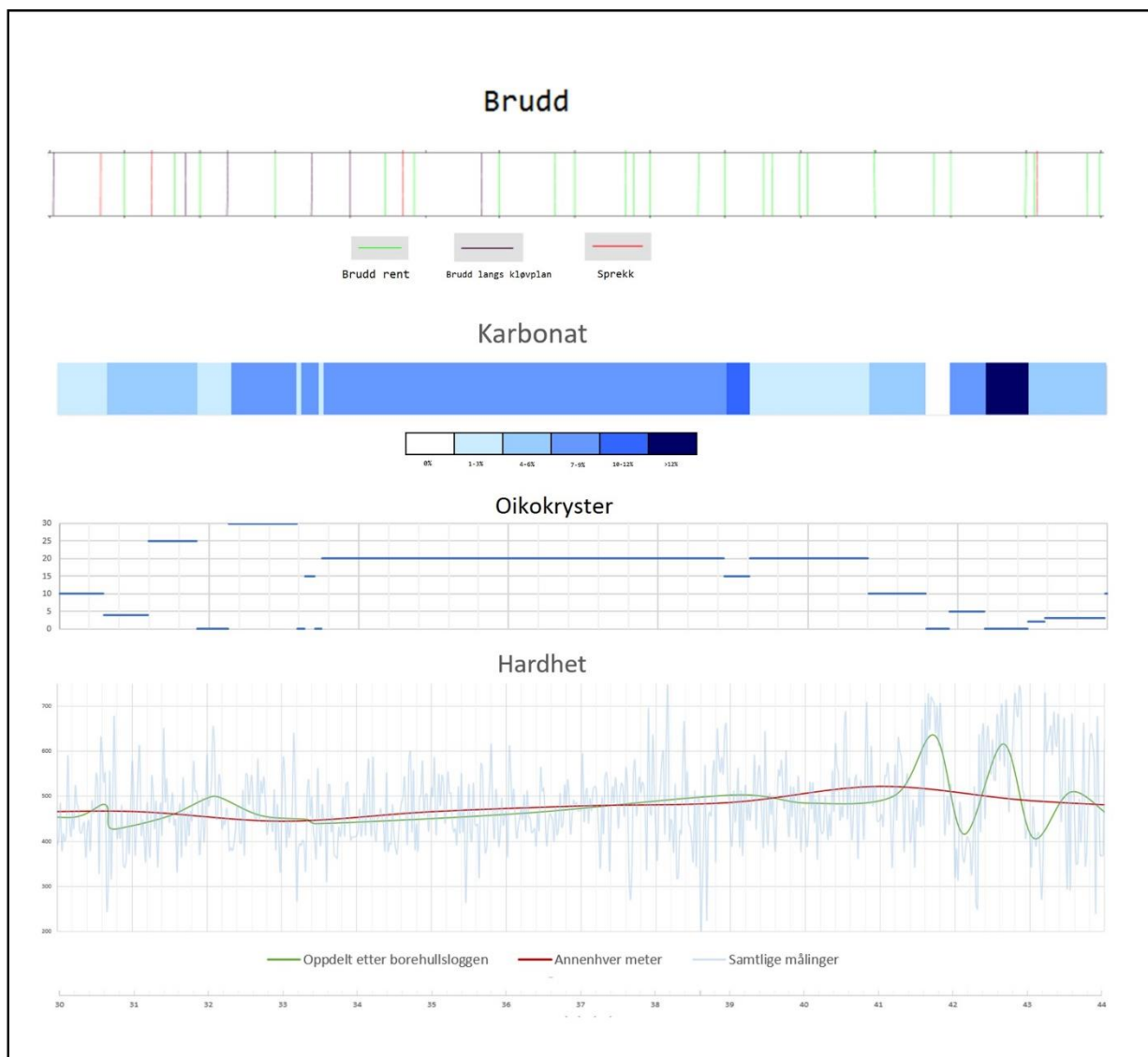
5.4 Egenskaper som påvirker hardhet og huggekvallitet

Ved å se på andel oikokryster (figur 19) i forhold til hardhet (figur 29 og 30), ser det ikke ut til å være en betydelig sammenheng. Eksempler som illustrer dette er i borehull 2 ved 20, 24 og 30 meter, som er områder med over 25% oikokryster. Hardhetsmålingen fra disse områdene viser ingen tegn til å øke. Men ved prøvehugging føles det hardere å jobbe med stein med mye oikokryster kontra mindre mengder. En av grunnene til at hardhetsmålingene ikke representerer slike områder så godt er at de fleste punktene som blir målt vil treffe omkringliggende kloritt og ikke selve oikokrysten.

De lyse flekkene vist i figur 20 er representert som tynnslip i figur 23D. Den fikornede grunnmassen består hovedsakelig av aktinolitt og mindre mengder talk, karbonat og kloritt, samt enkeltkorn av sulfider og oksider. Rundt den finkornete grunnmassen er det sammenhengende nettverk av kloritt. I figur 21 har disse lyse flekkene blitt kvantifisert i en skala fra 0 til 3, hvor 3 betyr at flekkene er store og tydelige. Flekkene er et resultat av nedbrytningen og rekrystallisering av aktinolittoikokrystene. Ideelt sett ville det betydd at høye opptredener av lyse flekker reflekter gjenspeiler lave andeler oikokryster. Dette er ikke nødvendigvis tilfelle ved sammenligningen av figur 21 og 19. En av grunnene til dette er at man kan se oikokrysten innesluttet i en lys flekk, dermed har opptredene av begge disse teksturene blitt logget over samme intervall. Hardhetsmålingene ser ikke ut til å ha noe

betydelig sammenheng med opptreden av de lyse flekkene. Under hugging oppleves dog disse flekkene som relativt harde. Grunnen til dette er trolig at hardhetsmåleren ofte måler det omkringliggende nettverket av kloritt, som er mye mykere, noe som er grunnen til at standardavviket i figur 29 jevnt over er såpass høy.

Figur 40 viser hvordan sammenhengen mellom brudd, karbonatinnhold, oikokryster og hardhet er i intervallet 30 til 44 meter i borekjerne 1. Mellom 33 og 38 meter er kjernen relativt homogen med stabil andel av oikokryster og karbonat. Intervallet inneholder få sprekker. Rene brudd finnes gjennom hele intervallet, men disse vil ikke være så veldig problematiske i forbindelse med blokkuttak, grunnet at de sannsynligvis er dannet under selve boringsprosessen. Brudd langs kløvplan vil derimot være problematiske fordi de representerer svakhetssoner i fjellet som kan være ødeleggende ved hugging av figurer. Denne typen brudd forekommer sjeldent i dette intervallet. Grunnet disse nevnte faktorene vil dette partiene være et av de bedre til bruk i restaureringsformål av steintypene i Dalhaugen, spesielt egnet til det som er klassifisert som steintype 1 i innledning og kan også anvendes som type 2 med forbehold om at den vil være relativt hard å jobbe med. Figuren viser også stor økning i hardhet mellom 42 og 43 meter der det er en karbonatsone. Grunnen til dette er diskutert i delkapittel 5.3.



Figur 40: Figuren viser brudd, karbonatinnhold, oikokryster og hardhet i intervallet 30 til 44 m i borekjerne 1.

5.5 3D modell av Dalhaugen forekomst

Den geometriske modellen fra figur 16 er basert på grensene tegnet i figur 32, strøk- og fallmålinger fra felt, samt geologi fra borehullene. Ettersom borehullene ikke penetrerer noe bergartsgrense, vil de kun gi informasjon om minimum utbredelse av klebersteinen i dypet. Det er derfor vært vanskelig å avgrense klebersteinen ytterligere mot dypet. For å bestemme utbredelsen fra overflaten ble det primært lagt vekt på strøk og fall målingene sammen med en antagelse om at kleberkroppen ikke ville strekke seg veldig mye dypere enn lengden som vises på overflaten. Det er derfor muligheter at den strekker seg dypere enn modellen på figur 32.

Det viktigste er å få en avgrensning mellom klebersteinen og gabbroen og en kvalitets vurdering i 3 dimensjoner, slik at det ved uttak av stein ikke blir planlagt å ta ut stein av uønsket kvalitet. Grensen mellom gabbro og kleber viser seg å ha en lavere vinkel enn foliasjonene målt i overflaten og forekomsten øker dermed i volum mot dypet og innover i berget.

Den kvalimetrisk modellen i figur 37 viser hvor den foretrekkende steinen til blokkproduksjon befinner seg ut i fra parameterne hardhet, sprekker og årer. Det viser seg at området rundt borehull 3 vil være et gunstig sted å begynne å ta ut stein, for så å utvide i retning av borehull 2. Fordelen med å starte ved borehull 1 er at området viser lite tegn til forvitring i overflaten, kun de to øverste meterne. Det kan dermed bli tatt ut brukbare blokker tidlig i en eventuell driftsprosess.

Borehull 4 har en stor hyppighet av årer, noe som kan være grunnen til at modellen betegner området rundt som uegnet. Det er dog ikke nødvendigvis slik at alle årene vil gjøre steinen ugunstig til huggetekniske formål, det kommer an på innholdet i årene. Det er derfor mulig at det vil være mer gunstig stein i området rundt borehull 3 enn det modellen viser.

6 Konklusjon

- Det området av forekomsten som best egnet som startpunkt for blokkproduksjon er ved borehull 3. Her vil det være lite forvitring i overflaten, samt at få årer og sprekker vil gjøre det mulig å ta ut blokker på mellom 0,5 til 1 meter jevnt over. Imidlertid vil det også være mulig å hente ut blokker på opp imot 3 meter. Grensen mellom kleberstein og gabbro vinkler innover mot gabbrokroppen, slik at bruddet kan vinkles bort fra kanten ved borehull 3 og innover mot gabbrokroppen i dypet. Det vertikale, 30 meter dype borehull 3 viser ingen tegn til dårligere kvalitet på steinen nederst i borekjernen kontra øverst. Det er derfor mulig å lage bruddet i alle fall denne dybden. Uønskede inneslutninger i klebersteinen forekommer. Disse inneslutningene er sjeldent mer enn en halv meter tykke og opptrer såpass sjeldent at de burde fjernes ved blokkproduksjon i stedet for å planlegge bruddet bort i fra disse.
- Hardheten til Dalhaugen Kleberstein vil variere i sykler innover i forekomsten. Det vil derfor være vanskelig å kun få ut den mykeste steinen. Blokkuttak av forekomsten vil derfor inneholde stein med varierende grad av hardhet. Enkelte blokker vil være best egnet som det som er definert som Type 1 stein, altså stein som tåler klimasykler over tid uten å forvitre synderlig. En god del av steinen vil også kunne brukes som type 2, som er stein som tåler noe påvirkning av klimasykler men samtidig er relativt lett å bearbeide. Det er dog med forbehold om at denne steinen vil være hard å jobbe med. Kort definert er Dalhaugen kleberstein relativt hard og står seg godt mot forvitring.
- Mineralogien vil variere noe i borekjernene ut i fra hvor omdannet klebersteinen har blitt. Korte intervaller med lengde på 1 til 30 cm forekommer i borekjernene. Disse skiller seg ut mineralogisk fra den omkringliggende steinen og kan ha ekstreme verdier i begge ender av hardhetsskalaen (se figur 30). De høye verdiene skyldes ofte store mengder finkornet aktinolitt. Større inneslutninger i klebersteinen forekommer av henholdsvis to forskjellige typer; glimmerrike inneslutninger og karbonatrike inneslutninger med finkornet aktinolitt. De glimmerrike inneslutninger viser lave hardhetsverdier, men vil ikke være gode huggeteknisk, grunnet flakdannelse under hugging. De karbonatrike inneslutningene viser høye hardhetsverdier grunnet store mengder finkornet aktinolitt og vil være for harde til huggetekniske formål. Opptreden av aktinolitt i form av oikokryster påvirker ikke hardheten i veldig stor grad grunnet

myk klorittrik grunnmasse rundt. De viser heller ikke tegn til problemer under hugging. Det mest gunstige for gode huggetekniske egenskaper på klebersteinen er å ha store mengder kloritt som henger sammen i nettverk rundt nesten helt nedbrutte oikokryster, hvor restene av oikokrysten danner en grunnmasse av aktinolitt, talk og karbonat.

7 Bibliografi

- Andersen, T. B. (1998). Extensional tectonics in the Caledonides of southern Norway, an overview. *Tectonophysics*, 285(3), 333-351. doi:10.1016/S0040-1951(97)00277-1
- Chatterjee, K. K. (2009). *Uses of Industrial Minerals, Rocks and Freshwater*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Corfu, F., Ravn, E. J. K., & Kullerød, K. (2003). A Late Ordovician U–Pb age for the Tromsø Nappe eclogites, Uppermost Allochthon of the Scandinavian Caledonides. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 145(4), 502-512.
- Deer, W. A., Howie, R. A., & Zussman, J. (1992a). An introduction to the rock-forming minerals (2nd ed. ed., pp. 623-632). Harlow: Longman.
- Deer, W. A., Howie, R. A., & Zussman, J. (1992b). An introduction to the rock-forming minerals (2nd ed. ed., pp. 641-648). Harlow: Longman.
- Equotip 3 hardness tester manual.
- Gee, D. G., Fossen, H., Henriksen, N., & Higgins, A. K. (2008). From the early Paleozoic platforms of Baltica and Laurentia to the Caledonide Orogen of Scandinavia and Greenland. *Episodes*, 31(1), 44-51.
- Greiling, R. O., Garfunkel, Z., & Zachrisson, E. (1998). The orogenic wedge in the central Scandinavian Caledonides: Scandian structural evolution and possible influence on the foreland basin. *GFF*, 120(2), 181-190.
- Hey, M. H. (1954). A new review of the chlorites. *The mineralogical Magazine*, 30(224).
- Keiding, J. K., Lund, V., & Meyer, G. B. (2016). Kjerneboring og resultater fra logging av av borkjerner fra Dalhaugen klebersteinsforekomst, Vefsn, Nordland. 35.
- Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, C. E. S., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D., . . . Youzhi, G. (1997). Nomenclature of amphiboles; report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on new minerals and mineral names. *Mineralogical Magazine*, 61(2), 295-321.

- Lindahl, I. (2012). *Bygningsstein i Nordland : en oversikt over bygningsstein i Nordland, om bruken og om de forskjellige geologiske steinprovinsene*. Trondheim: NGU.
- Meyer, G., Aasly, K. A., & Pettersen, E. (2015). *Dalhaugen klebersteinsforekomst, Vefsn, Nordland. Geologisk beskrivelse og avgrensing av forekomsten for bygningstein*. Retrieved from
- Miloš, K. (1984). Deposits of Industrial Minerals *Developments in Economic Geology* (Vol. Volume 18, pp. 122-269): Elsevier.
- Norges Geologiske Undersøkelse. Database for geologiske enheter: Geittindenheten. Retrieved from http://aps.ngu.no/pls/utf8/geoenhet_SokiDb.Vis_enhet?p_id=148234&p_spraak=N
- Norges Geologiske Undersøkelse. (2013, 19.02.2013). Natursteinsdatabasen: Dalhaugen. Retrieved from http://aps.ngu.no/pls/oradb/minres_deposit_fakta.Main?p_objid=23421&p_spraak=N
- Ramberg, I. B., Bryhni, I., Nøttvedt, A., & forening, N. g. (2007). *Landet blir til : Norges geologi* (2. oppl. med rettelser. ed.). Trondheim: Norsk geologisk forening.
- Roberts, D., Nordgulen, Ø., & Melezhik, V. (2007). The Uppermost Allochthon in the Scandinavian Caledonides: From a Laurentian ancestry through Taconian orogeny to Scandian crustal growth on Baltica. *Geological Society of America Memoirs*, 200, 357-377.
- Storemyr, P. (1997). *The stones of Nidaros : an applied weathering study of Europe's northernmost medieval cathedral*. (1997:92), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for arkitekturhistorie, Trondheim.
- Storemyr, P. (2015). *Nidarosdomens grunnfjell : i steinbryternes fotspor fra Det gamle Egypt til Europas nordligste katedral*. Trondheim: Norges Geologiske Undersøkelse ; Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeiders forlag.
- Storemyr, P., & Heldal, T. (2002). soapstone production through norwegian history: geology, properties, quarrying, and use. *Interdisciplinary Studies on Ancient Stone*, 5, 359-369.

- Tørudbakken, B. O., & Mickelson, M. (1986). A Rb-Sr age study from the Mosjøen unit, Helgeland nappe complex, and its bearing on the timing of tectonometamorphic events within the uppermost Allochthon, Central Scandinavian Caledonides, Norway. *Norsk geologisk tidsskrift*, 66, 263-270.
- U.S. Department of Agriculture. (1994). Munsell soil color charts.
- Valdré, G., Malferrari, D., & Brigatti, M. F. (2009). Crystallographic features and cleavage nanomorphology of chlinochlore: Specific applications. *Clays and Clay Minerals*, 57(2), 183-193.
- Will, G. (2006). *Powder Diffraction: The Rietveld Method and the Two Stage Method to Determine and Refine Crystal Structures from Powder Diffraction Data*. Berlin, Heidelberg: Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg.
- Winter, J. D. (2010). *An introduction to igneous and metamorphic petrology* (2nd ed. ed.). New York: Prentice Hall.

8 Appendiks

Appendiks A

XRD

Appendiks B

Mikrosonde

Appendiks C

Hardhet

Appendiks D

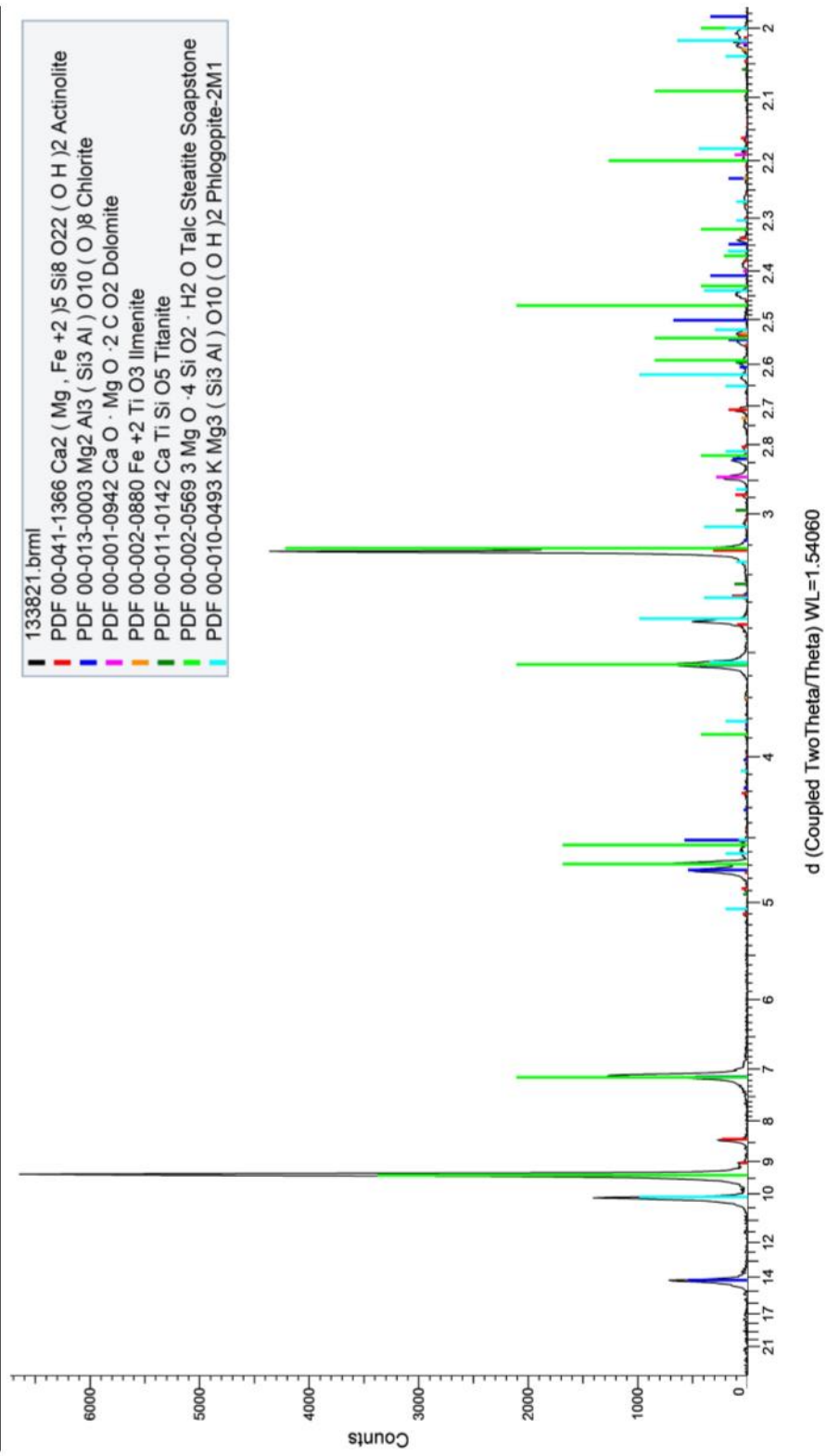
Mineralogi

Appendiks A: XRD

Instrument:	BRUKER D8 Advance med Cu røntgenrør og Lynxeye XE detector.				
Metoder:	NGU-SD 4.1: XRD-analyser				
Oppdrag:	identifikasjon og kvantifisering av mineraler ved XRD				
Oppdragsnummer:	2017,0071				
Prosjekt nummer:	337102				
Oppdragsgiver:	Gurli Meyer				
XRD scan:	Cu K α , 40 kV/40 mA, scan 3-75°2 θ ; step size = 0.02 °2 θ ; time/step = 1 s; soller slits 2.5 ° fixed divergence + antiscatter slits 0.6 mm; Ni-filter; knife edge; rotasjon 1/30				
Prøvetype:	kleberstein				
Antall prøver:	10				
Nedre bestemmelsesgrense:	Den nedre bestemmelsesgrensen er avhengig av mineral, men er vanligvis 1-2 vekt%.				
Usikkerhet:	Avhengig av prøvematerialet har Rietveld modellering en usikkerhet på minst 2-3 vekt%.				
Kontrollrutiner:	Kontrollprøve kjøres rutinemessig (2 θ -value/d-value) og resultatene registreres i kontrolldiagram (X-diagram).				
	Disse kan forevises om ønskelig.				

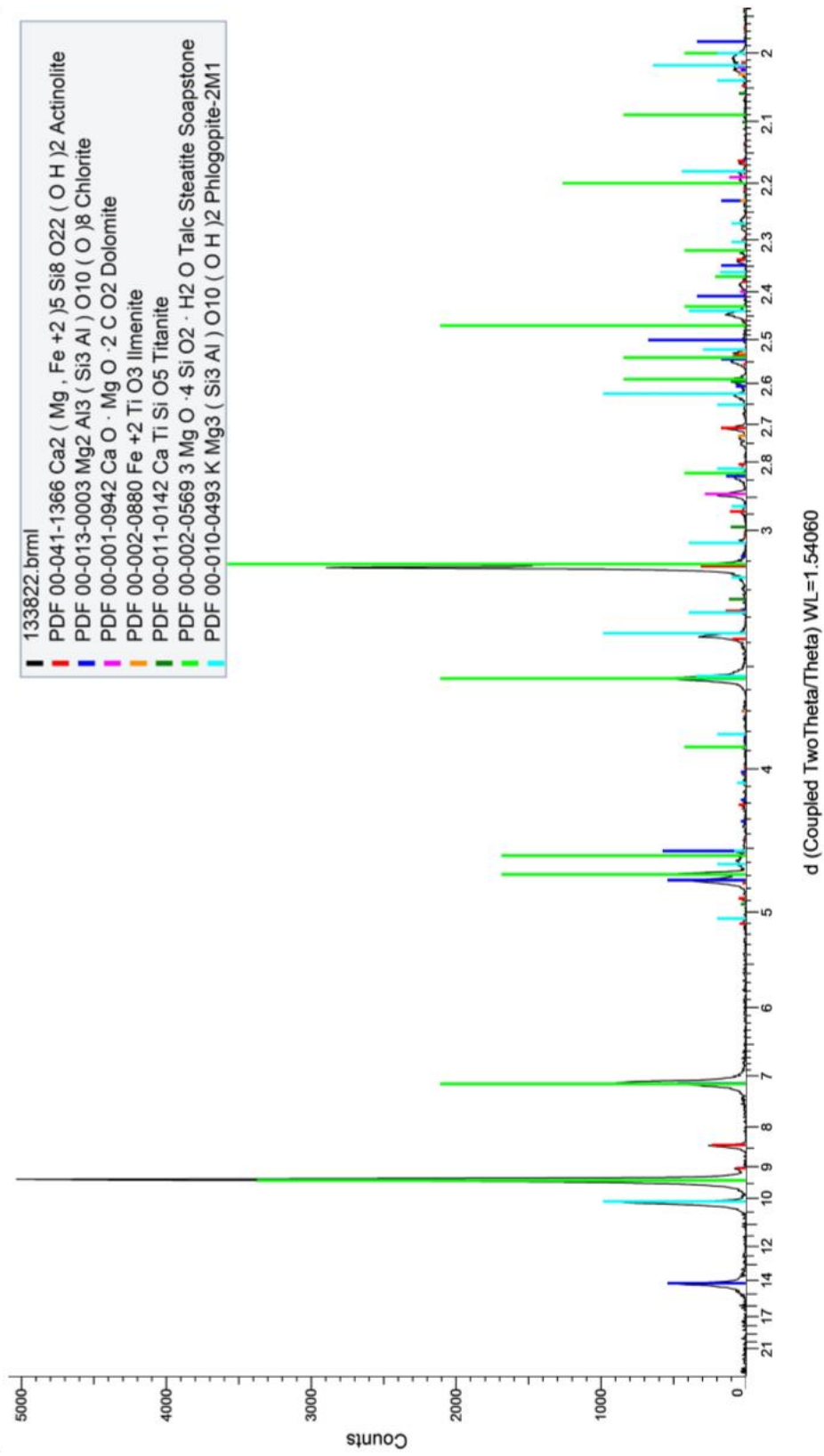
Figur A. 1: Informasjon om innstillingene brukt under XRD-analyse.

Bjørnålia 01



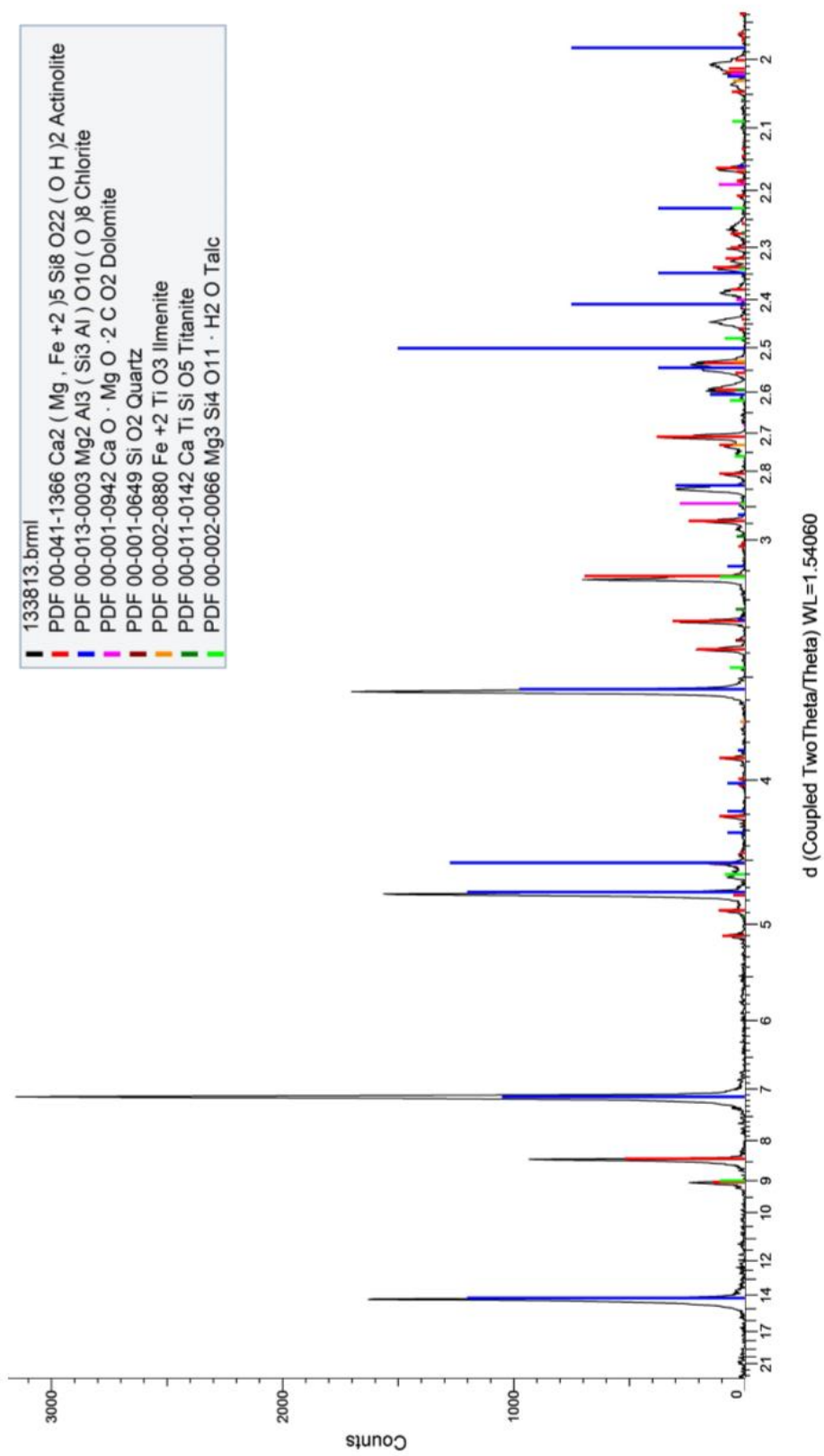
Figur A. 2: XRD analyse av Bjørnålia 1

Bjørnålia 02



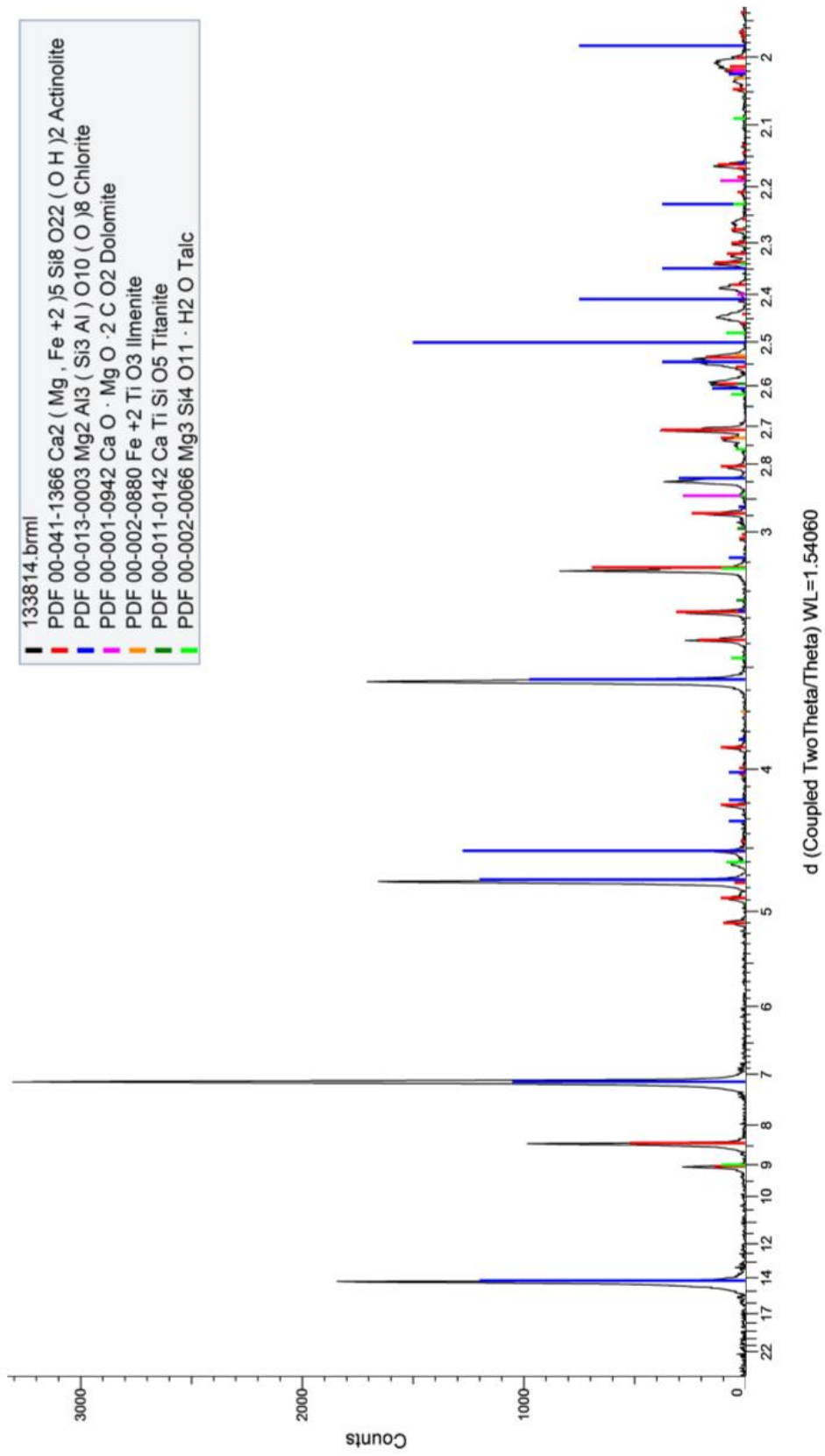
Figur A. 3: XRD analyse av Bjørnålia 2.

Dalhaugen 1



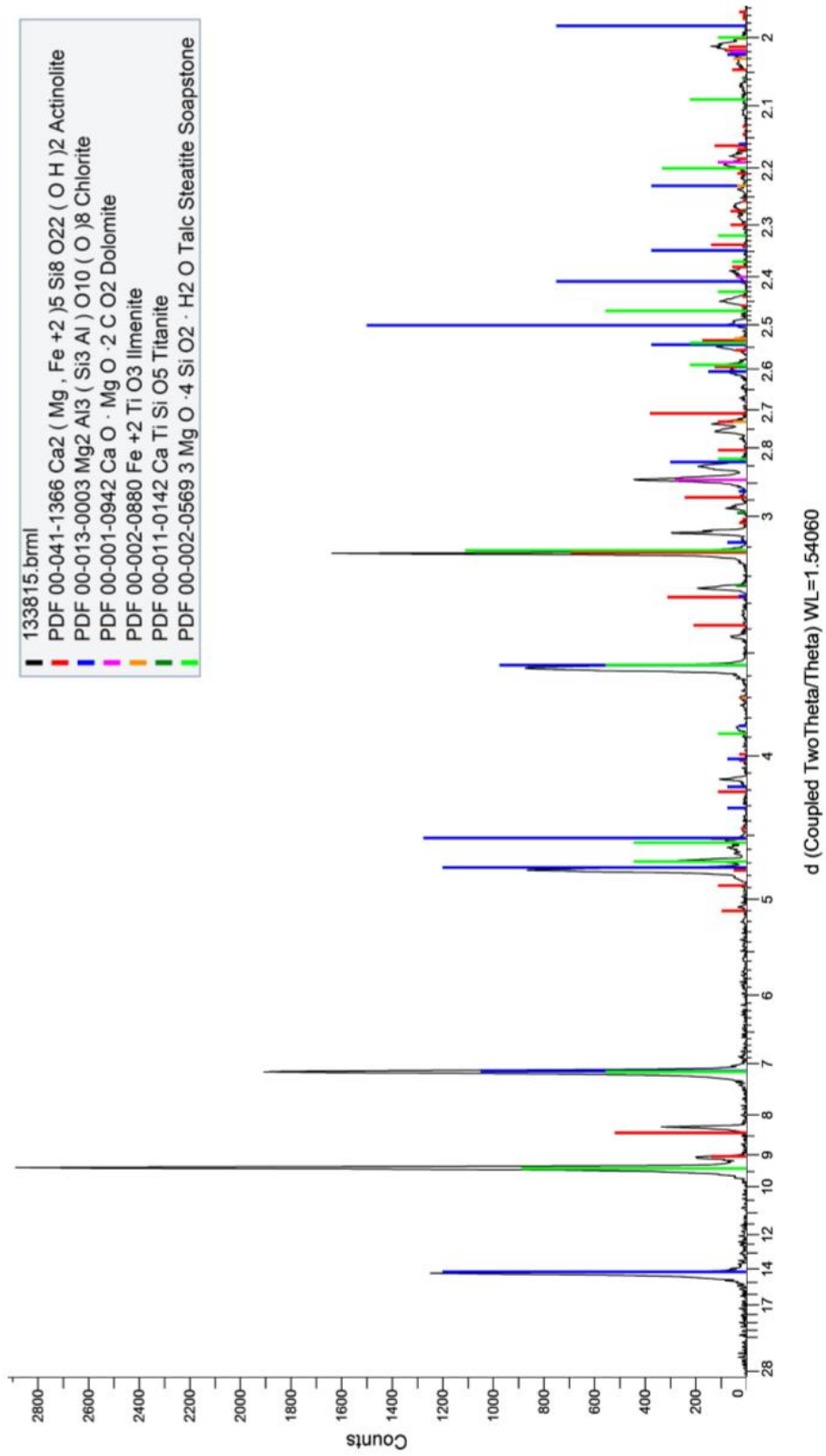
Figur A. 4: XRD analyse av Dalhaugen 1.

Dalhaugen 2



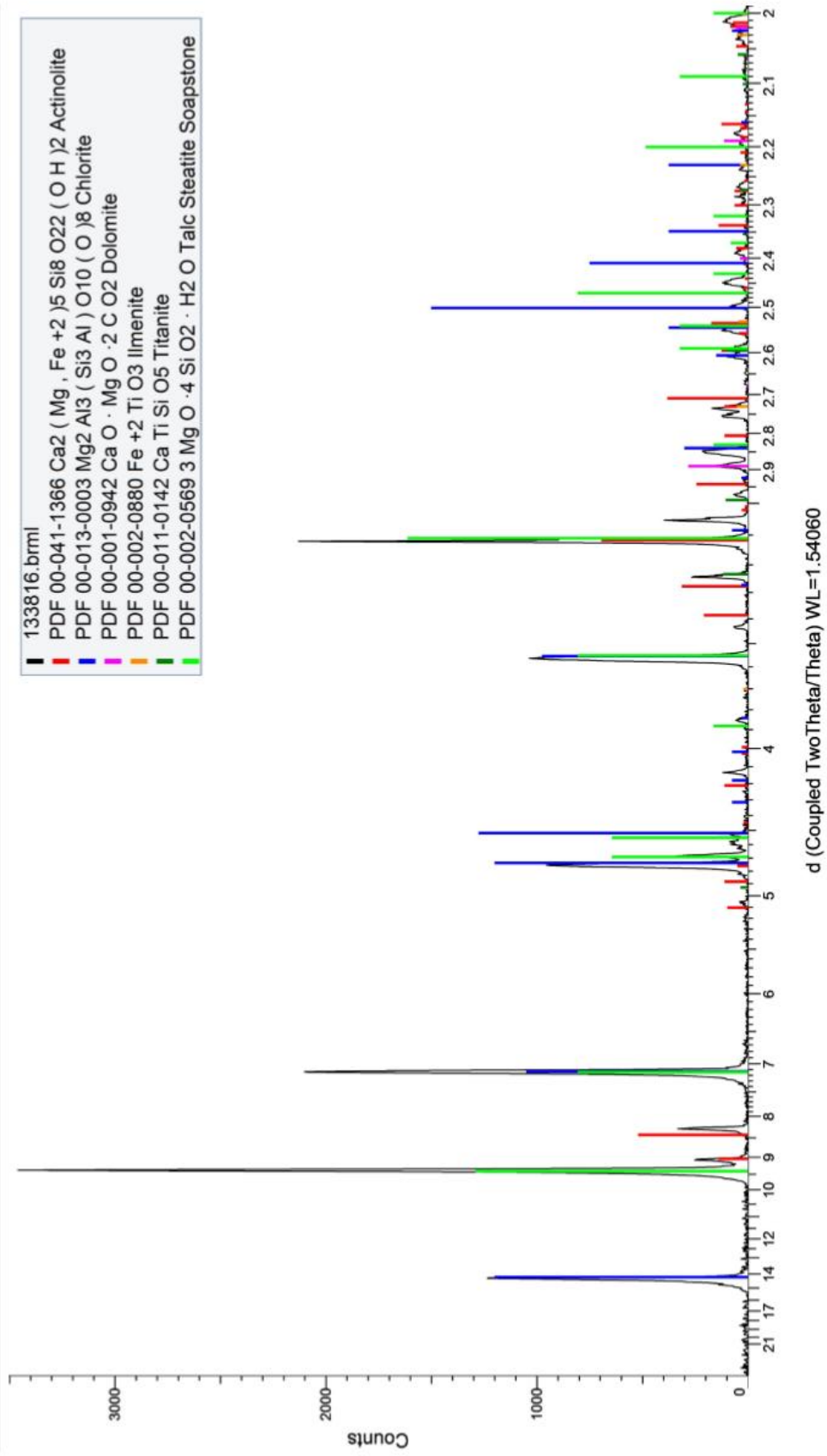
Figur A. 5: XRD analyse av Dalhaugen 2.

Grunnes 1



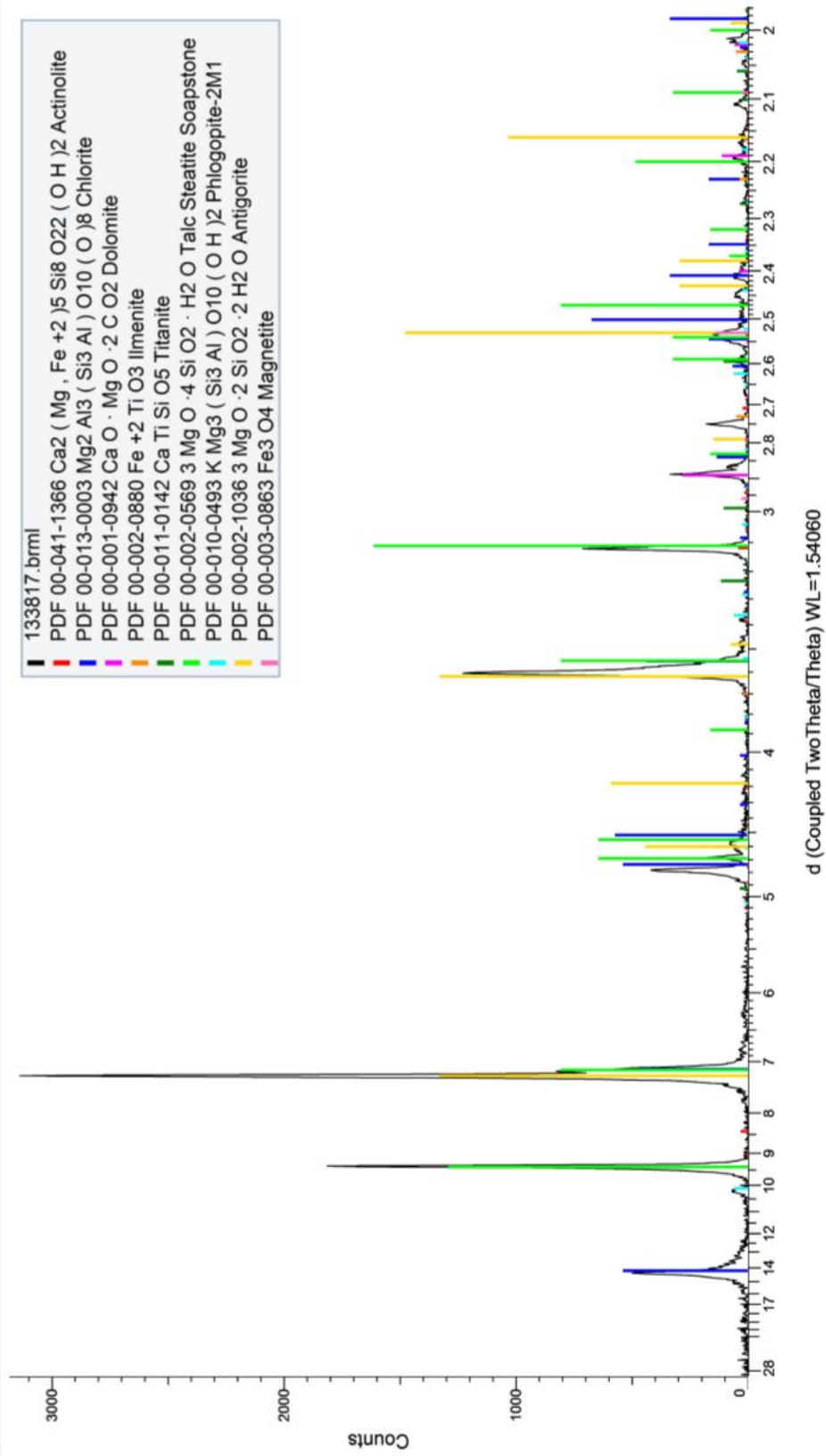
Figur A. 6: XRD analyse av Grunnes 1.

Grunnes 2



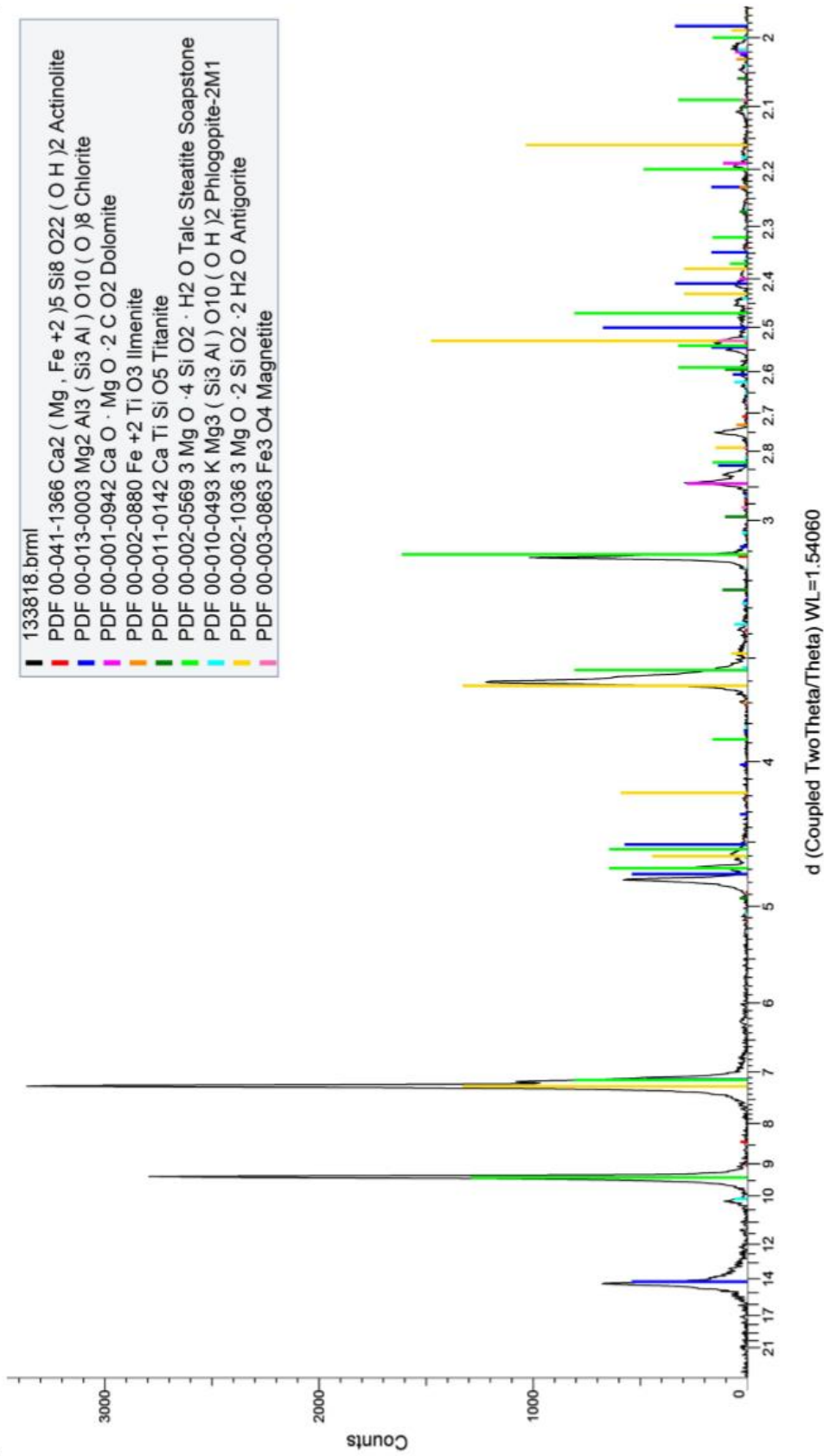
Figur 7: XRD analyse av Grunnes 2.

Kvikne hard01

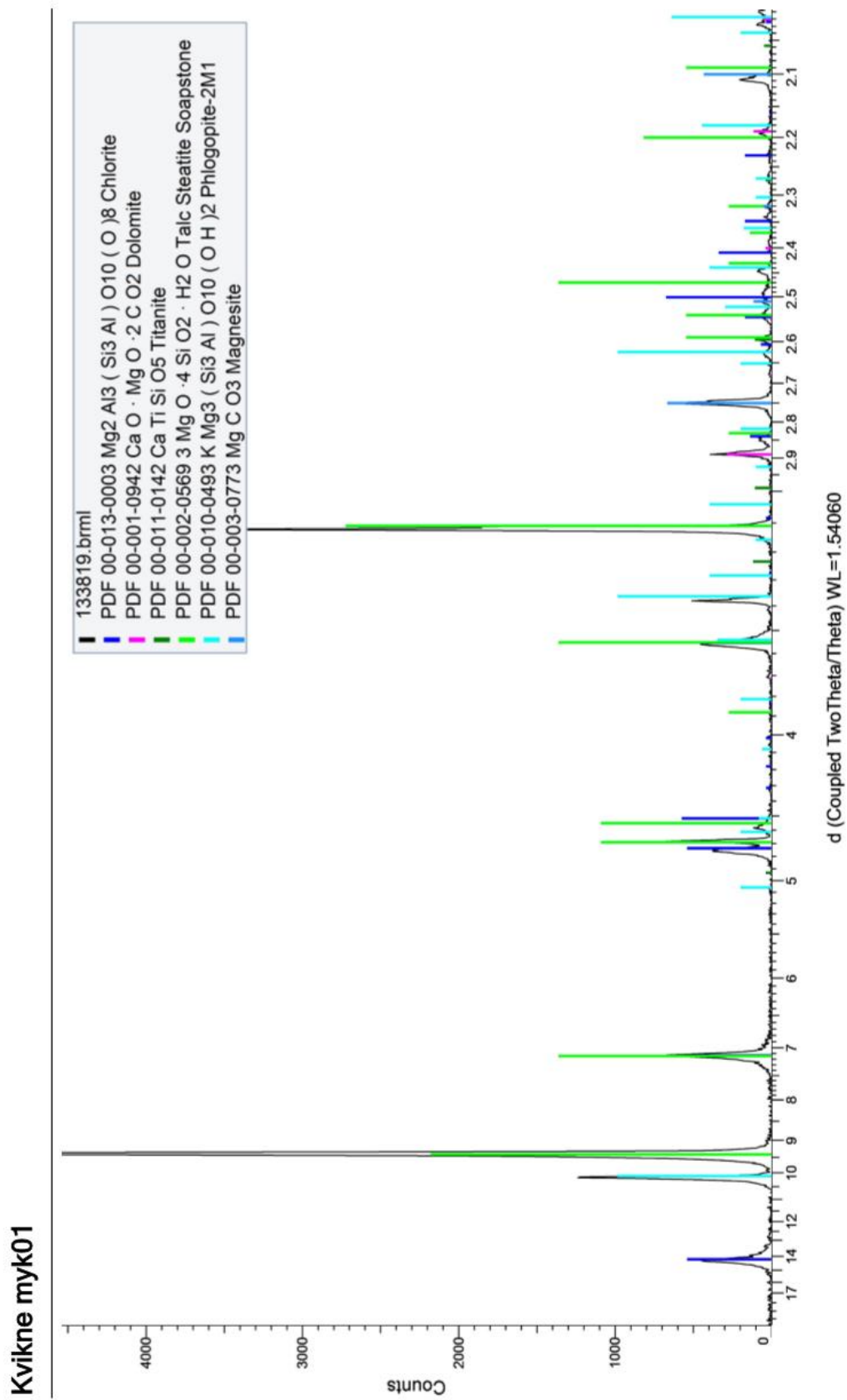


Figur A. 8: XRD analyse av Kvikne hard 1.

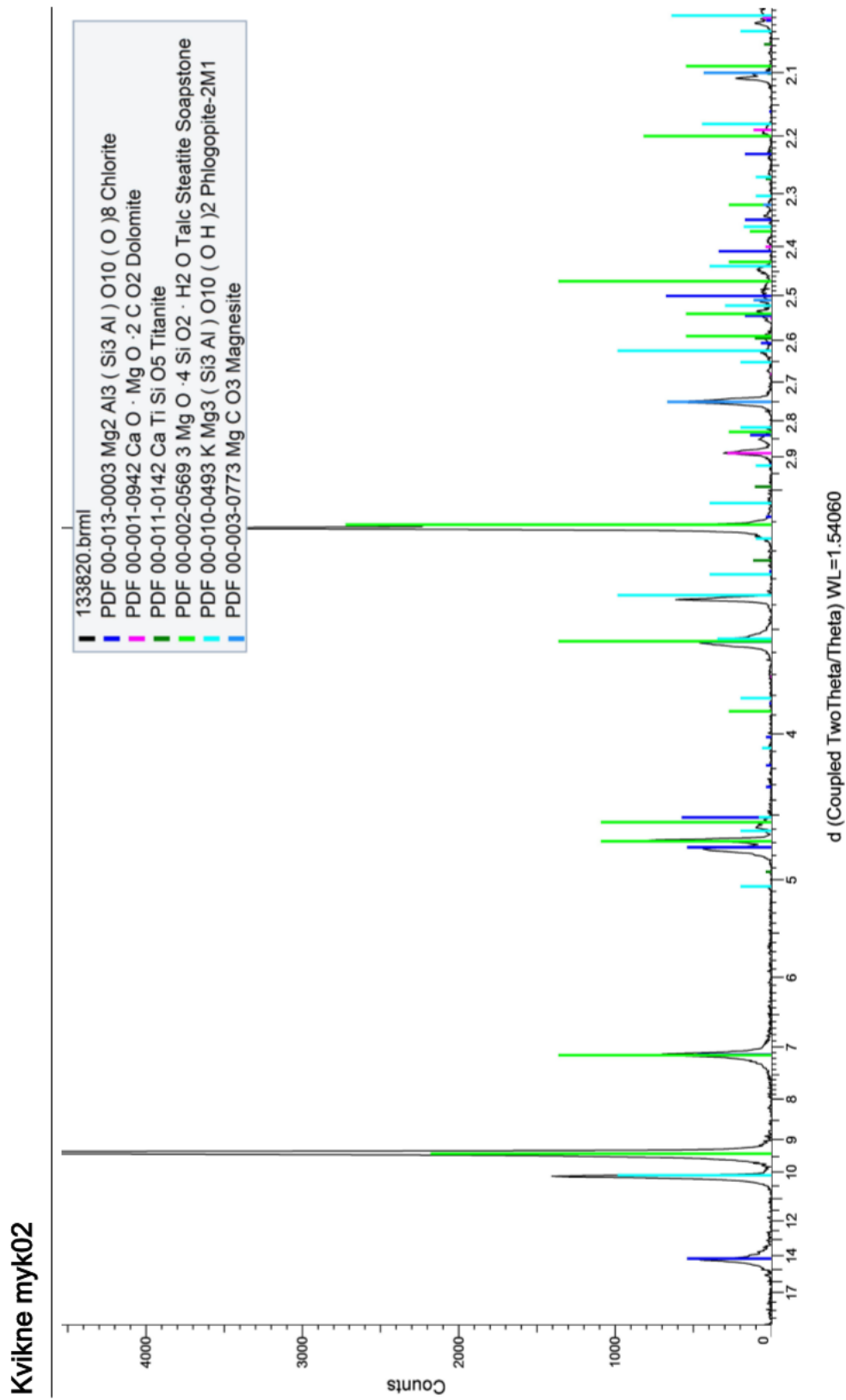
Kvikne hard 02



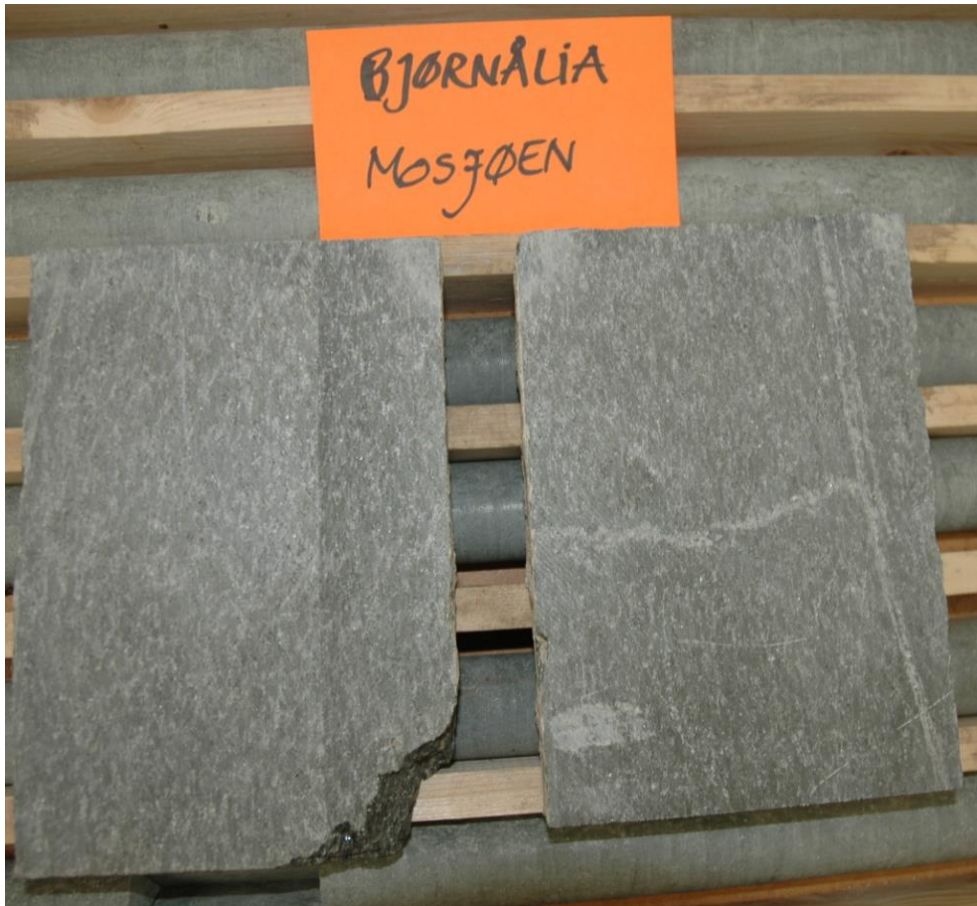
Figur A. 9: XRD analyse av Kvikne hard 2.



Figur A. 10: XRD analyse av kvikne myk 1.



Figur A. 11: XRD analyse av kvikne myk 2.



Figur A. 12: Stein fra Bjørnålia brukt i XRD analysen og hardhetsmålinger.



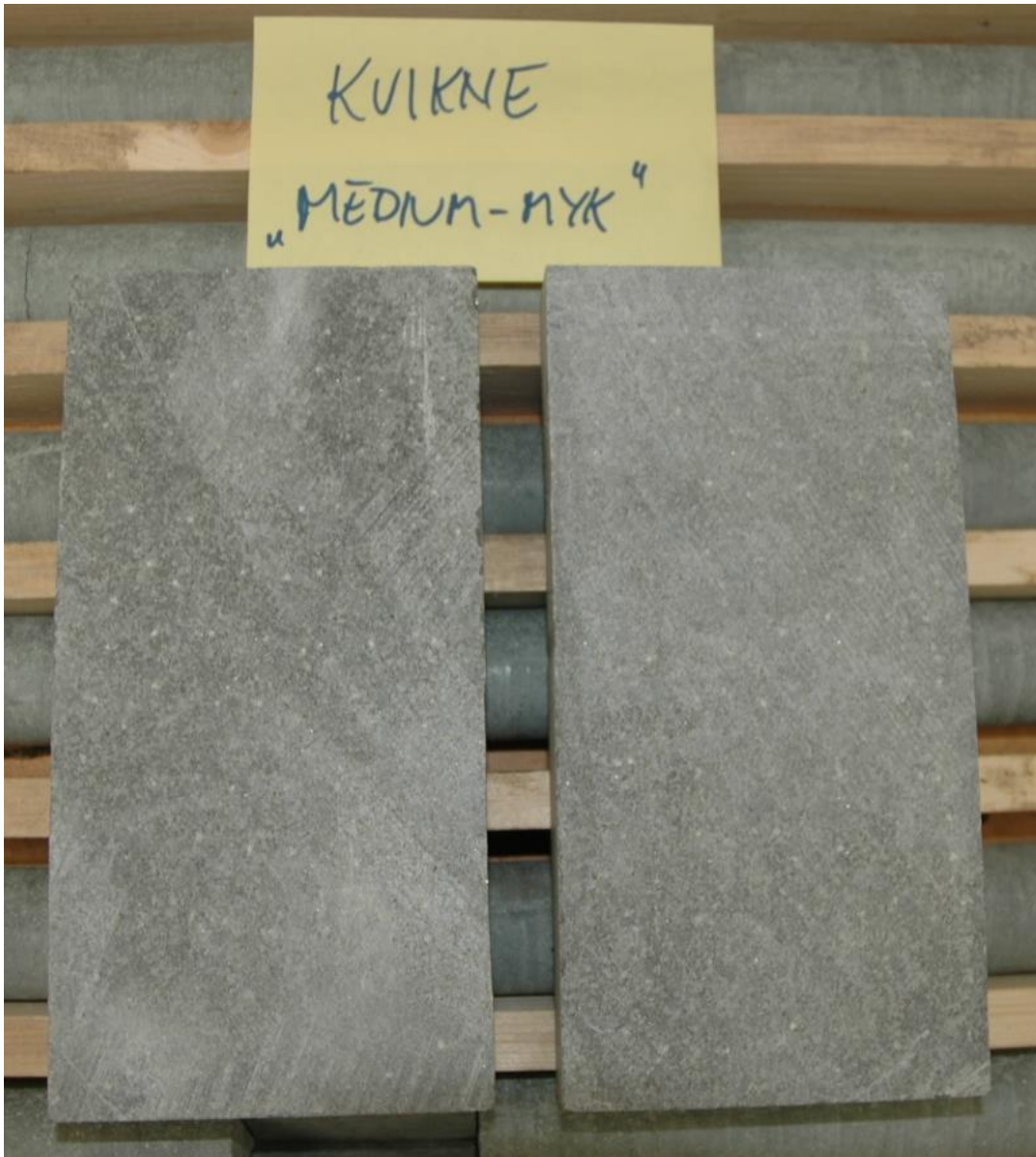
Figur A. 13: Stein fra Dalhaugen brukt i XRD analysen og hardhetsmålinger.



Figur A. 14: Stein fra Grunnes brukt i XRD analysen og hardhetsmålinger.



Figur A. 15: Stein fra Kvikne (hard) brukt i XRD analysen og hardhetsmålinger.



Figur A. 16: Stein fra Kvikne (med/myk) brukt i XRD analysen og hardhetsplinger.

Appendiks B: Mikrosonde

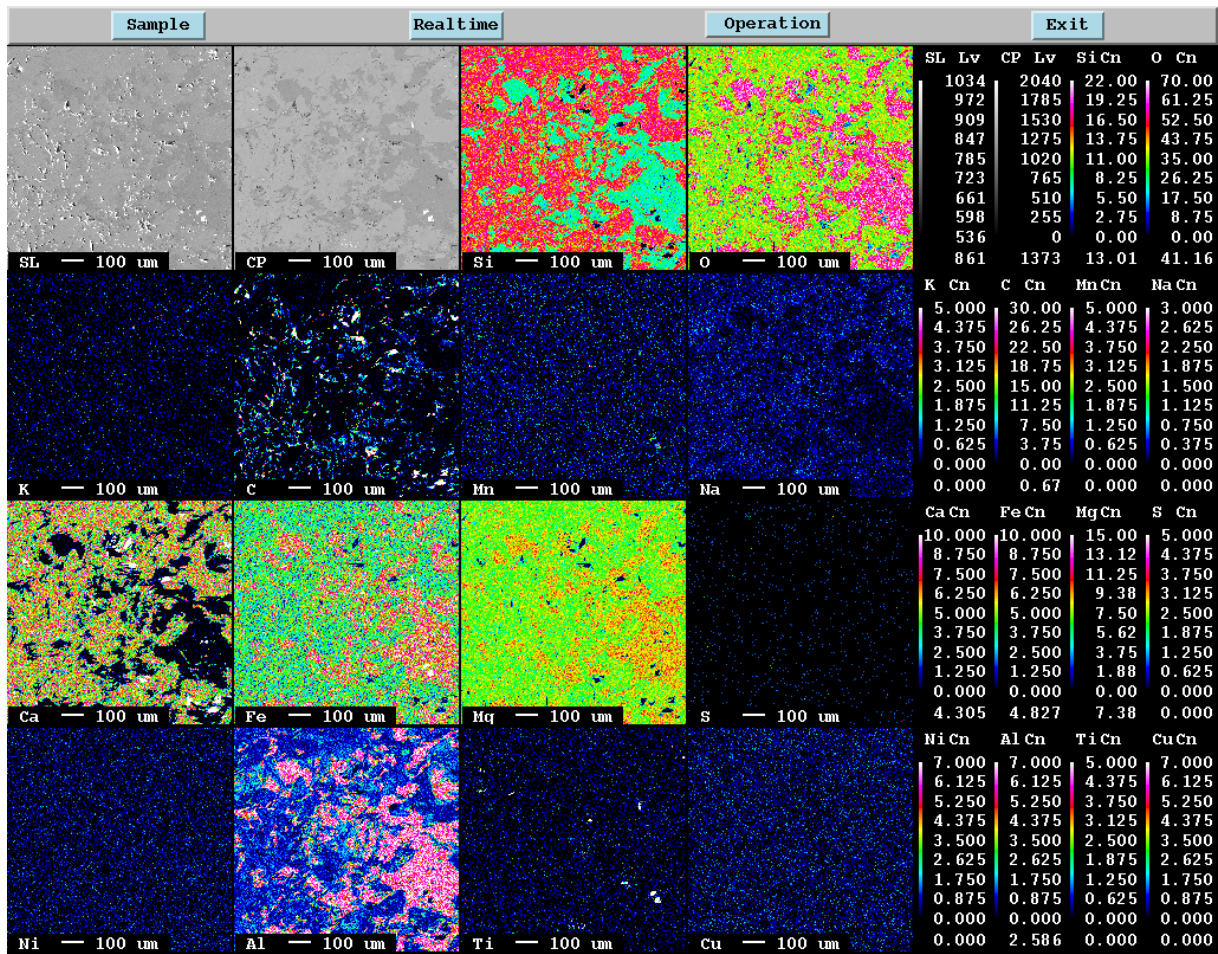
Comment	SiO2	Na2O	SO3	MnO	MgO	K2O	FeO	Al2O3	CaO	NiO	TiO2	CuO	Total	Mineral
128275.5.1	58,119	0,102	0	0,16	22,853	0,031	4,842	0,301	12,721	0,094	0,032	0,043	99,298	Aktinolit
128278.2.1	57,366	0,109	0	0,149	21,921	0,027	5,756	0,645	12,625	0,067	0	0,02	98,685	Aktinolit
128278.2.2	57,383	0,087	0	0,166	22,277	0,014	5,617	0,574	12,378	0,011	0	0,001	98,508	Aktinolit
128278.3.1	57,387	0,062	0,028	0,125	22,121	0,042	5,672	0,482	12,714	0,056	0	0,045	98,734	Aktinolit
128278.4.2	56,737	0,111	0,028	0,168	21,568	0,047	5,955	0,587	12,604	0,002	0,034	0	97,841	Aktinolit
128278.4.3	57,633	0,113	0	0,188	22,08	0,054	5,483	0,618	12,549	0,025	0	0,016	98,759	Aktinolit
128278.5.1	57,307	0,178	0,012	0,146	22,027	0,028	5,424	0,569	12,538	0,071	0,014	0	98,314	Aktinolit
128278.6.1	57,473	0,152	0	0,176	21,905	0,068	5,812	0,551	12,748	0,093	0,032	0,016	99,026	Aktinolit
128278.6.3	42,687	0,191	0	0,186	22,113	0,037	5,881	1,199	12,209	0,077	0,153	0,029	84,762	Aktinolit
128270.2.2	57,209	0,2	0,016	0,209	22,717	0,064	4,631	0,802	12,814	0,053	0,011	0,044	98,77	Aktinolit
128270.3.2	57,626	0,132	0	0,151	22,835	0,064	4,516	0,473	12,392	0,065	0,002	0	98,256	Aktinolit
128270.4.1	57,163	0,161	0,008	0,184	22,671	0,059	4,599	0,733	12,028	0,05	0,059	0	97,715	Aktinolit
128270.4.3	57,511	0,181	0	0,201	22,805	0,078	4,62	0,631	12,34	0,026	0,059	0,031	98,483	Aktinolit
128270.5.1	57,773	0,146	0,004	0,191	22,947	0,066	4,296	0,361	12,567	0,01	0	0,009	98,37	Aktinolit
128270.6.2	58,124	0,13	0,016	0,131	23,024	0,021	4,453	0,409	12,269	0,062	0	0	98,639	Aktinolit
128255.1.1	54,7	0,492	0,016	0,144	20,619	0,131	6,679	2,574	12,982	0,063	0,083	0,055	98,538	Aktinolit
128255.1.4	54,076	0,6	0,004	0,108	20,402	0,177	6,814	2,926	12,557	0,112	0,115	0	97,891	Aktinolit
128255.2.1	51,415	0,494	0	0,146	16,306	0,003	4,318	2,968	22,222	0,062	1,033	0	98,967	Aktinolit
128255.2.2	55,898	0,347	0,044	0,128	21,268	0,101	6,207	1,623	12,852	0,048	0,05	0,036	98,602	Aktinolit
128255.4.1	54,234	0,606	0,004	0,125	20,186	0,136	6,983	3,051	12,698	0,03	0,151	0,041	98,245	Aktinolit
128255.5.1	56,14	0,304	0	0,117	21,461	0,053	6,074	1,509	12,613	0,104	0,137	0,053	98,565	Aktinolit
128255.5.3	53,097	0,813	0	0,148	19,948	0,209	7,158	4,039	12,555	0,009	0,223	0	98,199	Aktinolit
128275.2.4	56,775	0,119	0,776	0,181	22,417	0,051	5,784	0,482	12,485	0,139	0,027	0	99,236	Aktinolit
128275.3.2	57,45	0,133	0,02	0,15	22,629	0,045	7,561	0,553	12,227	0,045	0,068	0,025	100,906	Aktinolit
128275.5.3	56,678	0,224	0,032	0,162	22,342	0,054	5,402	1,164	12,483	0,067	0,041	0	98,649	Aktinolit
128275.6.1	58,467	0,104	0,049	0,15	22,791	0,004	4,955	0,496	12,537	0,063	0,032	0	99,648	Aktinolit
128275.6.2	32,065	0	0,016	0,065	30,523	0,013	9,473	14,677	0,188	0,151	0	0	87,171	Kloritt
128278.3.3a	26,959	0	0,077	0,145	29,084	0,027	10,518	15,504	0,359	0,156	0	0	82,829	Kloritt
128270.5.2	32,039	0	0	0,089	31,166	0	8,356	14,298	0,097	0,126	0,007	0,01	86,188	Kloritt
128278.5.3	30,572	0	0	0,111	28,799	0,027	10,756	16,02	0,029	0,123	0	0,021	86,458	Kloritt
128278.6.2	30,166	0,023	0	0,094	28,845	0	10,705	15,902	0,011	0,122	0,112	0	85,98	Kloritt
128270.4.2	31,654	0,02	0,004	0,065	30,29	0,043	8,625	14,362	0,226	0,103	0,04	0,029	85,461	Kloritt
128270.6.3	31,869	0	0	0,089	30,438	0,014	8,572	14,725	0,231	0,148	0	0,041	86,127	Kloritt
128255.1.2	29,221	0	0,004	0,108	26,924	0,073	11,242	17,341	0,149	0,112	0,185	0	85,359	Kloritt
128255.2.3	28,836	0	0,024	0,09	27,133	0,021	11,367	17,091	0,1	0,168	0,067	0,04	84,937	Kloritt
128255.4.2	29,016	0	0,065	0,086	27,174	0	11,593	18,024	0,053	0,149	0,04	0,022	86,222	Kloritt
128275.3.3	27,865	0,015	0	0,106	28,772	0,214	15,879	14,926	0,032	0,058	0,029	0,036	87,932	Kloritt
128275.5.2	0	0,011	0,034	0,676	19,147	0	4,654	0	32,201	0,038	0,002	0,015	56,778	Dolomitt
128270.2.1	0	0,004	0,017	0,489	19,429	0,001	3,881	0	31,765	0,007	0	0,043	55,636	Dolomitt
128270.3.1	0	0	0	0,593	19,513	0	3,945	0	32,93	0	0	0,042	57,023	Dolomitt
128270.6.1	0	0	0	0,599	19,433	0	3,733	0	32,06	0	0,01	0,039	55,874	Dolomitt
128275.1.6	0	0,005	0	0,657	18,772	0,013	4,389	0,04	32,735	0	0	0	56,611	Dolomitt
128275.2.5	0	0	0,788	0,608	19,686	0	4,976	0	31,142	0,55	0	0,006	57,756	Dolomitt
128275.1.5	0	0	0,08	1,085	0,576	0	0,508	0,043	60,606	0,01	0,004	0,079	62,991	Kalsitt
128278.3.2	0,655	0	0,003	0,005	0,479	0	0,398	0,062	52,144	0	0	0,006	53,752	Kalsitt
128270.6.4	0,343	0	0,043	0,024	0,61	0,014	0,447	0,218	49,557	0,008	0,042	0	51,306	Kalsitt
128278.4.1	0,653	0	0	0,562	2,816	0	1,502	0	59,964	0	0	0,003	65,5	Kalsitt
128255.5.2	0	0	0	0,334	1,287	0	0,849	0	62,541	0,016	0	0,02	65,047	Kalsitt
128275.1.4	0	0,01	0,069	0,504	0,336	0,001	0,38	0,045	63,367	0	0	0,024	64,736	Kalsitt
128275.1.1	0	0,014	97,603	0	0	0	81,965	0	0,024	1,399	0	0,034	181,039	Pyrrhotitt
128275.2.1	0,013	0	98,594	0	0,086	0,005	80,227	0	0,038	2,998	0	0	181,961	Pyrrhotitt
128278.3.5	0,428	0	94,31	0	0,466	0	79,453	0,072	0,272	2,607	0	0,028	177,636	Pyrrhotitt
128275.1.2	0	0	80,577	0,063	0,132	0	38,96	0,017	0,333	48,167	0,033	0,085	168,367	Pentlanditt
128275.2.2	0,03	0,001	80,107	0,032	0,107	0	37,12	0,033	0,085	49,372	0	0,097	166,984	Pentlanditt
128278.3.6	0,446	0	78,851	0	0,451	0,007	37,035	0,067	0,194	49,952	0	0,042	167,045	Pentlanditt
128278.3.4	0,394	0	78,269	0	0,434	0	37,075	0,131	0,202	49,456	0	0,521	166,482	Pentlanditt
128278.3.3	0,443	0	84,752	0,019	0,338	0,029	42,022	0,022	0,188	0,164	0	44,682	172,659	Kalkopyritt
128275.1.3	0	0	83,977	0,047	0,35	0,017	41,439	0	1,16	0,04	0	43,71	170,74	Kalkopyritt
128275.2.3	0,162	0,058	85,236	0	0,159	0	42,885	0,016	0,053	0	0	45,099	173,668	Kalkopyritt
128275.3.1	0,018	0	0,02	0,071	0,08	0	87,784	0,024	0,046	0,065	0,106	0	88,214	Magnetitt
128270.3.4	0,408	0	0	0,043	0,521	0	86,948	0,079	0,172	0,067	0,205	0	88,443	Magnetitt
128275.6.3	0,461	0	0,003	0,079	0,276	0	87,546	0,045	0,134	0,058	0,144	0,003	88,749	Magnetitt
128270.2.4	0,058	0,017	0,045	0,123	0,179	0,022	87,356	0,081	0,016	0,081	0,271	0	88,249	Magnetitt
128270.3.3	0,226	0,062	0	2,514	0,778	0,002	45,153	0,09	0,072	0,006	49,657	0	98,56	Ilmenitt
128278.5.2	4,529	0,005	0,013	2,051	1,194	0	43,481	0,068	0,825	0,035	49,502	0,009	101,712	Ilmenitt
128270.2.3	0,117	0,052	0,069	2,855	0,799	0	44,869	0,073	0,014	0,055	49,809	0	98,712	Ilmenitt
128255.1.3	0,375	0,064	0,016	2,04	0,985	0,015	44,961	0,157	0,206	0,032	50,729	0	99,58	Ilmenitt

Tabell B. 1: Samtlige resultater fra mikrosondeanalysen.

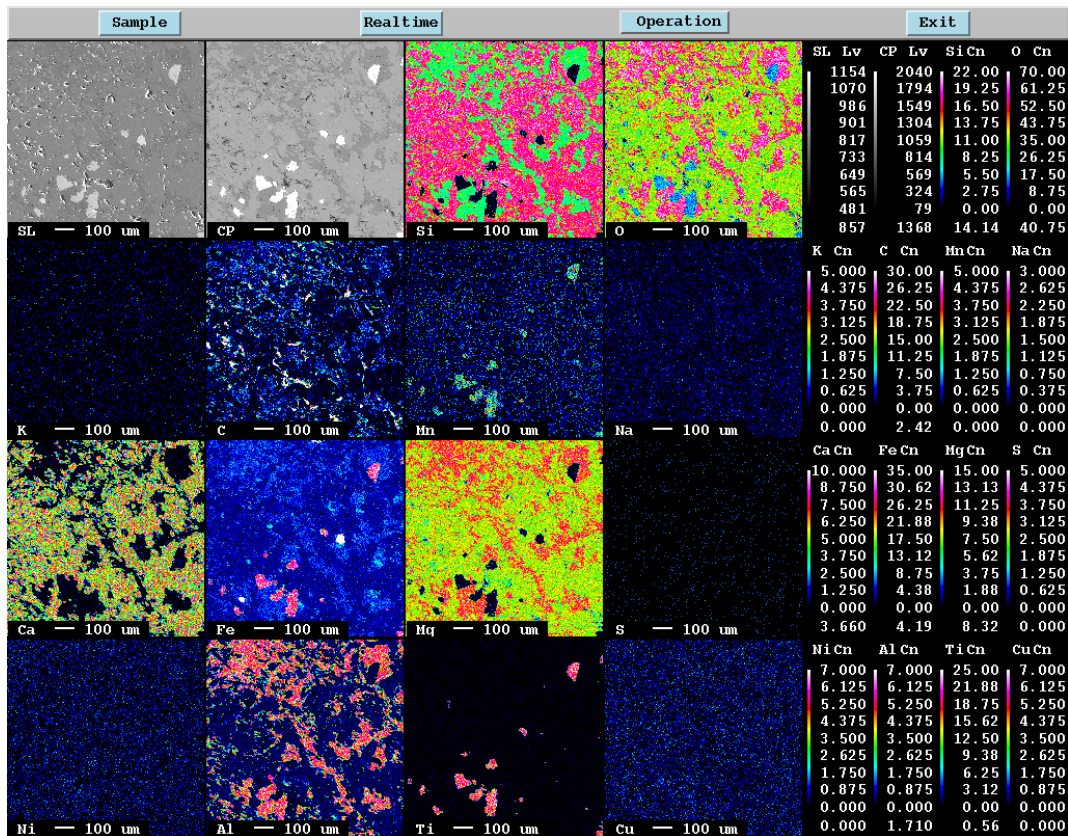
	128275.6.2	128278.3.3a	128270.5.2	128278.5.3	128278.6.2	128270.4.2	128270.6.3	128255.1.2	128255.2.3	128255.4.2	128275.3.3
SiO2	32,07	26,96	32,04	30,57	30,17	31,65	31,87	29,22	28,84	29,02	27,87
TiO2	0,00	0,00	0,01	0,00	0,11	0,04	0,00	0,19	0,07	0,04	0,03
Al2O3	14,68	15,50	14,30	16,02	15,90	14,36	14,73	17,34	17,09	18,02	14,93
FeO	9,47	10,52	8,36	10,76	10,71	8,63	8,57	11,24	11,37	11,59	15,88
MnO	0,07	0,15	0,09	0,11	0,09	0,07	0,09	0,11	0,09	0,09	0,11
MgO	30,52	29,08	31,17	28,80	28,85	30,29	30,44	26,92	27,13	27,17	28,77
NiO	0,15	0,16	0,13	0,12	0,12	0,10	0,15	0,11	0,17	0,15	0,06
CaO	0,19	0,36	0,10	0,03	0,01	0,23	0,23	0,15	0,10	0,05	0,03
Na2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
K2O	0,01	0,03	0,00	0,03	0,00	0,04	0,01	0,07	0,02	0,00	0,21
H2O*	12,33	11,49	12,26	12,13	12,06	12,13	12,23	11,93	11,84	12,03	11,88
TOTAL	99,48	94,24	98,44	98,57	98,04	97,55	98,32	97,29	96,72	98,16	99,77

Tabell B. 3: Mikrosonderresultater av kloritt etter innregning av H₂O. Utregningene er gjort basert på 28 oksygen og antatt at OH fyller sin plass.

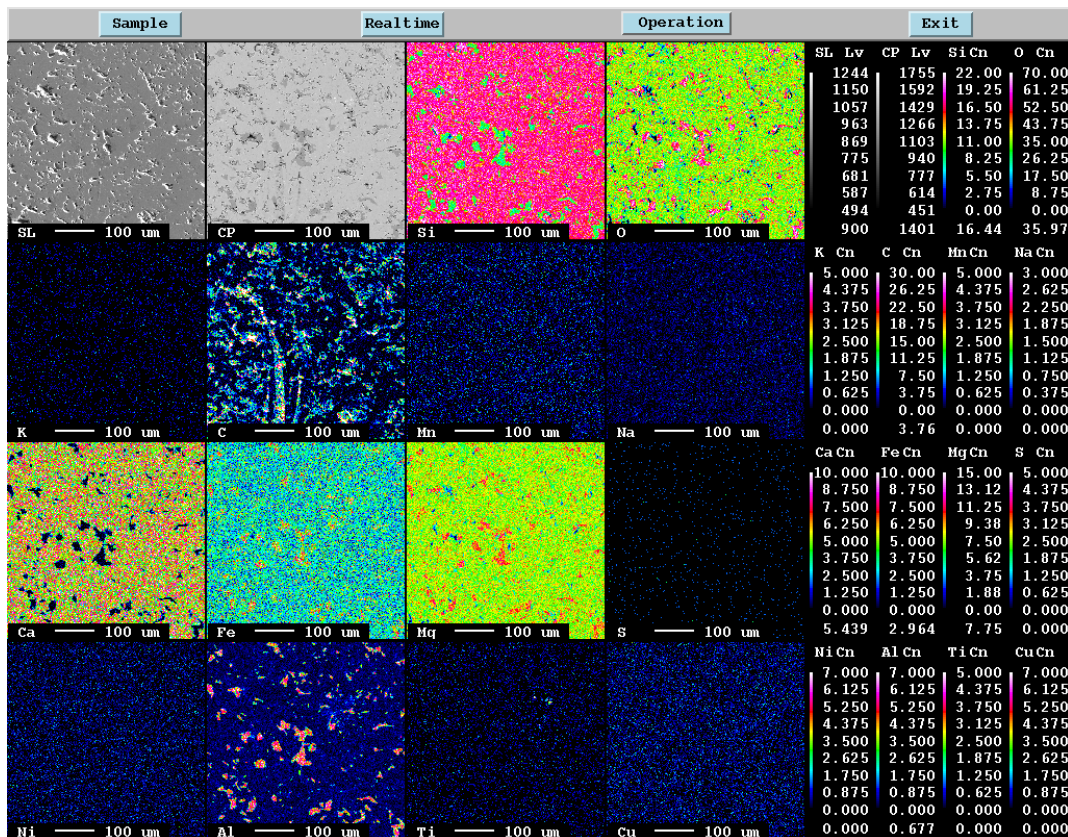
Elementkart



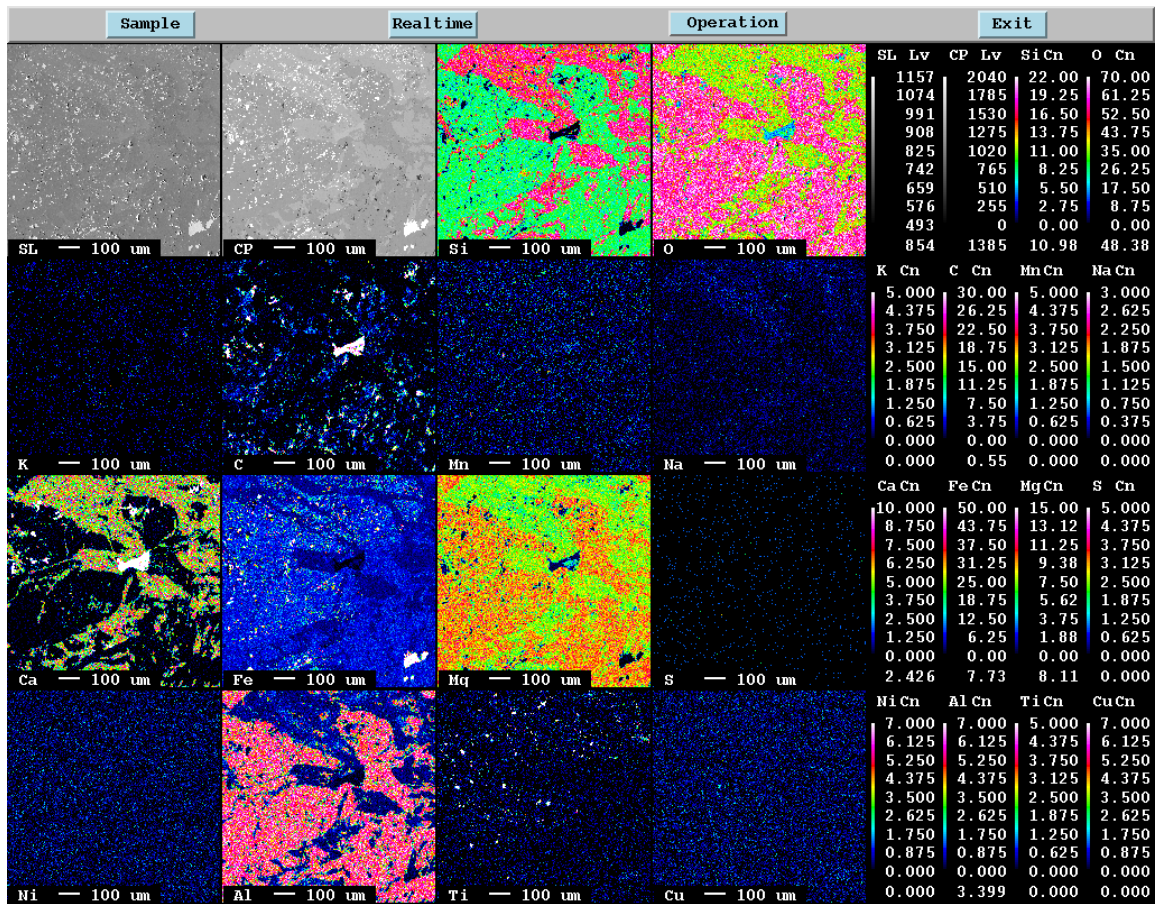
Figur B. 4: Elementkart fra tynnslip 128255



Figur B. 5: elementkart fra tynnslip 128270.



Figur B.6: elementkart fra tynnslip 128275.



Figur B. 7: Elementkart fra tynnslip 128278.

JEOL JXA-8500F Electron Probe Micro analyzer (EPMA)

The **JXA-8500F** is a high performance thermal field emission electron probe micro analyzer combining high SEM resolution with high quality X-ray analysis of submicron areas. The JEOL JXA-8500F instrument is equipped with 5 wavelength dispersive X-ray spectrometers (WDS) and an energy dispersive X-ray spectrometer (EDS). This combination can simultaneously analyse 5 elements WDS + 16 elements EDS plus collect image signals from backscatter and secondary electron detectors.

The use of WDS (wavelength dispersive X-ray spectrometer), high probe current and small probe diameter, the **JXA-8500F** is capable of extreme elemental analysis of sub-micron areas:

- High detection sensitivity for trace elements
- High accuracy of quantitative analysis
- High resolving power for adjacent X-ray spectra
- High accuracy of light elements analysis

The system is highly automated and controlled by a powerful SUN workstation system.

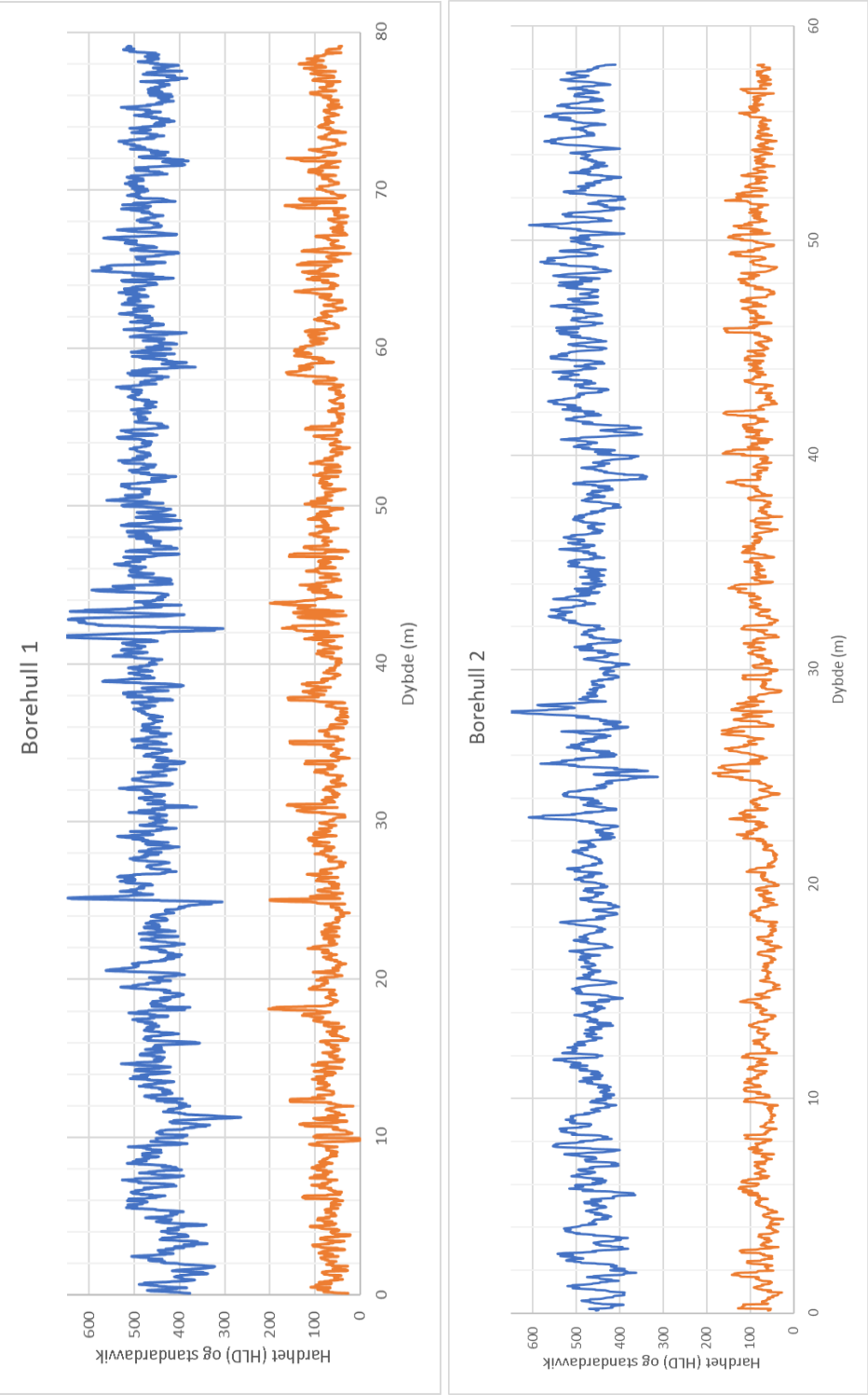


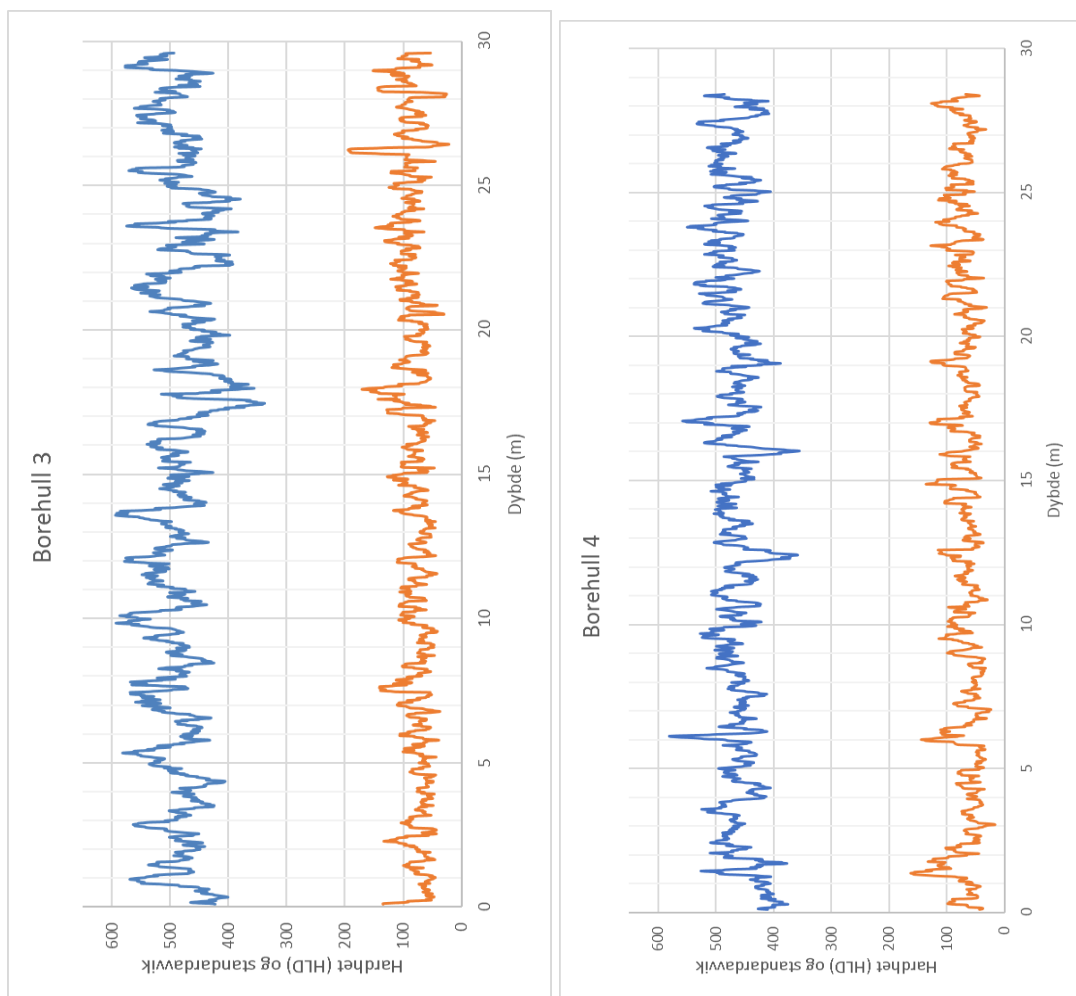
JXA-8500F Hyperprobe
JEOL (SKANDINAVISKA) AB
<http://www.jeol.se>

Specifications:

- Spectrometers: 5 WDS, 1 EDS
 - Acc.Voltage: 1 to 30 kV (0.1 kV steps)
 - Magnification: 40 to 300.000X
 - Stage speed max: 15 mm/s
 - Probe current: 1×10^{-11} to 5×10^{-7} A
 - Current stability: $\pm 0.5\%/h$ (FEG)
-
- **Detectable element range :**
 - 4^{Be} to 92^{U}
 - **Detectable wavelength range :**
 - 0.087 to 9.3 nm
 - **Secondary electron image resolution (SEI):**
 - 3.0 nm (WD11mm, 30 kV)
 - **Backscattered electron image (BEI) :**
 - Topo and composition image
 - **Specimen Stage :**
 - High Precision stage (HPSS)
 - X 90 mm
 - Y 90 mm
 - Z 7.5 mm
 - **Specimen size :**
 - 100 X 100 X 10 mmH
 - 36 mm dia. X 4 pcs X 20 mmH
 - 25.5 mm dia X 9 pcs X 20 mmH
 - Slide glass spec. holder X 4 pcs

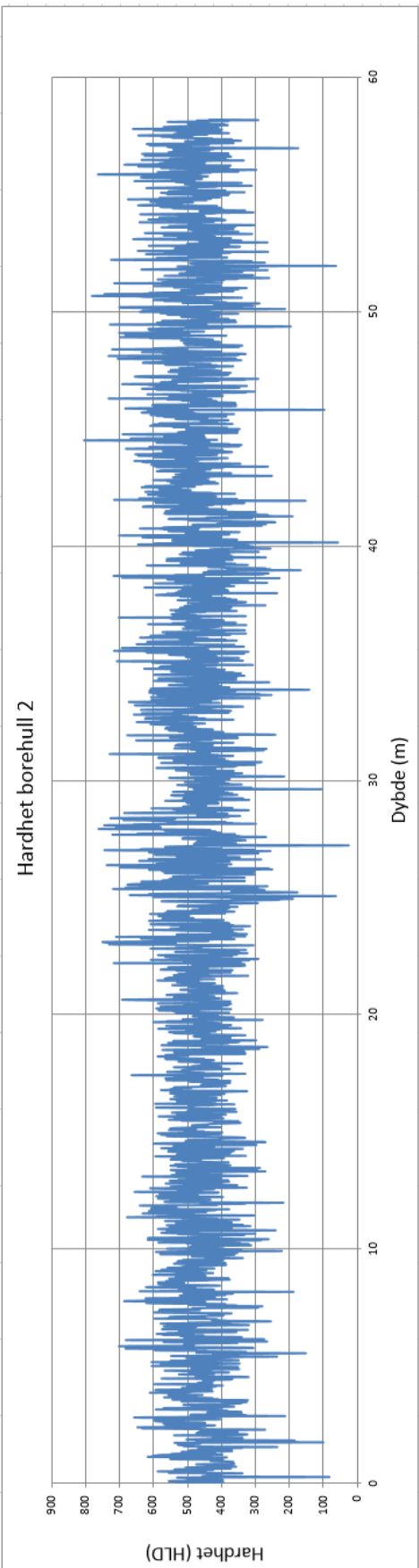
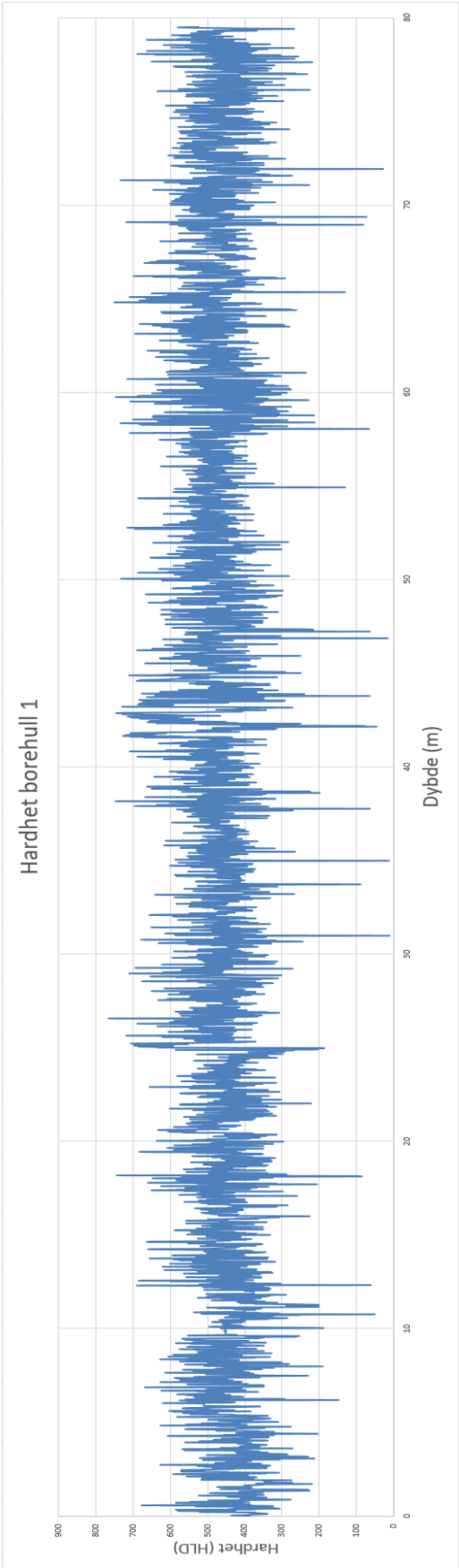
Appendiks C: Hardhet

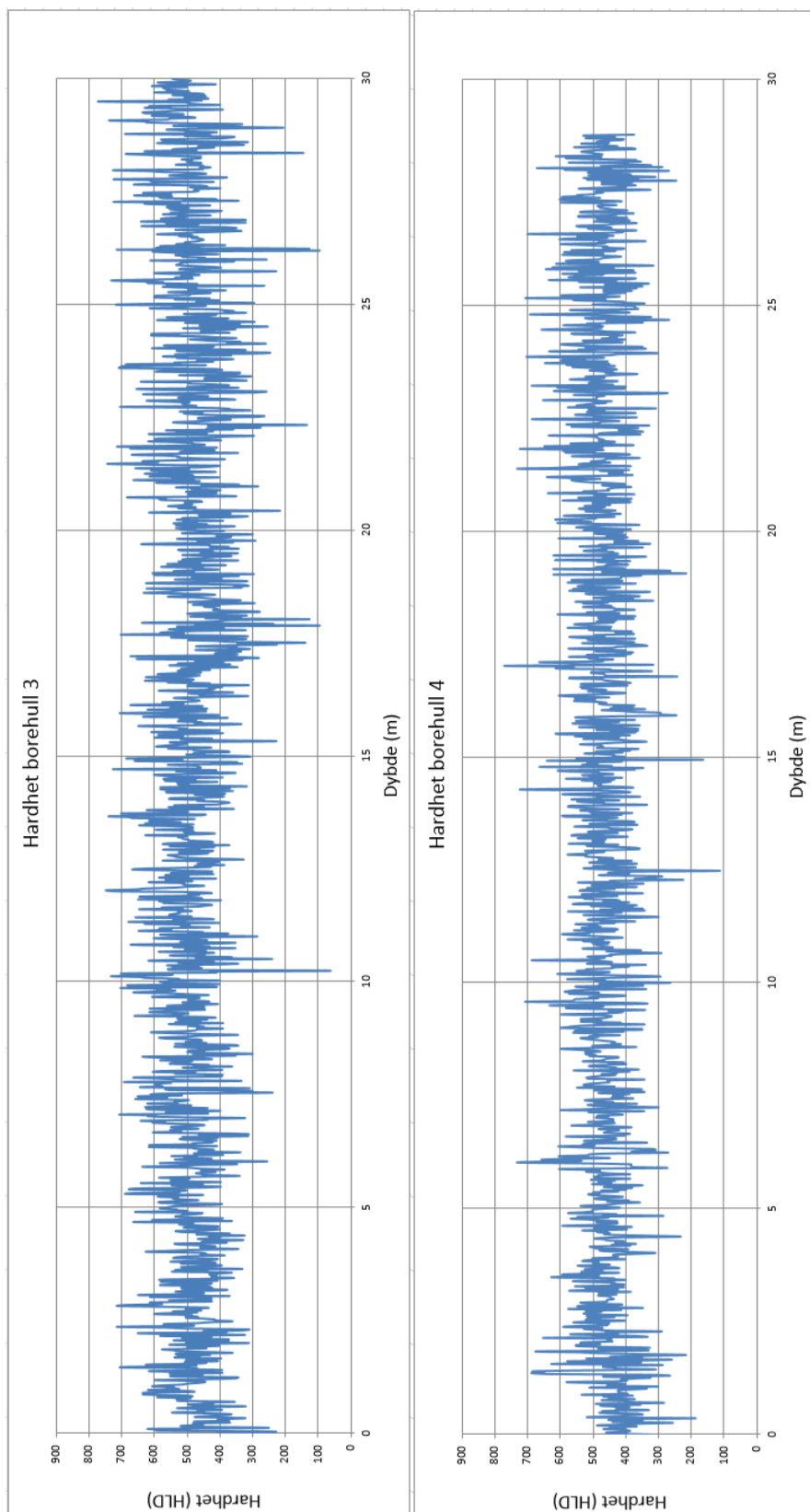




Figur C. 1: Hardhet og standardavvik utregnet fra gjennomsnittsverdien gjennom intervaller på 20 cm, der hvert punkt utgjør en forflytning på 2 cm nedover kjernen.

Samtlige hardhetsmålinger

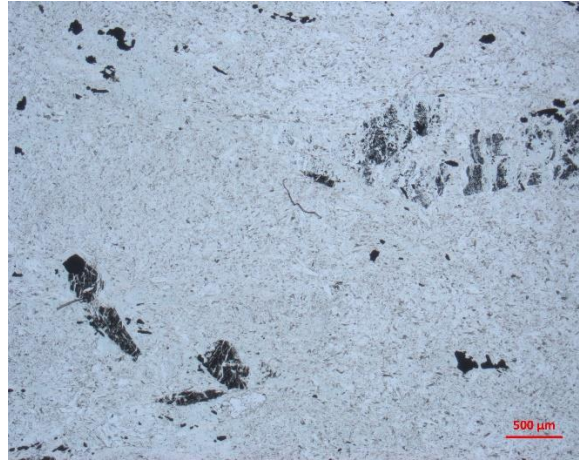




Figur C. 2: Samtlige hardhetsmålinger gjennomført på de fire borekjernene.

Appendiks D: Mineralogi

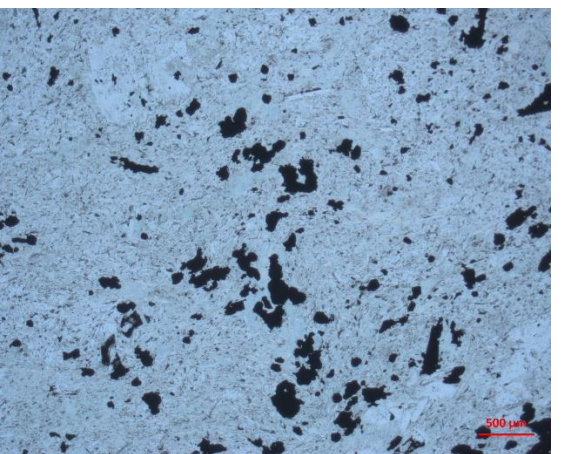
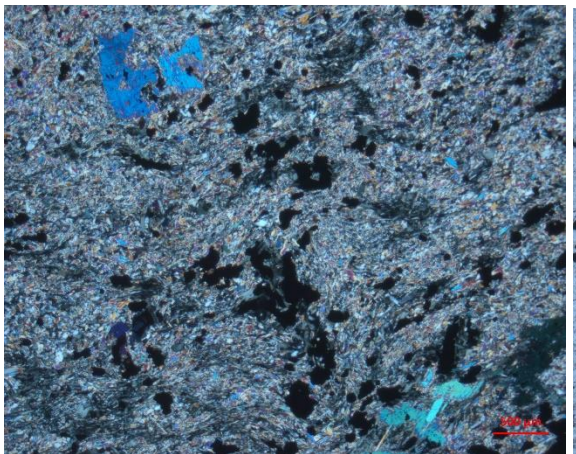
128269



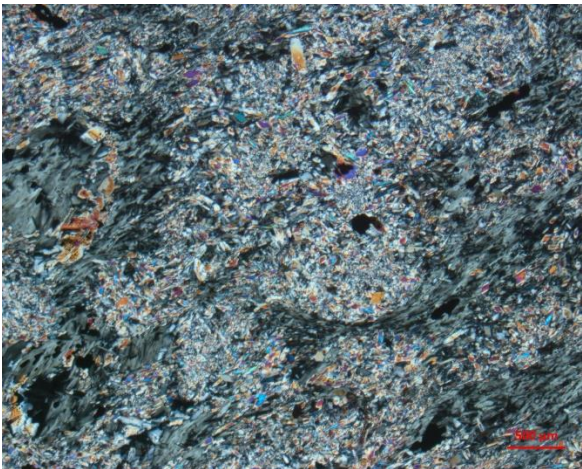
128288



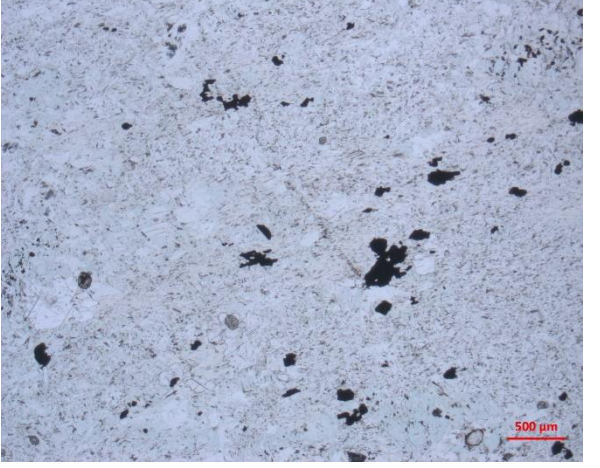
128270



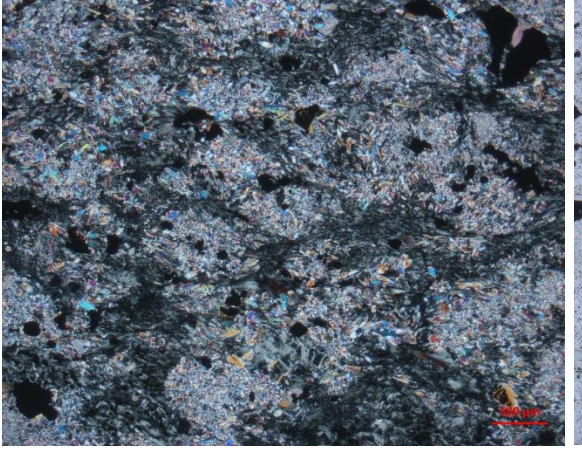
128271



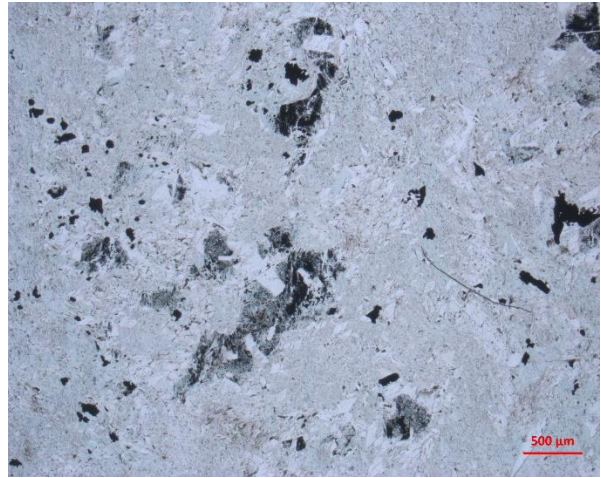
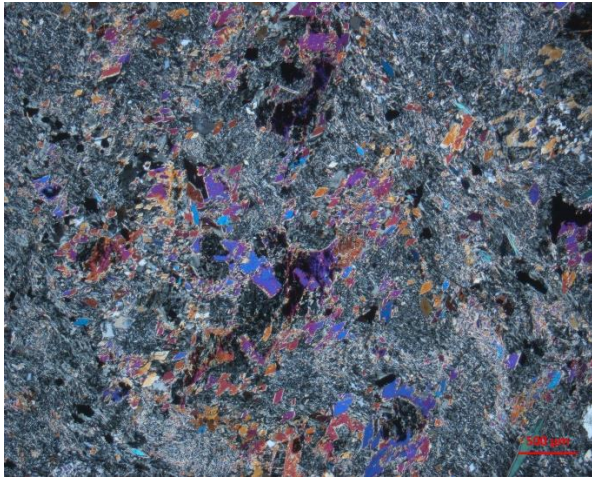
128272



128275



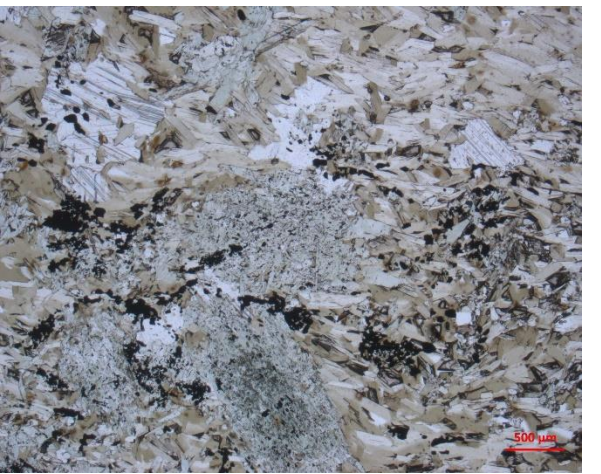
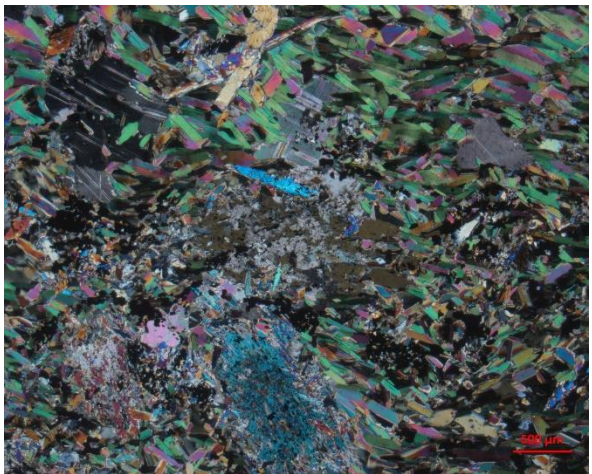
28278



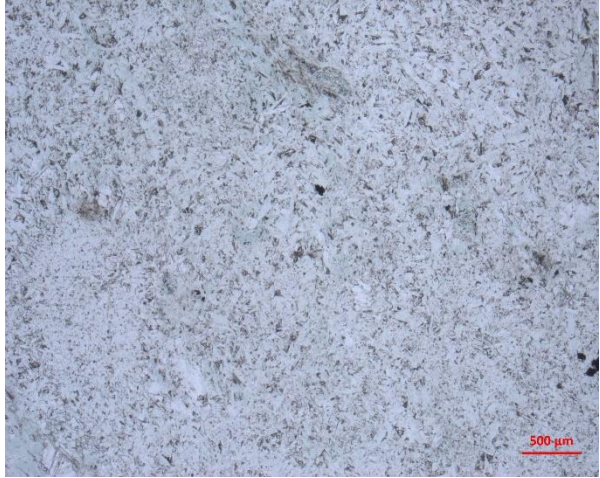
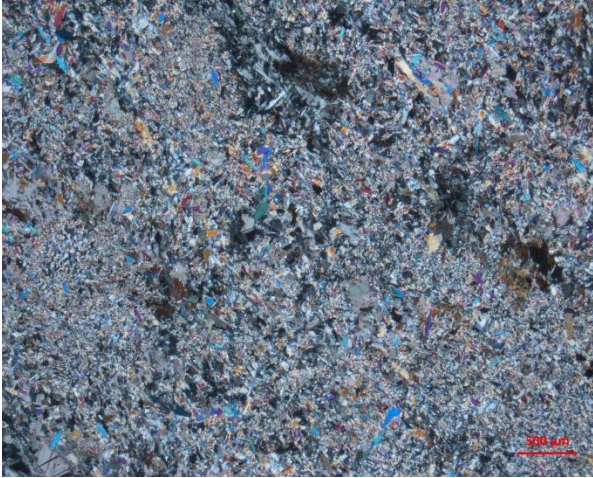
128279



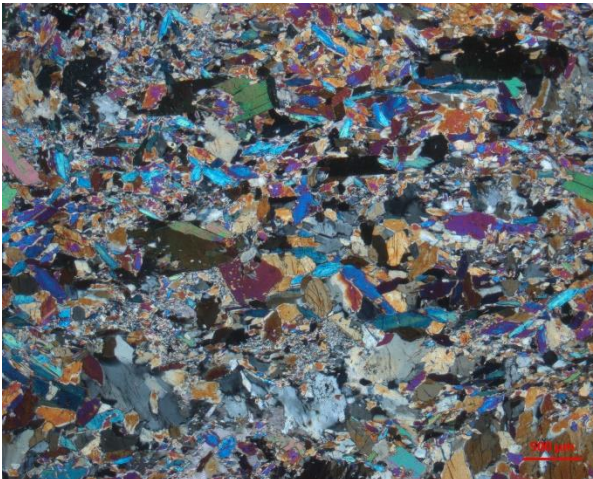
128282



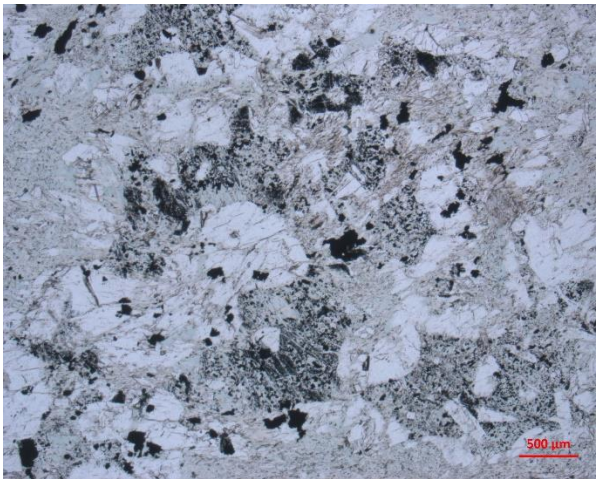
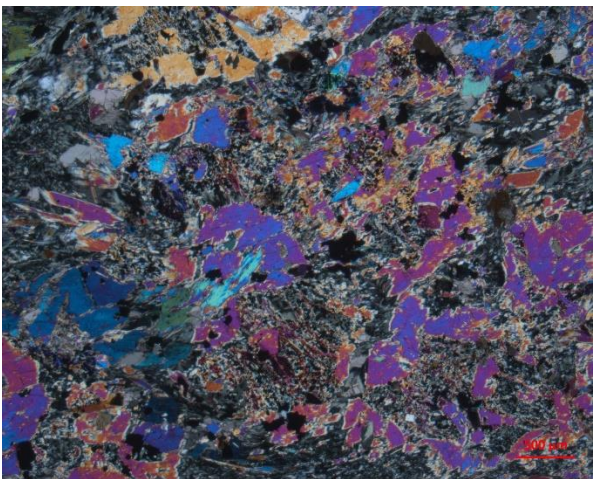
128284



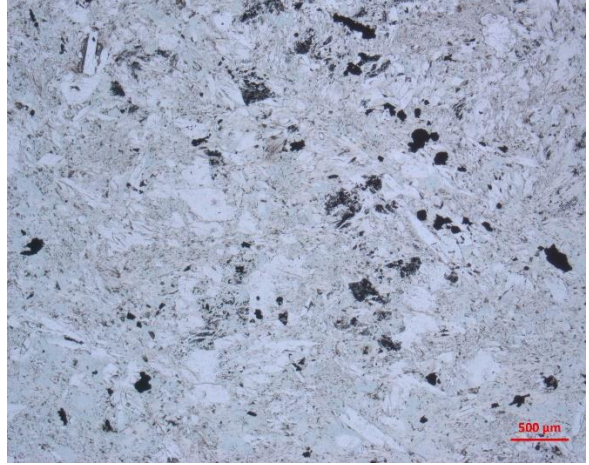
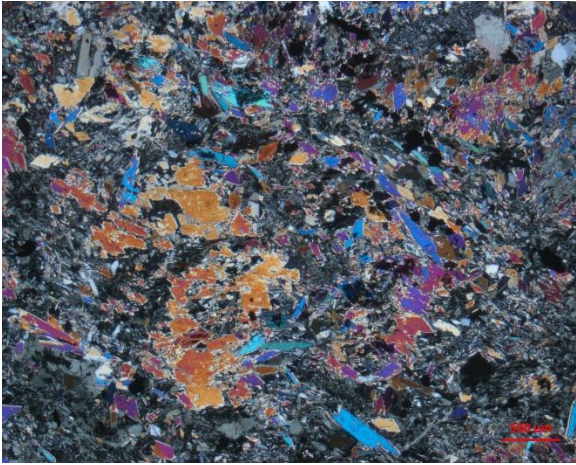
128287



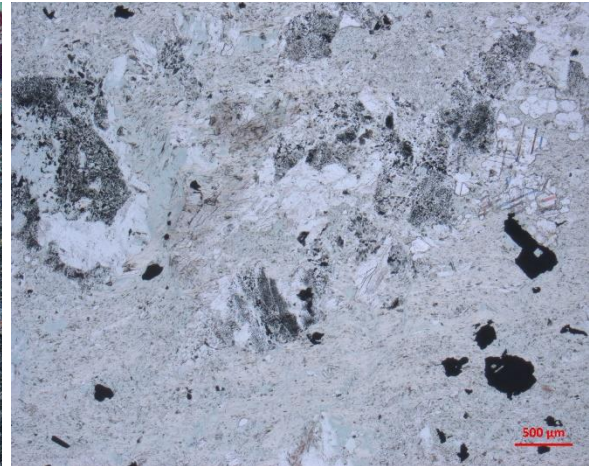
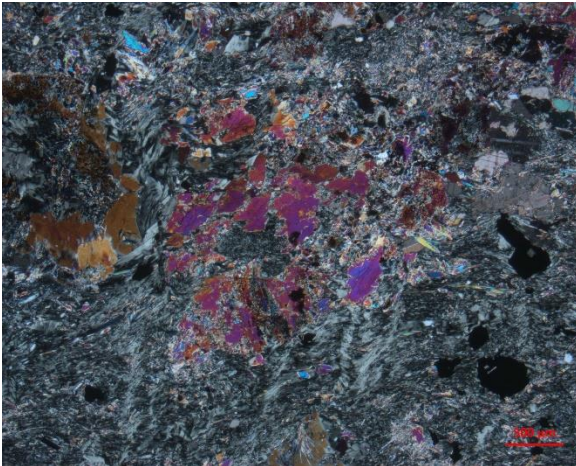
128261



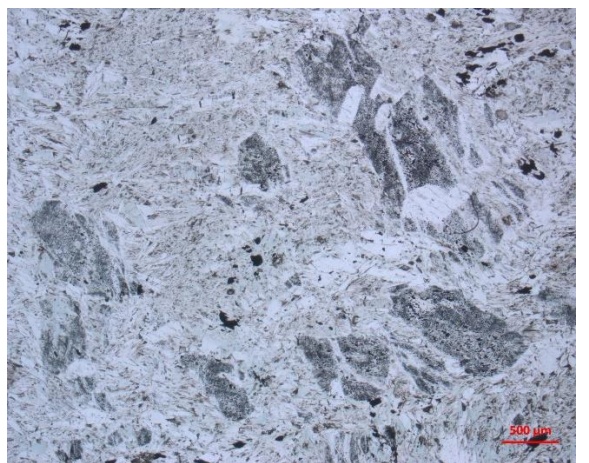
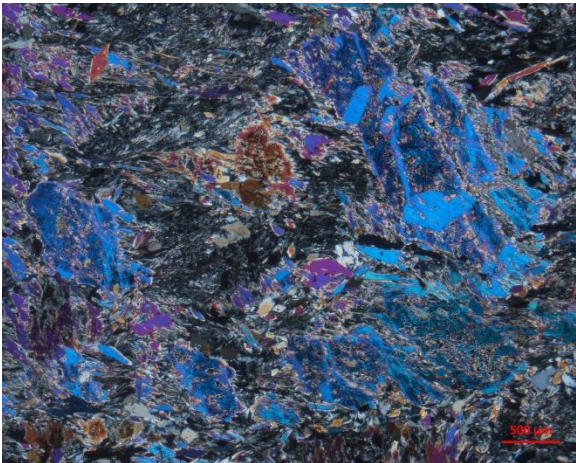
128262



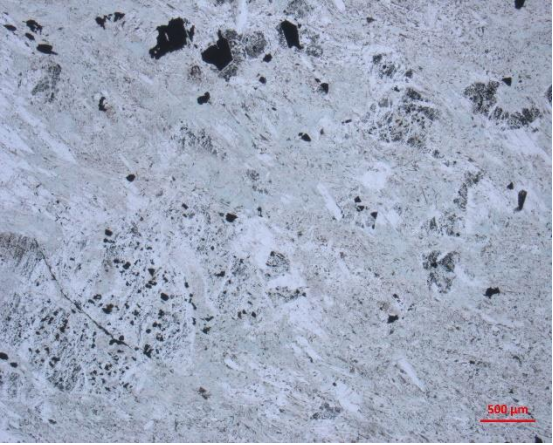
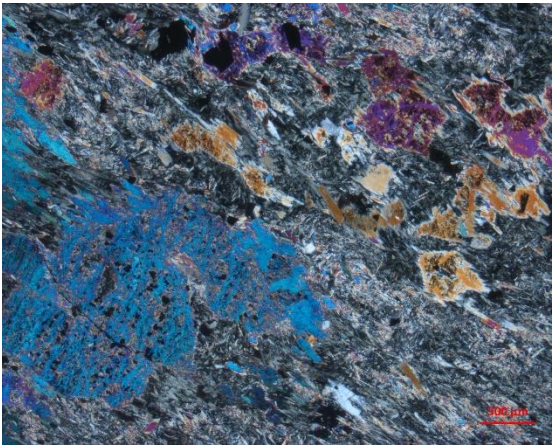
128263



128265



128266



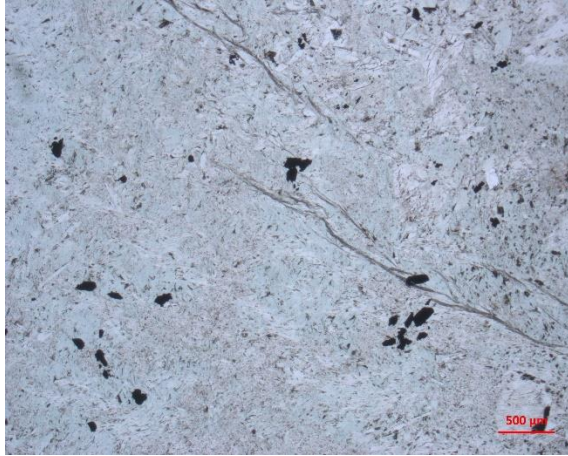
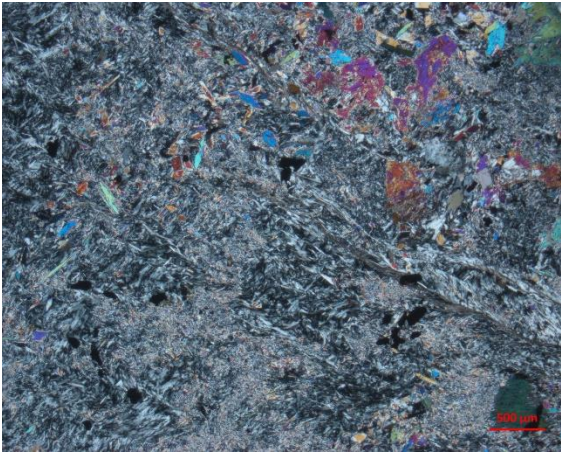
128267



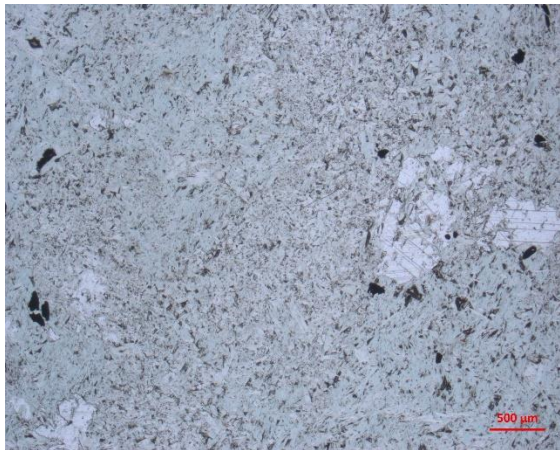
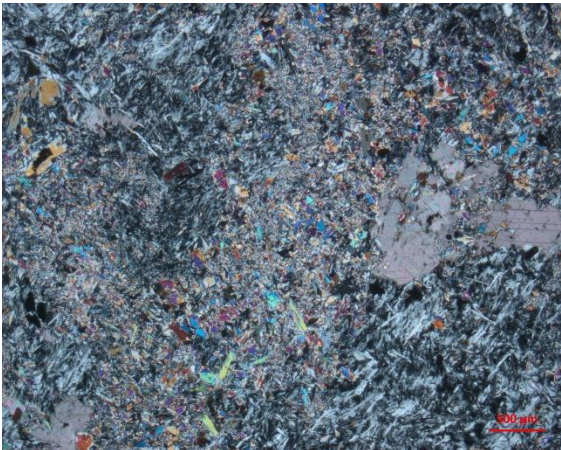
128268



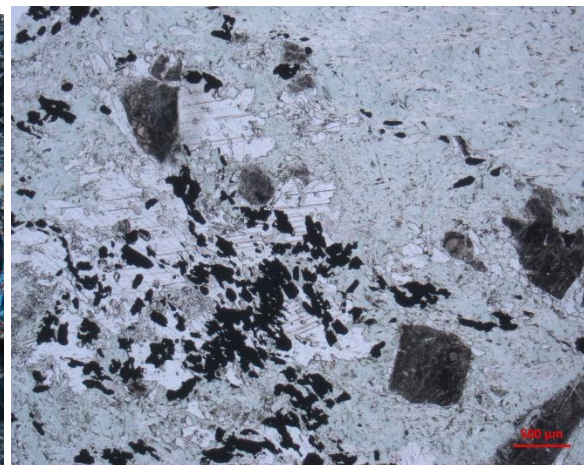
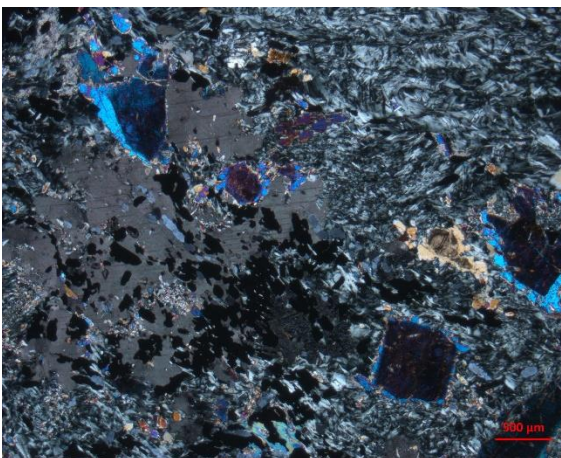
128255



128256



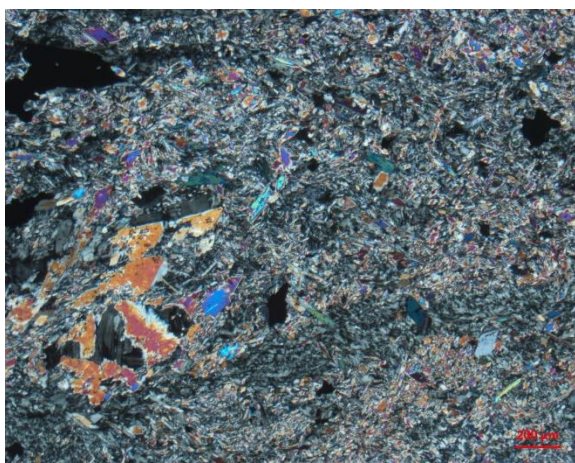
128258



128289



128291



128292



Figur D. 1: Tynnslip av samtlige tynnslip. Bildene er tatt slik at de best mulig representerer de typiske områdene til slipene.

9 Vedlegg

Vedlegg 2 finnes i dropbox linken under. Her finnes også vedlegg A om det er behov for større oppløsning.

https://www.dropbox.com/sh/eer6nqa3j99a5jy/AAayxEE7ZKeHtP_Tlw8rrYL1a?dl=0

Vedlegg 1: Borehullslogg

Borehull	Distanse (cm)		Recovery	Farge	Kornstørrelse	Oikokryster	Bergart	Alterasjon	Foliasjon		Hardhet	Magnetisme	Forvitring		Karbonatinnhold estimert > 0,05 mm		Syrereaksjon	Lyse flekker
	Fra	til							%	Mengde (%)			Orientering	Notat	Skrapetest	Oksidering		
1	0	13,5	100	5/10BG	Tett	15	K	3			2	2	x	x	5	0,3		
1	13,5	50	85	7/10BG	Tett-fin	15	K	3			2	2	x	x	4	0,3		2
1	50	62	100	7/10BG	Tett	15	K	3			2	2	x	x	4	0,5		
1	62	130	98	7/5BG	Tett	15	K	3			2	2	x	x	5	0,3		1
1	130	143	95	7/5BG	Tett- Svært fin	10	K	3			2	2	x	x	5	0,3		
1	143	300	98	6/10BG	Tett	20	K	3			3	2	x	x	4	0,2		1
1	300	352	97	7/5BG	Tett	25	K	3	35	svak	3	2	x	x	3	0,2		
1	352	356	100	8/10BG	Svært finkornet	10	K	3			3	2			5	0,2		
1	356	619	96	6/10BG	Tett	10	K	4	60	Svak	3	2	x	x	2	0,1		2
1	619	638	80	6/5BG	Tett-Fin	2	k	?										
1	638	746	98	6/10BG	Tett	7	K	4	40	Sterk	3	2			2	0,1		2
1	746	755	99	6/10BG	Tett	2	k	?			1	1						
1	755	783	100	6/10BG	Tett	7	K	4			3	2			2	0,1		1
1	783	795	100	6/10BG	Tett	2	k	?			1	1						
1	795	808	100	6/10BG	Tett	7	K	4			3	2			2	0,1		1
1	808	815	100	6/10BG	Tett	2	k											
1	815	866	100	6/10BG	Tett	6	K	4			3	2			2	0,1		2
1	866	872	100	6/10BG	Tett	2	k											
1	872	957	94	6/10BG	Tett	4	K	4	50	Sterk	3	2			3	0,2		2
1	957	1143	96	6/10BG	Tett	2	K	4	65	Moderat	3	2			7	0,6	x	2
1	1143	1243	99	6/5BG	Tett	30	k	3			2-3	2			5	0,7	x	
1	1243	1258	100	7/10BG	Tett	4	K	4	45	Sterk	3	2			?			3
1	1258	1362	98	6/5BG	Tett	22	K	3	58	Moderat	3	2			3	0,3		1
1	1362	1377	100	7/10BG	Tett	4	K	4	55	Sterk	3	2			?			3
1	1377	1461	100	7/10GB	Fin	20	K	3	55	Moderat	3	2			5	0,8		1
1	1461	1468	100	7/10BG	Tett	4	K	4			3	2			?			3
1	1468	1523	95	7/10BG	Tett	15	K	3	50	Moderat	2	2			4	0,5		2
1	1523	1705	98	7/10BG	Tett	2	K	5	60	Moderat	2-3	2			7	0,8		2
1	1702	1715	98	6/5BG	Tett		K		60	sterk	Hele skala	1			varierer mye			
1	1715	1850	99	6/10BG	Tett	1	K	5	50	Moderat	2-3	2			5	0,5	x	3
1	1850	1939	100	6/10BG	Tett	10	K	3	55	Moderat	2	2			3	0,4		1
1	1939	1977	100	7/10BG	tett	1	K	5	55	Moderat	3	2			3	0,7		3
1	1977	2000	98	6/5BG	tett	3	k	2			2	2			2	0,8		1
1	2000	2075	100	6/5BG	tett	7	K	4			3	2			3	0,5		2
1	2075	2100	99	6/10BG	tett	3	K	4			3	2			3	0,5		2
1	2100	2217	99,5	6/5BG	tett	3	K	5	45	Moderat	2	2			3	0,4		2
1	2217	2345	100	7/10BG	tett	3	K	2	60	Moderat	3	2			5	0,8		1
1	2345	2369	100	6/10BG	Svært fin	3	K	2			2	2			2	0,4		1

1	2369	2484	97	6/10BG	tett	3	K	2	55	Sterk	3	2	x		1	0,1	1
1	2484	2528	98	8/5B	tett-medium		Xenolitt?					0					
1	2528	2758	99	6/10BG	tett	15	K	2			3	2			2		
1	2758	2805	98	7/10BG	Tett	2	K	5	38	Moderat	3	2			2	0,2	3
1	2805	2852	100	6/5BG	tett	10	K	2	40	Moderat	3	2			3	0,4	
1	2852	2857	100	7/10BG	Tett		k	5			3	1					3
1	2857	2979	99,5	6/10BG	Tett-svært fin	4	K	4	52	Svak	3	2					2
1	2979	3059	97	7/10BG	Tett	10	K	2			3	2			3	0,8	
1	3059	3068	100	6/10BG	tett-finkornet	3	K	?			3	2			?		1
1	3068	3071									3						
1	3071	3118	99	7/10BG	tett	4	K	4	90	Moderat	3	2			4	0,3	3
1	3118	3183	100	6/10BG	Tett	25	K	2			3	2			4	0,6	
1	3183	3225	100	6/10BG	tett		K	4	50	Moderat	3	2			1	0,2	3
1	3225	3317	100	6/10BG	Tett	30	K	2	50	Svak	3	2			7	1	
1	3317	3327	100	6/10BG	tett			4			3	2			1	0,2	3
1	3327	3341	100	6/10BG	Tett	15	K	2			3	2			7	0,4	
1	3341	3350	100	6/10BG	Tett		K	4			3	2			1	0,2	3
1	3350	3888	99	6-7/BG	Tett	20	K	2	55	Moderat	3	2	x		7	0,4	
1	3888	3922	100	6/10BG	Finkornet	15	K	3	40	Sterk	3	1			10	0,2	1
1	3922	4080	99,5	7/10BG	Tett	20	K	2			3	2			3	0,4	
1	4080	4157	100	6/5BG	tett	10	K	3	55	Moderat	3	2			4	0,4	1
1	4157	4188	100	7/10BG	Svært fin						3	1					
1	4188	4236	99	6/10BG	tett	5	K	2			3	2			7	0,4	
1	4236	4293	100	8/10BG og 7/5B	tett						3	0			Høyt		
1	4293	4316	98	6/10BG	tett	2	K	2			3	0			5	0,3	
1	4316	4396	99	8/10BG og 7/5B	tett	3	K	2			3	0-1			6	0,5	
1	4396	4456	99	7/10BG	tett	10	K	2	40	Moderat	3	2			5	0,3	x
1	4456	4503	99	7/10BG	tett	10	K	2			3	2			5	0,3	
1	4503	5161	98	6/10BG	Tett	30	?	1	50	Moderat	3	2			4	0,2	x
1	5161	5171	100	6/10BG	tett	3	K	4	70	Sterk	3	2			1	0,2	1
1	5171	5271	99	6/10BG	tett	25	?	1	60	Moderat	3	2			4	0,2	x
1	5271	5432	98	7/10BG	tett	20	?	1	55	Svak	3	2			4	0,2	x
1	5432	5570	100	7/10BG	Tett	10	K	4	45	Sterk	3	2			4	0,2	x
1	5570	5600	100	6/10BG	Tett	40	?	1	60	Sterk	3	2			2	0,2	x
1	5600	5800	100	7/10BG	Tett	10	K	4	90	Svak	3	1			4	0,2	x
1	5800	5839	100	7/10BG	tett	3	K	6			3	1			10	0,4	x
1	5839	5856			Hele skalaen				90	Sterk	3	0					
1	5856	6216	95	7/10BG	tett	3	K	6	90		3	1			1	0,1	x
1	6216	6354	100	6/10BG	Tett	5	K	5			3	2			2	0,1	
1	6354	6378	100	7/10BG	Tett	1	K	6	60	Svak	3	1			1	0,1	Sjekk
1	6378	6422	90	6/10BG	Tett	5	K	5			3	1			2	0,1	x
1	6422	6480	100	7/10BG	Tett	1	K	6	60	Moderat	3	0			1	0,1	Sjekk

1	6480	6541	96	6/10BG	Tett	2	K	6	50 og 20	Sterk	3	2			4	0,4	x	3
1	6541	6608	99	7/10BG	Tett	2	K	5	60	Moderat	3	2			5	0,4	x	1
1	6608	6625	100	6/10BG	Tett	2	K	5			3	2			1	0,2	x	1
1	6625	6678	100	7/10BG	Tett	10	K	3			3	2			3	0,2	x	
1	6678	6708	90	6/10BG	Tett	3	K	5	40	Moderat	3	1			1	0,2	x	2
1	6708	7491	98	7/10BG	Tett	15	K	3			3	2			3	0,1	x	
1	7491	7583	99	7/10BG	Svært finkornet	10	K	3			3	2			1	0,1	x	1
1	7583	7621	98,5	Varierende	Svært finkornet						3	2			2	0,3	x	
1	7621	7642	100	7/10BG	Svært finkornet	10	k	3			3	2			1	0,1	x	1
1	7642	7655	99	Varierende	Svært finkornet						3	2			2	0,3	x	
1	7655	7840	99	7/10BG	Svært finkornet	10	K	3			3	0			5	0,1	x	
1	7840	7955	100	7/5BG	Tett	3	K	4			3	2			1	0,1	x	
2	0	233	99,5	6/10BG	Tett	25	K	3	50	Moderat	2-3'	2	x	x	3	0,1		
2	233	289	100	7/10Bg	Tett	10	k	4	45	Svak	2	2	x	x	3	0,1		2
2	289	319	90	6/5Bg	Tett	0,5	K	?	45	Svak	1	1	x	x	6	0,4		
2	319	376	100	6/10Bg	Tett	25	K	3	65	Svak	2-3'	2	x	x	3	0,2		1
2	376	406	100	6/5BG	Tett	22	K	3	45	Moderat	2-3'	2	x	x	3	0,2		2
2	406	427	100	6/10BG	Tett	10	K	4			2	2			3	0,2		
2	427	434	100	7/10Bg	Tett		K	5			3	1						3
2	434	474	100	6/10BG	Tett	30	K	3	45	Svak	3-2'	2	x	x	3	0,2		
2	474	511	90	7-6/10BG	Tett	28	K	3	45	Svak	2-3'	2	x	x	4	0,4	x	2
2	511	535	100	6/10BG	Tett	30	K	3			3-2'	2			4	0,4		
2	535	582	98	7/10BG	Tett	2	K	4	90	Kraftig	2-3'	2	x	x			x	2
2	582	586	100	7/5B	Tett		K	?			1							
2	586	680	100	6/10BG	Tett	20	K	3	45	Moderat	3-2'	2			4	0,3		1
2	680	787	100	6/10BG	Tett	10	K	4	65	Moderat	2-3'	2			4	0,3	x	1
2	787	821	100	6/5BG	Tett	2	K	?			2-1'	2			2	0,2	x	1
2	821	929	100	6/10BG	Tett	6	K	4	60	Kraftig	3-2'	2			4	0,3	x	2
2	929	1136	98	6/10BG	Tett	15-20'	K	3	35	Moderat	3	2			3	0,2	x	
2	1136	1200	94	7/10BG	Tett	1	K	4	55	Moderat	3-2'	2			3	0,2	x	2
2	1200	1219	100	8/5B	Tett		?	?			3	2					x	2
2	1219	1365	95	6/10BG	Tett	3	k	4	55	Moderat	2-3'	2			3	0,2	x	2
2	1365	1400	99	7/5B	Tett	6	K	4	60	Moderat	2-3'	2			1	0,2		1
2	1400	1648	98	7/10BG	Tett	15	K	3	55	Moderat	3	2			2	0,1		
2	1648	1816	97	6/10BG	Tett	8	K	4	55	Moderat	2-3'	2			2	0,1	x	1
2	1816	1821	100	8/5B	Tett		K	5			3	2						3
2	1821	1848	100	6/10BG	Tett	10	K	4			2-3'	2			2	0,1		
2	1848	1937	100	6/10BG	Tett	25	K	3			3-2'	2			2	0,1		1
2	1937	1942	100	6/10BG	Tett		?	?			Hele skalaen	1						
2	1942	2066	100	6/10BG	Tett	25	K	3			3-2'	2			2	0,1		1
2	2066	2107	94	6/10BG	Tett	4	K	4	50	Svak	2-3'	2			1	0,1		1
2	2107	2238	100	6/10BG	Tett	15-20'	K	3	50	Moderat	2-3'	2			1	0,1		

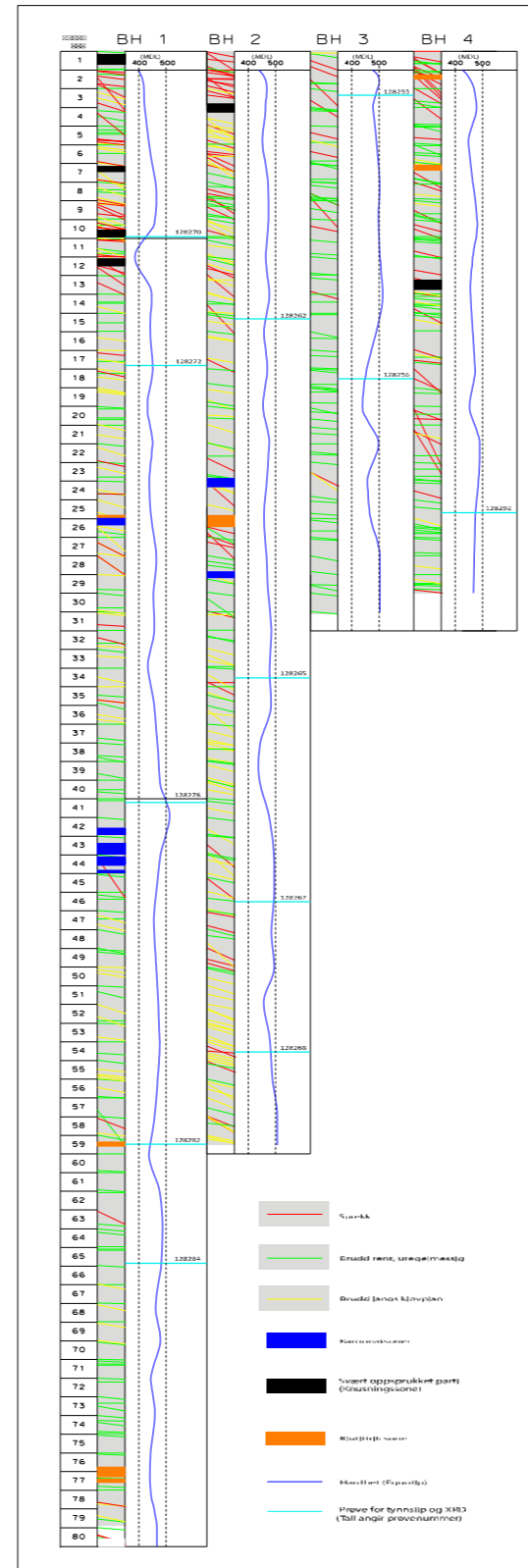
2	2238	2291	100	6/10BG	Tett	30	K	3	50	Svak	3	2			3	0,1	x	
2	2291	2325	95	8/5B	Tett	2	K	?			3	1						1
2	2325	2484	99	6/10BG	Tett	25	K	3	45	Svak	3	2			3	0,2		
2	2484	2543	98	2,5/5PB	Varierende		Xenolitt	?			1-2'	2					x	
2	2543	2590	99	6/5B	Tett	4	K	4			2	2			1	0,1	x	
2	2590	2715	99	6/10BG	Tett	20	K	3			3	2			0,5	<0,1		
2	2715	2790	100	6/10BG	Tett	15	K	4	48	Svak	3-2'	2			0,5	<0,1		
2	2790	2811	99	8/5B	Tett		Karbonat	?			3	0					x	
2	2811	2861	100	6/5B	Tett	7	K	4			3-2'	2			1	0,1	x	
2	2861	3015	98	7/10BG	Tett	30	K	2	45	Moderat	3-2'	2			2	0,1	x	1
2	3015	3020	100	6/5BG	Tett		K	?			1	0						
2	3020	3126	99	7/10BG	Tett	25	K	2	55	Svak	3-2'	2			3	0,1		1
2	3126	3182	100	6/10BG	Tett	10	K	3	55	Moderat	2-3'	2			3	0,1		
2	3182	3225	98	6/10BG	Tett	8	K	4			2	1			2	0,1		
2	3225	3265	100	6/10BG	Tett	4	K	4	40	Moderat	3	2			2	0,1		2
2	3265	3319	99	7/10BG	Tett	10	K	4	45	Moderat	2-3'	2			2	0,1		1
2	3319	3363	100	6/10BG	Tett	25	K	3	50	Sterk	3-2'	2			2	0,1		
2	3363	3383	100	Varierende	Tett		?	?										
2	3383	3614	99	7/10BG	Tett	15-20'	K	4	45	Moderat	3-2'	2			4	0,2		1
2	3614	3750	100	6/10BG	Tett	15	K	4	55	Svak	2-3'	2			4	0,1		1
2	3750	3864	100	7/10BG	Tett	5	K	4	50	Svak	2-3'	2			3	0,1	x	
2	3864	3885	100	6/10BG	Tett	2	K	4			3-2'	2			1	0,1	x	2
2	3885	3910	100	6/5BG	Tett	1	K	5			2-1'	0			1	0,1	x	
2	3910	4065	96	6/10BG	Tett	7	K	4	40	Sterk	2	2			4	0,3	x	1
2	4065	4087	100	6/10BG	Tett	4	K	5	50	Sterk	3-2'	2			4	0,3	x	3
2	4087	4115	98	6/10BG	Tett	2	K	5			2	2			5	0,4		1
2	4115	4146	100	6/10BG	Tett	5	K	5	50	Moderat	2	2			7		x	1
2	4146	4314	100	6/10BG	Tett	2	K	5	50	Moderat	2-3'	2			3	0,2	x	2
2	4314	4330	100	6/10BG	Tett		K	?	50	Sterk	3-2'	0					x	1
2	4330	4426	98	7/10BG	Tett	3	K	5	45	Sterk	3-2'	2			3	0,2	x	2
2	4426	4552	96	7/10BG	Tett	5	K	5	50	Sterk	3	2			4	0,2	x	2
2	4552	4613	98	6/10BG	Tett	2	K	5	55	Moderat	3	2			3	0,1	x	3
2	4613	4628	100	6/10BG	Tett	5	K	4			2	1			4	0,3	x	
2	4628	4700	97	6/10BG	Tett	2	K	5	60	Moderat	3	2			4	0,2	x	3
2	4700	4719	100	6/10BG	Tett	5	K	4			2	1			4	0,3	x	
2	4719	4734	100	6/10BG	Tett	2	K	5	55	Moderat	3	2			2	0,1	x	3
2	4734	4778	100	6/10BG	Tett	5	K	4			2	1			4	0,3	x	
2	4778	4847	98	6/10BG	Tett	2	K	5	55	Sterk	3	2			5	0,4		3
2	4847	4886	100	7/10BG	Tett	7	K	4	40	Moderat	2	2			3	0,2	x	1
2	4886	4964	100	6/10BG	Tett	3	K	5	55	Sterk	3-2'	2			3	0,1	x	3
2	4964	5015	100	6/10BG	Tett	7	K	4	60	Moderat	2-3'	2			3	0,1	x	1
2	5015	5058	100	7/10BG	Tett	5	K	5	50	Sterk	3-2'	2			2	0,1	x	3

2	5058	5069	100	7/10BG	Svært finkornet	7	K	4	43	Moderat	2	2			6	0,2	x	1
2	5069	5114	100	6/10BG	Tett	7	K	5	40	Moderat	3-2'	2			2	0,1	x	2
2	5114	5130	100	?	Finkornet		Xenolitt?	?										
2	5130	5162	100	6/10BG	Tett	7	K	5			3-2'	2			2	0,1	x	2
2	5162	5312	98	6/10BG	Tett	20	K	3	45	Moderat	2-3'	2			3	0,1	x	1
2	5312	5623	97	6/10BG	Tett	10	K	4	45	Svak	2-3'	2			3	0,1	x	1
2	5623	5638	100	6/10BG	Tett	7	K	5	48	Moderat	3	1			2	0,1	x	2
2	5638	5749	100	6/10BG	Svært finkornet	10	K	4	55	Moderat	2-3'	2			2	0,1	x	1
2	5749	5764	100	6/10BG	Tett	7	K	5	48	Moderat	3	1			2	0,1	x	2
2	5764	5820	100	6/10BG	Svært finkornet	10	K	4	50	Moderat	2-3'	2			2	0,1	x	1
3	0	14	40															
3	14	85	100	6/5BG	Tett	3	K	5			2-1'	1	x	x	3	0,1	x	1
3	85	100	100	7/10BG	Tett	3	K	5			2	1	x	x	3	0,1	x	1
3	100	200	100	7/10BG	Tett	3	K	5			2	1	x	x	3	0,1	x	1
3	200	524	100	6/10BG	Tett	3	K	5	60	Svak	2	0			3	0,1	x	1
3	524	543	100	8/10BG	Tett	1	K	?			3-2'	0			1	0,1	x	?
3	543	700	100	6/10BG	Tett	3	k	5			2	0			3	0,1	x	1
3	700	787	99	7/10BG	Tett			5			2-3'	0			1	0,1	x	3
3	787	858	100	7/10BG	Tett	3	K	5			2	0			3	0,1	x	1
3	858	1359	99,5	7/10BG	Tett	3	K	5			2	0			5	0,2	x	1
3	1359	1394	100	8/5B	Tett	1	K	?			3-2'	0			2	0,1	x	3
3	1394	1720	100	6/5BG	Tett	4	K	5	0	Moderat	2	0			4	0,2	x	2
3	1720	2143	100	6/5BG	Tett	4	K	5	Varierer mye		2	1			7	0,6	x	2
3	2145	2158	100	6/5BG	Svært finkornet	9	K	4			3-2'	1			1	0,1		1
3	2158	2238	99	6/5BG	Tett	7	K	4	10	Moderat	2-3'	1			4	0,2		2
3	2238	2254	100	6/10BG	Tett		?	?			Hele skalaen	0						
3	2254	2355	100	6/5BG	Tett	7	K	4	2	Svak	2-3'	0			3	0,2		2
3	2355	2370	100	7/10BG	Tett	4	K	?			3	0			2	0,1		2
3	2370	2518	100	6/5BG	Tett	4	K	5	10	Moderat	2	1			4	0,3		2
3	2518	2545	100	6/5BG	Tett	7	K	4			2-3'	0			3	0,3		1
3	2545	2568	100	7/10BG	Svært finkornet	3	K	?			3-2'	0			3	0,1		2
3	2568	2700	99	6/10BG	Tett	8	K	4			2	0			2	0,1		
3	2700	2726	100	7/10BG	Tett	2	K	5			2-3'	0			2	0,1		2
3	2726	3000	99	6/10BG	Tett	2	K	5	0	Moderat	3-2'	0			4	0,2		2
4	0	78	98	7/10BG	Tett	4	K	4	60	Svak	2	1	x	x	1	0,1		1
4	78	116	97	7/10BG	Tett	5	K	5	30	Sterk	2	1			1	0,2	x	2
4	116	126	100	7/10BG	Tett	1	K	4	40	Sterk	3	0			2	0,1		Sterk
4	126	136	97	6/10BG	Tett		K	?			1	1	x				x	2
4	136	146	100	8/5B	Tett		Xenolitt?	?			3	0						
4	146	160	100	6/10BG	Tett	5	K	?			1	1						2
4	160	181	100	6/10BG	Tett	10	K	4			2	1			3	0,5		1

4	181	221	99	7/10BG	Tett	8	K	4			2	1			3	0,3		2
4	221	392	90	7/10BG	Tett	10	K	4	55	Svak	3	0			5	0,3		1
4	392	578	97	6/10BG	Tett	5	K	4	50	Svak	2	1			4	0,1		1
4	578	613	99	7/10BG	Tett	2	K	5	50	Sterk	3	2			1	0,1		3
4	613	633	99	Variierende	Variierende		?	?	40	sterk	Variierende	2						2
4	633	642	100	7/10BG	Tett	1		4			3	2			2	0,1		3
4	642	936	99	6/10BG	Tett	10-15'	K	4	50	Moderat	2	2			6	0,5		1
4	936	961	100	7/10BG	Tett			5			2-3'	2			4	0,3	x	2
4	961	1136	99	7/10BG	tett	10-15'	K	4			3	1			5	0,2	x	1
4	1136	1172	100	7/10BG	Tett	2	K	4	65	Moderat	1-2'	2			5	0,2	x	1
4	1172	1229	100	6/10Bg	Tett	5	K	4	40	Moderat	2-3'	1			3	0,2	x	1
4	1229	1270	98	6/10Bg	Tett	4	K	4	50	Moderat	2-3'	2			4	0,3	x	1
4	1270	1509	99	7/10BG	Tett	7	K	4	45	Moderat	2-3'	2			4	0,4	x	1
4	1509	1546	100	6/10Bg	Tett	7	K	4	55	Sterk	2-3'	2			8	0,6		1
4	1546	1606	96	6/10Bg	Tett	12-15'	K	4	52	Sterk	2-3'	2			4	0,4		1
4	1606	1638	100	6/10Bg	Tett	7	k	4	55	Sterk	2-3'	2			8	0,6		1
4	1638	1692	100	6/5B	Tett-Svært fin	12-15'	k	4	53	Sterk	2-3'	2			3	0,2		1
4	1692	1698	100	6/5BG	Tett		K	5			3	2			1	0,1		3
4	1698	1709	97	8/5B	Tett		Åre/Xenolitt				3						x	
4	1709	1716	100	6/5BG	Tett		k	5			3	2						3
4	1716	1768	100	6/10BG	Tett	5	K	4	53	Sterk	2	2			4	0,5		1
4	1768	1908	100	7/10BG	Tett	10-20'	K	3	60	Moderat	3	2			3	0,2		1
4	1908	1924	100	7/5B	Tett	Variierende	K?	?			1-2'	2			Variierende			2
4	1924	2061	99,5	6/10BG	Tett	7	K	4	55	Moderat	2-3'	2			8	0,5		1
4	2061	2073	100	7/10BG	Tett	10	K	4	60	Moderat	2-3'	2			6	0,4		2
4	2073	2117	100	6/10BG	Tett	7	K	4	45	Moderat	2-3'	2			8	0,5		2
4	2117	2258	100	6/10BG	Tett	7	K	4	50	Moderat	3-2'	2			7	0,4		2
4	2258	2517	96	6/10BG	Tett	20	K	3	50	Moderat	3	2			7	0,4		1
4	2517	2805	99	6/10BG	Tett	30	k	3	60	Moderat	3	2			9	0,6		1
4	2805	2833	100	7/10BG	Tett	5	K	5			2	2			10	0,6		2
4	2833	2880	100	6/10BG	Tett	25	k	3			3	2			7	0,4		

Borehull	Henviser til om det er borehull 1, 2, 3 eller 4.
Distanse	Forteller hvilket intervall som er gjeldende.
Recovery	Hvor mange prosent av angitt intervall borekjernen består av. Om et 1 meter langt intervall mangler 1 cm kjerne vil den ha 99% recovery.
Farge	Angir fargekoden.
Kornstørrelse	Angir størrelsen på kornene i grunnmassen.
Oikokryster	Angir hvor mange prosent oikokryster intervallet består av.
Bergart	Angir bergart, der k=klebersten.
Alterasjon	Angir hvor mye steinen er omvandlet. Skalaen er fra 1-6, der 1 er minst omvandlet og 6 er mest omvandlet.
Foliasjon	Angir orienteringen til foliasjonen målt vinkelrett på borekjernens lengderetning. Notatene forteller om hvor tydelig foliasjonene er synlig..
Hardhet	Angir hvor hard steinen føles når den ble risset i med kniv. Skalaen er fra 1 til 3 der 3 er hardest.
Magnetisme	Angir om steinen er magnetisk på en skala fra 0 til 2. 0 er ikke magnetisk, 1 er antydninger til utslag og 2 gir markante utslag.
Forvitring	Angir om det er synlig forvitring og om det forekommer i karbonat eller oksid.
Karbonatinnhold	Angir mengde karbonater i prosent og størrelse på de største observerte kornene.
Syrereaksjon	Angir om steinen reagerer på syre.
Lyse flekker	Angir opptreden og tydelighet av lyse flekker på steinen på en skala fra 1 til 3. Verdien 1 betyr at de er svake og 3 betyr at de er kraftige.

Appendiks 2A



Appendiks 2B

