


# GEOLOGI FOR SAMFUNNET

*GEOLOGY FOR SOCIETY*



Rapport nr.: 2012.001		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Kvalitetstest av metode for borkaksprøvetaking av apatitt-pyrokсенitter i Misværdal, Nordland				
Forfatter: Peter M. Ihlen og Leif Furuhaug		Oppdragsgiver: Nordland fylkeskommune/NGU		
Fylke: Nordland		Kommune: Bodø		
Kartblad (M=1:250.000) Bodø og Sulitjelma		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) Misvær 2029-2		
Forekomstens navn og koordinater: Misværdal apatittforekomst (se Vedlegg 1)		Sidetall: 19 sider      Pris: NOK 87,00 Kartbilag:		
Feltarbeid utført: 17-20.06.2012	Rapportdato: 05.12.2013	Prosjektnr.: 305600	Ansv. ansvarlig:  Henrik Schiellerup Lagleder, Mineralressurs	
<p><b>Sammendrag:</b></p> <p>Rapporten gir resultatene av en kvalitetstest av borkaksprøvetaking utført på apatitt-førende pyrokсенitter i Misværdal pyrokсенittmassiv i 2011 (Ihlen og Furuhaug 2012). Prøvetakingen utføres med en bensindrevet Pionjär slagbormaskin med et 90 cm langt bor som går igjennom en sylindrisk prøvebeholder hvor borkakset samles opp i et prøve-kammer. Under boringen lekker det ut borkaks på fjelloverflaten rundt borhullsåpningen. I tillegg transporteres noe finkornet støv med returluft ut gjennom eksosrøret på prøvebeholderen og ut på bakken. Testmetoden som ble brukt omfattet boring på en rengjort fjelloverflate og de forskjellige støvfraksjonene (lekkasjekaks, prøve-kammerkaks og finstøv) ble innsamlet og senere veid og analysert for P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Både loddhull og skråhull ble boret på horisontale og skrånende fjelloverflater. På grunnlag av borkaksprøvenes vekt ble det regnet ut et veid gjennomsnitt for P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> innholdet i pyrokсенitten i hullet. Analyseresultatet for P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i prøve-kammerkaket ble så sammenlignet med det veide gjennomsnittet.</p> <p>Den største andelen (&gt; 75 %) av borkakset avsettes i prøve-kammeret når det bores vertikale hull på horisontale til svakt skrånende fjelloverflater. Da er lekkasjen av borkaks rundt borhullsåpningen minst. Analysene for prøve-kammerkaket viser da også minst avvik (<math>\pm 0,03</math> vekt % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) fra det veide gjennomsnittet for borhullet. Skråhull fører ofte til at mengden borkaks som havner i prøve-kammeret reduseres til under 700 gram av totalmengden på ca. 1 kg, dvs. &lt; 70 % av totalen. Den reduserte mengden i prøve-kammeret fører til et tydelig avvik og reduksjon av apatitt-mengden i prøve-kammerkaket (0,25-0,73 vekt % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mindre) i forhold til det veide gjennomsnittet for hullet. Finstøvet som transporteres med returluft ut gjennom eksosrøret på prøvebeholderen utgjør vektmessig (10-30 gram) svært liten andel av den totale borkaksmengden fra borhullet og innvirker derfor lite på størrelsen av det veide gjennomsnittet. Borkaksmetoden er vel egnet for prøvetaking av apatitt-førende bergarter så lenge det bores loddhull på horisontale til svakt skrånende fjelloverflater. Skråhull bør unngås, og når det må brukes bør lekkasjen rundt borhullsåpningen tettes på en best mulig måte. Siden mer enn 90 % av borhullene under borkaksprøvetakingen i 2011 representerte loddhull, så antas det at analyseresultatene gir et riktig bilde av pyrokсенittenes P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> innhold.</p>				
Emneord: Fagrapport		Kvalitetssikring		Metodestudium
Prøvetaking		Apatitt		Misværdal, Nordland
XRF analyser		Litogeokjemi		Klinopyrokсенitt

## INNHold

1. INNLEDNING.....	5
2. STANDARD-METODE FOR BORKAKSINNSAMLING.....	7
3. TEST AV BORKAKSMETODEN.....	10
4. RESULTATER AV PRØVETAKINGEN .....	13
4.1. Variasjoner i vekten av borkaksprøvene .....	13
4.2. Variasjoner i P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -innholdet av borkaksprøvene .....	14
5. KONKLUSJONER.....	16
6. REFERANSER .....	17

## FIGURER

<i>Figur 1. Forenklet geologisk kart over Misværdal pyroksenittmassiv. Tall på ramme angir kilometer for UTM koordinater i sone 33 V (EURF89). Høydekurver for hver 50 m. Røde linjer er veier og svarte felter er blotninger. Svart ramme angir området vist i Figur 6. ....</i>	6
<i>Figur 2. Pionjär slagbormaskin med prøvebeholder som hviler på bart fjell. Fra venstre grunneier Yngve Fløttkjær, overingeniør Leif Furuhaug og forsker Peter M. Ihlen som prøver å få start på en kald maskin. ....</i>	8
<i>Figur 3. Bilder av prøvekammeret. Det venstre viser det innvendige av prøvekammeret med toppen av det innvendige røret synlig. Det høyre viser hvordan borkakset overføres fra kammeret til prøvepose med lynlås når topplokket er fjernet. Klemmelåsene som holder lokket på plass er også vist. Se også Figurene 4 og 5. ....</i>	8
<i>Figur 4. Snitt gjennom prøvebeholderen med dimensjoner angitt. ....</i>	9
<i>Figur 5. Prøvebeholderens stilling når boret står i vinkel til fjelloverflaten. Det er da gode muligheter for lekkasje av borkaks gjennom åpningen som dannes ved overgangen mellom fjell og prøvebeholder. Noe finkornet støv følger også returluften ut gjennom eksosrøret. ....</i>	9
<i>Figur 6. Rengjøring av fjelloverflaten før borhull 193 påsettes i grovkornet biotitt-alkalkalifeltspat pyroksenitt. ....</i>	10
<i>Figur 7. Til venstre boring av loddhull på horisontal overflate, dvs. L/H type hull, og til høyre boring av skråhull vertikalt på skrånende overflate (S/S type hull). Begge bilder viser hvordan prøvebeholderen er pakket inn i plastduk, samt den 1 m lange gummislangen som er montert på åpningen av eksosrøret. Legg merke til den tynne hinnen av grått finstøv på venstre bilde som er avsatt på plastduken utenfor munningen av gummislangen. ....</i>	11
<i>Figur 8. Utsnitt av geologisk kart over Misværdal pyroksenittmassiv gitt i Figur 1 sammen med tegnforklaring. Kartet viser fordelingen av testborhullene. UTM koordinater for de enkelte borhullene er gitt i Vedlegg 1. ....</i>	12
<i>Figur 9. Diagram som viser spredningen av P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> verdier for prøvekammerprøve mot det veide gjennomsnittet for hullet. Forklaring på borhullstypene er gitt i Tabell 1. Linjen angir like verdier for prøvekammerprøve og gjennomsnitt. ....</i>	15
<i>Figur 10. Diagram som viser plott av prøvekammerkaksets vekt i gram mot kaksets avvik fra det veide gjennomsnittet for hullet i vekt % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Data hentet fra Tabellene 2 og 3. ....</i>	16

## TABELLER

<i>Tabell 1. Oversikt over borhull og borkaksprøver som er innsamlet i 2012 og deres plassering i forhold til borkakshullene fra 2011 (M 172, etc.). Forkortelser: L/H=Loddhull på Horisontal overflate, L/S=Loddhull på Skrånende flate, S/H=Skråhull på Horisontal flate, S/S=Skråhull på Skrånende flate.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabell 2. Oversikt over vekten av de enkelte støvfraksjoner som er innsamlet fra hvert borhull. A: borkaks i prøvekammer, B: borkakslekkasje på fjelloverflate og C: finkornet borkaks avsatt i gummislange. (g) = i gram, % = prosent av total vekt. ....</i>	<i>13</i>
<i>Tabell 3. Oversikt over fordelingen av P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mellom de forskjellige borkakstypene. Δ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> angir anrikning og uttynning (-) av P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i forhold til det veide gjennomsnitt for hullet utregnet fra vektforholdene gitt i Tabell 2. ....</i>	<i>14</i>

## VEDLEGG

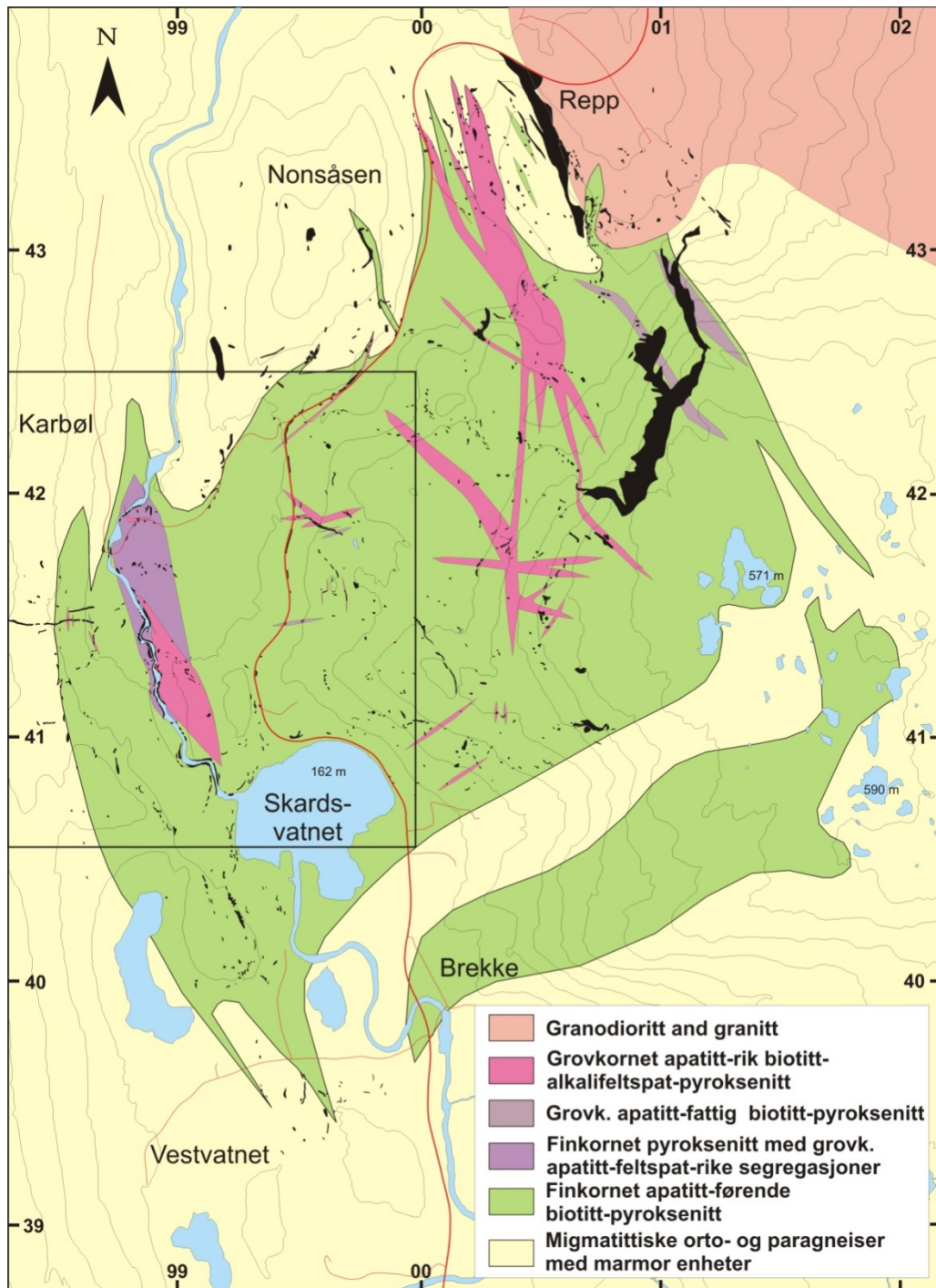
<i>Vedlegg 1. Oversikt over data knyttet til innsamling og analysering (XRF) av borkaksprøver for å teste prøvetakingsmetoden. Nærmere forklaring av de enkelte datasett er gitt i teksten og i Tabellene 1 til 3. GL.=glødetap. Gråfargete linjer inneholder beregnet veid gjennomsnitt for pyroksenitten i borhullet.....</i>	<i>18</i>
---	-----------

## 1. INNLEDNING

De potensielle apatitressursene i Misværdal pyroksenittmassiv ble identifisert i 2006 av medlemmer i idegruppen Nordland Mineral som ble nedsatt av Nordland fylkeskommune i 2003. Videre undersøkelser av forekomsten i regi av Nordland Mineral har vært et samarbeidsprosjekt mellom Nordland fylkeskommune (Nfk) og Norges geologiske undersøkelse (NGU) for å fremme industrialisering av mineralforekomster i fylket. Supplerende spredt prøvetaking i Misværdal ble utført i 2007 av Nordland Mineral som påviste flere nye steder hvor analyser av pyroksenittene ga meget høyt innhold av  $P_2O_5$ . I 2008 foretok NGU, i samarbeid med Yara International ASA, en regional prøvetaking av det 8 km<sup>2</sup> store apatitt-førende pyroksenittmassivet (Figur 1; Ihlen 2008). Denne innsamlingen av prøver med hammer ga interessante resultater som ble fulgt opp av NGU i samarbeid med Nfk i 2011 da utvalgte geologisk definerte soner av grovkornete apatitt-rike alkalifeltspatbiotitt pyroksenitter ble testet med borkaksprøvetaking (Ihlen og Furuhaug 2012). Fordelen med denne metoden er at borkaksprøver av fjellet kan innsamles der det er ønskelig og ikke bare der det er mulig å få løs prøver av fjellet, som er tilfellet ved innsamling av knakkprøver med hammer.

Under fremleggelsen av resultatene for grunneierne høsten 2011 ble det stilt en rekke spørsmål vedrørende prøvetakningsmetoden, bl.a. om den ga korrekte verdier med hensyn til det virkelige innhold i pyroksenittene av  $P_2O_5$  eller apatitt (vekt %  $P_2O_5 \times 2,37 =$  vekt % apatitt; 100 vekt % apatitt inneholder 42,22 vekt %  $P_2O_5$ ). Disse spørsmålene grunner i at de enkelte prøvetatte sonene ga svært stor spredning i analyseverdier mellom blotningene og innenfor de enkelte blotningene (Ihlen og Furuhaug 2011), og at  $P_2O_5$  innholdet i noen av de prøvetatte sonene var overraskende lavt (6-7 vekt % apatitt) i forhold til visuelt anslått innhold av apatitt (10-20 volum %).

Selv om prøvetakningsmetoden har vært anvendt i en rekke undersøkelser av karbonat-, rutil-, apatitt-Fe-Ti- og klebersteinforeskomster, har metoden hittil ikke vært kvalitetssikret med hensyn til eventuell selektiv anrikning av mineral- og bergartskornene i borkakset under transporten i luftstrømmen fra bunnen av borhullet og inn i prøvebeholderen og ut gjennom eksosrøret. En slik anrikning kan ikke utelukkes på bakgrunn av mineralkornenes ulike aerodynamiske egenskaper som i stor grad er påvirket av deres tyngde, størrelse og form. NGU ved forsker Peter M. Ihlen og overingeniør Leif Furuhaug foretok derfor en begrenset innsamling av borkaksprøver sommeren 2012 for å teste metoden. Denne rapporten omhandler resultatene av denne testen.



Figur 1. Forenklet geologisk kart over Misværdal pyroksenittmassiv. Tall på ramme angir kilometer for UTM koordinater i sone 33 V (EURF89). Høydekurver for hver 50 m. Røde linjer er veier og svarte felter er blotninger. Svart ramme angir området vist i Figur 6.

## 2. STANDARD-METODE FOR BORKAKSINNSAMLING

Borkaksprøvetaking er en kostnadseffektiv metode til å samle inn prøver av mineralforekomster for kjemiske analyser. Metoden er utførlig beskrevet av Ihlen og Furuhaug (2011). Det tar gjennomsnittlig ca. 10 minutter å samle inn en borkaksprøve med et 90 cm langt bor. Det som tar tid er flytting av bormaskin og borutstyr mellom prøvestedene i de enkelte blotningsområdene og mellom områdene. Dessuten er det noen steder nødvendig å fjerne jordlag over fjellet siden oppsamlingen må skje på bart fjell for å unngå forurensning og fortykning av prøven ved innblåsing av jord og forvittringsgrus i prøvekommeret. Prøvetakingen av de apatitt-førende pyroksenittene ble utført med en bensindrevet Pionjär slagbormaskin med et 90 cm langt bor som går igjennom en sylindrisk prøvebeholder hvor borkaket samles opp i prøvekommeret (Figurene 2 og 3). Alternativt kan 40 eller 120 cm langt bor brukes. Kortere hull gir ingen markant tidsbesparelse og samler opp mye mindre mengde av borkaks. Lengre hull vil kreve bytte av bor og dermed lengre boringstid, men vil gi større mengde borkaks. 90 cm lange hull kan regnes som et kompromiss mellom de to alternativene. Hullet bores ned til toppen av prøvebeholderen støter mot borfestet på maskinen. Siden prøvebeholderen og borfestet på maskinen til sammen er 37 cm lang, betyr det at hullet får en dybde på 53 cm. Med en borkrone med diameter på c. 2,8 cm løsriveres det ca. 326 cm<sup>3</sup> masse fra hullet. Egenvekten av pyroksenittene har blitt målt og gir et gjennomsnitt på 3,0 g/cm<sup>3</sup>. Det vil si at det totalt kan samles opp ca. 1 kg borkaks fra hvert hull når det ikke er noen lekkasje av borkaks.

Prøvebeholderen som brukes er konstruert av overingeniør Leif Furuhaug i samarbeid med verkstedet ved NGU. Den består av en sylindrisk stålbeholder med 2 mm tykke vegger som har avtakbart lokk og fastsveiset konisk bunn. Både i topp og bunn er det hull for boret. Innvendig i beholderen og i forlengelsen av hullet i bunnen er det dessuten montert et rør som boret går igjennom og som hindrer borkaks fra å renne ut av prøvekommeret når det bores (Figur 4). Hullet i topplokket er foret med en gummipakning så det ikke blir noen lekkasje av borkaks. Dessuten er det et hull i toppen av prøvekommeret hvor det er påsveiset et eksosrør for returluften. Dimensjonene er angitt i Figur 4. Under boring av vertikale hull på horisontalt underlag hviler bunnen av prøvebeholderen på fjellet. Løsrevet borkaks fraktes da med returluften fra borhullet direkte inn i prøvekommeret hvor det detter ned på bunnen mellom sylinderveggen og det innvendige røret. Returluften går videre ut gjennom eksosrøret. Eventuelt finstøv som er avsatt i eksosrøret bankes ut slik at det havner inn i prøvekommeret før prøvebeholderen åpnes for uttak av prøven.

Det finnes to lekkasjepunkter av borkaks i systemet (Figur 5). Det ene punktet er eksosrøret som returluften strømmes gjennom og avsetter sin last av finkornet støv enten langs bunnen av røret eller på bakken i området rundt maskinen. Mengden av dette finstøvet er meget liten i forhold til mengden av borkaks som samles i prøvebeholderen. Det andre og viktigste lekkasjepunktet for borkaks er rundt borhullsåpningen på overgangen mellom prøvebeholderen og fjelloverflaten. Vibrasjonene i bormaskinen fører til at prøvebeholderen hopper opp og ned slik at returluft med borkaks lekker ut langs fjelloverflaten. Denne lekkasjen blir størst når boret står i vinkel til fjelloverflaten, for eksempel ved boring av skråhull. Da dannes det i tillegg en åpning mellom den skråstilte prøvebeholderen og fjellet

(Figur 5). Denne åpningen tettes vanligvis med fuktig mose som i liten grad rives løs av returluften og eventuelt følger med denne inn i prøvebeholderen.

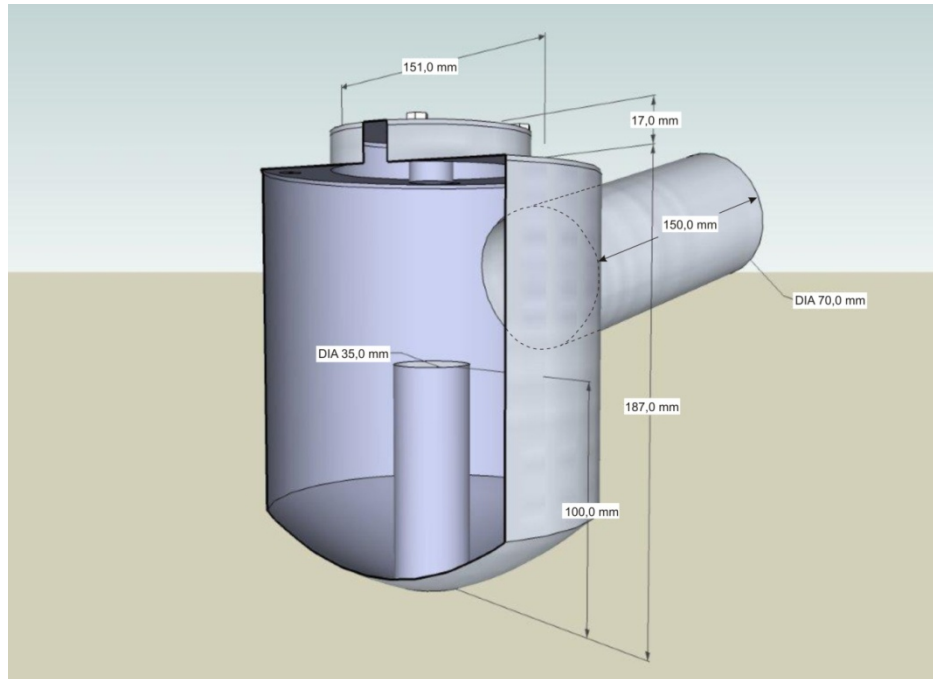


*Figur 2. Pionjär slagbormaskin med prøvebeholder som hviler på bart fjell. Fra venstre grunneier Yngve Fløttkjær, overingeniør Leif Furuhaug og forsker Peter M. Ihlen som prøver å få start på en kald maskin.*



*Figur 3. Bilder av prøvekammeret. Det venstre viser det innvendige av prøvekammeret med toppen av det innvendige røret synlig. Det høyre viser hvordan borkakset overføres fra kammeret til prøvepose med lynlås når topplokket er fjernet. Klemmelåsene som holder lokket på plass er også vist. Se også Figurene 4 og 5.*





Figur 4. Snitt gjennom prøvebeholderen med dimensjoner angitt.



Figur 5. Prøvebeholderens stilling når boret står i vinkel til fjelloverflaten. Det er da gode muligheter for lekkasje av borkaks gjennom åpningen som dannes ved overgangen mellom fjell og prøvebeholder. Noe finkornet støv følger også returluften ut gjennom eksosrøret.

### 3. TEST AV BORKAKSMETODEN

Testen har som formål å kartlegge om det skjer oppkonsentrering eller uttynning av de enkelte mineral- og bergartskorn under transporten i returluften fra bunnen av borhullet til omgivelsene utenfor munningen av eksosrøret. Dette ble gjort ved å samle sammen alt borkakset og finstøvet som er avsatt på fjelloverflaten under prøvebeholderen, i prøvekommeret og eksosrøret, samt på bakken utenfor eksosrøret. Det oppsamlete borkakset og støvet fra disse tre stedene ble senere veid og analysert med XRF for hovedelementer på NGU for å undersøke de enkelte støvfraksjonenes kjemiske sammensetning (se Vedlegg 1).

Testmetoden som ble brukt omfatter nitidig rengjøring av fjelloverflaten på borstedet for å fjerne mulige forurensninger og materiale som kunne fortynne prøven. Dette gjelder spesielt jord og forvitningsgrus (Figur 6). Det ble også gjort forsøk med å bore gjennom en plastduk som dekket overflaten for å lette innsamlingen av borkakslekkasjen. Dette var ikke vellykket da borkakset havnet både over og under plastduken, noe som kompliserte oppsamlingen av kakset. I stedet ble prøvebeholderen og fjelloverflaten dekket med plast over et område på 0,3-0,5 m ut fra borstålet slik at borkakset og finstøvet, som lakk ut på overflaten, lett kunne samles opp. Dessuten ble det tredd på en 1 m lang gummislange på åpningen av eksosrøret for innsamling av finstøv i returluften (Figur 7). Eksosrøret ble holdt i sub-horisontal til oppadvendt stilling under boringen.



Figur 6. Rengjøring av fjelloverflaten før borhull 193 påsettes i grovkornet biotitt-alkalkalifeltspat pyroksenitt.



*Figur 7. Til venstre boring av loddhull på horisontal overflate, dvs. L/H type hull, og til høyre boring av skråhull vertikalt på skrånende overflate (S/S type hull). Begge bilder viser hvordan prøvebeholderen er pakket inn i plastduk, samt den 1 m lange gummislangen som er montert på åpningen av eksosrøret. Legg merke til den tynne hinnen av grått finstøv på venstre bilde som er avsatt på plastduken utenfor munningen av gummislangen.*

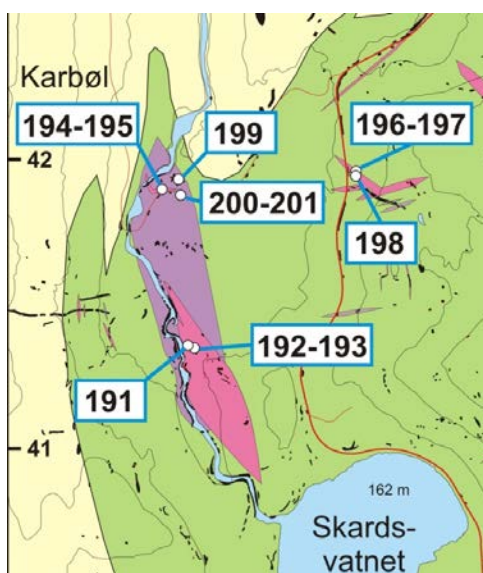
Når hullet var boret ferdig, ble veggene på plastduken som dekket prøvebeholderen ristet slik at eventuelt finstøv som hadde festet seg løsnet og falt ned i haugen med borkaks på fjelloverflaten. Plasten ble så fjernet sammen med bormaskinen og borstålet, og hullet ble plugget med trepropp. Borkakset på fjelloverflaten ble børstet opp og fylt i merket plastikkpose (prøve B). Gummislangen belagt med finstøv ble så fjernet fra eksosrøret. Støv i eksosrøret ble banket ned i prøvekommeret og kaksen i kammeret ble overført til merket plastikkpose (prøve A). Til slutt ble gummislangen med den ene åpningen nede i en merket prøvepose banket fri for finstøv (prøve C). Plasten i teltet og gummislangen ble rengjort for støv før neste boring.

Testhullene er påsatt nær vei i den vestlige del av pyroksenittmassivet, dels 0,1-0,5 m fra hullene som ble boret under borkaksprøvetakingen i 2011 (Figur 8, Tabell 1). De fleste borhullene er påsatt i grovkornete og apatitt-rike biotitt-alkalifeltspatpyroksenitter som representerer den viktigste apatitt-ressursen i massivet. Borhullene 199-201 gjennomsetter i tillegg mindre partier av finkornete biotittpyroksenitter. Det er boret både loddhull (L) og skråhull (S) på vekslende horisontale (L/H, S/H) og skrånende (L/S, S/S) fjelloverflater. Skråhull på skrånende flate er alltid boret vinkelrett på flaten, mens borhull 197 (S/H) er

boret med 60 graders vinkel med den horisontale flaten. Stedene som er valgt ut for borkaksinnsamling er gjort på basis av resultatene av prøvetakingen i 2011 for å få en god statistisk spredning av  $P_2O_5$ -innholdet mellom de enkelte borkaksprøvene. Høyt  $P_2O_5$ -innhold var forventet i prøvene fra Øvre Lakstrapp og Karbølveien og lavt til middels innhold i prøvene fra Sjølia. Dette slo ikke helt til da prøvene ga enten høyt eller lavt innhold av  $P_2O_5$  og ingen middels verdier.

Tabell 1. Oversikt over borhull og borkaksprøver som er innsamlet i 2012 og deres plassering i forhold til borkakshullene fra 2011 (M 172, etc.). Forkortelser: L/H=Loddhull på Horisontal overflate, L/S=Loddhull på Skrånende flate, S/H=Skråhull på Horisontal flate, S/S=Skråhull på Skrånende flate.

LOKALITET	HULL/ PRØVE NUMMER	HELVING PÅ HULL	HELVING PÅ OVERFLATE	TABELL KODE	LOKALISERING AV HULL
Øvre Lakstrapp	191 A, B, C	Loddhull	Horisontal	L/H	2 m SØ for M 172
Øvre Lakstrapp	192 A, B, C	Loddhull	Skrånende	L/S	0,1 m N for M 169
Øvre Lakstrapp	193 A, B, C	Skråhull	Skrånende	S/S	0,2 m N for M 169
Karbølveien, vest	194 A, B, C	Loddhull	Horisontal	L/H	Nordkant av vei
Karbølveien, vest	195 A, B, C	Skråhull	Skrånende	S/S	Nordkant av vei
Sjølia	196 A, B, C	Loddhull	Horisontal	L/H	Ved M 146
Sjølia	197 A, B, C	Skråhull	Horisontal	S/H	1,5 m N for M 146
Sjølia	198 A, B, C	Loddhull	Horisontal	L/H	0,5 m S for M 142
Karbølveien, nord	199 A, B, C	Skråhull	Skrånende	S/S	I lia 25 m fra vei
Karbølveien, øst	200 A, B, C	Skråhull	Skrånende	S/S	Vestkant av vei
Karbølveien, øst	201 A, B, C	Loddhull	Horisontal	L/H	I m SSV av 200



Figur 8. Utsnitt av geologisk kart over Misværdal pyroksenittmassiv gitt i Figur 1 sammen med tegnforklaring. Kartet viser fordelingen av testborhullene. UTM koordinater for de enkelte borhullene er gitt i Vedlegg 1.

#### 4. RESULTATER AV PRØVETAKINGEN

De innsamlede data omfatter vekten av de enkelte støvfraksjonene (A, B, C) og mengden av de forskjellige hovedelementene i de enkelte støvfraksjonene. Den samlede vekt av alle støvfraksjonene fra et hull tilsvarer omtrentlig den totale bergartsmassen i borhullet. Forholdstallene mellom vektene av de enkelte støvfraksjonene har blitt brukt i beregningene av et veid gjennomsnitt for den kjemiske sammensetningen av pyroksenittene i hvert borhull. Alle disse datasett som behandles under er gitt i Vedlegg 1.

##### 4.1. Variasjoner i vekten av borkaksprøvene

Tabell 2 viser at den samlede mengden av borkaks fra hullene er ca. 1000±100 gram. Dette tilsvarer omtrent det som kan beregnes fra hulldybde (ca. 53 cm), diameter på borkronen (ca. 2,8 cm) og tetthet av pyroksenitt (3 g/cm<sup>3</sup>). Den hulltype som gir maksimalt opptak av borkaks i prøvekommeret og minst lekkasjer, er vertikale hull på horisontale fjelloverflater, hvor borkakset utgjør normalt mer enn 90 % av totalen. Lekkasjen av borkaks på overgangen mellom fjell og prøvebeholder utgjør vanligvis en tiendedel av borkakset i prøvekommeret og mindre enn 10 % av den totale vekten av alle borkaksfraksjonene (Tabell 2). Dette avhenger av hvor glatt eller ruglete fjelloverflaten er, og mengden av lekkasjekaks kan i tilfeller med ruglete overflate (hull 194) utgjøre mer enn en tredjedel av borkakset i prøvekommeret og 25 % av totalen.

Tabell 2. Oversikt over vekten av de enkelte støvfraksjoner som er innsamlet fra hvert borhull. A: borkaks i prøvekommer, B: borkakslekkasje på fjelloverflate og C: finkornet borkaks avsatt i gummislange. (g) = i gram, % = prosent av total vekt.

HULL NUMMER	HULL TYPE	A		B		C		Total
		Vekt (g)	%	Vekt (g)	%	Vekt (g)	%	
191	L/H	1041,8	94,4	61,3	5,6	< 5,0	< 0,5	1103,1
194	L/H	710,9	74,4	244,6	25,6	< 5,0	< 0,5	955,5
196	L/H	1006,0	90,1	102,0	9,1	8,0	0,7	1116,0
198	L/H	1048,9	94,4	54,1	4,9	7,9	0,7	1110,9
201	L/H	1003,1	93,5	70,2	6,5	< 5,0	<0,5	1073,3
192	L/S	561,6	55,2	456,2	44,8	< 5,0	< 0,5	1017,8
197	S/H	538,4	53,4	470,0	46,6	< 5,0	< 0,5	1008,4
193	S/S	634,8	61,0	406,0	39,0	< 5,0	< 0,5	1040,8
195	S/S	513,5	52,5	324,5	33,2	139,5	14,3	977,5
199	S/S	740,4	70,7	307,5	29,3	< 5,0	< 0,5	1047,9
200	S/S	194,9	21,6	706,5	78,4	< 5,0	<0,6	901,4

Andelen av den totale borkaksmengden som fanges opp i prøvekommeret synker til 50-70 % når det bores hull i vinkel til fjelloverflaten dvs. L/S, S/H og S/S (Tabell 2). I et tilfelle (hull 200) sank vekten til 22 % av totalen. Mengden av finkornet støv som felles ut i gummislangen fra eksosrøret er for alle hulltyper svært liten, og utgjør vanligvis mindre enn 1 % av totalen. For XRF analyser kreves det mer enn ca. 5 gram materiale, og det har bare vært mulig å innsamle nok materiale fra 3 borhull. Figur 7 viser at selv ved bruk av 1 m lang slange, er det fremdeles noen gram av finkornet støv som følger returluften ut av slangen.

Den store mengden av finkornet støv i borhull 195 skyldes uoppmerksomhet, da eksosrøret ved boring av skråhullet ble liggende vendt nedover slik at borkakset fikk lett tilgang til åpningen i eksosrøret når prøvekammeret ble fylt opp.

#### 4.2. Variasjoner i P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-innholdet av borkaksprøvene

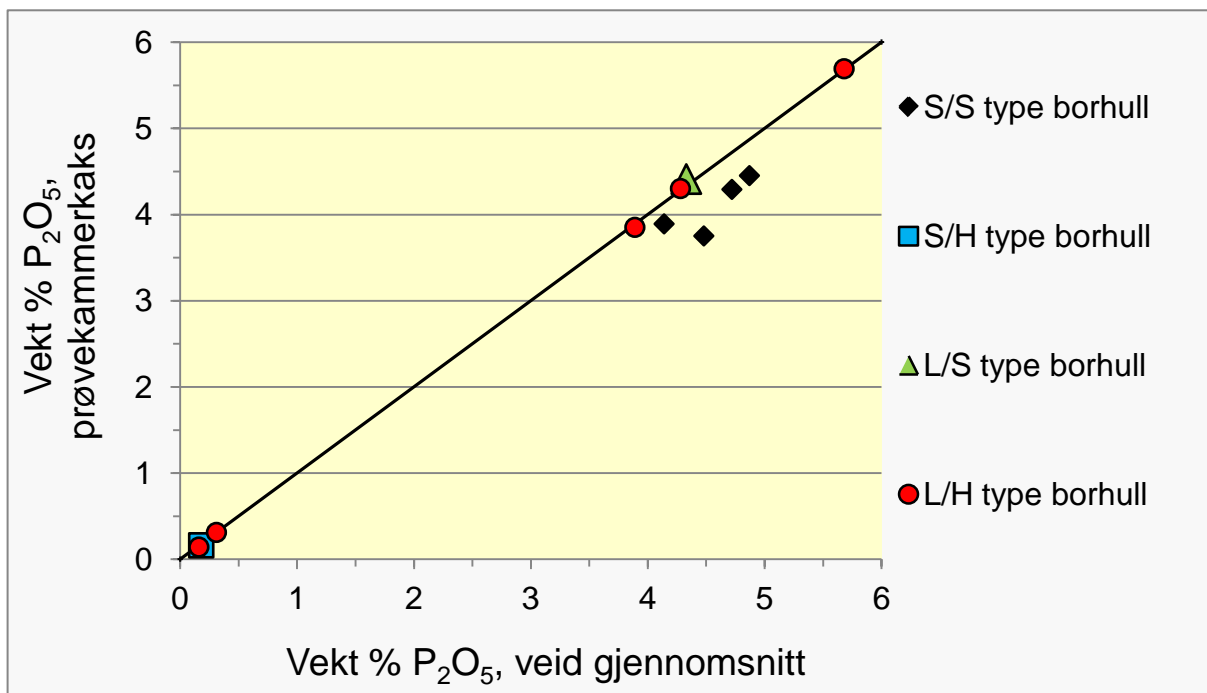
Den kjemiske sammensetningen av borkakset fra de ulike prøvestedene som er gitt i Vedlegg 1 gir en rekke forskjellige trender for de forskjellige hovedelementoksidene. Disse trendene er vanskelig å tolke da borkakset består av en blanding av støvkorn med varierende forhold mellom bergartskorn av ulik mineralogisk sammensetning og monomineralske korn som inkluderer mineralene pyroksenitten er sammensatt av, dvs. hovedsakelig augitt, biotitt, alkalifeltspat, apatitt og i mindre grad aktinolit, epidot-allanitt, kalkspat og kvarts (kjemiske formler er gitt i Vedlegg 1). I tillegg varierer bergarts- og mineralkornenes tetthet og kornform som innvirker på deres oppførsel i returluften fra borhullet. Av de analyserte grunnstoffene er det dessuten bare fosfor som kun er konsentrert i et av pyroksenittens mineraler, nemlig apatitt. Grunnet disse mangeartete forhold vil det kreve et mer inngående mineralogisk studium å forklare trendene i den kjemiske sammensetningen av borkakset mellom prøvestedene. I det etterfølgende vil derfor bare trendene knyttet til apatitt eller vekt % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bli beskrevet, og det som er relevant for prøvetakingsmetodens anvendelse på apatittforekomster.

Tabell 3. Oversikt over fordelingen av P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mellom de forskjellige borkakstypene. Δ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> angir anrikning og uttynning (-) av P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i forhold til det veide gjennomsnitt for hullet utregnet fra vektforholdene gitt i Tabell 2.

BORHULL NUMMER	HULL TYPE	VEID GJENNOM- SNITT	A: PRØVE- KAMMER		B: LEKKASJE PÅ FJELL		C: FINSTØV I SLANGE	
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Δ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Δ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Δ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
191	L/H	3,89	3,85	<b>-0,04</b>	4,48	<b>0,59</b>	i.a.	i.a.
194	L/H	5,68	5,69	<b>0,01</b>	5,64	<b>-0,04</b>	i.a.	i.a.
196	L/H	0,16	0,14	<b>-0,02</b>	0,28	<b>0,13</b>	0,74	<b>0,58</b>
198	L/H	0,31	0,31	<b>0,00</b>	0,38	<b>0,07</b>	0,73	<b>0,42</b>
201	L/H	4,28	4,30	<b>0,02</b>	4,04	<b>-0,24</b>	i.a.	i.a.
192	L/S	4,33	4,41	<b>0,08</b>	4,23	<b>-0,10</b>	i.a.	i.a.
197	S/H	0,18	0,16	<b>-0,02</b>	0,21	<b>0,02</b>	i.a.	i.a.
193	S/S	4,14	3,89	<b>-0,25</b>	4,53	<b>0,39</b>	i.a.	i.a.
195	S/S	4,87	4,45	<b>-0,42</b>	5,31	<b>0,44</b>	5,37	<b>0,50</b>
199	S/S	4,72	4,29	<b>-0,43</b>	5,76	<b>1,04</b>	i.a.	i.a.
200	S/S	4,48	3,75	<b>-0,73</b>	4,68	<b>0,20</b>	i.a.	i.a.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-innholdet i borkakset fra prøvekammeret bør ikke vise store avvik (Δ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) fra det veide gjennomsnittet eller totalsammensetningen av pyroksenitten i hullet om prøvetakingsmetoden skal kunne defineres som velegnet. Av Tabell 3 og Figur 9 fremgår det at borkakset i prøvekammeret når det bores L/H, L/S og S/H type huller, har et P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-innhold som avviker svært lite fra det veide gjennomsnittet, dvs. – 0,04 til + 0,02 vekt

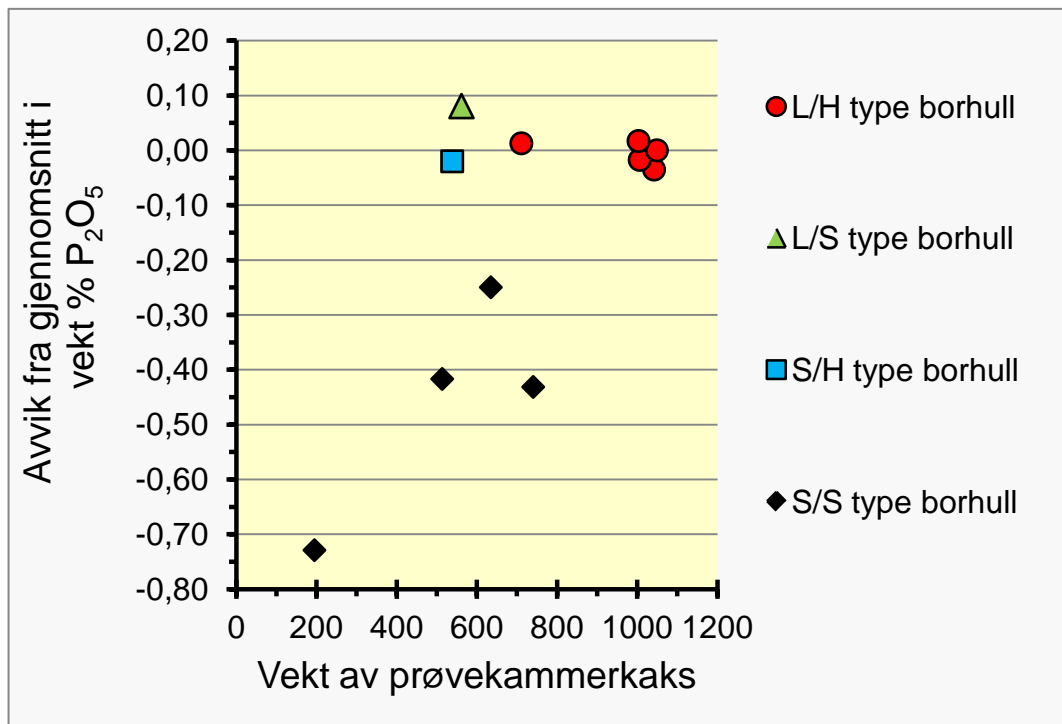
%  $P_2O_5$ . Dette skyldes hovedsakelig at det meste av borkakset ved L/H borer samles i prøvekommeret (Figur 10). Når det bores skråhull, synker generelt mengden av borkaks i prøvekommeret, og avviket fra det veide gjennomsnitt blir større ( $\Delta P_2O_5 = -0,73$  til  $-0,25$  vekt %  $P_2O_5$ ). Dette betyr at innholdet av  $P_2O_5$  i borkakset fra prøvekommeret er 0,25-0,73 vekt % lavere enn det beregnete gjennomsnitt for borhullet. I denne sammenheng synes det å være en generell trend at avtagende vekt av prøvekommerkakset er knyttet til avtagende innhold av  $P_2O_5$  i dette kakset eller økende negativt avvik fra det veide gjennomsnittet (Figur 10). Slike høye avvik kan ha betydning ved vurdering av apatittpotensialet til en prøvetatt forekomst. Resultatene fra borhullsparene 192/193 (L/S og S/S) og 194/195 (L/H og S/S) som er boret på samme sted i homogen pyroksenitt viser også den samme trenden, at borkakset fra prøvekommeret inneholder noe mer  $P_2O_5$  ved boring av loddhull i forhold til skråhull. Derfor anbefales det at borkaksprøvetakingen skjer ved boring av loddhull på overflater med ingen eller liten helning slik at lekkasjen under prøvebeholderen blir minst mulig.



Figur 9. Diagram som viser spredningen av  $P_2O_5$  verdier for prøvekommerprøve mot det veide gjennomsnittet for hullet. Forklaring på borhullstypene er gitt i Tabell 1. Linjen angir like verdier for prøvekommerprøve og gjennomsnitt.

$P_2O_5$ -innholdet i borkakset fra lekkasjen rundt borhullsåpningen avviker generelt lite fra det veide gjennomsnittet når det bores loddhull (Tabell 3). Men ved boring av skråhull anrikes lekkasjestøvet på apatitt, og analysene gir et  $P_2O_5$ -innhold som er 0,20-1,04 vekt % høyere enn det veide gjennomsnittet. Årsaken til denne anrikning av apatitt i lekkasjekakset og uttynningen av apatitten i prøvekommerkaksen er ikke kjent. Finstøvet som følger returluften ut av eksosrøret er også anrikt på apatitt i forhold til gjennomsnittet, dvs.  $\Delta P_2O_5 = \sim 0,5$  vekt %  $P_2O_5$ . Grunnet den lave mengden av finstøv (10-30? gram) har dette forhold liten

innvirkning på størrelsen av det veide gjennomsnittet. 10 gram finstøv som inneholder 5,0 vekt %  $P_2O_5$  vil i et borhull som gir totalt 1 kg støv bidra med 0,05 vekt %  $P_2O_5$  til gjennomsnittet. Derfor har det ingen betydning for sluttresultatet om noe finstøv forsvinner ut av eksosrøret under boringen.



Figur 10. Diagram som viser plott av prøvekammerkakssets vekt i gram mot kakssets avvik fra det veide gjennomsnittet for hullet i vekt %  $P_2O_5$ . Data hentet fra Tabellene 2 og 3.

Resultatene av testen viser at skråhull kan føre til at prøvetakingen gir for lave  $P_2O_5$  verdier. Under prøvetakingen i 2011 ble det innsamlet 190 borkaksprøver fordelt på 6 blotningsfelt, dvs. 20-50 prøver *per* område. Siden boring av loddhull er mindre fysisk krevende enn skråhull, så er omtrent 90 % av disse prøvene anslått innsamlet fra loddhull. Grunnet det store antall prøver, vil et for lavt innhold (opp til 1 vekt %  $P_2O_5$ ) i 2-5 prøver fra skråhull i hvert blotningsfelt ha liten innvirkning på gjennomsnittet for hele feltet. Det synes derfor ikke å være noe grunnlag for eventuelt å prøveta deler av blotningsfeltene i Misværdal-massivet på nytt.

## 5. KONKLUSJONER

Testen av borkaksmetoden som ble brukt av Ihlen og Furuhaug (2012) under prøvetakingen av apatitt-førende pyroksenitter i Misværdal-massivet i 2011 har vist:

- a) Metoden er testet med 90 cm lange bor som gir totalt 1000-1100 gram borkaks. Under boringen fanges borkakset opp i prøvekammeret i prøvebeholderen som borstålet går



igjennom. Noe borkaks lekker ut på overgangen mellom borhullåpningen og prøvebeholderen. Dessuten forsvinner noe finstøv som følger returluften fra borhullet gjennom prøvebeholderen og ut gjennom eksosrøret. Hver av disse tre støvtyper ble samlet sammen, veid og analysert for hovedelementer. Analyseresultatene og relative vekt-prosenter ble så brukt til å beregne et veid gjennomsnitt for kakset som er frigjort i borhullet, dvs. et veid gjennomsnitt for apatitt-pyroksenitten i hullet. Metodens egnethet er vurdert opp mot det veide gjennomsnittet for  $P_2O_5$ .

- b) Den største andelen ( $> 75\%$ ) av borkakset avsettes i prøvekammeret når det bores vertikale hull (loddhull) på horisontale til svakt skrånende fjelloverflater, såkalt L/H type borhull. Da er lekkasjen av borkaks rundt borhullsåpningen minst. Analysene for prøvekammerkakset viser da også minst avvik fra det veide gjennomsnittet for borhullet, dvs. 0,02 vekt %  $P_2O_5$  mer til 0,04 vekt %  $P_2O_5$  mindre enn gjennomsnittet.
- c) Skråhull fører ofte til at mengde borkaks som havner i prøvekammeret reduseres til under 700 gram av totalmengden på ca. 1 kg, dvs.  $< 70\%$  av totalen. Dette kan motvirkes ved at lekkasjen på overgangen mellom fjell og prøvebeholder tettes med mose slik at lekkasjen reduseres. Den reduserte mengden i prøvekammeret fører til et tydelig avvik og reduksjon av apatitt-mengden i prøvekammerkakset (0,25-0,73 vekt %  $P_2O_5$  mindre) i forhold til det veide gjennomsnittet for hullet.
- d) Finstøvet som transporteres med returluften ut gjennom eksosrøret på prøvebeholderen utgjør vektmessig (10-30 gram) en svært liten andel av den totale borkaksmengden fra borhullet, og innvirker derfor lite på resultatet av det beregnede gjennomsnittet.
- e) Borkaksmetoden er velegnet for prøvetaking av apatitt-førende bergarter så lenge det bores loddhull på horisontale til svakt skrånende fjelloverflater. Skråhull bør unngås. Hvis det eventuelt må brukes, bør lekkasjen rundt borhullsåpningen tettes på en best mulig måte.
- f) Siden mer enn 90 % av borhullene under borkaksprøvetakingen i 2011 representerer loddhull, så antas det at analyseresultatene gir et riktig bilde av pyroksenittenes  $P_2O_5$  innhold.

## 6. REFERANSER

Ihlen, P.M. 2008: Lithochemical investigations of potential apatite resources in the Misværdal and Hopsfjellet ultramafic massifs, northern Norway. Nor. geol. unders. report 2008.074, pp. 57.

Ihlen, P.M., Furuhaug, L., 2012. Borkaksprøvetaking av apatitt-førende bergarter i Misværdal pyroksenittmassiv, Bodø kommune, Nordland. Nor. geol. unders. rapport 2011.069, s. 95.

Vedlegg 1. Oversikt over data knyttet til innsamling og analysering (XRF) av borkaksprøver for å teste prøvetakingsmetoden. Nærmere forklaring av de enkelte datasett er gitt i teksten og i Tabellene 1 til 3. GL.=glødetap. Gråfargete linjer inneholder beregnet veid gjennomsnitt for pyroksenitten i borhullet.

PRØVE NR.	UTM KORDINATER			HULL-TYPE	PRØVEVEKT		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	Δ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	TiO <sub>2</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	MnO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	GL. %	SUM %
	Sone	Øst	Nord		Gram	%													
191 A	33 N	598912	7441363	L/H	1041,8	94,4	<b>3,85</b>	<b>-0,04</b>	42,50	5,35	0,97	8,64	14,10	0,12	18,10	0,43	3,36	0,73	98,10
191 B	33 N	598912	7441363	L/H	61,3	5,6	<b>4,48</b>	<b>0,59</b>	41,00	6,13	1,19	8,96	14,20	0,11	17,10	0,39	3,72	1,55	98,80
<b>191</b>	<b>33 N</b>	<b>598912</b>	<b>7441363</b>	<b>L/H</b>	<b>1103,1</b>	<b>100,0</b>	<b>3,89</b>	<b>0,00</b>	<b>42,42</b>	<b>5,39</b>	<b>0,98</b>	<b>8,66</b>	<b>14,11</b>	<b>0,12</b>	<b>18,04</b>	<b>0,43</b>	<b>3,38</b>	<b>0,78</b>	<b>98,14</b>
M 194 A	33 N	498834	7441895	L/H	710,9	74,4	<b>5,69</b>	<b>0,01</b>	37,90	8,10	1,34	11,00	12,80	0,12	14,80	0,43	5,31	0,76	98,10
M 194 B	33 N	498834	7441895	L/H	244,6	25,6	<b>5,64</b>	<b>-0,04</b>	38,30	8,05	1,36	10,80	12,60	0,13	14,90	0,48	5,13	0,96	98,30
<b>194</b>	<b>33 N</b>	<b>498834</b>	<b>7441895</b>	<b>L/H</b>	<b>955,5</b>	<b>100,0</b>	<b>5,68</b>	<b>0,00</b>	<b>38,00</b>	<b>8,09</b>	<b>1,35</b>	<b>10,95</b>	<b>12,75</b>	<b>0,12</b>	<b>14,83</b>	<b>0,44</b>	<b>5,26</b>	<b>0,81</b>	<b>98,15</b>
M 196 A	33 N	499509	7441957	L/H	1006,0	90,1	<b>0,14</b>	<b>-0,02</b>	47,60	7,28	0,87	7,15	16,30	0,10	14,00	0,57	4,17	1,03	99,20
M 196 B	33 N	499509	7441957	L/H	102,0	9,1	<b>0,28</b>	<b>0,13</b>	46,30	7,95	1,00	7,62	16,10	0,11	12,40	0,57	4,47	1,52	98,30
M 196 C	33 N	499509	7441957	L/H	8,0	0,7	<b>0,74</b>	<b>0,58</b>	47,70	5,33	1,53	5,71	14,20	0,09	18,10	0,86	2,50	2,66	99,40
<b>196</b>	<b>33 N</b>	<b>499509</b>	<b>7441957</b>	<b>L/H</b>	<b>1116,0</b>	<b>100,0</b>	<b>0,16</b>	<b>0,00</b>	<b>47,48</b>	<b>7,33</b>	<b>0,89</b>	<b>7,18</b>	<b>16,27</b>	<b>0,10</b>	<b>13,88</b>	<b>0,57</b>	<b>4,19</b>	<b>1,09</b>	<b>99,12</b>
M 198 A	33 N	499507	7441942	L/H	1048,9	94,4	<b>0,31</b>	<b>0,00</b>	46,50	7,86	0,93	7,87	16,20	0,10	13,00	0,49	4,71	0,99	98,90
M 198 B	33 N	499507	7441942	L/H	54,1	4,9	<b>0,38</b>	<b>0,07</b>	45,70	8,42	1,08	7,81	16,30	0,09	11,90	0,47	4,90	1,89	98,90
M 198 C	33 N	499507	7441942	L/H	7,9	0,7	<b>0,73</b>	<b>0,42</b>	47,10	5,82	1,85	6,07	13,80	0,09	17,30	0,77	3,03	2,00	98,60
<b>198</b>	<b>33 N</b>	<b>499507</b>	<b>7441942</b>	<b>L/H</b>	<b>1110,9</b>	<b>100,0</b>	<b>0,31</b>	<b>0,00</b>	<b>46,47</b>	<b>7,87</b>	<b>0,94</b>	<b>7,85</b>	<b>16,19</b>	<b>0,10</b>	<b>12,98</b>	<b>0,49</b>	<b>4,71</b>	<b>1,04</b>	<b>98,90</b>
M 201 A	33 N	498893	7441885	L/H	1003,1	93,5	<b>4,30</b>	<b>0,02</b>	41,30	6,23	1,24	9,44	13,80	0,13	16,80	0,40	3,95	0,96	98,50
M 201 B	33 N	498893	7441885	L/H	70,2	6,5	<b>4,04</b>	<b>-0,24</b>	41,40	5,98	1,25	9,56	13,30	0,14	17,00	0,47	3,69	1,07	97,90
<b>201</b>	<b>33 N</b>	<b>498893</b>	<b>7441885</b>	<b>L/H</b>	<b>1073,3</b>	<b>100,0</b>	<b>4,28</b>	<b>0,00</b>	<b>41,31</b>	<b>6,21</b>	<b>1,24</b>	<b>9,45</b>	<b>13,77</b>	<b>0,13</b>	<b>16,81</b>	<b>0,40</b>	<b>3,93</b>	<b>0,97</b>	<b>98,46</b>
192 A	33 N	598949	7441347	L/S	561,6	55,2	<b>4,41</b>	<b>0,08</b>	39,40	7,51	1,14	10,80	13,10	0,14	16,00	0,38	4,57	0,90	98,40
192 B	33 N	598949	7441347	L/S	456,2	44,8	<b>4,23</b>	<b>-0,10</b>	40,00	7,38	1,09	10,70	13,30	0,14	16,10	0,38	4,54	0,98	98,80
<b>192</b>	<b>33 N</b>	<b>598949</b>	<b>7441347</b>	<b>L/S</b>	<b>1017,8</b>	<b>100,0</b>	<b>4,33</b>	<b>0,00</b>	<b>39,67</b>	<b>7,45</b>	<b>1,12</b>	<b>10,76</b>	<b>13,19</b>	<b>0,14</b>	<b>16,04</b>	<b>0,38</b>	<b>4,56</b>	<b>0,93</b>	<b>98,58</b>
M 197 A	33 N	499509	7441956	S/H	538,4	53,4	<b>0,16</b>	<b>-0,02</b>	46,10	8,35	0,88	7,49	15,80	0,10	11,60	0,76	4,80	2,30	98,30
M 197 B	33 N	499509	7441956	S/H	470,0	46,6	<b>0,21</b>	<b>0,02</b>	47,20	7,46	0,91	7,05	15,60	0,11	13,40	0,81	4,06	2,58	99,40
<b>197</b>	<b>33 N</b>	<b>499509</b>	<b>7441956</b>	<b>S/H</b>	<b>1008,4</b>	<b>100,0</b>	<b>0,18</b>	<b>0,00</b>	<b>46,61</b>	<b>7,94</b>	<b>0,89</b>	<b>7,28</b>	<b>15,71</b>	<b>0,10</b>	<b>12,44</b>	<b>0,78</b>	<b>4,46</b>	<b>2,43</b>	<b>98,81</b>

PRØVE NR.	UTM KORDINATER			HULL- TYPE	PRØVEVEKT		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	Δ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	TiO <sub>2</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	MnO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	GL. %	SUM %
	Sone	Øst	Nord		Gram	%													
M 193 A	33 N	598949	7441347	S/S	634,8	61,0	<b>3,89</b>	<b>-0,25</b>	39,20	8,38	1,27	11,20	13,60	0,13	13,70	0,29	5,23	1,08	97,90
M 193 B	33 N	598949	7441347	S/S	406,0	39,0	<b>4,53</b>	<b>0,39</b>	39,00	7,94	1,28	10,80	13,20	0,14	15,30	0,34	4,90	1,12	98,50
<b>193</b>	<b>33 N</b>	<b>598949</b>	<b>7441347</b>	<b>S/S</b>	<b>1040,8</b>	<b>100,0</b>	<b>4,14</b>	<b>0,00</b>	<b>39,12</b>	<b>8,21</b>	<b>1,27</b>	<b>11,04</b>	<b>13,44</b>	<b>0,13</b>	<b>14,32</b>	<b>0,31</b>	<b>5,10</b>	<b>1,10</b>	<b>98,13</b>
M 195 A	33 N	498834	7441895	S/S	513,5	52,5	<b>4,45</b>	<b>-0,42</b>	43,00	5,51	0,89	10,40	10,90	0,17	18,50	0,95	2,88	0,72	98,40
M 195 B	33 N	498834	7441895	S/S	324,5	33,2	<b>5,31</b>	<b>0,44</b>	40,70	6,98	1,16	10,70	11,10	0,15	16,70	0,83	3,96	0,96	98,60
M 195 C	33 N	498834	7441895	S/S	139,5	14,3	<b>5,37</b>	<b>0,50</b>	39,20	6,93	1,09	11,20	11,50	0,15	16,50	0,62	4,20	0,91	97,80
<b>195</b>	<b>33 N</b>	<b>498834</b>	<b>7441895</b>	<b>S/S</b>	<b>977,5</b>	<b>100,0</b>	<b>4,87</b>	<b>0,00</b>	<b>41,69</b>	<b>6,20</b>	<b>1,01</b>	<b>10,61</b>	<b>11,05</b>	<b>0,16</b>	<b>17,62</b>	<b>0,86</b>	<b>3,43</b>	<b>0,82</b>	<b>98,38</b>
M 199 A	33 N	498890	7441925	S/S	740,4	70,7	<b>4,29</b>	<b>-0,43</b>	42,10	5,94	0,86	10,10	12,40	0,13	17,50	0,61	3,63	1,52	99,10
M 199 B	33 N	498890	7441925	S/S	307,5	29,3	<b>5,76</b>	<b>1,04</b>	39,90	5,65	1,02	9,39	11,60	0,13	18,90	0,60	3,39	2,13	98,50
<b>199</b>	<b>33 N</b>	<b>498890</b>	<b>7441925</b>	<b>S/S</b>	<b>1047,9</b>	<b>100,0</b>	<b>4,72</b>	<b>0,00</b>	<b>41,45</b>	<b>5,85</b>	<b>0,91</b>	<b>9,89</b>	<b>12,17</b>	<b>0,13</b>	<b>17,91</b>	<b>0,61</b>	<b>3,56</b>	<b>1,70</b>	<b>98,92</b>
M 200 A	33 N	498893	7441885	S/S	194,9	21,6	<b>3,75</b>	<b>-0,73</b>	45,40	4,12	0,66	8,05	12,70	0,14	20,90	0,74	2,10	0,77	99,30
M 200 B	33 N	498893	7441885	S/S	706,5	78,4	<b>4,68</b>	<b>0,20</b>	42,80	4,83	0,87	8,30	12,50	0,13	20,00	0,63	2,65	0,96	98,30
<b>200</b>	<b>33 N</b>	<b>498893</b>	<b>7441885</b>	<b>S/S</b>	<b>901,4</b>	<b>100,0</b>	<b>4,48</b>	<b>0,00</b>	<b>43,36</b>	<b>4,68</b>	<b>0,83</b>	<b>8,25</b>	<b>12,54</b>	<b>0,13</b>	<b>20,19</b>	<b>0,65</b>	<b>2,53</b>	<b>0,92</b>	<b>98,52</b>

**Augitt pyroksen:** (Ca,Na)(Mg, Fe)(Si, Al)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, D=3,10-3,5 g/cm<sup>3</sup>

**Alkalifeltspat:** (K, Na)AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, D=2,55-2,63 g/cm<sup>3</sup>

**Amfibol:** Ca<sub>2</sub>(Fe,Mg)<sub>5</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>, D=3,20-3,44 g/cm<sup>3</sup>

**Kalkspat:** CaCO<sub>3</sub>, D=2,72-2,94 g/cm<sup>3</sup>

**Biotitt:** K(Fe,Mg)<sub>3</sub>AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>, D=2,70-3,30 g/cm<sup>3</sup>

**Apatitt:** Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>(F,Cl), D=3,10-3,35 g/cm<sup>3</sup>

**Epidot-allanitt:** (Ca, REE, Th)<sub>2</sub>FeAl<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>(OH), D=3,38-4,20 g/cm<sup>3</sup>

**Kvarts:** SiO<sub>2</sub>, D=2,65 g/cm<sup>3</sup>



Norges geologiske undersøkelse  
Postboks 6315, Sluppen  
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse  
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00  
Telefax 73 92 16 20  
E-post [ngu@ngu.no](mailto:ngu@ngu.no)  
Nettside [www.ngu.no](http://www.ngu.no)

*Geological Survey of Norway  
PO Box 6315, Sluppen  
7491 Trondheim, Norway*

*Visitor address  
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim*

*Tel (+ 47) 73 90 40 00  
Fax (+ 47) 73 92 16 20  
E-mail [ngu@ngu.no](mailto:ngu@ngu.no)  
Web [www.ngu.no/en-gb/](http://www.ngu.no/en-gb/)*