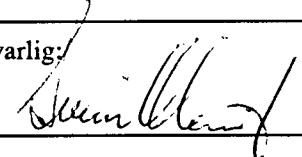


NGU RAPPORT 93.085

**PLANTETILGJENGELIG KALIUM I
UTVALGTE MINERALER OG BERGARTER**

**Resultater fra samarbeid mellom
NGU og SFL, Kvithamar**

Rapport nr. 93.085		ISSN 0800-3416	Gradering: ÅPEN	
Tittel: Plantetilgjengelig kalium i utvalgte mineraler og bergarter; resultater fra veksthusforsøk ved Statens Forskingstasjon Kvithamar og laboratorieundersøkelser ved Norges geologiske undersøkelse				
Forfatter: Kristen Myhr, Håvard Gautneb, Jon Olav Forbord og Anne Kjersti Bakken			Oppdragsgiver: NGU/SFL Kvithamar	
Fylke:		Kommune:		
Kartbladnavn (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 28	Pris: 65	
		Kartbilag:		
Feltarbeid utført:	Rapportdato:	Prosjektnr.:	Ansvarlig:	
Juli-August 1992	17/6-93	67.2509.09		
<p>Sammendrag:</p> <p>Rapporten framlegger resultatene fra prøveinnsamling, analysering og veksthusforsøk av noen utvalgte bergarter og mineraler. Følgende bergartstyper og mineraler ble testet: Glimmerskifer fra Eikesdal, Budal og Sunndal. Gneis fra Bø i Vesterålen, og Lånke, Fyllit fra Framfjord. Grønnskifer fra Inderøy. Karbonatitt fra Stjernøy (2 stk.). Dolomittbreksje fra Leksvik. Biotitt, K-feltspat og avgang fra NORFLOAT. Flogopitt fra Ødegårdenverk. Leirskifer (Adularia) fra Ullapool i Skotland. For sammenligning ble det brukt kunstgjødsel (KCl). Bergartenes totale K innhold varierte fra 0.4 til 10 %. Bergartenen ble knust ned til < 0.3mm kornstørrelse. Til vekstforsøkene ble det brukt 6 rads bygg av type "Bamse". Vekstforsøkene ble utført med naturtorv i 7.5 l pottar og alle pottene fikk en grunnkjødsling med like mengder N, P, Mg, S, og mikronæring. Kalksteinsmjøl ble dosert for å holde noen lunde lik pH i alle forsøk. Det ble utført 21 kjødslingsalternativer med 3 gjentak. Det var bergartene fra Stjernøy, Leksvik og Budal som ga de største avlingene. Gneisbergartene synes ikke å ha noen kjødslingsvirkning. Det fortsettes med frilandsforsøk for de mest interessante bergarter.</p>				
Emne: Fagrapport	Veksthusforsøk		Planteernæring	
Industrimineraler	Jordbruk		Gjødselsforsøk	
Steinmjøl	Økologisk landbruk		Kalium	

INNHOLDSFORTEGNELSE	Side
FORORD	5
INNLEDNING	6
METODER OG MIDLER	7
Mineraler og bergarter	7
Prøvematerialet	8
Prøvepreparering og analysering	8
Kommentarer til de kjemiske analysene	8
BESKRIVELSE AV BERGARTENE	8
FORSØK I VEKSTHUS	11
RESULTATER	12
Syreløselig kalium i mineraler og bergarter	12
Vekst, utvikling og avling	13
Plantehøgde	16
Utskutte aks	16
Grønne blader	16
Tørr avling	16
Tørrstoffinnhold	17
Kjemiske analyser av avlingen	17
Kaliumopptak	18
Kjemiske jordanalyser	20
DISKUSJON	21
LITTERATUR	22

Tabeller

Tabell 1. Mineraler og bergarter som var med i undersøkelsen.	7
Tabell 2. Syreløselig kalium i mineraler og bergarter	13
Tabell 3. Vekst, utvikling og avling	14
Tabell 4. Kjemisk analyse av tørrstoffet	17
Tabell 5. Kjemisk analyse av jordprøver	20
Hovedtabell I. XRF-analyser (totalanalyser)	24
Hovedtabell II. Analyser av syreløslige bestandeler	25

Figurer

Figur 1. Oversiktsbilde over veksthusforsøk	12
Figur 2. Histogrammer over avlingsresultater	15
Figur 3. Plantenes totale opptak av kalium fra vekstmediet	19

FORORD

Denne rapporten er resultatet av et samarbeid mellom NGU og SFL Kvithamar og rapporterer resultatene fra prøveinnsamling, analysering og veksthusforsøk med utvalgte norske bergarter som kaliumkilde i landbruket. Her rapporteres resultatene fra det foreløpig siste i en serie på 3 veksthusforsøk som har vært utført ved SFL Kvithamar.

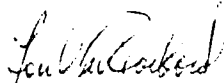
Initiativet til disse undersøkelsene ble tatt av fylkesgeolog Ole S. Hembre og Odd Øvereng som ønsket å teste ulike bergarter fra Nord-Trøndelag som steinmel for landbruket. Det ble raskt klart at det var interessant å utvide prosjektet til også og omfatte bergarter fra andre landsdeler.


En rekke personer har bidratt med innsamling av prøver og hjulpet oss på ulike stadier i arbeidet og vi takker følgende for deres bidrag til prosjektet: Odd Øvereng, Nils E. Johannessen, Daniel Rød, Nils Grytnes Sæter, Bjørn Lund, August Nissen, Ole Sivert Hembre og Jomar Staw.


Kvithamar den 23. juni 1993

Trondheim den 23. juni 1993


Kristen Myhr


Jon O. Forbord


Håvard Gautneb


Anne Kjersti Bakken

INNLEDNING

Ved siden av nitrogen og fosfor er kalium et hovednæringsstoff i planteernæringen. I våre dager er det knapt noen som kan tenke seg kommersiell planteproduksjon uten å gjødsle med kalium. Det finnes flere aktuelle kaliumkilder for landbruket. Her kan nevnes kunstgjødsel som er basert på lettløselige kaliumsalter, husdyrgjødsel, aske, steinmjøl osv. Avhengig av mineralsammensetningen har jordsmonnet på den enkelte gard varierende evne til å forsyne plantene med kalium.

Under første verdenskrig, 1914-1918, var det handelsblokkade, slik at det var vanskelig å få innført både matvarer og kunstgjødsel fra utlandet. På den tid fikk Statens Raastofkomite utført en serie undersøkelser, for å finne ut om norske mineraler og bergarter kunne brukes som kaliumgjødsel. I den sammenheng viser til Goldschmidt & Johnson (1922) sin melding "Glimmermineralernes betydning som kaliumkilde for planterne", og til Hansteen Cranner (1922) sin artikkel om "Vegetationsforsøk med Glimmermineralerne Biotit og Sericit". Med støtte fra Statens Raastofkomite ble det også utført markforsøk med glimmer, feltspat og leir ved Norges landbrukshøgskole (NLH) på Ås, og andre steder. Resultatene er publisert av Solberg (1928) og Retvedt (1938).

Ideen om økologisk landbruk fikk fotfeste i vårt land i slutten av 1970-årene, og da vart det på prinsipielt grunnlag reist tvil om bruk av lettløselige kaliumsalter i planteproduksjonen. Hansen (1981) skrev hovedoppgave ved NLH, om bruk av steinmjøl i landbruket. Senere da Sissel Hansen kom til Surnadal, som leder for Midtnorsk fagseksjon for økologisk landbruk, ble det også spørsmål om å bruke steinmjøl i praksis på kaliumfattige arealer.

Bærug (1991a og 1991 b) har publisert to meldinger om bruk av steinmjøl fra pukkverk som gjødsel og jordforbedringsmiddel. Ved Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) er det utført flere forsøksserier med utluting av ulike silikatbergarter med mineralsyrer (Graff & Røste 1985 og 1986). Hovland & Jensen (1990) og Erstad (1992) har skrevet om det skotske steinmjølet *Adularia*.

I årene rundt 1990 ble det startet import og markedsføring av steinmjøl fra utlandet for bruk som gjødsel i norsk landbruk. En del fagfolk i Midt-Norge og Nord-Norge kom etter hvert i tvil om det var riktig å satse på utenlandske bergarter, med feltspat som det dominerende kaliumholdige mineral. På denne bakgrunn fikk Kvithamar forskingsstasjon forespørsel fra personer i den norske bergverksindustrien om å utføre gjødslingsforsøk med steinmjøl av norske bergarter og mineraler.

METODER OG MIDLER

Mineraler og bergarter

Med bakgrunn i våre tidligere veksthusforsøk og laboratorieforsøk ved NGU (Graff & Røste 1985, 1986), ble det satset på bergarter som hadde et visst innhold av glimmermineralet biotit og helst fra karbonatholdige områder, men det ble også tatt med steinmjøl av andre bergarter, bl.a. fra et pukkverk. Steinmjøl av bergarter og mineraler, fra ulike landsdeler, ble skaffet til veie av NGU i samarbeid med noen fylkesgeologer.

I tabell 1 er tatt inn en oversikt over de mineraler og bergarter som var med i undersøkelsen.

Tabell 1. Mineraler og bergarter som var med i undersøkelsen. Innholdet av totalt kalium er oppgitt i prosent.

Mineral, bergart, vare	Opprinnelse, sted/ kommune/firma/fylke	Totalt kalium i prosent
1. Dolomitbreksje	Leksvik, N-Trøndelag	6,96
2. Fyllitskifer	Skatval, N-Trøndelag	2,72
3. Gneis	Lånke, N-Trøndelag	3,33
4. Glimmerskifer	Budal, S-Trøndelag	2,43
5. Kloritskifer	Inderøy, N-Trøndelag	2,36
6. Gneis	Gåslandsvatn, Nordland	7,30
7. Biotitt, nedmalt	Norfloat, Lillesand, V-A	6,64
8. Biotitt, grov	Norfloat, Lillesand, V-A	6,64
9. Feltspat	Norfloat, Lillesand, V-A	10,13
10. Slam	Norfloat, Lillesand, V-A	4,15
11. Biotitskifer	Eikesdal, Møre og Romsdal	0,37
12. Flogopitt	Ødegården, Telemark	4,74
13. Karbonatitt m/biotitt	Stjernøy, Finnmark	2,41
14. Karbonatitt m/hornbl.	Stjernøy, Finnmark	3,62
15. Fyllitskifer	Framfjord, Sogn og Fj.	2,75
16. Biotitskifer	Sunddal, Møre og Romsdal	2,78
17. Kaliumklorid	Kunstgjødsel	49,00
18. Feltspat	Adularia, Skottland	8,30
19. Dobbelt mengde av type nr. 1		
20. Dobbelt mengde av type nr. 2		
21. Ikke tilført kalium, kontroll.		

Totalanalyser for en rekke plantenæringsstoffer og andre elementer i de fleste mineraler og bergarter, som er med i denne undersøkelsen, er referert i hovedtabell I, se bakerst.

Prøvematerialet

For det fleste bergartene ble det samlet inn ca. 6 kg stein som ble nedknust ved NGU. Fra Leksvik, Stjernøy (2 stk) Gåslandsvann, Skatval, Inderøy og Budal ble det samlet inn noe større mengder. Disse store prøvene ble knust ved Nye Fosdalen Bergverk A/S i Malm. I tillegg fikk vi biotitt og K-feltpat fra NORFLOAT A/S i Lillesand.

Prøvepreparering og analysering

Bergartene ble knust med kjefteknuser og svinge- og kulemøller til en kornstørrelse på < 1mm med en gjennomsnittlig kornstørrelse på ca. 0.35mm, tilsvarende Adularia.

Total kjemisk analyse ble utført med XRF og syreløslige bestandeler basert på uttrekk med henholdsvis 7N og 1N HNO₃, ble utført med ICP. Kjemiske analyser er gitt i tabell 1 og 2, og i hovedtabellene I og II.

Kommentarer til de kjemiske analysene

Vi ser fra tabell 3 at det er bergartene fra Stjernøy som har gitt det høyeste innhold av syreløslig K og disse gir også de høyeste avlingene. Adularia gir ikke noe spesielt høy syreløslig K konsentrasjon. Flogopitt og biotitt gir også høye konsentrasjoner av syreløslig K, uten å gi den forventete avlingsøkning. Dette skyldes sannsynligvis problemer tilknyttet forskjeller i kornstørrelses og forurensning fra flotasjons- kjemikalier. Kanskje et mer langvarig frilandsforsøk vil gi gjødselvirkning av biotitt og flogopitt.

BESKRIVELSE AV BERGARTENE

Leksvik, Nord-Trøndelag

Bergarten herfra ble samlet inn i en liten veiskjæring langs veien fra Skjelbreia inn mot Fellessætra ca. 7 km nordvest fra Leksvik. Bergarten er en finkornet dolomittisk brekksje bergart som inneholder bl.a: Dolomitt, kalkspat K-feltpat litt biotitt og noe jernoksyder. Bergarten antas å være en forkastningsbrekksje og har derfor en relativt liten utbredelse. Lokaliteten er ca. 30m lang og 5m bred, men det burde være mulig å finne flere lignende forkastningsbergarter andre steder på Fosen-halvøya.

Skatval, Nord-Trøndelag

Bergarten herfra er en finkornet fyllitisk skifer. Hovedmineraler er plagioklas, kvarts, kloritt epidot, hornblende og noe ubestemte leirmineraler.

Lånke, Nord-Trøndelag

Denne bergarten er en kvarts og feltspatrik gneisbergart som også inneholder en del pyroksen, litt hornblende og noe biotitt. Bergarten ble levert fra Franzefoss Brug A/S steinknuseri på Lånke.

Budal, Sør-Trøndelag

Bergarten ble samlet inn fra en veiskjæring noen km sør for Budal kirke. Bergarten er en biotittrik glimmerskifer. Andre hovedmineraler er kvarts, plagioklas litt pyroksen og noe muskovitt.

Inderøy, Nord-Trøndelag

Bergarten ble samlet inn fra et lite steinbrudd noen km syd for Skjemstadaunet på Inderøy. Bergarten er en klorittrik grønnskifer. De viktigste mineralene er: Plagioklas, kloritt, aktinolittisk amfibol, epodot, kvarts og en god del kalkspat.

Eikesdal, Møre og Romsdal

Denne bergarten er en biotitt- og hornblende rik glimmerskifer. I tillegg til biotitt og hornblende er kvarts og plagioklas de vanligste mineralene. Bergarten ble sendt til oss fra ringleder Daniel Rød, Nesset. Tiltross for et relativt lavt total innhold av kalium (0.37%) har bergarten relativt høyt innhold av syreløslig kalium (0.31 og 0.29%) Dette skyldes sannsynligvis at nesten all biotitt er løst opp ved syrebehandling.

Stjernøy, Finnmark

Sammen med nefelinsyenitt bergarten som det i dag drives gruvedrift på i Lillebukt på Stjernøy, ligger et stort massiv av en karbonatitt (Strand 1983, Skogen 1981). Karbonatitten er en svært inhomogen bergart med store variasjoner i kjemisk og mineralologisk sammensetning. Mineralogien er forholdsvis enkel, hovedmineraler er: Kalkspat, nefelin k-feltspat, biotitt, hornblende og apatitt. Ute i felt kan karbonatitten deles inn i to hovedvarianter, hornblende-karbonatitt og biotitt- karbonatitt alt etter om

hornblende eller biotitt er det vanligste mørke mineralet i bergarten. Hornblende-karbonatitten ble samlet inn like ved utskipningskaia til *North Cape Nepheline* og biotitt-karbonitten ble samlet inn i Storebukt noen km nordvest for gruveanlegget i Lillebukt. Karbonatitten utgjør et flere kvadratkilometer stort massiv som strekker seg fra Lillebukt forbi Vanskliggvann og inn til Finndalen på den sentrale delen av Stjernøy. Det uveisomme terrenget gjør imidlertid prøvetaking i dag ganske kostbar.

Framfjord, Sogn og Fjordane

Denne bergarten ble samlet inn ved noen av de gamle talkbruddene i Framfjord. Bergarten er en typisk fyllitskifer finkorning muskovitt, kvarts og plagioklas og litt aktonolitt som de vanligste mineralene.

Sunndal, Møre og Romsdal

Denne bergarten er en biotittglimmerskifer, med biotitt, kvarts og plagioklas som de vanligste mineralene. Prøven ble levert til oss av Nils Grytnes Sæter, Tingvoll

Adularia, Skottland

Steinmjølet Adularia er framstilt fra en ekstremt kaliumrik sedimentær bergart som kommer fra Ullapoolområdet i nord Skottland. Det geologiske navnet er *fucoïd beds* som er en del av en større sediment pakke av kambrisk alder som finnes i dette området. Mineralogien har vært grundig undersøkt av British Geological Survey. Det høye kalium innholdet skyldes uvanlig mye adular i bergarten. Adular er en type lavtemperatur k-feltspat. Andre mineraler i bergarten er biotitt og dolomitt og kvarts.

Biotitt og k-feltspat, Lillesand, Aust-Agder

Fra NORFLOAT A/S fikk vi tilsendt biotitt og k-feltspat konsentrat. Dette er mineraler som utvinnes fra en granittpegmatitt og brukes som råstoff i porselensindustri og oljeindustri. Mineralene har imidlertid gjennomgått en omfattende flotasjonsprosess. Spesielt biotitt er belagt med flotasjonskjemikalier (natrium-petroleum-sulfonat). Det er mulig at disse kjemikalierne dels hindrer eller forstyrrer nedbrytningen og plantetilgjengligheten av mineralene.

Flogopitt, Ødegården verk. Telemark

Mineralet er hentet fra de nedlagte apatitt gruvene ved Ødegården i Bamle. Som følge av pågående undersøkelser av apatitt-forekomsten hadde NGU tilgjengelig noen kg med grovmalt flogopitt konsentrat. Dette mineralet opptrer i meget spesiell omvandlingsbergart (Ødegårditt) som finnes i området. Mengden av flogopittkonsentrat er svært begrenset (ca. 7 kg) og det er kun nok materiale til mindre veksthusforsøk i framtiden. Hvis det kan framskaffes større mengder med flogopitt nedknust til ideell kornstørrelse bør det være interessant å repitere forsøket med flogopitt.

FORSØK I VEKSTHUS

Til denne tid er utført i alt tre forsøk i veksthus med steinmjøl som kaliumkilde (L71, L72, L73) til 6-rads bygg. Denne rapporten vil bli avgrenset til det siste forsøket (L73) som ble utført vinteren 1992 -1993, og der bl.a. to typer karbonatitt fra Stjernøy i Finnmark var med. De to første veksthusforsøkene er beskrevet i lignende rapporter tidligere, og en viser ellers til to foredrag av Myhr (1992) og (1993). Resultatene fra alle veksthusforsøkene vil bli publisert i Norsk landbruksforskning i løpet av 1994.

Som vekstmedium i forsøk L73 ble brukt naturtorv fra Nittedal Torvindustri a/s. Torvarten var Sphagnum, med omdanningsgrad H2-H4, et askeinnhold på under 5%, og pH ca. 4,0. Det ble brukt 7,5 l dobbelveggede Kick-Brauckmann pottesom vekstkar (forsøksenhet) (Fig. 1). Av de enkelte typer steinmjøl og kaliumgjødning ble det tilført 3 g K pr. vekstkar, men for to steinmjøltyper ble det også inkludert 6 g K pr. potte. Som kontroll ble tatt med pottes uten tilført kalium. Alle vekstkar ble gjødslet med like mengder N, P, Mg, S og mikronæring. Kalksteinmjøl ble dosert med tanke på at pH skulle være lik i alle forsøksenheter.

Forsøket var anlagt med

- 21 kaliumgjødslingsalternativer, se tabell 1,
- 3 gjentak og
- 63 forsøksenheter i alt.

Steinmjøl, kunstgjødsel og kalksteinmel ble blandet inn i fukta torva for hvert enkelt vekstkar. Den 29. oktober 1992 ble det prikla inn 20 stk forspirede korn av 6-rads byggsorten 'Bamse' i hvert vekstkar. Plantene ble dyrket i vekstlys ved 15 timers dag, og ved 9 timers natt i hele forsøksperioden. I perioden 29.10.92 - 12.11.92 og i perioden 01.12.92-29.12.92 var temperaturen i lysfasen 12°C og i den mørke 9°C.

I den mellomliggende perioden 13.11.92 - 30.11.92 var temperaturen 9°C og 5°C i lys- og mørkefasen.

Byggplantene ble høstet ved begynnende skyting den 29.12.1992.

Det ble målt høyde på plantene, utskutte aks pr. vekstkar ble notert. Det ble videre foretatt en skjønsmessig vurdering av prosent grønne blader på hver forsøksenhet. Den resterende del av bladene var brune spisser og kanter, som kunne ha sammenheng med kaliummangelsymptom. Plantene ble kuttet 5 cm over jorden, de ble tørket ved 65°C i 48 timer, til konstant tørr vekt. Deretter ble hele plantene hakket og malt for kjemisk analyse. Jordprøver ble tatt like etter høsting. Kjemiske analyser av planter og jord ble utført ved Landbrukets Analysesenter, Jordforsk, Ås. Analyser av steinmjøl og mineraler ble utført ved NGU, Trondheim.

RESULTATER

Syreløselig kalium i mineraler og bergarter

Syreløselige bestanddeler, basert på uttrekk med henholdsvis 1 N og 7 N salpetersyre ble utført med ICP- apparatur, for en rekke grunnstoffer. Resultatene går fram av hovedtabell II, se bakerst. Et sammendrag for analysene av kalium er presentert i tabell 2.



Figur 1. Oversiktsbilde over veksthusforsøk

Tabell 2. Syreløselig kalium i mineraler og bergarter, ved bruk av 1 N og 7 N salpetersyre. Oppgitt som prosent.

Mineral, bergart, vare	Salpetersyre	
	1 N	7 N
1. Dolomitbreksje, Leksvik	0,15	0,04
2. Fyllitskifer, Skatval	0,05	0,18
3. Gneis, Lånke	0,26	0,53
4. Glimmerskifer, Budal	1,89	2,11
5. Kloritskifer, Inderøy	0,70	0,78
6. Gneis, Gåslandsvatn	0,13	0,09
7. Biotitt, nedmalt, Norfloat	1,03	3,47
8. Biotitt, grov , Norfloat	----	----
9. Feltspat, Norfloat	0,31	0,23
10. Slam, Norfloat	----	----
11. Biotitskifer, Eikesdal	0,31	0,29
12. Flogopitt, Ødegården	2,36	5,06
13. Karbonatitt m/biotitt, Stj.	0,88	2,58
14. Karbonatitt m/hornbl. Stj.	1,81	3,32
15. Fyllitskifer, Framfjord	----	----
16. Biotitskifer, Sunndal	2,67	2,81
17. Kaliumklorid, Kunstgjødse	----	----
18. Feltspat, Adularia	0,25	0,56

Glimmerskifer (nr.4), og biotitt (7), flogopitt (11) og biotitskifer (nr. 16) har gitt de høyeste verdier for syreløselig kalium. Men vi merker oss at også de to karbonatittene fra Stjernøy, og da spesielt typen med hornblende, har høgt innhold av syreløselig kalium.

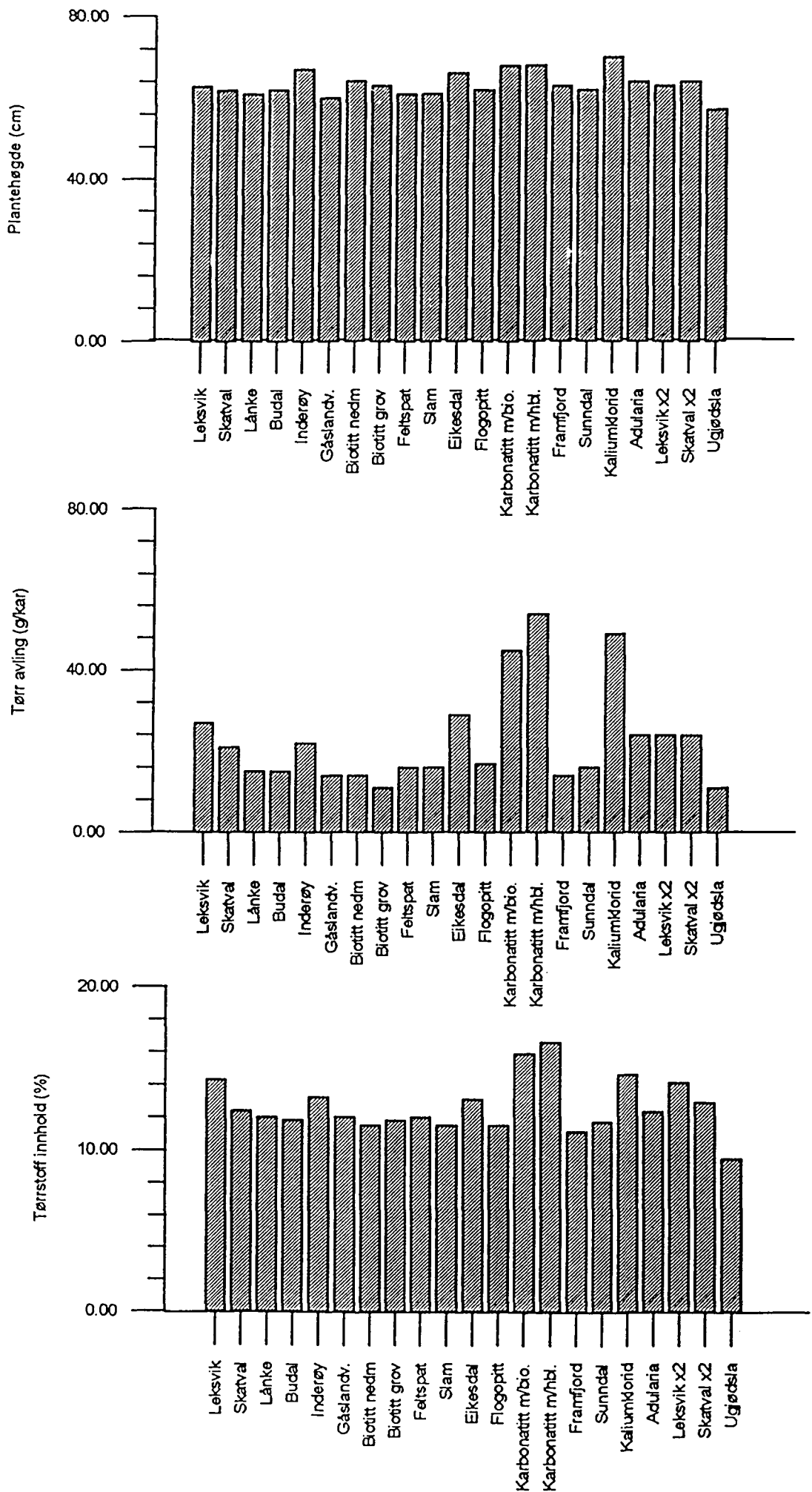
Vekst, utvikling og avling

Steinmjøltypene er nummerert som i tabell 1. Figur 2 viser viser histogrammer over avlingsresultatene.

Tabell 3. Vekst, utvikling og avling registrert ved høsting hos 6-rads bygg som var tilført steinmjøl som kaliumkilde.

Steinmjøltype/ kaliumgjødsel	Plante- høgde i cm	Utskutte aks stk/kar	Grønne blad i %	Tørr avl. g/kar	Tørrst. innhold i %
1. Dolomitbreksje	63	1	83	27	14,3
2. Fyllitskifer	62	0	88	21	12,4
3. Gneis, Lånke	61	0	85	15	12,0
4. Glimmerskifer	62	0	90	15	11,8
5. Kloritskifer	67	1	90	22	13,2
6. Gneis, Gåsl.	60	0	87	14	12,0
7. Biotitt, nedm.	64	0	89	14	11,5
8. Biotitt, grov	63	0	90	11	11,8
9. Feltspat N.fl.	61	1	90	16	12,0
10. Slam, Norfl.	61	0	90	13	11,5
11. Biotitskifer	66	0	93	29	13,1
12. Flogopitt	62	0	93	17	11,5
13. Karb. m/biotitt	68	4	92	45	15,9
14. Karb. m/hornb.	68	4	92	54	17,6
15. Fyllitsk. Fr.fj.	63	0	90	14	11,1
16. Biotitsk. S.dal	62	0	88	16	11,7
17. Kalium gj. 49%	70	8	95	49	14,6
18. Feltsp. Adularia	64	0	83	24	12,3
19. Type 1, dobbel	63	0	85	24	14,1
20. Type 2, dobbel	64	0	85	24	12,9
21. Ikke tilført K	57	0	86	11	9,5
LSD 5% ¹	5	1	5	6	1,7

¹ LSD = minste signifikante verdi



Figur 2 Histogrammer over avlingsresultater

Plantehøgde

Kaliumgjødning 49 % K, begge de to karbonatittypene fra Stjernøy (nr. 13 og 14), og kloritskifer fra Inderøy (nr.5) ga størst lengdevekst. Planter som ikke var gjødsla med kalium (nr. 21) var kortest, men også de to gneistypene (nr. 3 og nr. 6) ga liten lengdevekst. Feltspat (nr. 9) og slam (nr. 10) ga også korte planter.

Utskutte aks

Kaliumgjødning 49 % K, og begge de to karbonatittypene fra Stjernøy (13 og 14) førte til raskere skyting hos byggplantene enn de andre steinmjøltypene. De plantene som ikke var tilført kalium (nr. 21) var tydelig mindre utviklet enn de som var tilført dette elementet, i en eller annen form. (Ved å snitte opp holken, kunne en se anlegget til aks, inne i plantene ved høsting).

Grønne blader

Ved høsting ble registrert tydelige kaliummangelsymptomer på plantene avhengig av gjødsling. Mangelsymptomene artet seg som gråbrune bladspisser og bladkanter, først og fremst på de nedre bladene. På planter som var tilført Adularia (nr. 18), og i mindre grad på planter som var tilført dolomitbreksje (nr. 1), ble det registrert et spesielt mangelsymptom, som trolig kan føres tilbake til kaliumforsyningen. De to siste nevnte steinmjøltypene ga god vekst og grønne planter i første del av forsøksperioden, men da plantene nærmet seg skyting, avtok veksten og vi la merke til relativt mange hvite flekker inne på bladplatene. Flekkene var ofte formet som et parallelogram med sider på om lag 5 x 10 mm. Disse hvite flekkene forekom mest på de nedre blader, men de kunne også sees på de midtre bladene.

Tørr avling

Karbonatitt m/hornblende (nr. 14) og karbonatitt m/biotitt (nr. 13), ga i særklasse størst tørrstoffproduksjon av de steinmjøltypene som ble sammenlignet, og de kom ut med like stor avling som kaliumgjødning 49% K (nr. 17). Minst avling ble registrert i de vekstkarene som ikke ble tilført noen form for kalium (nr. 21) og etter bruk av grov biotitt (nr. 8). De to gneistypene (nr. 3 og nr. 6) har også gitt små avlinger. Det var uventa at nedmalt biotitt (nr. 7) ga dårlig vekst. Å auke doseringa fra 3 til 6 g K pr. vekstkar, har ikke ført til bedre vekst og større avling.

Tørrstoffinnhold

Tørrstoffinnholdet i plantene som ble tilført karbonatitt m/hornblende (nr. 14) var 3 prosentenheter høyere enn i plantene som var tilført samme mengde kalium som lettøselig kaliumklorid (nr. 17). Denne forskjellen var signifikant.

Lavest tørrstoffinnhold ble registrert i plantene som ikke var tilført kalium.

Kjemiske analyser av avlingen

I tabell 4 blir gitt et sammendrag av kjemiske analyser av avlingen. Steinmjøltypene er nummerert som i tabell 1.

Tabell 4. Kjemisk analyse av tørrstoffet i grønnforbygg ved høsting, helplanter ved skyting.

Steinmjøltype/ kaliumgjødsel	Kjeldahl-N %	K %	Mg %	Ca %	Al ppm
1. Dolomitbreksje, Leksvik	4,92	0,63	0,61	1,76	48
2. Fyllitskifer, Skatval	5,54	0,89	0,46	1,80	68
3. Gneis, Lånke	5,77	1,14	0,44	1,83	67
4. Glimmerskifer, Budal	5,88	1,33	0,48	1,84	75
5. Kloritskifer, Inderøy	5,42	1,03	0,45	1,97	66
6. Gneis, Gåslandsvatn, Bø	6,11	1,42	0,50	2,01	86
7. Biotitt nedmalt, Norfl.	5,77	1,48	0,45	1,83	71
8. Biotitt grov, Norfloat	6,20	1,57	0,48	1,83	80
9. Feltspat, Norfloat	5,87	1,42	0,46	1,77	76
10. Slam, Norfloat	6,21	1,82	0,48	1,76	52
11. Biotitskifer, Eikesdal	4,82	1,77	0,51	1,26	54
12. Flogopitt, Ødegården	5,85	1,36	0,48	1,75	59
13. Karbonatitt m/biotitt	3,52	0,80	0,22	1,36	60
14. Karbonatitt m/hornbl.	3,08	1,07	0,17	0,81	69
15. Fyllitskifer, Framfj.	5,83	1,06	0,50	0,93	64
16. Biotitskifer, Sunndal	5,66	1,14	0,50	1,75	63
17. Kaliumgjødsel 49% K	3,52	4,25	0,19	0,91	33
18. Feltspat, Adularia	5,04	0,76	0,61	1,89	48
19. Type 1, dobbel mengd	5,16	0,61	0,69	2,07	52
20. Type 2, dobbel mengd	5,15	0,69	0,50	2,21	57
21. Ikke tilført kalium	5,25	1,06	0,46	2,04	75
LSD 5%	0,72	0,35	0,05	0,23	20

Ved vurdering av den kjemiske sammensetning, må en ha klart for seg at dette er umodne planter, og videre at utviklingsstadiet og avlingsstørrelse varierer med kaliumgjødslingen.

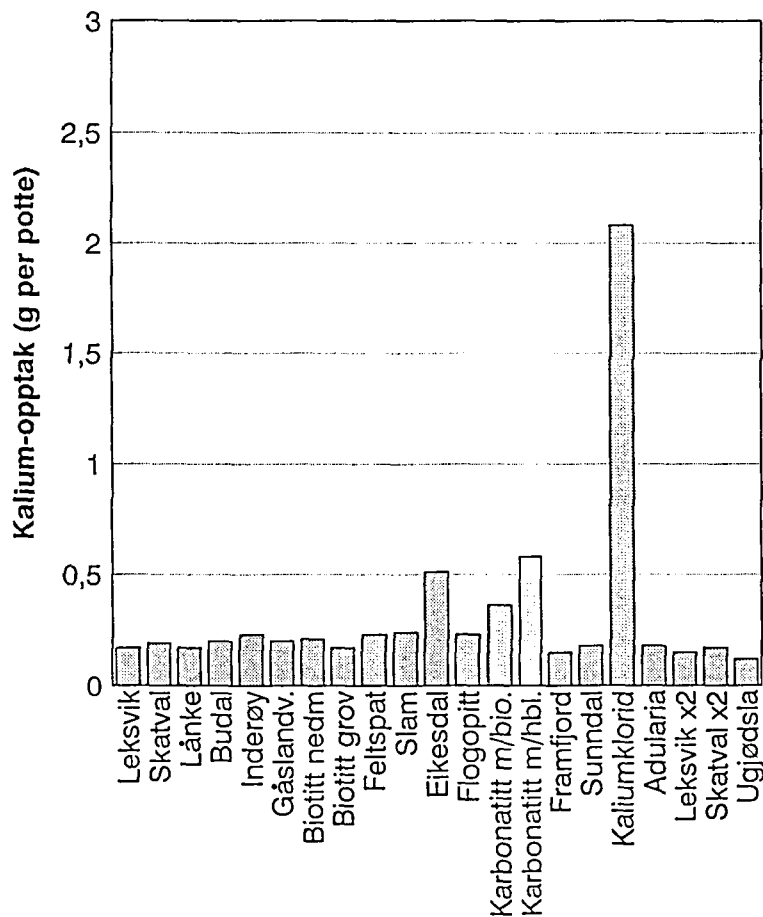
Vedkommende Kjeldahl-N, merker vi oss at innholdet er lavest for de to karbonatitbergartene og for kaliumgjødssel 49% K. Ettersom det var disse tre gjødslingsalternativene som ga størst avling, kan en snakke om en uttynnings-virkning.

For kalium merker vi oss at innholdet er signifikant høyere der det er tilført kaliumgjødssel 49% K, enn der det er brukt samme mengde kalium i steinmjøl. Her står vi trolig ved en av de viktigste forskjeller mellom et lettløselig salt på den ene side og en nedmalt bergart på den annen side. Der det brukes kaliumklorid vil det lett skje et luksusopptak av kalium først i vekstsesongen, med det resultat at opptaket av kalsium og magnesium blir tilsvarende mindre. Dette er et vel kjent fenomen, som ofte kalles antagonisme. De biotitholdige steinmjøltypene har gitt et relativt høgt innhold av kalium i avlingen, her vises bl.a. til nr. 7,8, 10 og 11.

Kaliumopptak

Det totale kalium opptaket pr potte er beregnet utfra størrelsen av tørrstoff avlinga og konsentrasjon av kalium i denne. Kaliumopptaket var langt større i plantene som ble dyrket med kaliumklorid som kaliumkilde enn de som tok opp kalium fra steinmjøl (Figur 3). Omlag 70% av totalt 3g kalium ble tatt opp av plantene som ble dyrket på kaliumklorid, mens plantene som ble dyrket på steinmjøl varierte opptaket mellom 5 og 20% av de tilsatte mengdene. Av steinmjøltypene var det karbonatitt med hornblende og biotittskifer fra Eikesdal som ga det høyeste opptaket.

For lettløselig magnesium (Mg-Al) ble det registrert høgest verdier etter tilførsel av dolomitbreksje og Adularia.



Figur 3. Plantenes totale opptak av kalium fra vekstmediet. Opptaket fra de ulike steinmjøltypene er sammenlignet med opptaket fra kaliumklorid og vekstmedium som ikke var tilsatt kalium

Vedkommende magnesium, merker vi oss at gjødsling med mjøl av dolomitbreksje og Adularia feltspat har gitt høyest innhold i plantene. Dette er et forhold som kan tilskrives et naturlig høgt innhold av magnesium i disse to bergarter.

For kalsium er påvist til dels store forskjeller i plantene, avhengig av gjødsling med kalium fra ulike kilder. Dette har sammenheng med innholdet av kalsium i de ulike steinmjøltypene, men også med mengdene som er brukt, men også med avlingsmengden, som tilskrives den såkalte fortynningsvirkningen.

Når det gjelder aluminium er funnet det lågeste innhold etter bruk av kaliumgjødsel 49% K, noe som kan ha sin årsak i stor avling, og relativt sterk fortynning. Ellers ga dolomitbreksje og Adularia relativt lågt innhold av aluminium, noe som kan ha sammenheng med en viss alkaliserende virkning.

Kjemiske jordanalyser

I tabell 5 blir gitt et sammendrag av kjemiske innhold i jorda ved avslutningen av forsøket. Analysetallene er ikke korrigert for volumvekt.

Tabell 5. Kjemisk analyse av jordprøver, etter bruk av ulike kilder for kaliumgjødsel.

Steinmjøltype/ kaliumgjødsel	Volum- vekt	pH	K-Al*	K-HNO ₃	Mg-Al*
1. Dolomitbreksje, Leksvik	0,13	4,4	17	32	127
2. Fyllitskifer, Skatval	0,14	4,1	17	29	67
3. Gneis, Lånke	0,14	3,9	17	43	64
4. Glimmerskifer, Budal	0,14	3,9	17	147	64
5. Kloritskifer, Inderøy	0,14	4,0	16	72	59
6. Gneis, Gåslandsvatn, Bø, N	0,13	3,9	18	32	74
7. Biotitt nedmalt, Norfloat	0,14	3,9	17	88	68
8. Biotitt grov, Norfloat	0,13	3,9	19	56	61
9. Feltspat, Norfloat	0,13	3,9	17	31	64
10. Slam, Norfloat	0,13	3,8	17	31	57
11. Biotitskifer, Eikesdal	0,23	4,0	16	125	83
12. Flogopitt, Ødegården	0,14	3,9	16	59	67
13. Karbonatitt m/biotitt	0,13	5,5	20	116	62
14. Karbonatitt m/hornblende	0,14	5,0	27	139	61
15. Fyllitskifer, Framfjord	0,13	4,0	15	70	64
16. Biotitskifer, Sunndal	0,14	3,9	17	165	72
17. Kaliumgjødsel 49% K	0,13	4,1	46	55	65
18. Feltspat, Adularia	0,13	4,3	19	29	115
19. Type 1, dobbel mengde	0,14	4,6	15	28	155
20. Type 2, dobbel mengde	0,15	4,3	16	26	69
21. Ikke tilført kalium	0,12	4,1	17	25	63
LSD 5%	0,01	0,1	5	20	9

* Ammonium-laktat-acetat metoden, mg stoff pr 100g tørr jord

Etter bruk av relativt store mengder steinmjøl av den lågprosentige biotitskiferen fra Eikesdal (nr. 11), førte til signifikant økning av volumvekten til vekstmediet.

pH i vekstmediet var i løpet av forsøksperioden blitt sterkt påvirket av hvilken type steinmjøl som var tilført. Steinmjøl av karbonatitbergartene fra Stjernøy (nr. 13 og 14) førte til signifikant høyere pH, enn de andre steinmjøltypene. Dolomitbreksje (nr. 1) og Adularia (nr. 18) kom i en mellomstilling, mens de fleste andre steinmjøltypene ikke påvirket pH nevneverdig. For de to steinmjøltypene der vi også sammenlignet to

mengder, ble det registrert en liten, men signifikant stigning i pH ved å auke doseringa til det doble.

Lettløselig kalium (K-Al) forekom i størst mengde der det var tilført kaliumgjødning 49%. Vi merker oss ellers at karbonatitt m/hornblende fra Stjernøy hadde signifikant høyere K-Al verdier enn noen av de andre steinmjøltypene.

Salpetersyreløselig kalium (K-HNO₃) viser reserven av plantetilgjengelig kalium på noe lengre sikt. Som det går fram av tabell 4 var det store forskjeller mellom de ulike steinmjøltypene som var brukt. Glimmerskifer og biotitskifer har til del høge verdier, det samme gjelder de to karbonatittypene fra Stjernøy.

DISKUSJON

Ved vurdering av disse resultatene må en være oppmerksom på at det gjelder ett kortvarig forsøk i veksthus. Det er således nødvendig å prøve de aktuelle steinmjøltypene i flerårige markforsøk, før en kan gi råd om bruk i praksis.

Opprinnelig var det tilført ulike mengder kalksteinmjøl for å oppnå lik pH i alle pottes. Ved avslutning av forsøket viste det seg at pH i vekstmediet var signifikant påvirket av steinmjøltypen. Dette har sammenheng med at veksttorva hadde liten bufferevne. På den annen side kunne vi ikke registrere noen form for misvekst som kunne forbindes med vanlige surjordssymptomer i de vekstkar der pH var lågest.

Det var uventa at steinmjøl av de to karbonatittypene fra Stjernøy ga tørrstoffavling på samme nivå som lettløselig kaliumklorid, og jamt over dobbelt så stor avling som de andre steinmjøltypene som ble prøvd. Den gode gjødselvirkningen til disse to bergartene kan finnes i den spesielle mineralogiske sammensetning, med relativt mye kalkspat sammen med nefelin k-feltpat, biotitt, apatitt og hornblende. Det kan synes uventa at hornblendetypen ga signifikant større avling enn biotittypen. Forklaringen kan finnes i tabell 2, der det går fram at kaliumet i hornblendetypen er lettere syreløselig, enn i biotittypen. Det høge tørrstoffinnholdet i planter som var tilført karbonatitt av hornblendetypen, er interessant, og kan vere av betydning ved dyrking av poteter og ulike grønsakvekster.

På det nåværende tidspunkt kan det være vanskelig å anslå behovet for kalium og andre plantenæringsstoffer i norske mineraler og bergarter, med tanke på markedsføring. For mange gardbrukere vil det være et spørsmål om pris pr. kg rent næringsstoff, spredd på eget areal. Konsentrasjon og transportkostnader er dermed viktige stikkord, men det er likevel spørsmålet om plantetilgjengelighet som blir avgjørende.

Av de norske mineraler og bergarter som ble undersøkt i samband med dette forsøket, synest følgende mest interessante:

1. Karbonatitbergartene fra Stjernøy i Finnmark. Av disse finnes store kvanta, slik at det er mulig å starte kommersiell utnytting. Gjødelsvirkningen av disse bør utprøves på kaliumfattig jord bl.a. i Nord-Norge, med tanke på å utvikle en salgsvare.
2. Dolomitbreksje fra Leksvik. Denne har relativt høgt innhold av kalium, og den ga stor avling, sammenlignet med de fleste andre steinmjøltypene. Foreløpig er vi kjent med bare en mindre forekomst, og det er en oppgave å finne mere av denne breksja i samme område.
3. Kloritskifer fra Inderøy. Denne bergarten forekommer i store kvanta, men det er en ulempe at kaliuminnholdet er lågt.
4. Biotitt fra Norfloat. Vi hadde venta oss bedre gjødelsvirkning av dette mineralet, sammenlignet med de forskjellige steinmjøltypene. En mulig forklaring på den relativt dårlige virkningen kan være oppblanding med kjemikalier (natrium-petroleum-sulfonat) fra flotasjonsprosessen, slik at plantetilgjengeligheten er blitt nedsatt i en periode. Etter noen tid i jord vil trolig virkningen av flotasjonskjemikaliet være borte.

LITTERATUR

Bærug, R. 1991 a. Steinmjøl som næringskilde til ulike jordbruksvekster. Kaliumvirkningen av steinmjøl. Norsk landbruksforskning 5: 175-181.

Bærug, R. 1991 b. Steinmjøl som næringskilde for ulike jordbruksvekster. Magnesiumvirkningen av steinmjøl. Norsk landbruksforskning 5:183-188.

Erstad, K-J. 1992. Adularia feldspar. Field and greenhouse experiments 1989-1993. Report No. 4/1992, SFL Fureneset, N-6994 Fure.

Goldschmidt, V.M. & E. Johnson. 1922. Glimmermineralernes betydning som kalikilde for planterne. Statens Raastofkom. Publ. Nr. 8.

Graff, P.R. & J.R. Røste, 1985. Utluting av silikatmineraler med mineralsyrer. Rapport nr. 85.105 Norges Geologiske Undersøkelse.

Graff, P.R. & J.R. Røste, 1986. Utluting av silikatbergarteri 6 N saltsyre. Rapport nr. 86.105 Norges Geologiske Undersøkelse.

Hansen, S. 1981. Steinmel i landbruket. Hovedoppgave, Norges landbrukshøgskole, 116s.

Hansteen Cranner, B. 1922. Om vegetationsforsøk med glimmermineralene Biotit og Sericit. Statens Raastofkom. Publ. Nr. 14.

Hovland, R. & P. Jensen, 1990. Adularia-nytt, Nr. 1, 1990 Utgitt av Mjøndalen kalkfabrikk a/s, 3050 Mjøndalen.

Myhr, K. 1992. Plantetilgjengeleg kalium i norske bergartar og resultat frå veksthusforsøk på SFL Kvithamar. Foredrag ved Norges Geologiske Undersøkelse, Trondheim, den 10.11.1992.

Myhr, K. 1993. Plantetilgjengeleg kalium i norske bergartar, resultat frå Kvithamar forskingsstasjon. Foredrag på kurs i økologisk jordbruk, Glærum i Surnadal, den 06.02.1993.

Retvedt, K. 1938. Kalivirkning av glimmer, feltspat og leir. Meldinger fra Norges landbrukshøgskole, 18: 127-182.

Skogen, J.H. 1980. Lillebukt alkaline kompleks: Karbonatittens indre struktur og dens metamorfe og tektoniske utvikling. Cand. real. oppgave ved Univ. Bergen.

Solberg, P. 1928. Forsøk med glimmer, feltspat og leir som kaliholdig jordforbedringsmiddel. Meldinger fra Norges landbrukshøgskole, 8: 419-482.

Strand, T. 1981: Lillebukt alkaline kompleks: Karbonatittens mineralogi og petrokjemi. Cand. real. oppgave ved Univ. Bergen.

Hovedtabell I. XRF-analyser (totalanalyser) av bergarter og mineraler. Analysene utført ved NGU. Data i prosent.

Bergart	Framfjord	Skatval	Lånke	Budal	Inderøy
SiO ₂	57,62	52,83	70,37	63,47	60,59
Al ₂ O ₃	15,74	18,14	14,32	13,87	14,31
Fe ₂ O ₃	7,05	7,51	2,42	5,78	5,29
TiO ₂	0,88	0,87	0,38	0,73	0,57
MgO	3,96	5,75	0,91	3,64	3,24
CaO	3,27	2,19	1,58	3,91	5,02
Na ₂ O	1,67	2,07	3,72	1,63	2,67
K ₂ O	3,51	3,28	4,01	2,93	2,63
MnO	0,10	0,10	0,05	0,05	0,08
P ₂ O ₅	0,18	0,19	0,07	0,15	0,13
Glødetap	4,84	6,36	1,34	2,88	4,65

Bergart	Gåslandv.	Kalifelt.	Biotitt	Flogopit	Eikesdal
SiO ₂	63,58	66,00	41,00	48,11	49,10
Al ₂ O ₃	15,42	18,50	21,00	14,75	10,19
Fe ₂ O ₃	6,90	0,08	21,30	3,11	10,29
TiO ₂	0,65		1,50	3,47	1,48
MgO	0,52		3,90	9,78	17,19
CaO	0,49	0,40	0,17	8,36	6,88
Na ₂ O	1,23	2,90	0,50	5,23	1,11
K ₂ O	8,80	12,20	7,70	1,21	0,45
MnO	0,07			0,01	0,07
P ₂ O ₅	0,25			1,34	0,12
Glødetap	0,58	0,15	2,50	2,07	2,06

Bergart	Leksvik	Bio-Karbon.	Hbl-Karbon.	Sunndal
SiO ₂	33,92	17,92	28,55	43,64
Al ₂ O ₃	9,58	10,08	17,29	13,62
Fe ₂ O ₃	7,17	11,27	7,12	12,23
TiO ₂	0,20	2,70	1,32	0,18
MgO	5,36	2,52	2,68	16,01
CaO	12,98	22,33	15,81	7,00
Na ₂ O	0,10	2,58	6,09	0,93
K ₂ O	8,36	2,82	4,26	3,35
MnO	0,15	0,31	0,19	0,19
P ₂ O ₅	0,19	1,46	0,90	0,09
Glødetap	19,60	16,82	11,83	1,89

Hovedtabell II. Analyser av syreløslige bestandeler i bergartene basert på oppløsning i 7N og 1 N HNO₃. Analysene er utført på NGU med ICP. Data i prosent

1 N HNO3	Adularia	Lånke	Leksvik	Inderøy	Skatval
Si	0,290	0,340	0,230	0,380	0,410
Al	0,540	0,550	0,150	1,390	1,680
Fe	1,960	0,870	3,670	2,030	2,580
Ti	0,015	0,092	0,001	0,093	0,001
Mg	3,620	0,240	3,440	1,150	1,540
Ca	4,160	0,520	9,890	3,000	1,510
Na	0,024	0,038	0,034	0,021	0,023
K	0,250	0,260	0,150	0,700	0,053
Mn	0,062	0,022	0,110	0,049	0,074
P	0,130	0,027	0,044	0,058	0,078
Cu	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004
Zn	0,001	0,003	0,004	0,004	0,005
Pb	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002
Ni	0,002	0,000	0,002	0,006	0,006
Co	0,001	0,000	0,001	0,001	0,002
V	0,001	0,001	0,014	0,002	0,002
Mo	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,002	0,000	0,012	0,005	0,004
Ba	0,003	0,002	0,002	0,004	0,002
Sr	0,009	0,009	0,024	0,011	0,005
Zr	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Be	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000
Li	0,001	0,001	0,000	0,002	0,003
Sc	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
Ce	0,004	0,008	0,002	0,004	0,002
La	0,001	0,004	0,000	0,002	0,000

1 N HNO3	Gåslandv.	Budal	Karbon/hbl	Karbon/bio	Eikesdal
Si	0,240	0,380	3,740	2,350	0,270
Al	0,640	2,590	7,090	3,200	1,000
Fe	0,540	2,900	0,830	1,830	1,050
Ti	0,013	0,170	0,054	0,210	0,062
Mg	0,220	1,770	0,250	0,430	1,360
Ca	0,180	1,140	10,620	16,170	0,310
Na	0,037	0,075	4,300	1,660	0,053
K	0,130	1,890	1,810	0,880	0,310
Mn	0,022	0,038	0,075	0,140	0,006
P	0,042	0,058	0,320	0,690	0,045
Cu	0,001	0,002	0,004	0,002	0,001

Zn	0,000	0,007	0,002	0,003	0,002
Pb	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
Ni	0,001	0,004	0,001	0,001	0,011
Co	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
V	0,000	0,006	0,001	0,002	0,003
Mo	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,002	0,007	0,001	0,000	0,024
Ba	0,006	0,023	0,039	0,012	0,003
Sr	0,001	0,002	0,240	0,720	0,000
Zr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Be	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Li	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000
Sc	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Ce	0,002	0,007	0,020	0,056	0,001
La	0,001	0,003	0,011	0,032	0,000

1N HNO3	Flogopitt	Sunndal	K-feltspa	Biotitt
Si	0,430	0,490	0,210	0,450
Al	2,900	3,360	0,320	2,040
Fe	0,990	3,140	0,022	4,440
Ti	0,230	0,043	0,000	0,140
Mg	4,830	3,580	0,004	0,670
Ca	1,390	0,180	0,032	0,098
Na	0,240	0,057	0,094	0,018
K	2,360	2,670	0,310	1,030
Mn	0,003	0,024	0,000	0,058
P	0,530	0,029	0,002	0,033
Cu	0,000	0,034	0,000	0,000
Zn	0,000	0,004	0,000	0,024
Pb	0,001	0,001	0,001	0,002
Ni	0,010	0,013	0,000	0,000
Co	0,001	0,005	0,000	0,000
V	0,099	0,001	0,000	0,001
Mo	0,000	0,001	0,000	0,001
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,002	0,004	0,000	0,001
Ba	0,009	0,020	0,002	0,002
Sr	0,001	0,000	0,000	0,000
Zr	0,000	0,000	0,000	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000
B	0,000	0,000	0,000	0,000
Be	0,000	0,000	0,000	0,000
Li	0,001	0,004	0,000	0,016
Sc	0,001	0,000	0,000	0,001
Ce	0,007	0,002	0,000	0,003
La	0,003	0,000	0,000	0,000

7 N HNO3	Adularia	Lånke	Leksvik	Inderøy	Skatval
Si	0,003	0,010	0,000	0,010	0,002
Al	1,100	0,750	0,096	2,350	3,380
Fe	2,050	0,930	4,530	3,160	4,820
Ti	0,022	0,180	0,001	0,180	0,003
Mg	3,600	0,250	3,440	1,770	2,860
Ca	4,050	0,650	9,890	3,000	1,440
Na	0,023	0,035	0,031	0,022	0,020
K	0,560	0,530	0,043	0,780	0,180
Mn	0,060	0,024	0,110	0,061	0,077
P	0,120	0,027	0,057	0,054	0,079
Cu	0,001	0,001	0,003	0,004	0,004
Zn	0,002	0,003	0,005	0,006	0,009
Pb	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002
Ni	0,002	0,001	0,002	0,007	0,009
Co	0,001	0,000	0,001	0,001	0,002
V	0,003	0,001	0,019	0,003	0,003
Mo	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,003	0,000	0,015	0,007	0,007
Ba	0,003	0,006	0,002	0,006	0,004
Sr	0,008	0,010	0,021	0,011	0,004
Zr	0,002	0,003	0,000	0,001	0,006
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
Be	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000
Li	0,001	0,001	0,000	0,003	0,004
Sc	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000
Ce	0,008	0,009	0,002	0,004	0,007
La	0,003	0,004	0,000	0,002	0,002

7N HNO3	Gåslandv.	Budal	Karbon./hbl	Karbon./bio	Eikesdal
Si	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000
Al	0,710	3,440	9,220	5,190	1,510
Fe	1,940	3,790	3,660	6,330	1,550
Ti	0,026	0,250	0,610	1,040	0,074
Mg	0,250	2,030	1,430	1,420	2,020
Ca	0,190	1,210	11,100	15,650	0,580
Na	0,034	0,140	4,350	1,770	0,100
K	0,094	2,110	3,320	2,580	0,290
Mn	0,027	0,039	0,110	0,180	0,009
P	0,048	0,060	0,330	0,650	0,043
Cu	0,001	0,003	0,004	0,002	0,001
Zn	0,001	0,007	0,006	0,009	0,003
Pb	0,001	0,001	0,002	0,003	0,001
Ni	0,001	0,005	0,001	0,000	0,015
Co	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001
V	0,002	0,008	0,013	0,009	0,005
Mo	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000

Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,004	0,008	0,002	0,000	0,035
Ba	0,006	0,026	0,220	0,760	0,003
Sr	0,001	0,002	0,230	0,690	0,000
Zr	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Be	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Li	0,001	0,004	0,000	0,001	0,000
Sc	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Ce	0,009	0,008	0,024	0,061	0,001
La	0,004	0,003	0,012	0,034	0,000

7N HNO3	Flogopitt	Sunndal	K-feltspa.	Biotitt
Si	0,000	0,000	0,008	0,000
Al	6,560	4,210	0,220	5,690
Fe	2,060	4,030	0,029	0,000
Ti	0,410	0,067	0,000	0,460
Mg	9,780	4,470	0,004	1,620
Ca	1,330	0,570	0,023	0,085
Na	0,490	0,110	0,064	0,028
K	5,060	2,810	0,230	3,470
Mn	0,005	0,037	0,000	0,140
P	0,390	0,028	0,003	0,040
Cu	0,000	0,034	0,000	0,000
Zn	0,001	0,005	0,000	0,061
Pb	0,002	0,001	0,001	0,004
Ni	0,021	0,015	0,000	0,000
Co	0,001	0,005	0,000	0,000
V	0,220	0,002	0,000	0,003
Mo	0,000	0,001	0,000	0,000
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	0,004	0,005	0,000	0,001
Ba	0,017	0,020	0,002	0,004
Sr	0,001	0,000	0,000	0,000
Zr	0,000	0,000	0,000	0,002
Ag	0,000	0,000	0,000	0,000
B	0,001	0,000	0,000	0,000
Be	0,000	0,000	0,000	0,002
Li	0,001	0,005	0,000	0,042
Sc	0,002	0,000	0,000	0,004
Ce	0,008	0,003	0,000	0,000
La	0,003	0,000	0,000	0,006