



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2019 30 stp

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Stenmjøl som jordforbedringsmiddel

Feltforsøk med 2 lokale typer i Østfold

Helge Skår
Plantevitenskap

Sammendrag

Befolkninga i verden er stadig økende. God jord og gjødsel er nødvendig for å kunne høste gode avlinger. Bruk av stenmjøl som jordforbedringsmiddel har lang historie, og har vært gjenstand for forsøk gjennom lang tid. Virkningen vil imidlertid kunne variere mye med uttakssted, tekstur og bruksområde.

Denne oppgava skrives ut fra erfaringer etter startåret av et 5-årig feltforsøk, der stenmjøl fra 2 ulike pukkverk i Østfold spres på sur sandjord i Tune i Østfold, og ut fra aktuell litteratur om temaet.

Det første året var svært tørt, og det var derfor få signifikante resultat å se, sjøl om det er gjort et bredt spekter av analyser av jord og avling. Analyser av stenmjølet sammen med funn gjort i tidligere forskning indikerer imidlertid at det bør kunne forventes signifikante resultat i løpet av de 5 åra forsøket er ment å vare. Dette vil være i tråd med erfaringer som konkluderer med at stenmjøl neppe er noen rask vei til gode avlinger, men kan gi et varig lager av viktige mineraler i jorda som kan bidra over flere år, spesielt på myr og sandjord utsatt for næringsmangel.

Stenmjøl er et lovlig driftsmiddel i økologisk landbruk, og derfor spesielt interessant innafor denne landbruksretningen, men kan òg være aktuelt i konvensjonelt landbruk. For pukkprodusentene er det ofte et overflødig biprodukt forbundet med lagerkostnader. Å ta i bruk denne ressursen på en fornuftig måte vil derfor være til gjensidig nytte.

Abstract

The world's population is constantly increasing. Good soil and fertilizers are necessary to be able to harvest good yields. The use of different types of rock flour as soil improvement has a long history, and has been subject to trials through many years.

The effects can still vary a lot with the origin of the material, the texture and the way of use.

This master's thesis is written from experiences after the first season of a 5-year field trial, where rock flour from 2 different quarries in Østfold is spread on acid sandy soil in Tune In Østfold, and from relevant literature on the subject.

The first year was extremely dry, therefore few significant results could be seen, even though a wide range of analysis of soil and yields has been done. Analysis of the rock flour, together with findings in previous research, still indicate that significant results could be expected during the 5 years the trial is supposed to last. This will be in accord with experiences concluding that rock flour is no fast solution to obtain good yields, but can give a long-term supply of important minerals for several years, in particular on peat and sandy soils subject to nutrient deficiency.

Rock flour is a legal input in organic farming, and therefore considered of special interest in this agricultural direction, but can also be of interest in conventional agriculture. In quarries, rock flour is often an excessive by-product associated with storage costs. Utilizing this resource in a reasonable way will therefore be of mutual interest.

Forord

Arbeidet med denne masteroppgava begynte tidlig i 2018, med forberedelser til forsøk med stenmjøl. Dette skriftlige arbeidet kunne vært ferdig tidligere, men bl.a. et nødvendig grunnleggende fag i geologi høsten 2018, og andre omstendigheter utafor egen kontroll, har utsatt innleveringa fram til nå. Som avslutning av et masterstudium i plantevitenskap, har det vært fint å kunne følge et forsøk i eget nærområde, og kanskje jeg vil kunne se flere resultat fra forsøket videre framover i tid.

Jeg håper å ha skrevet noenlunde vitenskapelig korrekt, samtidig som jeg håper det kan være noenlunde forståelig for alle med interesse for landbruk og gjødsling.

Jeg vil takke for alle de mange og ulike faktorene og omstendighetene som til sammen har gjort det mulig å gjennomføre forsøket og fullføre oppgava. Mer konkret bør nevnes i første rekke hovedveileder og veileder under arbeid med jordanalyser; Tore Krogstad.

I tillegg medveileder Michael Heim for geologisk veiledning og bistand under sprenging av stenmjøl, og medveileder Marina Azzaroli Bleken som bl.a. bisto med oppsett av forsøksplan og var den som først gjorde meg oppmerksom på at fenomenet stenmjøl som jordforbedringsmiddel faktisk eksisterte, et tema jeg knapt hadde hørt om, tross mange års landbruksstudier, landbrukspraksis og ukentlig lesing av Bondebladet o.a. faglitteratur gjennom flere tiår.

Jeg er glad for at jeg ble invitert til å skrive om dette prosjektet, og kan bare beklage at det sikkert er ting som kunne vært beskrevet enda grundigere i denne oppgava. Veilederne skal ikke lastes for dette, men takkes for tålmodighet.

I tillegg takkes grunneier Ole Kristian Glomvik for positiv medvirkning hele veien, likeså Loan Trinh Che og andre ansatte hos Skolt pukkverk AS, Bjørn Inge Rostad og andre ansatte hos NLR Øst avd. Øsaker.

I tillegg bør nevnes Toril Trædal og andre ansatte ved NMBU avd. Vollebakk for bistand under arbeidet med kornanalyser, og Irene E. Eriksen Dahl og andre ansatte ved Jordfag-laboratoriet ved NMBU. Åsmund Mikalsen Kvifte bisto under arbeidet med statistikk. Åshild Helene Ryan hos Felleskjøpet gav god hjelp med data for kjemisk innhold i korn.

Tålmodige familiemedlemmer og arbeidsgivere har òg vært en forutsetning for å gjennomføre oppgava.

Skjeberg, 22. august 2019

Helge Skår

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Forord	2
1 Innledning	4
1.1 Historisk og verdensvid bruk av stenmjøl	4
1.2 Hvordan stenmjøl kan påvirke jorda	6
1.2.1 Forvitring av bergarter og mineraler	6
1.2.2 Surhetsgrad og kalkeffekt	7
1.3 Ulike næringsstoff i stenmjøl	8
1.4 Norsk forskning på bruk av stenmjøl gjennom de siste hundre år	11
2 Materialer og metoder	15
2.1 Opprinnelse og innholdsdata for stenmjølet i forsøket	15
2.2 Kalk, gjødsel og såkorn	19
2.3 Klima i forsøksfeltet og været i 2018	20
2.4 Om forsøksfeltet	23
2.4.1 Kornfordelingsanalyse og C/N-analyse	27
2.5 Arbeid i forsøksfeltet	29
2.5 Arbeid i laboratoriet	41
2.5.1 Videre behandling og analyser av avlinga	41
2.6.2 Jordprøveanalyser	44
2.6.3 Analyser av stenmjøl	47
2.7 Statistikk	48
3 Resultat	49
3.1 Vekst og avling	50
3.2 Kjemisk innhold i kornet	53
3.3 Jordprøveresultat	57
4 Diskusjon	60
4.1 Vekst og avling	61
4.2 Kjemisk innhold i kornet	68
4.3 Jordprøveresultat	71
4.4 Vurdering av stenmjøl fra Moss og Råde pukkverk som jordforbedringsmiddel	75
4.4.1 Innholdet av næring sett opp mot vanlig innhold i jord, gjødsel og avling	75
4.4.2 Sammenligning med analyseverdier for stenmjøl fra eldre forsøk	80
5 Konklusjon	84
Referanser	85

1 Innledning

Problemstilling:

Hvilke effekter av betydning kan sees på jord og avling etter tilførsel av 5000 kg pr. dekar av 2 ulike stenmjøl på sur sandjord?

I forkant antas det at stenmjølet kan tilføre plantetilgjengelig kalium, magnesium og kanskje andre viktige mineraler. I tillegg håper en å kunne se en positiv effekt på pH.

1.1 Historisk og verdensvid bruk av stenmjøl

Kalk er en type stenmjøl som er mye brukt og har rask og godt dokumentert effekt. Det er ikke den type stenmjøl denne oppgava tar for seg. Den handler om mer tungtløselig stenmjøl der effekten oftest er senere og mer usikker.

Bruk av stenmjøl har lengre tradisjoner i andre land enn Norge, i områder av verden der det fins bergarter med lettere tilgjengelig næring. I tillegg forvitrer bergarter raskere i varmere strøk, noe som gjør at stenmjøl framstår som mer aktuelt. I Europa har det bl.a. vært sterk interesse for stenmjøl i deler av Sveits og Tyskland, spesielt i tilknytning til økologisk og biodynamisk landbruk (van Straaten 2007).

Ei gjennomlesing av informasjon om et forskningsprosjekt i Brasil, viser at det forskes på stenmjøl flere steder i verden, og at fordelene og problemstillingene knytta til det har mye felles med forskning i Norge:

En søker.....

- Å finne alternative nasjonale og lokale kilder til kalium og andre viktige mineraler.
- Å bedre handelsbalansen og redusere kostnader, spesielt for småskala-produsenter med begrensa betalingsevne (ikke like relevant i Norge)
- Å utnytte lokale ressurser; for større bærekraft og lokal sjølforsyning.
- Å finne et godt langtidsvirkende jordforbedringsmiddel som i tillegg til mineraltilførsel kan øke pH og bedre fysiske egenskaper i jorda.

Utfordringene handler bl.a. om:

- Mulig innhold av tungmetaller o.a. uønska forbindelser.
- At det kreves til dels store mengder, og dermed transportkostnader.
- At virkningen kan være varierende, usikker og påvirkes av mange faktorer (de Moraes, 2004).

Det er gjort en del forskning på området i Norge, spesielt i mellomkrigstida og de siste 30-40 åra. Den tilsynelatende noe lavere interessa etter andre verdenskrig kan muligens ha å gjøre med rimelig tilgang til og hovedfokus på fabrikkprodusert mineralgjødsel. Den økende interessa for økologisk landbruk, miljø og ressursutnyttelse kan være viktige årsaker til større vitenskapelig interesse i de siste tiåra.

Stenmjøl er både i Norge og internasjonalt ansett som spesielt aktuelt i økologisk landbruk, der det er et lovlig driftsmiddel med langtidsvirkning av mineraler. I tillegg kan det bedre fysiske forhold i jorda og bidra til et rikere mikroliv. Samspillet med bakterier og sopp er både et mål, og et middel for å oppnå effekt (Orgânicos PRO, 2018).

Kalium har nok vært det mest studerte næringsstoffet, men det har i tillegg blitt sett på de fleste andre makronæringsstoff og en del mikronæringsstoff, samt kalkeffekt og en del andre aspekt ved bruk av stenmjøl. Det har vært flest potteforsøk, men òg en del feltforsøk.

Sissel Hansen (1981) oppsummerte mulige bruksområder for stenmjøl i landbruket:

1. Direkte tilførsel til jorda
2. Tilsetning til husdyrgjødsel eller kompost
3. Innblanding i vekstjord til havebruk, veksthus o.l.
4. I skogbruket

I denne oppgava vil det i all hovedsak dreie seg om stenmjøl tilført jorda direkte, men alternativ bruk må vurderes ut fra hvordan en best kan ta vare på ressursene i stenmjølet.

For de fleste som har med landbruk å gjøre i Norge, framstår nok bruk av stenmjøl som jordforbedring som et ganske fremmed fenomen som de færreste har hørt om. Men det har blitt gjort en del forskning på området opp gjennom åra.

1.2 Hvordan stenmjøl kan påvirke jorda

1.2.1 Forvitring av bergarter og mineraler

I biosfæra, der livet på jorda utfolder seg, møtes atmosfære, hydrosfære og litosfære, eller luft og vann, jord og sten.

Planterøtter kan ikke vokse gjennom fjell, men er avhengig av løsmasser som ankerfeste og kilde til vann og næring. Siden menneskene både er for lite tålmodige og har for spesifikke kvalitetskrav sett i forhold til det de naturlige forvittringsprosessene kan prestere, har vi kommet fram til metoder som knuser fast fjell til sten, grus og sand av ulike størrelser.

I denne prosessen blir det mer finmateriale enn det markedet har behov for, og det er ønskelig å finne flere bruksområder for stenmjølet, som har partikkelstørrelse fra 0-2 mm, og dermed kan defineres som mineraljord.

Naturlige forvittringsprosesser går over ufattelig lang tid, og næringsstoff som frigjøres vil gjerne vaskes ut eller tas opp av planter underveis i prosessen. I stenmjølet er det derimot friske bruddflater etter en langt hurtigere prosess, så næringsstoffa fra opphavsmaterialet vil fortsatt være tilstede.

Men etter at stenmjølet tas i bruk som jord eller jordforbedring, vil det påvirkes av de naturlige forvittringsprosessene. Den kjemiske oppbygginga av opphavsmaterialet, og varierende virkning av forvittringsmekanismer i naturen, vil sterkt påvirke effektene av masser med ellers identisk innhold av ulike næringsstoff.

Naturlige forvittringsprosesser deles gjerne inn i fysiske og kjemiske:

Fysisk forvitring innebærer oppdeling i mindre partikler uten noen kjemisk endring.

- Frostsprenging er det viktigste eksempelet i Norge.
- Trykkavlastningssprekker kommer av at overliggende lag fjernes, så trykket reduseres og fjellet ekspanderer og sprekker opp.
- Trerøtter kan gå ned i sprekker i fjellet og utvide dem.
- Saltsprenging kan forekomme når enkelte bergarter kommer i kontakt med vann og luft.

Kjemisk forvitring er avhengig av vann. Naturlig nedbør har gjerne pH rundt 5,6 pga. innhold av karbondioksid fra luften. I tillegg kan forurensning av stoff som nitrogendioksid eller svoveldioksid senke pH ytterligere. Vann kan inneholde både ioner, syrer, baser, organiske molekyler, gasser o.a.

Blant de viktigste formene for kjemisk forvitring, kan nevnes:

- Oppløsning som følge av at vannmolekylet har en dipol form som kan trenge inn i ionegitter i mineralkonstruksjonene.
- Oksidasjon handler om at elektroner avgis, f.eks. ved rustutfelling

- Hydrolyse handler om at hydrogen-ioner bytter plass med metall-kationer, og det kan dannes nye typer mineraler.

Mekanisk og kjemisk forvitring bidrar sammen mot stadig nedbrytning av mineralstrukturene og frigjøring av næringsstoffer.

Etter langvarig forvitring er kvarts, leirmineraler og jernoksid/jernhydroksid stabile sluttprodukter.

Temperatur er sterkt avgjørende for forvitringshastighet. Forvitring går betydelig raskere i områder rundt ekvator enn på våre breddegrader (Havlin, Tisdale, Nelson og Beaton, 2014, van Straaten, 2007).

1.2.2 Surhetsgrad og kalkeffekt

Surhetsgrad har stor betydning for vekstvilkåra til kulturplantene. Måleenheten pH defineres som den negative logaritma til konsentrasjonen av H^+ -ioner.

Ammonium-nitrogen (NH_4^+) fra mineralgjødsel, nedbør, nedbryting av organisk materiale og utvasking eller avlingsuttak av kalsium og magnesium, er alle faktorer som bidrar til forsuring av jorda. I økologisk landbruk er forsuringa noe mindre ettersom det ikke brukes konvensjonell mineralgjødsel.

Lav pH er i seg sjøl ikke det første problemet som oppstår for plantene, men den gjør at det blir mer aluminium i jordvæska. Det er planteartenes toleranse for aluminium som i stor grad avgjør hva slags krav til pH de har. Disse krava kan være ulike for ulike jordarter, etter hvor stor evne jorda har til å binde aluminium.

De forsurende H^+ -ionene står i et motsetningsforhold til basedannende OH^- -ioner, og balansen mellom disse avgjør hvor på pH-skalaen fra 0-14 en havner ved målinger. Nøytralverdien 7 indikerer at det er like mange H^+ -ioner som OH^- -ioner.

Jord har ulik bufferevne, dvs. ulik evne til å motstå endringer i pH, både positiv og negativ. Den avgjøres i stor grad av leirinnholdet og innhold av organisk materiale. Myrjord og stiv leirjord har derfor stor evne til å motstå pH-endring. I sandjord med lite organisk materiale endres derimot pH raskt. Dette er blant grunnene til at feltforsøket ble lagt på sur sandjord, siden en da kan se en evt. endring i pH både raskere og tydeligere enn på jord med større bufferevne.

Et av formåla med stenmjølsforsøket, er å se om stenmjølet kan heve pH i jorda. Da må det i så fall inneholde element som kan heve pH.

Fra geologien har vi begrep som sure, intermediære, basiske og ultrabasiske bergarter, målt etter innholdet av silisium, som tidligere ble oppgitt som kiselsyre. Sure bergarter har mer enn 66 %. Denne graderinga av bergarter er i stor grad sammenfallende med gradering etter farve fra mørk til lys. Lyse bergarter regnes derfor som sure bergarter, og mørke som basiske. Dette har altså ingen direkte sammenheng med pH. Men det generelt høyere

innholdet av kalsium og magnesium i mørke bergarter, indikerer at disse kan påvirke pH positivt i større grad enn lyse bergarter (Selbekk, 2016, Store Norske Leksikon 2016)

Den grunnleggende egenskapen ved stenmjøl som gjør at det kan heve pH, er at det inne i fjellet er verken nitrogen-gjødsel, nedbør, organisk materiale eller utvasking, så samtidig som jorda har vært utsatt for disse forsurende prosessene gjennom veldig mange år, har fjellet vært beskytta, og har omtrent identiske egenskaper som da det ble danna.

Variasjonene i evne ulike stenmjøl har til å heve pH, skyldes bl.a. ulikt innhold av kalsium og magnesium (Havlin *et al*, 2014). Både kalsium og magnesium i stenmjøl er i noen grad bundet som karbonater (CaCO_3 / MgCO_3) eller kombinert som i dolomitt ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Kalkeffekten handler i første omgang om at forsurende H^+ -ioner i jordvæska bindes til CO_3^{2-} og danner bikarbonat (HCO_3^-), som vaskes ut av jorda. I tillegg vil Ca og Mg bytte ut H^+ fra partikkeloverflatene og bindes, så H^+ løses i jordvæska og nøytraliseres av CO_3^{2-} . En langsiktig effekt oppnås i tillegg ved at basemetningsgraden øker (Brady & Weil, 2010). Hvor løselige disse karbonatene er, har stor betydning for kalkeffekten.

1.3 Ulike næringsstoff i stenmjøl

Disse kan finnes i varierende mengde og tilgjengelighet ut fra mineralsammensetninga i stenmjølet. I fabrikert gjødsel har produsenten stor frihet til å justere innholdet av forskjellige næringsstoff etter antatt behov i ulike jordarter, plantekulturer og driftsopplegg. Husdyrgjødsel har òg et bredt sammensatt næringsinnhold, godt tilpassa plantevekst.

Når det gjelder stenmjøl, må en derimot i stor grad ta det som er naturlig forekommende og praktisk tilgjengelig. Det kan bety for lite av noen næringsstoff, og kanskje mer enn nødvendig av andre. Konsentrasjonen av plantetilgjengelig næring er ofte ganske lav og transportkostnadene tilsvarende høye. Det er imidlertid ganske tydelig at sandjord og myrjord er de jordartene som er mest utsatt for ulike næringsmangler, og dermed mest aktuelle for tilførsel av stenmjøl som langtidsvirkende forebygging av mangler.

Det totale innholdet av ulike næringsstoff i stenmjøl, er interessant, men ikke bestemmende for verdien som jordforbedring. Det er tilgjengelighet i noenlunde overskuelig framtid som er avgjørende, og den har med finmalingsgrad og forvitringsegenskapene til bergartene å gjøre (Retvedt, Kåre, 1938).

Tabell 1: Oversikt over gruppering, kjemi og forvitringsegenskaper for aktuelle mineraler i stenmjøl fra Moss og Råde

Klasse og underklasse	Under-gruppe	Mineral	Kjemi	Krystall-form	Viktig kilde til	Forvitring	
						Mine-ral	Berg-art
Nettverks-silikat		Kvarts	SiO ₂			5	3
Nettverks-silikat	Feltspat	Kalifeltspat	<i>(K,Na)AlSi₃O₈</i>	Kort Prisme		4	3
		Plagioklas	<i>NaAlSi₃O₈CaAl₂Si₂O₈</i> (blandingsmineral)	Tavle Prisme	Ca	3/ 4	2/ 3
Sjikt-silikat	Glimmer	Biotitt	<i>K(Mg, Fe)₃-(Si₃Al)O₁₀(OH)₂</i>	Flak (sekskanta)	Mg K	3	2/ 3
		Muskovitt	<i>KAl₂(Si₃Al)O₁₀(OH)₂</i>	Flak (sekskanta)		4	2/ 3
Sjikt-silikat		Kloritt	<i>Mg, Fe, OH, Al-silikat</i>		Mg	3	3
Kjede-silikat	Amfibol	Aktinolitt	<i>Ca, Mg, Fe, OH, Al-silikat</i>	Stengel nål		3	2
Kjede-silikat		Hornblende	<i>Ca, Mg, Fe, Na, OH, Al-silikat</i>	Lang prisme	Ca Mg	3	2
Dobbeltring-silikat		Epidot	<i>Ca, Fe, Al-silikat</i>	Prisme (massiv)		4	2
Sulfid		Svovelkis	FeS ₂	Kubisk		2	2
Sulfid		Magnetkis	FeS	(massiv)		2	3

Forklaring til tabell 2: Viktige plantenæringsstoffer i de ulike mineralene, er markert med kursiv under «kjemi». Forvitrvingsvurdering er gitt i en skala fra 1-5, der 1 er svakest og 5 er sterkest motstand mot kjemisk forvitring. Kilde: Michael Heim & John Landvik, 2016.

Tabell 2: Noen grunnleggende data for ulike plantenæringsstoff som har betydning for gjødsling og for bruk av stenmjøl

Makro-næringsstoff	Tas opp som	Kildemineraler/ Bergarter	Innhold i jord	Jord utsatt for mangel
Nitrogen	NO_3^- , NH_4^+		5 % av OM	Moldfattig jord
Fosfor	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}	Apatitt	0,1 %	pH <5,5, og ved svært høy pH
Kalium	K^+	Biotitt, muskovitt, kalifeltspat. Leirmineral	2-3 % i leirjord	Sandjord m/ lite leire/glimmer. Organisk jord
Magnesium	Mg^{2+}	Dolomitt, biotitt, hornblende, olivin, serpentin, leirmineral	0,05 – 0,5 % i mineraljord, mest i leirjord	Utvaska, sur silt- og sandjord. Organisk jord
Svovel	SO_4^{2-} , SO_2	Sulfid	0,1 %	Lett sandjord
Kalsium	Ca^{2+}	Kalkspat, marmor (feltspat, amfibolitt m.fl.)		Kald, kompakt jord. Sur, lett sandjord
Mikro-næringsstoff				
Jern	Fe^{2+}	Mange ulike mineral	5 vekt-% av den faste jordskorpa	Organisk jord, særlig ved lav pH
Kobber	Cu^{2+}	Sulfid	10-80 mg/kg	Moldrik sand- og siltjord. Organisk jord.
Mangan	Mn^{2+}	Amfiboler, pyroksener, olivin	20-3000 mg/kg	Lett mineraljord Organisk jord Løs jord. Høy pH
Molybden	MoO_4^{2-}	Mest i lyse, minst i mørke bergarter. Skifer	0,2-10 mg/kg.	Organisk jord. Sur mineraljord
Kobolt	Co^{2+}	Mest i mørke, mindre i lyse bergarter	1-40 mg/kg	Utvaska sandjord, jord med høy pH
Bor	H_3BO_3	Turmalin m.fl. Marine avsetninger (leirskifer).	20-200 mg/kg	Kalkrik jord. Silt, sand og næringsfattig organisk jord.
Sink	Zn^{2+}	Sulfid	10-300 mg/kg	Sandjord, samt ved pH >7
Nikkel		Serpentin	<100 mg/kg	Svært uvanlig med mangel
Klor	Cl^-			Svært uvanlig med mangel

Kilder: Aasen 1997, Heim & Landvik 2016, Yara 2018

1.4 Norsk forskning på bruk av stenmjøl gjennom de siste hundre år

Denne oversikten er ikke altomfattende, men vil kort presentere viktig norsk forskning på området og det den har kommet fram til:

Sammendrag av forsøksresultat publisert av:

Paul Solberg (1928) og Kåre Retvedt (1938):

23 flerårige feltforsøk med ulike mineraler som kaliumkilde for planter.

- Forsøk på myrjord viste større og sikrere virkning enn på mineraljord. Den er både kaliumfattig, og har forhold som bidrar til raskere forvitring.
- I forhold til gjødselstoffet kaliumklorid (KCl) virka mineralmjølet saktere, men hadde større og mer langvarig ettervirkning. Flerårige forsøk er derfor nødvendig for å få et riktig inntrykk.
- Glimmerminerala flogopitt og biotitt framsto som overlegne i forhold til andre mineralske kaliumkilder, med nær samme avling som ved tilsvarende mengde kalium tilført med fabrikkert gjødsel.
- Feltspat viste svært liten og usikker virkning, tross høyt kaliuminnhold. Resultat fra eldre potteforsøk ble dermed bekrefta.
- Finmalingsgrad hadde betydning for effekten
- Effekten av biotitt og flogopitt viste seg å være ekstra god på sur jord
- Indikasjoner på positiv effekt på pH.
- Den tilsatte leira gav bare liten kaliumvirkning.
- Anslo virkningsgrad av biotittkalium til 75 %.

Sissel Hansen (1981):

Potteforsøk med stenmjøl

- Partikkelstørrelse har stor betydning for effekten.
- På myr kan for sterk finmaling «tette igjen» myra.
- Lavt mineralinnhold og høyt syreinnhold i myrjord kombinerer godt med bruk av stenmjøl.
- Stenmjøl gir effekt over lang tid, men må kombineres med andre mer komplette og hurtigvirkende gjødselslag.
- Bedre effekt ved tilførsel sammen med organisk materiale, og til jord med rikt mikroliv.
- Stenmjøl er lite interessant å bruke på leirjord.

Ragnar Bærug (1991):

Potteforsøk med stenmjøl, 5 år. 1 år korn, deretter ettårig gras/kløver. Stenmjøl med lavt K-AL, men høyt K-HNO₃ ble tilført i svært næringsfattig sand, eller brukt som rent dyrkingsmedium.

- Amfibolitt hadde best effekt på avlingsnivå, med unntak av ved bruk som rent dyrkingsmedium, der gneis gav høyere avlingsnivå over tid. Syenitt hadde betydelig mindre effekt.
- Amfibolitt gav raskere utnyttelse av kaliumet og høyere kaliuminnhold i plantene enn gneis.
- Det ble i løpet av de 5 åra tatt opp 10-50 ganger mer K enn tilført K-AL, eller mengder lik eller større enn det som ble tilført av K-HNO₃. Minst relativ utnyttelsesgrad ved bruk som rent dyrkingsmedium, men dette alternativet ble antatt å komme bedre ut om forsøket hadde fortsatt over enda flere år.
- Det var bare ved bruk av rent stenmjøl som dyrkingsmedium at det var nok kalium til plantene. Laveste tilsatte mengde var 0,5 %. Det øka avlinga noe, men ikke kaliuminnholdet i plantene.
- Størst effekt av kalium, liten av magnesium:
For magnesium gav gneis klart dårligst effekt, amfibolitt gav størst og varigst effekt. Men ved moderate mengder på 0,5 % stenmjøl, var det ingen positiv effekt for magnesium.

Bakken, Gautneb, Myhr og Sveistrup (1997-2000, 3 publikasjoner)

Ønske om å finne kaliumkilder som gir senere tilgjengelig kalium. Dette bl.a. fordi kalium i for store mengder kan hindre opptak av magnesium og kalsium, og bl.a. gi større fare for graskrampe eller mjølkefeber hos drøvtyggere. I nedbørrike strøk med jord utsatt for utvasking kan det dessuten være lite økonomisk med for letttilgjengelig kalium.

Potteforsøk, bygg

- Syreløselig kalium er ingen sikker indikator for reell effekt som kaliumgjødsel.
- Biotitt og nefelin framstår som de mest aktuelle kaliumholdige minerala gjødselmessig.
- Forholdet mellom spesifikk overflate og kalium-tilgjengelighet bør forskes mer på (1997a).

Potteforsøk, raigras

- Kalium i nefelin og biotitt var lettere tilgjengelig for plantene fra karbonatitt og epidot-skifer, enn fra avgang (Lurgi). Det hadde neppe med partikkelstørrelse å gjøre, men trulig med karbonat-innholdet. Karbonater forvitrer vanligvis raskere enn silikater. Høyt glødetap og kalsitt-innhold er indikatorer på høyt karbonat-innhold.
- Karbonatitt frigjør kalium så fort at det ikke kan regnes som ei saktevirkende kaliumkilde.
- Stenbasert gjødsel med biotitt som hovedkilde til kalium og karbonat-innhold mellom 5 og 20 % antas å kunne frigjøre kalium over passelig lang tid (1997b).

Feltforsøk, flerårig gras.

- Fortsatt lite effekt av kali-feltspat, tross at den var mer finmalt enn de andre minerala.
- Bedre resultat med karbonatitt og epidot-skifer, pga. innhold av biotitt og nefelin, samt høyere karbonat-innhold.

- Men ikke en gang med de minerala med best effekt klarte plantene å ta opp optimal mengde kalium. Fôringmessig kan dette likevel være en fordel, da det ofte gir høyere innhold av kalsium og magnesium i fôret (2000).

Koen Speetjens (2007):

Potteforsøk med stenmjøl

- Signifikant økning av raigrasavling, mer usikre resultat for kløver, men det er brukt store mengder stenmjøl.
- Plantene tar opp mye mer kalium enn det som er lett-tilgjengelig.
- 8-15 % av K-HNO₃ tatt opp av kløver, 9-34 % av raigras
- Observerte luksusopptak av kalium
- P-AL-verdier i apatittstenmjøl gav ingen god indikasjon på faktisk opptak i plantene.
- Dess mer biotittstenmjøl, dess lavere P-opptak. Men dette kan skyldes ulike pH-nivå.
- Riktigere K/Mg-forhold i grovfôravling ved bruk av stenmjøl sett i forhold til bruk av fabrikkert kaliumgjødsel
- Fra lave mengder tilført stenmjøl frigjøres en høyere relativ andel av fosfor og kalium enn ved tilførsel av større mengder.
- En bør være oppmerksom på at fosfor kan bindes til aluminium og jern fra stenmjøl, og bli utilgjengelig for plantene.
- Øka opptak av N, K, S og P i f.t. kontroll
- Stenmjøl er aktuelt som langsiktig forråds-gjødsling på næringsfattig jord
- Kalkingseffekt fra biotittstenmjøl har omtrent 1/6-del av effekten til vanlig kalk.
- Om det var teknisk mulig på en økonomisk forsvarlig måte å skille ut biotitt fra stenmjøl, ville det åpne for langt større bruk.

I tillegg kan nevnes noe interessant nyere forskning, der det stort sett er benytta mer spesielle bergarter eller gruveavgang, som har lite felles med stenmjøla som brukes i dette forsøket. Disse er ikke studert grundig, men noen innholdsverdier i stenmjølet er tatt i betraktning under sammenligning med stenmjøltypene fra Råde og Moss.

Chaudhary, Singh, Krogstad og Heim (2011):

Forskning på frigjøring av mikronæringsstoffa kobber, sink og mangan fra stenmjøl tilført jorda sammen med organisk materiale.

Heim, Hillersøy, Bleken, Gautneb og Gjengedal (2012):

Studie av en apatitt-biotitt-karbonatitt fra Stjernøy i Vest-Finnmark som det knyttes en del forventninger til. Pga. høyt kalsitt-innhold, kan den regnes som et kalkingsmiddel med høyt mineralinnhold. utfordringer knytta til innhold av potensielt toksiske stoff som barium og strontium.

Tabell 3: Oversikt over mineraler og bergarter fra ulike steder brukt i norsk forskning på stenmjøl som jordforbedringsmiddel siste 100 år (ikke altomfattende).

Solberg 1928 og Retvedt 1938						
Biotitt	Biotitt	Biotitt/ muskovitt- skifer	Flogopitt	Feltspat	Sericitt- skifer	Leire
Kragerø	Hitra	Gauldal	Bamble	Risør	Valdres	Steinkjer
Retvedt 1938						
Biotitt m/ granat	Biotitt u/ granat	Biotitt	Feltspat			
Ås	Ås	Nordmøre	Evje			
Hansen 1981			Bærug 1991			
Vinterbro	Franzefoss	Mona	Vinterbro	Foksrød	Midtskogen	
Amfibolitt	Basalt	Gneis	Gneis	Syenitt	Amfibolitt	
Bakken et al 1997-2000						
Adularia	Kali-feltspat	Mikroklin gneis		Biotitt	Avgang (Lurgi)	
Skottland	Lillesand	Bleikvassli		Lillesand	Stjernøy	
Bakken et al 1997-2000						
Øyegneis	Epidot- skifer	Karbonatitt		Avgang (Filter)	Karbonatitt med biotitt	
Mo i Rana	Inderøy	Stjernøy		Stjernøy	Stjernøy	
Speetjens 2007			Chaudhary et al 2011		Heim et al 2012	
Biotittrik gneis	Mangeritt til gabbro, gneis og amfibolitt		Avgang fra kobbergruve		Apatitt-biotitt-karbonatitt	
Lite K- feltspat	Mye apatitt, ilmenitt og magnetitt		Gneis og amfibolitt			
Eidsberg	Dalane		Hokksund		Stjernøy	

2 Materialer og metoder

Dette kapitlet beskriver de ulike innsatsfaktorene og metodene brukt i forsøket, deriblant karakteristikker for stenmjøl og forsøksfelt. Resultat av analyser av stenmjølet er plassert i dette kapitlet, ikke i Resultater.

2.1 Opprinnelse og innholdsdata for stenmjølet i forsøket

Det prøves ut stenmjøl fra 2 ulike pukker beliggende i Moss og Råde i Østfold. Hele området befinner seg i det sørøstnorske grunnfjellsområdet og det såkalte Østfold-komplekset, der gneis er den dominerende bergarten. De eldste delene kan være danna så tidlig som 1600 millioner år siden, under den gotiske fjellkjedefoldinga. De magmatiske bergartene er trulig danna for rundt 900 millioner år siden, på stort djup under den sveko-norvegiske fjellkjeden. Siden den gang er disse store fjellkjedene brutt ned, og det fjellet vi ser, er «røttene» av en engang langt høyere og spissere fjellkjede.

Pukkeret i Råde ligger i grenseområdet mellom gneisen i Østfold-komplekset og det store sammenhengende granitt-området sørvest i Østfold, som gjerne kalles Iddefjordsgranitten. Det er både gneis, granitt og granodioritt i dette pukkeret.

Pukkeret i Moss ligger ca. 4 km fra Mossesundet, grensa for den såkalte Oslo-rifta, et spesielt interessant geologisk område med mye vulkansk aktivitet snaut 300 millioner år tilbake i tid, som har gitt opphav til mye næringsrik jord bl.a. på Jeløya (Skjeseth 1978, Klemsdal 2002, Norges Geologiske Undersøkelser (1)).

Gabbro er en magmatisk dypbergart av mafisk (mørk) type.

Granitt er en magmatisk dypbergart av felsisk (lys) type, med mineralsammensetning ganske lik gneis.

Granodioritt er ganske lik granitt, men er noe mørkere, og har mer plagioklas enn kalifeltspat (Store Norske Leksikon (2)).

Gneis er en regionalmetamorf bergart, dvs. at den er danna ved økt trykk og temperatur når et større område inngår i en fjellkjededannelse. Båndgneisen i dette området har trulig et sedimentært opphav.

Amfibolitt er òg en regionalmetamorf bergart, men med et magmatisk opphav (omdanna gabbro).

De mørke bergartene har et dypere opphavsmateriale enn de lysere bergartene, og et høyere smeltepunkt. De har i tillegg et generelt sett høyere og mer allsidig mineralinnhold. Kombinert med at de er svakere overfor kjemisk forvitring enn de lysere bergartene, er det all grunn til å forvente mer av stenmjøl fra mørke bergarter enn fra lyse bergarter (Heim & Landvik, 2016).

Moss pukkverk AS, forekomstområde 0104 – 501 i Moss kommune:

Det drives på 3 ulike bergarter, der hovedbergarten er en metamorf gabbro (metagabbro) med en del tjukke pegmatittganger (Norges Geologiske Undersøkelser (2)). Stenmjølet som prøves ut i dette forsøket, er ei blanding av gabbro og amfibolitt, uten granitt. Granitten er likevel med i oversikten i tabell 4 for å vise det geologiske mangfoldet i området.

Råde pukkverk, forekomstområde 0135-504 i Råde kommune: Hovedbergarten er en rødlig, middelskorna granitt, med innslag av pegmatittganger (Norges Geologiske Undersøkelser(2)).

Stenmjølet i forsøket er ei blanding med opphav i alle de 3 bergartene nevnt i tynnslipanalyse fra Råde pukkverk (som angitt i tabell 1): Granitt, båndgneis og granodioritt.

Oversiktene fra NGU oppgir i noen tilfeller totalt innhold av feltspat eller glimmer, i andre tilfeller er det oppgitt data for undermineralene muskovitt (lys glimmer) og biotitt (mørk glimmer), eller kalifeltspat (lys feltspat) og plagioklas (mørk feltspat). I dette henseendet taler fordelinga mellom mørke og lyse mineraler òg i favør av de mørke bergartene, ettersom Ca/Na-forholdet i plagioklas er høyere i mørke bergarter, og biotitt/muskovitt-forholdet gjerne er høyere i mørke bergarter. Ca-rik plagioklas forvitrer raskere enn Na-rik plagioklas. Biotitt forvitrer raskere enn muskovitt (Heim og Landvik, 2016).

Tabell 4 : Oversikt over bergarter og mineraler i de 2 pukkverka stenmjølet hentes fra.

Uttak:		Moss pukkverk			Råde pukkverk		
	Bergart:	Gabbro	Granitt	Amfibolitt	Granitt	Båndgneis	Granodioritt
Mineral:							
Amfibol		45					
Hornblende				47			
Feltspat			60		60		
Kalifeltspat						25	24
Plagioklas		35		30		30	30
Glimmer			6		10		
Biotitt		15		20		8	15
Muskovitt						5	1
Magnetkis					5		
Svovelkis		3					
Epidot		2					
Kloritt			1			2	
Kvarts			30	3	25	30	30
Andre			3				

Forklaring til tabell 1: Talla indikerer %-vis andel av ulike mineraler innafør de forskjellige bergartene. Granitten fra Moss står i kursiv, da den ikke inngår i forsøket. Mineralnavn i kursiv er i noen analyser del av samla analyse for undergruppa oppført over dem (med understreking). Kilde: Pukkdatabasen, NGU

Tabell 5a: Oversikt over mineraler i stenmjølet fra Moss pukkverk

Moss pukkverk	Andel av ulike mineral i %			Forvittringsklasse	
Mineral	Gabbro	Amfibolitt	Kilde til	Mineral	Bergart
Amfibol	<u>45</u>		<u>Ca, Mg, Fe</u>	<u>3</u>	<u>2</u>
Hornblende		<u>47</u>	<u>Ca, Mg, Fe</u>	<u>3</u>	<u>2</u>
Plagioklas	<u>35</u>	<u>30</u>	<u>Ca</u>	<u>3</u>	<u>2</u>
Biotitt	<u>15</u>	<u>20</u>	<u>K, Mg, Fe</u>	<u>3</u>	<u>2</u>
Svovelkis	<u>3</u>		<u>S, Fe</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
Epidot	<u>2</u>		<u>Ca, Fe</u>	<u>4</u>	<u>2</u>
Kvarts		<u>3</u>		<u>5</u>	<u>2</u>

Tabell 5b: Oversikt over mineraler i stenmjølet fra Råde pukkverk

Råde pukkverk	Andel av ulike mineral i %				Forvittringsklasse	
Mineral	Granitt	Båndgneis	Granodioritt	Kilde til	Mineral	Bergart
Feltspat	<u>60</u>			<u>K</u>	<u>4</u>	<u>3</u>
Plagioklas		<u>30</u>	<u>30</u>	<u>Ca</u>	<u>4</u>	<u>3</u>
Kalifeltspat		<u>25</u>	<u>24</u>	<u>K</u>	<u>4</u>	<u>3</u>
Glimmer	<u>10</u>			<u>Mg, K</u>	<u>3/ 4</u>	<u>3</u>
Biotitt		<u>8</u>	<u>15</u>	<u>K, Mg, Fe</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
Muskovitt		<u>5</u>	<u>1</u>	<u>K</u>	<u>4</u>	<u>3</u>
Magnetkis	<u>5</u>			<u>S, Fe</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Kloritt		<u>2</u>		<u>Mg, Fe</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
Kvarts	<u>25</u>	<u>30</u>	<u>30</u>		<u>5</u>	<u>3</u>

Kilder til tabellene 5 a og b: Pukkdatabasen, NGU, samt Heim & Landvik. 2016

Tabell 6: Partikkelstørrelse og korndensitet i stenmjøl fra Moss og Råde pukkverk.

Partikkel- størrelse i mm	Prosentandel i stenmjøl fra			Korndensitet	
	Moss	Råde		Moss	Råde
<u>2-4</u>	<u>11</u>	<u>1</u>	<u>Volumvekt</u>	<u>3,06</u>	<u>2,64</u>
<u>1-2</u>	<u>24</u>	<u>19</u>			
<u>0,5-1</u>	<u>15</u>	<u>22</u>			
<u>0,25-0,5</u>	<u>12</u>	<u>21</u>			
<u>0,125-0,25</u>	<u>12</u>	<u>15</u>			
<u>0,063-0,125</u>	<u>12</u>	<u>11</u>			
<u><0,063</u>	<u>14</u>	<u>11</u>			
<u>SUM</u>	<u>100</u>	<u>100</u>			

Kilde: Analyser gjort for Skolt pukkverk AS

Tabell 7: Totalt innhold av makronæringsstoff (samt natrium) og ammoniumlaktatløselig næring i stenmjøl fra Moss og Råde. Alle mål i mg/100 g.

Stenmjøl fra	Type analyse	Næringsstoff				
		Fosfor	Kalium	Magnesium	Kalsium	Natrium
Moss	Totalt	265	1650	1500	2650	180
	AL-løselig	20,5	8,0	5,3	115	3,2
	% AL-løselig	7,7	0,48	0,35	4,34	1,78
Råde	Totalt	37	260	300	415	42
	AL-løselig	4,2	2,7	2,1	42	2,0
	% AL-løselig	11,4	1,02	0,68	10,12	4,82

Kilde: Analyser utført ved Jord- og vannkemilaboratoriet, NMBU

Tabell 8: Totalt innhold av mikronæringsstoff, samt svovel, i stenmjøl fra Moss og Råde. Alle mål i mg/100 g:

	Jern	Svovel	Mangan	Sink	Kobber	Nikkel	Molybden
Moss	7900	100	110	14,0	2,15	1,80	0,011
Råde	1200	17	39	3,2	0,69	0,43	0,012

Kilde: Analyser utført ved Jord- og vannkemilaboratoriet, NMBU

Tabell 9: Oversikt over innhold av kalium i stenmjøl fra Moss og Råde; totalinnhold, syreløselig kalium og ammoniumlaktat-løselig kalium. Alle mål i mg/100 g.

KALIUM	Innhold i mg/100 g			Forholdstall i %		
Stenmjøl fra	Totalt innhold	Syreløselig	AL-løselig	Syreløselig/total	AL-løselig/syreløselig	AL-løselig/total
Moss	1650	645	8,0	39	1,24	0,48
Råde	260	120	2,7	46	2,25	1,02

Kilde: Analyser utført ved Jord- og vannkemilaboratoriet, NMBU

Tabell 10: pH målt i test av kalkingseffekt.

Test av:	Tilsetning tilsvarende tonn pr. dekar					
	0	1	3	5	10	20
Sand	5,09	-	-	-	-	-
Sand + kalk	-	6,05	6,52	6,62	6,78	-
Sand + Moss	-	5,18	5,30	5,35	5,54	5,76
Sand + Råde	-	5,11	5,18	5,27	5,30	5,43

Kilde: Analyser utført ved Jord- og vannkemilaboratoriet, NMBU

2.2 Kalk, gjødsel og såkorn

Kalk:

For å se evt. effekter av stenmjølet, ble det i tillegg til kontrollfelt uten behandling, lagt inn behandling med det de fleste gårdbrukere ville ha brukt på denne jorda; dolomittkalk. «FK Hagekalk» i 20 kg's sekker fra Felleskjøpet ble valgt fordi den er granulert og tilgjengelig i lett håndterbare småkvanta. Den har opphav i dolomitt fra Glanshammar i Sverige, og har kjemisk formel $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Kalkverdien etter 1. år/ 5. år oppgis til 54/ 54 (Franzefoss Minerals AS). Den inneholder 20,5 % kalsium og 12 % magnesium.

Gjødsel:

For å se raskere effekt av stenmjølet, ble det ansett som viktig å finne en gjødseltype som kunne sikre tilførsel av det stenmjølet ikke kan bidra med, og unngå tilførsel av stoff stenmjølet forventes å kunne bidra med. Det ble ut fra dette valgt gjødsel av typen Opti-NS fra Yara.

Yara Opti-NS inneholder:

Nitrogen: 27 % (derav 13,5 % nitrat og 13,5 % ammonium) Høyt innhold av N.

Kalsium: 6 % (derav 4,3 % vannløselig) Relativt høyt innhold av Ca.

Svovel: 3,7 % (derav 3,4 % vannløselig) Relativt høyt innhold av S.

Magnesium: 0,7 % (derav 0,2 % vannløselig) Lavt innhold av Mg.

Inneholder ikke fosfor eller kalium (Yara 2018).

Av gjødseltypene på markedet ble denne vurdert som best egna, tross innhold av svovel, kalsium og magnesium, som stenmjøl i noen grad kan bidra med.

Såkorn

Vinger havre: Dette er en halvsen havresort med veksttid 112 dager. Den har langt og stivt strå, får lite legde og har god sjukdomsresistens (Norgesfôr, 2019).

Brage bygg: Dette er en halvtidlig seksradssort med veksttid 104 dager. Den gir god avling, er stråsterk og har god sjukdomsresistens. Stråkvaliteta kunne vært bedre (Norgesfôr, 2019).

Halvsen havre kan kreve en varmesum på ca. 1350 døgngader, halvtidlig bygg ca. 1250 døgngader (Åssveen og Abrahamsen, 1999).

2.3 Klima i forsøksfeltet og været i 2018

Nedbør var som kjent en minimumsfaktor i 2018, det ble et tørkeår for historiebøkene. Meteorologiske data er henta fra målestasjonen ved forsøksgården Øsaker, ca. 2,5 km nordøst for forsøksfeltet i luftlinje. For normalperioden 1961-1990 er brukt data fra den nedlagte målestasjonen Kalnes, som nå er flytta til Øsaker. Kalnes og Øsaker ligger omtrent 500 meter fra hverandre, så den geografiske avstanden er ubetydelig.

Mellom målestasjonen og forsøksfeltet ligger imidlertid Østfoldraet, som har en viss funksjon som værskilde. Uoffisielle inntrykk etter erfaring og samtaler med lokalbefolkning gjennom mange år, tyder på at det har litt lettere for å falle regn utafor raryggen (der forsøksfeltet er) og langs hovedløpet til Glomma, mens områder rundt Vestvannet (der målestasjonen er) får litt mindre nedbør. Voldsomme forskjeller er det imidlertid ikke snakk om, så målingene fra målestasjonen på Øsaker må kunne anses som en god indikator på værforholda i forsøksfeltet.

Lokalklimatisk kan forsøksfeltet bære noe preg av å ligge i sørvest-helling, og får mye solinnstråling. Det er òg et ganske vindåpent område, med store, åpne jorder og innsjøen Visterflo sørover, og ganske høytliggende i forhold til omgivelsene. Det er imidlertid ganske beskytta mot nordavind og østavind.

Tabell 11: Varmesum i døgngader Celsius. Vekståret 2018 versus normalperioden 1961-1990. Målestasjon Kalnes/Øsaker

Måleperiode	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	SUM
2018	164	465	503	631	490	380	235	2868
N 1961-90	139	323	438	518	484	342	217	2461
18/5-9/8-2018		247	503	631	170			1551
18/5-9/8 N 1961-90		166	438	518	150			1272

Kilder: Nibio og Meteorologisk Institutt

Tabell 12: Nedbør i mm. Vekståret 2018 versus normalperioden 1961-1990. Målestasjon Kalnes/Øsaker

Måleperiode	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	SUM
2018	49	24	35	14	45	149	68	384
N 1961-90	42	58	72	73	83	94	109	531
18/5-9/8 2018		2	35	14	3			54
18/5-9/8 N 1961-90		26	72	73	24			195
N 1961-90	Gjennomsnittlig årsnedbør:							853

Kilder: Nibio og Meteorologisk Institutt

Tabell 13: Fordeling av nedbør pr. uke fra 2/4 til tresking 9/8

APRIL		MAI		JUNI		JULI		AUGUST	
2/4 – 29/4		30/4-3/6		4/6 – 1/7		2/7 – 29/7		30/7 – 9/8	
Uke nr.	mm	Uke nr.	mm	Uke nr.	mm	Uke nr.	mm	Uke nr.	mm
14	28	18 ¹	23	23	2	27	0	31	5
15	4	19	6	24	20	28	9	32 ³	3
16	2	20 ²	0	25	12	29	0		
17	7	21	0	26	0	30	0		
		22	2						
SUM	41	SUM	31	SUM	34	SUM	9	SUM	8

Merknader:

¹Siste betydelige regnvær før såing var 30/4 og 1/5, de første dagene i uke 18, totalt 20 mm nedbør.

²Såing ble utført 18/5, fredag i uke 20.

³Tresking ble utført torsdag 9/8.

Kilder: Nibio og Meteorologisk Institutt



Bilde 1: Fra Råde pukkverk, våren 2018



Bilde 2: Fra Moss pukkverk, sommeren 2018

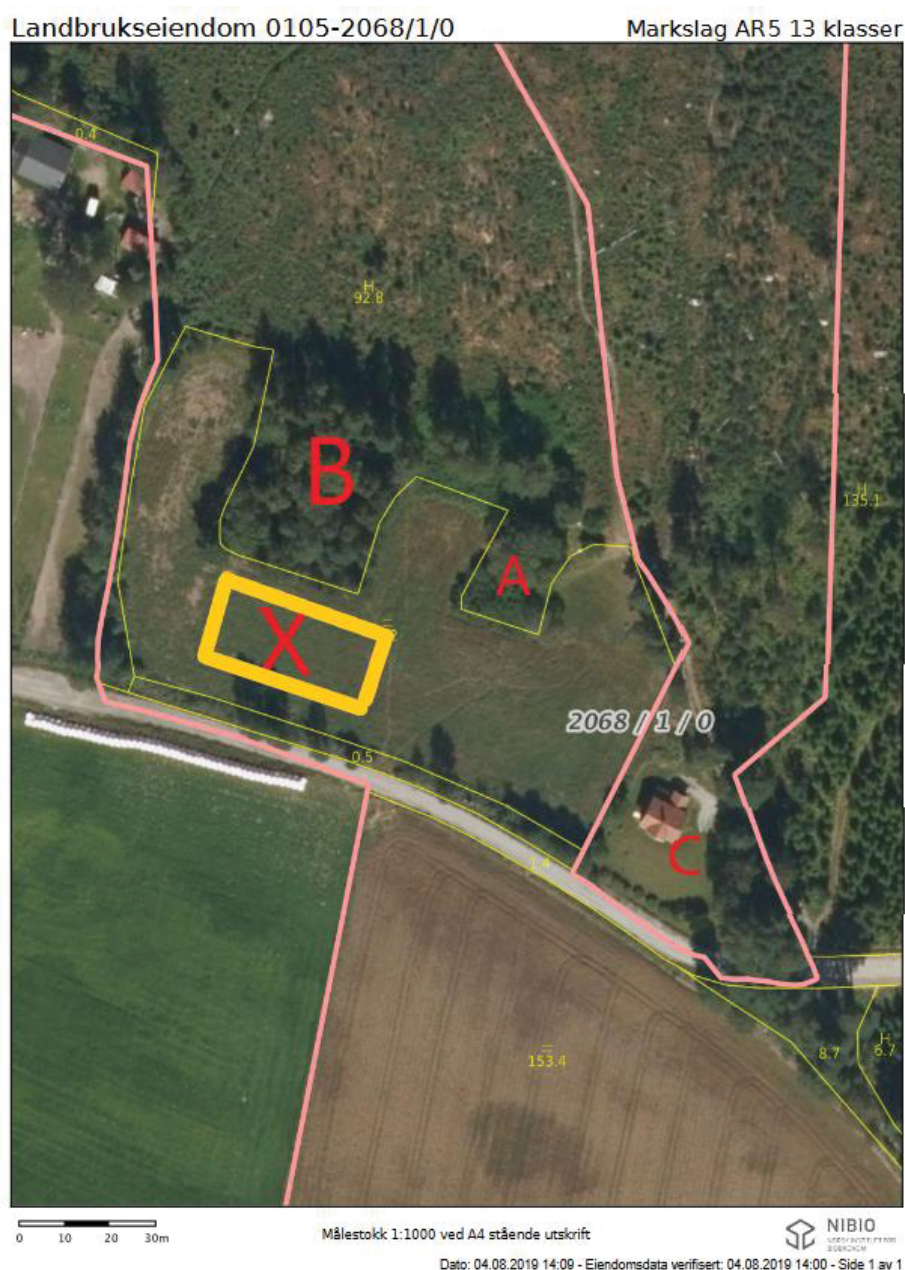


Bilde 3: Produksjonsutstyr i Moss pukkverk, sommeren 2018. Stenmjøl blir et biprodukt i denne produksjonen.

2.4 Om forsøksfeltet

Under utkikk etter aktuelle forsøksfelt, ble det lagt vekt på å finne jord med lav pH og gjerne lave mineralverdier, som lå greit til rette for korndyrking.

Masterstudenten erindra å ha sett et jordprøveresultat som kunne oppfylle disse krava for noen år tilbake. Det ble undersøkt nærmere, og forsøksfeltet ble plassert på det aktuelle jordet i samråd med professorene ved NMBU på Ås og ansatte på den nærliggende forsøksgården Øsaker, tilhørende Norsk Landbruksrådgivning Øst.



Bilde 4 viser flyfoto fra Nibio sin gårdskarttjeneste. Jordet Visterbråtan er nord for veien, på drøyt 6 dekar. X: Forsøksfeltet befinner seg i den gule firkanten. A: Tufter etter gammel hustuft på plassen Visterbråtan. B: Område med nedlagt revefarm. C: Den utskilte eiendommen «Snippen» nede i høyre hjørne (markeringene på bildet er omtrentlige).

Jordet er på drøyt 6 dekar, og kalles Visterbråtan etter en tidligere husmannsplass det fortsatt fins tufter etter her. Ifølge lokalhistorieverket Tuneboka, Gårdshistorie del 2, ble plassen trulig tatt opp i 1840-åra, og utskilt som eget bruk i 1866. I 1875 var det ei ku der, det ble sådd 1/8 tønne rug og 1 tønne havre, samt satt 2 tønner poteter. Hustomta inntil jordet, «Snippen» ble fradelt i 1904, men det var fortsatt igjen 10 mål dyrka jord i 1917, derav 0,5 mål høstrug, 2 mål poteter, 3,5 mål eng, 3,5 mål beite og 0,5 mål frukthave med 7 frukttrær. De henta i tillegg 640 kg høy i utmarka, og fikk trulig nok fôr til den ene kua (Grøndahl, 1988).

I 1930 ble bruket kjøpt inntil den langt større gården nordre Vister med ca. 300 dekar generelt bedre jord. I 10-15 år var det aktiv drift i revegården som ble anlagt på en del av jordet, og som det fortsatt fins tydelige rester etter. En kan derfor anta at jordet har fått en del revemøkk i de åra revegården var i drift. Det er noe usikkert når den ble anlagt, muligens rundt 1940 (p.m. Ole Kristian Glomvik, grunneier, 2019).

Jordarten på Visterbråtan er klassifisert som finsand i 2015, mellomsand i 2008 og 2003. Gården for øvrig har stort sett jordartene siltig finsand og lettleire, så jordet skiller seg ut som den skarpeste og mest stenrike sandjorda på eiendommen. Det skiller seg óg ut geografisk som ganske langt unna driftsbygningen på gården, der det ble drevet mjølkeproduksjon til slutten av 1990-tallet, senere drift med ammeku til ca. 2013. Det har altså vært tilgang til husdyrgjødsel på gården i alle år inntil nylig, og i perioder har det blitt dyrka gras på dette jordet. Men det har svært sjelden blitt kjørt husdyrgjødsel dit i nyere tid, forrige gang kanskje midt på 90-tallet (p.m. Glomvik, 2019).

Jordprøveverdiene kan til dels tyde på god gjødseiltilgang, da P-AL verdiene er moderat høye. I andre henseende framstår jordet som noe forsømt, noe som bekreftes av grunneier. Det lave leirinnholdet gjør jorda mer utsatt for utvasking av mineraler, noe som kan bidra til at mineralverdiene synker raskere her sammenligna med nærliggende jorder på eiendommen. Jordarten gjør óg jordet mer tørkeutsatt, så avlingspotensialet reduseres. Så både beliggenhet, jordart og arrondering er nok årsaker til at dette jordet har blitt noe nedprioritert i forhold til eiendommen for øvrig.

Tabell 14: Oversikt over jordprøveresultat for jordet Visterbråtan, 2003 – 2018*

Prøve- tid	Volum- vekt	Jordart	Leirkl.	Moldkl.	pH	P-AL	K-AL	Mg- AL	Ca-AL	Gløde- tap %
10/2018					4,5	10	5	1	8	3,8
4/2018					4,9	10	5	1	11	4,1
10/2015	1,5	3	1	2	5,0	12	4	1	16	3,4
10/2008	1,51	2	1	1	5,5	9	4	2	28	-
10/2003	1,54	2	1	1	5,7	10	5	5	42	-

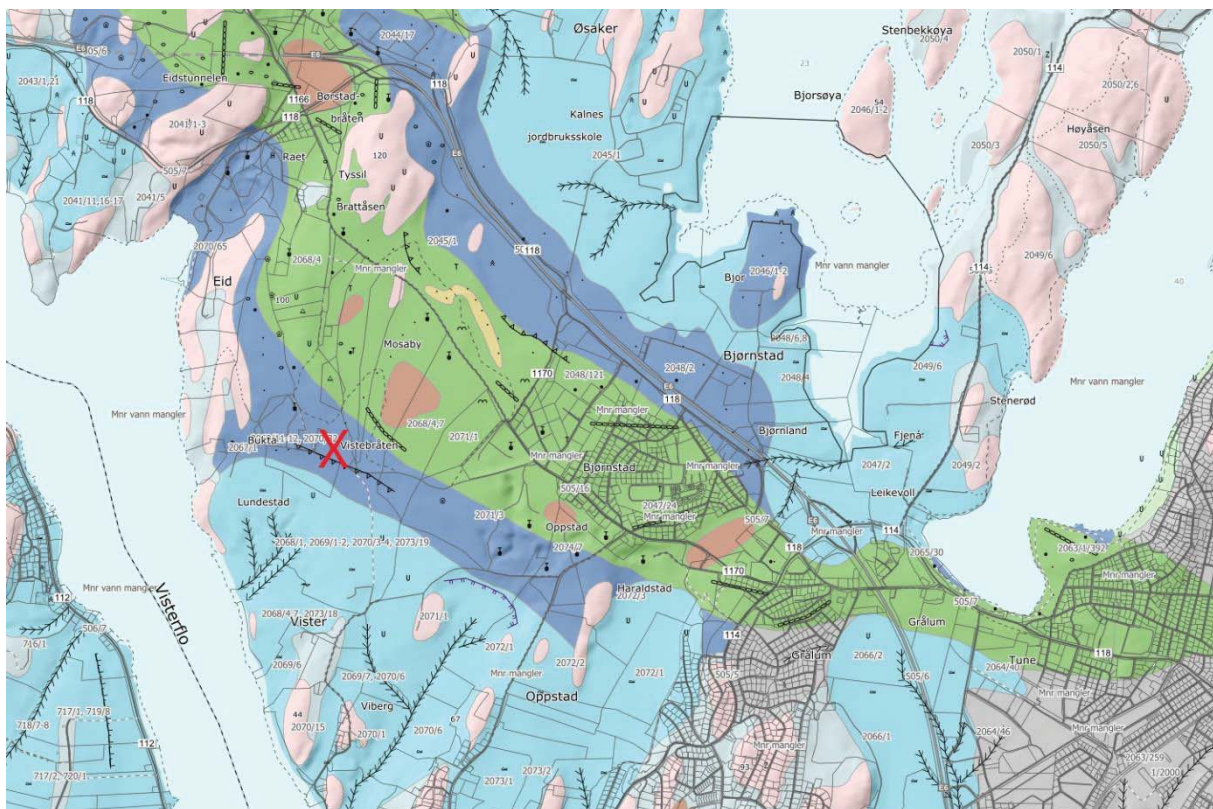
*= tall for 2003 – 2015 henta fra analyser gjort hos hhv. Jordforsk (2003), AnalyCen (2008) og Eurofins (2015). Tall fra 2018 er fra arbeidet med denne oppgava.

Nord for jordet er det furuskog, og både jordet og skogen nordover er del av en lang skråning oppover mot toppen av Østfold-raet. Jordet med forsøksfeltet er altså «den siste utpost» i et godt og sammenhengende landbruksområde på over 1000 dekar, med landbrukshistorie helt tilbake til steinalderen (Grøndahl, 1988).

Områdene videre oppover ra-skråningen er del av et område på flere tusen dekar som er klassifisert som dyrkbar jord (Nibio Gårdskart), men det er nok gode grunner til at området ikke er dyrka opp, bl.a. tørkeutsatt jord, mye sten og manglende vanningsmuligheter. Det fins større innsjøer 1-2 km unna, men vanning i området ville kreve ganske store og samordna investeringer. Jordet ligger 50-60 m.o.h.

Det fins òg store grustak i nærheten. Ifølge geologikart er jordet godt innafor et stort område klassifisert som marin strandavsetning, i et belte nedafor sjølve raryggen (klassifisert som tjukk morene), og ovafor et område med tjukk havavsetning, der det meste av den gode dyrkingsjorda i området befinner seg. Omtrent langs nedre kanten av jordet, er det en flere hundre meter lang abrasjonskant, eller gammel strandlinje (NGU(4): Løsmassekart).

Langs nedre jordekant går òg grensa for et område på flere tusen dekar klassifisert som en viktig grusressurs, som jordet altså er en del av (NGU (3): Kart for grus og pukkressurser).



Bilde 5 viser utsnitt av NGU (4) sitt løsmassekart. Området ved forsøksfeltet er markert med et rødt kryss (ved stedsnavnet Visterbråtan).

Midten av forsøksfeltet finnes omtrent på kartkoordinatene 6.580.051 Nord, 273577 Øst. Målestokk 1: 16100.

Løsmasser	
	Tynn morene
	Tykk morene
	Avsmeltingsmorene
	Randmorene
	Breelvavsetning
	Bresjø-/innsjøavsetning
	Tynn hav-/strandavsetning
	Tykk havavsetning
	Marin strandavsetning,
	Elveavsetning
	Vindavsetning
	Forvittringsmateriale
	Skredmateriale
	Steinbreavsetning
	Torv og myr
	Tynt humus-/torvdekke
	Fyllmasse
	Bart fjell, stedvis tynt dekke

Bilde 6 Farvekodene til løsmassekartet i bilde 5 (NGU Løsmassekart).



Bilde 7 tatt 24. april 2018 viser området for forsøksfeltet i stubb før noe praktisk arbeid med forsøket var igangsatt. Fra sørøst mot nordvest.



Bilde 8 tatt 24. april 2018 viser den snusaktige konsistensen til jorda. Mellomsand med 4-5 % moldinnhold.

2.4.1 Kornfordelingsanalyse og C/N-analyse

Kornfordelingsanalyse ble utført med utgangspunkt i jordprøver tatt 14. mai 2019. Det ble tatt prøver fra de 16 hovedrutene i feltet. Fra disse ble det overført et identisk kvantum jord fra hver prøve, til samleprøve for hver av de 4 tverrgående radene.

Blokk 100 er lengst nordvest, blokk 400 lengst sørøst. Terrenget er svakt stigende fra blokk 100 til blokk 400, men høydeforskjellen er større innad i hver blokk, fra sørvest mot nordøst. Kornfordelingsanalyse ble utført med pipettemetoden (Krogstad *et al*, 1991).

Tabell 15: Kornfordeling i % i jord fra de 4 tverrblokkene i forsøksfeltet.

Tverr-blokk	Leire	Silt			Sand			SUM
					Fin	Mellom	Grov	
	<0,002 mm	0,002-0,006 mm	0,006-0,02 mm	0,02-0,06 mm	0,06-0,2 mm	0,2-0,6 mm	>0,6 mm	
100	1	1	2	3	27	61	5	100
200	2	1	1	2	29	60	5	100
300	1	2	1	4	27	60	5	100
400	2	1	5	0	24	60	8	100
Snitt	1,5	1,3	2,3	2,3	26,8	60,3	5,8	100,3
Snitt	1,5	5,5			93			100

Kilde: Analyser utført ved Jord- og vannkjemilaboratoriet, NMBU

Ut fra jordartstrekanten og sandtrekanten (Sveistrup og Njøs, 1984) kan denne jorda klassifiseres som mellomsand, og det er svært små forskjeller mellom de ulike blokkene.

Fra de samme samleprøvene ble det gjort analyser av totalinnhold av karbon og nitrogen. Prøvene ble da forbrent ved 1050 °C i en strøm av oksygen. Karbonet ble overført til CO₂ og målt med en IR-detektor. Nitrogen ble målt som N₂ ved termisk ledningsevne. Analysene ble gjort ved hjelp av instrumentet LECO TruSpec CHN.

Tabell 16: Totalinnhold av nitrogen og karbon i jord fra de 4 tverrblokkene i forsøksfeltet. Beregna moldinnhold ut fra karbon-% versus glødetap. C/N-forhold i jorda.

Tverrblokk	Nitrogen %	Karbon %	Moldinnhold ¹	Glødetap ²	C/N-forhold
100	0,14	2,31	4,62	5,14	16,5
200	0,15	2,32	4,64	5,23	15,5
300	0,14	2,14	4,28	4,95	15,3
400	0,13	1,94	3,88	4,48	14,9

¹ Moldinnhold er beregna ut fra at humus inneholder 50 % karbon

² Glødetap er henta fra resultat for jordprøveanalyser

Organisk materiale inneholder ca. 50 % karbon (Pommeresche og Riley, 2018), moldinnholdet i tabell 16 er beregna ut fra dette. Tilsvarende tall for glødetap er noe høyere enn moldinnhold beregna ut fra karbon-%, men viser samme tendens til noe lavere moldinnhold i de høyestliggende blokkene (300 og 400).

Nitrogen er gjerne knytta til organisk materiale, og de svært små forskjellene i analyseresultat kan ha med dette å gjøre. C/N-forholdet beregna ut fra prøveresultata er omtrent som forventa.

2.5 Arbeid i forsøksfeltet

Våren 2018 ble påbegynte forberedelser til et forskningsprosjekt rundt virkningene av stenmjøl som jordforbedringsmiddel konkretisert i form av et forsøksfelt på jordet Visterbråtan på eiendommen nordre Vister (gnr. 2068/1) i Tune i Sarpsborg kommune.

Jordet er lite, uregelmessig i formen, og med noe helling og variasjon i stenmengder. Det ble valgt et område i den nedre, antatt mest fruktbare delen av jordet, der det var plass til vendeteig på begge sider, og noe plass utenom på sidene. Det var sånn sett bare så vidt det ble plass til forsøksfeltet der det ble anlagt, da det bare er ei ca. 5 meter bred stripe med dyrka jord mellom forsøksfelt og jordekant langs hver langside av feltet.

Det er hovedsakelig en John Deere 6620 med laster som har blitt brukt til jordarbeiding med plog og harv de siste drøye 10 år. Den har ca. 130 hk, og egenvekt på 5230 kg (Bedre Gardsdrift, traktoroversikten.no(1)). Vekt av frontlaster kommer i tillegg. Såing og tromling har helt eller delvis blitt utført med noe lettere traktorer.

Det har vært vanlig praksis på bruket å pløye enten vår eller høst, for siden å gjøre tradisjonell jordarbeiding med harv m/slåddeplanke, såmaskin m/pakkehjul og til slutt tromling.

På dette jordet har jordet lett for å renne ut om vinteren om en høstpløyer, og det lave leirinnholdet gir heller ingen effekt av frostsprenging gjennom vinteren, så vårpløying har vært vanlig praksis. Det har normalt vært det første jordet grunneier pløyer om våren, siden det tørker opp tidlig, og sandjorda er god til å renske plogen for rust etter vinteren, så den glir lettere i jorda.

Planene om forsøksfelt gjorde at pløying ble utsatt til nærmere tida for det øvrige arbeidet i forsøksfeltet. Dette kunne med fordel vært igangsatt tidligere, men en del administrative og praktiske ting måtte på plass før arbeidet kunne starte.

Arbeid i forsøksfeltet kronologisk fra høsten 2017 til høsten 2018:

Høsten 2017: Jordet ble sprøytet med Roundup. Det var ifølge grunneier ganske mye kveke der før sprøyting.

Våren 2018:

5/5: Jordet ble pløyd med en Kverneland 3-skjærs vendeplø med integrert jordpakker bak nevnte John Deere 6620.

7/5: Jordet med forsøksfeltet ble gjort klart for såing med ei Väderstad S-tindharv med slåddeplanke og etterharv. Ei harv fra 90-tallet, ca. 5,5 meter bred bak JD 6620.

14/5 ble oppmerking utført i samarbeid med Norsk Landbruksrådgivning (NLR), avdeling Øsaker. Det ble brukt en vanlig metode med bambuspinner, hyssing og målebånd, samt GPS-koordinering i forhold til faste armeringsjern satt opp i terrenget. Det ble satt opp en lang,

fleksibel plastpinne i hvert av de fire hjørnene av feltet. Disse tåler i noen grad passering av landbruksredskap, og blir stående permanent.

Feltet består av 16 hovedruter á 4,5 meter bredde og 8 meter lengde. I tillegg er det avsatt plass til 75 cm kantsone langs begge langsiden av feltet. Det betyr at hver hovedrute er på 36 m², og hele forsøksfeltet er på 19,5 x 32 meter, dvs. 624 m².

Det ble tatt jordprøver med et vanlig jordprøvebor: 9 stikk til ca. 20 cm pr. prøve. Jorda ble blanda i ei plastbøtte, og standard jordprøveesker av papp ble fylt minst opp til streken for en halv liter jord. Det ble tatt éi jordprøve for hver av de 16 hovedrutene i forsøksfeltet. I tillegg ble det tatt ei samleprøve for hele forsøksfeltet (for å sammenligne med gjennomsnittet av de 16 prøvene) og ei prøve for hele jordet (for å sammenligne med eldre jordprøver).

Prøveeskene ble frakta til Ås dagen etter og satt til tørking ved 35-40 °C i tørkeskap.

15/5: All sten større enn ca. 1 tennisball, ble plukka manuelt ut av feltet (med hjelp av bøtter). Dette dels pga. ganske stor mengde sten, men mest for å gjøre klar for forsøkssåmaskinen som er ganske sårbar for sten.

Det ble videre utført tromling med en drøyt 3 meter bred trommel (38 cm cambridgeringer), dratt av en traktor med firehjulstrekk og laster: Case IH JX1100U, 2008 mod, egenvekt 4250 kg + vekt av laster (Bedre Gardsdrift, traktoroversikten.no (2)).

Det ble kjørt en gang hver vei innafor hver av de 4 langsgående felttrekkene, så langt ut mot merkepinnene som praktisk mulig, så et område langs midten (ca. 2 meter bredt) ble tromla 2 ganger, kantområdene bare 1 gang. Dette ble gjort for å komprimere jorda før sprenging av stenmjøl og kalk i feltet. Jorda var ganske løs før tromling, og det kunne gjort spredejobben tyngre og mer unøyaktig utført.

Til sprenging av stenmjøl og kalk ble det brukt en trillebårspreader fra Falkøping, modell K-60. Det ble brukt 2 ulike stenmjøl, fra pukkverk i Råde og Moss. Kalken var granulert kalk produsert av Felleskjøpet. Det ble først spredd stenmjøl av den lyse typen (fra Råde). Det ble brukt ei innstilling ganske nær maksimal utmating, som samsvarte med ei distanse på ca. 56 meter. Ønska dosering var tilsvarende 5 tonn stenmjøl/dekar, dvs. 180 kg på ei forsøksrute på 36 m². Stenmjølet ble veid opp i 3 solide plastbøtter, som ble frakta med trillebår fram til sprederen. Ved hver fylling av sprederen, ble det fylt i 45 kg stenmjøl. Sprenging ble igangsatt i det ene hjørnet, og det ble trilla kontinuerlig i jamn fart. Det ble kjørt langsgående drag og snudd på kortsidene, 7 drag for hver fylling. Spredebredda var 60 cm, dvs. at 7 drag tilsvarte 420 cm. Forsøksrutene var 450 cm brede, så det ble kjørt med underlapping på ca. 5 cm. Når sprederen var omtrent tom, hadde den òg kommet omtrent fram til diagonalt motsatt hjørne i forhold til startpunktet. De siste metrene måtte en iblant riste litt i sprederen for å få den til å mate ut greit med lite stenmjøl igjen.

Det ble spredd 4 trillebårer à 45 kg stenmjøl i hvert felt, 2 i hver kjøreretning. Før ny fylling og sprenging av lass, ble sprederen flytta tilbake til samme ende av forsøksruta som ved start av forrige lass, men i motsatt hjørne. Dette for å fordele snussonene bedre langs de 2 kortsidene av rutene. Ved sning mater sprederen ut mer pr. arealenhet i innersving enn i yttersving.

Kjøremønsteret var òg ment å kompensere for evt. tilfeldige endringer i utmating underveis, f.eks. pga. ujamnheter på bakken eller som følge av ulik mengde restsand i sprederen. Underlappinga på 5 cm var så lite at det ikke kunne sees etter spreing, enten pga. noe variasjon i sporvalg, eller fordi faktisk spredebredde kan ha vært noe høyere enn teoretisk spredebredde. Sanda vil jo kunne bevege seg noe underveis i fallet eller på bakken. Bildene 9-11 viser faktisk heller en tendens til overlapping i sonene mellom draga. Stenmjølet fra Moss ble så spredd på tilsvarende måte.

Det ble siden spredd kalk med samme spreder, men med innstilling ganske nær minimal utmating. Målet var å spre tilsvarende 500 kg/dekar, dvs. 18 kg på ei forsøksrute på 36 m². De 18 kg ble veid opp og fylt i sprederen, og det ble kjørt etter samme mønster som ved spreing av stenmjøl. Kalken var noe vanskeligere å spre jamnt, bl.a. fordi materialet hadde mye lavere volumvekt enn stenmjølet, og ikke rant like lett/jamnt ut. Det var derfor noe mer variasjon i innstilling underveis der det ble spredd kalk, men det ble kjørt minst 1 gang i hver kjøreretning i alle 4 felt.

Totalt sett framsto det som at resultatet ble tilfredsstillende jamn og nøyaktig spreing av både stenmjøl og kalk. Jobben ble gjort i ganske sterk varme, og opplevdes ganske fysisk krevende. Ved evt. gjentak bør det prioriteres å plassere stenmjøllager/veiestasjon så nær forsøksfeltet som mulig. Tromlinga som ble gjort i forkant, opplevdes som helt nødvendig for å kunne gjennomføre arbeidet fysisk. Bildedokumentasjonen gir inntrykk av ganske jamn spreing, men med noe overlapping mellom draga, der det ut fra teoretisk spredebredde skulle være noe underlapping.

Denne relativt tungvinte spredemetoden ble brukt for å være sikker på at det ikke ble nevneverdige forskjeller pga. ulik jordpakking, og for å ha god kontroll på dosering. Strømaskin for traktor ble vurdert som et alternativ, men utelatt dels pga. det med jordpakking, dels pga. at større maskiner kunne gi noe mindre kontroll på dosering. Kanskje andre metoder kunne ha fungert, men metoden vi valgte opplevdes å fungere godt nok og gi rimelig god kontroll på dosering.

Tromling: Etter spreing ble det igjen tromla med samme utstyr og på samme måte som før spreing. Dette for å binde stenmjøl og kalk bedre til jorda, og unngå vinderosjon.



Bilde 9 er tatt 15/5-18 fra nordvest i retning sørøst etter spreng av stenmjøl og kalk. I de hvite rutene er det spredd stenmjøl fra Råde pukkverk, i de blågrå rutene stenmjøl fra Moss pukkverk, i de lys-beige er det spredd granulert dolomittkalk, og i de brune kontroll-rutene er det ikke spredd noe.



Bilde 10 er tatt 15/5-18 rett mot hovedrute 102, og viser spreddebildet etter spreng av 5 tonn/dekar av stenmjøl fra Råde pukkverk. I rute 105 til venstre er det ikke spredd noe.



Bilde 11 er tatt 15/5-18 rett mot hovedrute 108, og viser spredebildet etter spreng av 5 tonn/dekar av stensmjøl fra Moss pukkverk. I rute 111 til venstre, er det spredd 500 kg/dekar av granulert dolomittkalk.

K A N T	102 RÅDE	105 NULL	108 MOSS	111 KALK	K A N T
K A N T	202 MOSS	205 KALK	208 NULL	211 RÅDE	K A N T
K A N T	302 NULL	305 RÅDE	308 KALK	311 MOSS	K A N T
K A N T	402 KALK	405 MOSS	408 RÅDE	411 NULL	K A N T

Figur 1 over viser de 16 ulike behandlingsrutene fordelt i latinsk kvadrat. Hvert felt er 4,5 x 8 meter. I tillegg er det satt av plass til kantfelt med 0,75 m bredde på de 2 langsidene. Totalt areal på forsøksfeltet er $(4,5\text{m} \times 4 + 0,75\text{m} \times 2) \times (8\text{m} \times 4) = 19,5\text{m} \times 32\text{m} = 624\text{ m}^2$. Felt 102 i nordvest, 411 i sørøst.

16/5: Merkepinner og hyssing i forsøksfeltet ble fjerna, med unntak av de 4 hjørnemerkeene. Feltet ble så harva med traktor og harv tilhørende grunneieren; 2 ganger, 1 gang i hver retning. For å få tilnærma lik jordpakking, ble det kjørt omtrent midt gjennom hver av de 4 langsgående felttrekkene. Med harv på 5,5 meter og felt på 4,5 meter bredde, ble det da noe mer overlapping enn nødvendig. Hjørnestolpene er fleksible, og skal tåle noe maskinpassering. Det gjorde de stort sett.

Harvinga ble gjort for å molde ned stenmjøl og kalk. Det ble harva like djupt som grunneierens vanlige praksis for 2. gangs harving før såing. På denne gården med mye ganske løs jord, anslår grunneier det til ca. 7-8 cm djupt. Det var egentlig planen å harve noe grunnere for å unngå oppkomst av sten, men det måtte harves såpass djupt for å få god nedmolding.

Det ble derfor nødvendig med en del mer stenplukking etterpå.

18/5: Forsøksfeltet ble sådd med spesialsåmaskinen til NLR Øst på Øsaker (type Wintersteiger). De brukte vanlig prosedyre for såing av forsøksfelt i korn. Såmaskinen ble dratt av en Case IH Farmall 75 C traktor, vekt 2850 kg + frontlaster (Bedre Gardsdrift. traktoroversikten.no(3)).

Dyrkingsmessig ble feltet delt i totalt 52 ruter á 1,5 x 8 meter. I hver av de 16 hovedrutene ble det plass til 1 felt med havre og 1 felt med bygg. I tillegg ble det sådd kantruter i alle de langsgående overgangene mellom de 16 hovedrutene, samt langs de ytre langsidene av feltet. I kantrutene ble det sådd havre. Totalt 16 ruter med bygg og 36 ruter med havre.

Det ble sådd 23 kg/dekar havre og 21 kg/dekar av bygg.
Av havre ble brukt sorten Vinger, av bygg sorten Brage.

Det ble gjødsla med 37 kg/dekar med Yara Opti-NS 27-0-0-4S. Denne ble brukt fordi den ikke inneholder P og K, og en del av intensjonen med forsøket er å se om stenmjølet har gjødseleffekt bl.a. for disse næringsstoffa.

19/5: Grunneier tromla med egne maskiner; en Ford 5000 (80 hk traktor fra 70-tallet, 2wd, tvillinghjul) med en Väderstad trommel, 45 cm Cambridge-ringer, ca. 5,2 meter bred.



Bilde 12 tatt 18/5-18 viser såing med Wintersteiger forsøkssåmaskin.

101 KANT	102 BYGG RÅDE	103 HAVR RÅDE	104 KANT	105 BYGG NULL	106 HAVR NULL	107 KANT	108 BYGG MOSS	109 HAVR MOSS	110 KANT	111 BYGG KALK	112 HAVR KALK	113 KANT
201 KANT	202 BYGG MOSS	203 HAVR MOSS	204 KANT	205 BYGG KALK	206 HAVR KALK	207 KANT	208 BYGG NULL	209 HAVR NULL	210 KANT	211 BYGG RÅDE	212 HAVR RÅDE	213 KANT
301 KANT	302 BYGG NULL	303 HAVR NULL	304 KANT	305 BYGG RÅDE	306 HAVR RÅDE	307 KANT	308 BYGG KALK	309 HAVR KALK	310 KANT	311 BYGG MOSS	312 HAVR MOSS	313 KANT
401 KANT	402 BYGG KALK	403 HAVR KALK	404 KANT	405 BYGG MOSS	406 HAVR MOSS	407 KANT	408 BYGG RÅDE	409 HAVR RÅDE	410 KANT	411 BYGG NULL	412 HAVR NULL	413 KANT

Figur 2 over viser dyrkingsplanen i forsøksfeltet 2018. Jordprøvene og behandlingsrutene har samme nummer som byggdyrkingsrutene i denne figuren. Kantrutene er plassert i overgangene mellom de ulike behandlingsrutene, med 0,75 meter fra hver side. Totalt 13 felt à 1,5 meter bredde gir 19, 5 meter, 4 felt à 8 meter lengde gir 32 meter. Felt 101 i nordvest, 413 i sørøst.

8/6: Spire-% ble kartlagt i alle de 52 rutene. Dette ble gjort ved visuell bedømming. Det var mye tune flue (*simulium truncatum*) der, noe som gjorde at bedømmelse ble utført relativt raskt, men likevel rimelig nøyaktig.

29/6: Sprøyting mot frøugras ble utført av NLR Øst avd. Øsaker, med ryggmontert spesialsprøyte for forsøksfelt. Det ble sprøytet med 250 ml/dekar av preparatet Ariane S.

Spire-% ble registrert igjen, da en periode med regn førte til at flere planter spira fram.



Bilde 13 tatt 29/6-18 viser bruk av spesialsprøyte for forsøksfelt under sprøyting mot frøugras.

9/8: Tresking ble utført med forsøkstreskeren til NLR Øst på Øsaker (type Wintersteiger). Det ble brukt standard prosedyre for forsøkstresking. Først ble det treska striper langs de tverrgående feltgrensene. Så ble det treska treskeruter á 1,5 x 6,5 meter. Avlinga fra hver rute ble lagt i gule nettposer underveis, og tatt med tilbake til NLR Øsaker for tørking. Avlinga ble veid før tørking.



Bilde 14 tatt 9/8-18 viser tresking med forsøktresker. Avlinga fra hvert felt ble lagt i spesialnett. Halmen ble lagt ned ett sted i hver treskerute.

29/10: De 16 hovedrutene i forsøksfeltet ble markert med bambuspinner i hjørnene, etter oppmåling med målebånd med utgangspunkt i de 4 ytre plasthjørnestolpene. Det ble så tatt jordprøver i forsøksfeltet igjen. Samme metode som på våren, med unntak av at det for samleprøva for hele forsøksfeltet ble tatt 1 prøvestikk i hver av de 16 hovedrutene. For prøva for hele jordet, ble det denne gangen ikke tatt noen stikk i sjølve forsøksfeltet, men det ble tatt flere stikk ganske nær feltet, i håp om få ei prøve som er sammenlignbar med tidligere jordprøver for hele jordet.

30/10: Jordprøvene ble levert på Ås og satt til tørking i tørkeskap ved 35-40 °C.



Bilde 15 tatt under tresking 9/8-19, viser hvor dårlig avlinga kunne være i de dårligste felta, i dette tilfellet et byggfelt der avlinga hovedsakelig besto av grønnmasse fra meldestokk. Etter rensing var det neppe korn å finne i dette nettet.



Bilde 16 tatt 29. oktober 2018 fra sør mot nord i forsøksfeltet, som det så ut ved uttak av jordprøver om høsten.

2.6 Arbeid i laboratoriet

2.6.1 Videre behandling og analyser av avlinga

Avlinga ble veid igjen etter tørking. Den ble så frakta i bil til NMBU avd. Vollebekk på Ås. All avling ble der rensa maskinelt pose for pose med en Pfeiffer sample cleaner. Etter rensing ble kornet lagt i hvite papirposer, og satt på lager inntil videre.



Bilde 17 viser Pfeiffer Sample Cleaner rensemaskin for kornprøver.

Hektolitervektprøver

Det ble brukt et spesiallaga manuelt mål for oppmåling av 250 ml korn, bestående av 2 rørdeler, spjeld og lodd. Kornet i dette volumet ble så veid.

Det ble i utgangspunktet gjort to hl-vekt-prøver for hvert felt, 3 prøver hvis større avvik enn 2 gram for de 2 første. Hvis den 3. prøva bekrefta en retning, ble et av de 2 første resultata forkasta. Hvis den 3. prøva la seg mer mellom de 2 første, ble alle 3 resultata tatt med. Verdiene som ble tatt med i videre beregninger, var gjennomsnittet av de 2, evt. 3 prøveresultata. Til slutt ble dette tallet multiplisert med 400, for å beregne vekta av en hektoliter korn (100 liter).

Det kreves minst 250 ml korn for å ha nok til å ta prøve. På noen av felta var avlinga så lav at det ikke var nok korn til å ta hl-vekt-prøve.



Bilde 18 av delene i det manuelle apparatet for oppmåling av 250 ml korn, f.v. overdel, spjeld, lodd og underdel.

Tusenkorntprøver:

Disse ble utført ved å ta ut ei representativ prøve fra hvert felt, bestående av en liten neve korn. Denne ble lagt i et spesiallaga telleapparat for dette formålet, av merke Numigral.

Apparatet er ganske følsomt, og kan telle f.eks. små ugrasfrø, skallbiter o.l. Det er derfor viktig at kornet som går opp mot telleapparatet er rene og hele korn, som har en viss avstand mellom seg. Sjøl om kornet hadde blitt rensa, var det i en del prøver fortsatt en del ugrasfrø, småbiter o.l. Pga. dette ble det etter hvert tatt i bruk et såld, der neven med korn ble sålda før overføring til telleapparatet. Da ble det mindre jobb med utskilling av småpartikler senere i prosessen; under og etter telling.

I utgangspunktet ble det gjort 2 prøver pr. felt. Ved differanse over 4 %, ble det gjort ei prøve til. Mot slutten av arbeidet, framsto det som noe usikkert om det hadde lyktes å ta ut tilstrekkelig representative prøver for telling. For 15 av felta ble det derfor gjort noen tilleggsprøver, hovedsakelig fra felta med såpass avling at den ble fordelt på 2 papirposer. Det bidro til et sikrere resultat for disse 15 prøvene, men resultata en så, gjorde at det ikke ble vurdert som nødvendig å ta enda flere prøver for de resterende felta.

Ved tusenkorntprøvene ble det talt opp 200 korn fra hvert felt. I noen få felt var det ikke stor nok avling til dette.



Bilde 19 viser Numigral telleapparat for korn.

Analyse for kjemisk innhold:

Det ble malt korn fra hver enkelt forsøksrute med tanke på senere kjemisk analyse. Dette ble gjort med ei spesialmølle av merket Retsch. Et tilstrekkelig og representativt volum fra hver rute ble malt etter standard metode for maskinen. Mølla ble godt rengjort med luft mellom hver prøve. Det malte mjølet ble helt over i små konvolutter, som så ble nummerert og stengt.

Disse prøvene ble levert på laboratoriet hos IMV for videre analyser av kjemisk innhold. Det ble gjort analyser av totalinnhold av N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn og Zn med ICP-OES (Wibetoe, 2019).



Bilde 20 viser Retsch mølle for maling av kornprøver.

2.6.2 Jordprøveanalyser

Jordprøvene fra både vår og høst ble behandla og analysert samtidig, for mer rasjonell gjennomføring.

Jordprøvene ble sikta på forbehandlingsrommet, med stålsikt med underskål, og litt bruk av porselensmorter. Jorda var lett å jobbe med, og det gikk greit å få den gjennom sikten. Noe småsten og strå ble sikta ut. Jorda ble så ført tilbake til samme jordprøveeske. Dette ble gjort med totalt 36 jordprøver, 18 fra våren og 18 fra høsten.

Glødetap og tørrstoff: 36 små, nummererte porselensdigler ble klargjort. Det ble så tatt ut éi måleskje fra hver jordprøveeske etter litt omrøring med en rørestav av stål. Jorda ble helt over i digelen. For hver jordprøve ble først digelen veid, deretter ble vekta tarert, og digelen fylt med mellom 4 og 5 gram jord. Digelnummer ble nøye notert og knytta til riktig jordprøve.

Diglene ble så satt på metallbrett og tørka ved 105 °C over natta. Vekt ble notert og tørrstoff beregna.

Senere ble diglene gløda ved 550 °C i over 6 timer. Diglene ble veid igjen, og glødetap beregna. Viser for øvrig til «Metoder for Jordanalyse» (Krogstad, 1992).



Bilde 21 viser digler med jord etter gløding.

AL-ekstraksjon: 39 ekstraksjonsflasker med tettsluttende plastlokk ble funnet fram, og nummerert. Numra ble så knytta til de 36 ulike jordprøvene. I tillegg ble det gjort klar 3 flasker til en metodekontroll. Nøyaktig 4,00 gram jord ble tatt ut fra hver prøveeske, og lagt i respektive flaske.

Det ble så tilsatt 80 ml AL-løsning i hver flaske, og korkene ble skrudd godt til. Flaskene ble lagt horisontalt og stabilt i en pappeske, og satt til risting på en ristemaskin ved 125 o/min i 90 minutter. Deretter ble innholdet i flaskene relativt hurtig helt over i glasstrakter med filter. Filtratet løp ned i 100 ml plastrør. Filtratet ble siden sendt til analyse av Mg, K, P og Ca med ICP. (Egnér, Riehm & Domingo 1960, Wibetoe 2019, Krogstad 1992).



Bilde 22 fra slutten av arbeidet med filtrering under AL-analyse. Plastrøra med filtrat ble sendt videre til ICP

pH-prøver: Det ble gjort klar 72 plastbeger med integrert lokk, såkalte Ola-beger på 50 ml. Begra var fra før merka med ulike nummer, og disse ble knytta til numra på de 36 jordprøvene. Det ble gjort forberedelser til 2 ulike målemetoder for pH, både med vannløsning og CaCl_2 -løsning, derfor 2 beger pr. prøve. Det ble tatt ut jord med ei 10 ml ståløse, og helt over i begeret etter nøyaktig oppmåling.

Det ble videre tilsatt 25 ml de-ionisert vann eller 0,01 M kalsiumklorid (CaCl_2), avhengig av metode. Begra ble rista manuelt og satt i stativ. Etter å ha stått rolig over natta, ble de rista opp igjen ca. et kvarter før måling. Et pH-meter ble brukt til pH-måling. Elektroden ble senka ned i løsningen, men ikke så lavt at den kom ned i bunnfallet. Elektroden ble skyllet med destillert vann mellom hver måling (Krogstad 1992).



Bilde 23 viser «Ola-beger» (50 ml) med jord i løsning med vann eller CaCl_2 , klargjort for måling med pH-meter.

2.6.3 Analyser av stenmjøl

Ulike analyser av stenmjølet er i sin helhet utført av ansatte ved Jord- og vannkjemilaboratoriet ved NMBU.

Test av kalkingseffekt: 30 ml sandjord ble tilsatt varierende mengder stenmjøl eller kalk i et beger. Dette ble videre tilsatt 75 ml de-ionisert vann, rista opp og satt i romtemperatur i 3 døgn. pH ble så målt etter ny oppristing (Krogstad, 1992). Kalken i denne testen var ikke av samme type som ble brukt i feltforsøket, men et produkt kalt Agri Hagekalk fra Franzefoss, med kalkverdi 1.år/5.år 25/48, altså en noe mer tungtløselig kalk.

Kjemiske analyser:

Analyser for totalinnhold av næringsstoffa S, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn og Mo ble gjort med ICP-MS.

Analyser for totalinnhold av næringsstoffa Ca, K, Mg, Na og P ble gjort med ICP-OES.

Analyser for ammoniumlaktat-løselig Ca, Mg, Na, K og P ble utført med AL-metoden (Egnér *et al*, 1960), etterfulgt av måling med ICP-OES.

Analyse for syreløselig kalium ble utført med K- HNO_3 -metoden (Krogstad, 1992), etterfulgt av måling med ICP-OES (Wibetoe, 2019).

For alle disse kjemiske analysene ble det gjort analyser basert på 2 prøver fra hvert stenmjøl, og gjennomsnittstallet er brukt i videre beregninger.

2.7 Statistikk

Statistiske beregninger ble gjort i programmet R Commander, med toveis ANOVA og Tukey's test.

Resultata gruppert etter de ulike behandlingene er analysert med statistikkprogram, men det er dessverre ikke tilfelle med resultata gruppert etter de 2 retningene. Det skyldes tidspress og prioritering.

Å se etter resultat for stenmjølet er viktig for å kunne besvare problemstillinga. Å se etter forskjeller i vekstforhold innad i forsøksfeltet er bare viktig å ta med i vurderingene når hovedresultata tolkes.

3 Resultat

Det er gjort mange beregninger ut fra resultata av målinger og analyser for ulike egenskaper. Det som publiseres her er bare konklusjonene. Det har ikke blitt prioritert å gjøre en større jobb med grafisk presentasjon av data. Det skyldes dels at tall i et skjema òg kan fungere helt fint, dels at det heller har blitt prioritert å studere tidligere forskning og tenke på veien videre for forsøket. Det skyldes igjen det faktum at det ikke er sett andre signifikante resultat enn at kalken virka som forventa. Det er ikke sett verken positive eller negative effekter av stenmjølet.

I en del tabeller kan det se ut til å være visse forskjeller ut fra ulike behandlinger, men det har vært veldig stor variasjon innad i feltet, og da blir forskjellene altfor statistisk usikre til å kunne legges vekt på.

Tabellene videre viser gjennomsnittstall for de ulike behandlingene i forsøket; Råde, Moss, Kalk og Kontroll. Talla viser gjennomsnittet for de 4 rutene av hver type av hvert kornslag. Noen steder er det i tillegg oppgitt gjennomsnitt for de 20 rutene av typen Kant (ruter beliggende i overgangen mellom ulike behandlinger, samt langs langsidene av feltet).

Da det gjennom vekstsesongen og senere analyser kom tydelig fram at resultata ble sterkt påvirket av beliggenheta til de ulike rutene i feltet, ble det i tillegg gjort beregninger der forsøksfeltet ble delt inn både på langs og på tvers. Dette for å se etter gradienter i de 2 ulike retningene. Disse talla har ikke blitt sjekka for statistisk signifikans. Dels fordi gradientene i en del tilfeller er så tydelige at de umulig kan skyldes tilfeldig variasjon, dels fordi dette ikke gir svar på problemstillinga, det er bare et forhold en må være bevisst på ved tolkning av resultata. I framtida bør en se mer på forhold i enkeltfelt, ikke bare gruppert skjematisk.

De ulike gruppene ved inndeling etter beliggenhet i feltet, refererer til de 4 blokkene ved deling på tvers av feltet, nummerert etter første tall i feltnumra i blokka; 100-400. Ved deling langsmed feltet refererer talla 1-13 til de siste sifra i feltnumra. Det er 52 ruter med avlingsdata, men bare 16 ruter med jordprøvedata. Jordprøvene er gitt nummer etter byggfeltet i den aktuelle ruta, og ved langsgående deling gruppert etter sistesifra 2, 5, 8 og 11. Viser for øvrig til de 2 feltkarta på sidene 34 og 37.

Noen tall er markert med rødt. Dette er ikke gjort etter noe klart definert system, men ble gjort for å markere tall som skiller seg noe ut, som høye, lave eller mulig interessante på annet vis. Rødfarven innebærer ikke signifikante resultater. Dette er markert med stjerner de få stedene det er aktuelt.

Beskrivelsen av de ulike behandlingene repeteres kort:

Råde: Tilførsel av 5000 kg/dekar med stenmjøl fra Råde pukkverk

Moss: Tilførsel av 5000 kg/dekar med stenmjøl fra Moss pukkverk

Kalk: Tilførsel av 500 kg/dekar med granulert kalk

Kontroll: Ingen tilførsler

3.1 Vekst og avling

Tabell 17: Spire-% og ugrasdekke-%

BYGG	Spire% 8/6	Spire% 29/6	Ugrasdekke 29/6
RÅDE	73,0	93,5	44,5
MOSS	73,3	92,3	30,3
KALK	81,8	92,0	37,8
KONTROLL	76,0	90,5	42,5
HAVRE			
RÅDE	54,5	90,3	36,8
MOSS	63,0	90,8	22,0
KALK	63,8	86,0	35,3
KONTROLL	68,3	86,3	41,0

Kommentar til tabell 17: Spire-% 29/6 fikk liten betydning, da disse nye spirene døde senere. De forskjellene som er, er ikke signifikante, pga. stor varians innen behandlingene. Bygg viser større spire-% enn havre.



Bilde 29 tatt 19. juni 2018 viser et gulnende byggfelt med god spiring. Til høyre og venstre mer glissen, men grønnere havre. I havren til høyre kan skimtes nye spirer etter en periode med regn. Disse døde senere. Meldestokken trivdes langt bedre.

Tabell 18: Spire- og ugras-% delt på langs og tvers.

BYGG	Spire% 8/6	Spire% 29/6	Ugrasdekke 29/6
2	95,5	97,5	20,3
5	82,3	94,8	42,8
8	73,8	90,5	47,0
11	52,5	85,5	45,0
	76,0	92,1	38,8
HAVRE			
1	96,3	98,0	3,3
3	90,8	95,5	16,0
4	89,3	95,3	10,3
6	70,0	88,0	33,0
7	60,0	87,5	35,3
9	50,0	84,8	45,8
10	58,8	83,3	39,0
12	38,8	85,0	40,3
13	45,0	84,0	23,3
	66,5	89,0	27,3
BYGG	Spire% 8/6	Spire% 29/6	Ugrasdekke 29/6
100	89,8	95,0	30,0
200	82,5	92,3	34,0
300	68,0	91,5	50,0
400	63,8	89,5	41,0
	76,0	92,1	38,8
HAVRE			
100	83,6	91,8	19,4
200	71,3	88,8	26,8
300	59,0	87,8	32,9
400	52,2	87,8	30,2
	66,5	89,0	27,3

Kommentar tabell 18: Tydelig gradient i spire-% i begge retninger, stort sett dårligere spiring dess høyere i terrenget og skarpere sandjord. Ugras-% følger stort sett motsatt tendens som spire-%, med unntak av de høyestliggende felta. Sterkest gradient på tvers av forsøksfeltet (altså inndelt på langs, radene 1-13).

Tabell 19: Avling, hektolitervekt og tusenkornvekt. Antall felt med nok korn til prøvene. Avling i kg delt på spire-%.

BYGG									
	kg/dekar			kg		g		Kg/dekar	
	Råvekt	Tørr vekt	Rensa vekt	Hl-vekt	n	Tusenkorven	n	Avling/spiring	
RÅDE	8	8	6	57,2	1	26,10	2	8	
MOSS	10	9	8	59,6	1	24,45	2	9	
KALK	12	10	7	#DIV/0!	0	22,55	4	9	
KONTROLL	8	8	6	#DIV/0!	0	23,93	3	8	
HAVRE									
	Råvekt	Tørr vekt	Rensa vekt	Hl-vekt	n	Tusenkorven	n	Avling/spiring	
RÅDE	44	41	37	44,3	3	26,33	4	58	
MOSS	34	32	30	43,5	4	25,97	4	45	
KALK	41	35	32	46,1	4	26,15	4	50	
KONTROLL	46	42	39	46,4	4	26,84	4	43	
KANT	44	40	38	46,0	19	26,38	20	52	

Forklaring: Avling/spiring = Rensa vekt delt på spire-% ganger 100.

n = antall prøver gjennomsnittstalla er basert på.

Kommentar til tabell 19: Praktisk talt ingen avling av bygg, noe avling av havre. Få byggefelt gav nok avling til hl-vektprøve, en del fler hadde nok til tusenkornvektprøve. Avlingsforskjellene er små. Avlinga hadde blitt litt høyere om spireandelen hadde vært nærmere 100 %. Små forskjeller for hl-vekt og tusenkornvekt.

Tabell 20: Samme som tabell 19, men delt på langs av forsøksfeltet.

	Råvekt	Tørr vekt	Rensa vekt	Hl-vekt	n	Tusenkorven	n	Avling/spiring	
2 BYGG	9	9	8	57,2	1	23,29	4	8	
5	8	7	4	0,0	0	23,25	2	4	
8	16	14	11	59,6	1	24,81	3	14	
11	6	5	5	0,0	0	24,48	2	8	
Gj.s.	10	9	7	58,4		23,96		9	
1 HAVRE	62	57	55	47,4	4	26,29	4	57	
3	71	67	63	46,5	4	26,02	4	68	
4	67	61	57	48,2	4	26,28	4	62	
6	44	41	38	47,6	4	26,36	4	51	
7	44	40	36	45,0	4	26,64	4	60	
9	33	28	23	45,5	3	26,76	4	47	
10	26	24	23	44,3	3	26,49	4	38	
12	13	12	11	41,7	3	25,93	3	30	
13	21	19	18	44,6	4	26,19	4	43	
Gj.s.	42	39	36	45,6		26,33		51	

Forklaring: Se tabell 19.

Kommentar til tabell 20: For havre er det klar tendens til lavere avling gradvis høyere i terrenget. Denne skyldes delvis lavere spire-%. Tendens til lavere hl-vekt høyere i terrenget. Mindre forskjeller for tusenkornvekt. For bygg er talla for små og usikre til å legges vekt på.

Tabell 21: Samme som tabell 19, men delt på tvers av forsøksfeltet.

		Råvekt	Tørr vekt	Rensa vekt	Hl-vekt	n	Tusenkorve n	n	Avling/spiring
100	BYGG	18	17	15	58,4	2	24,75	4	17
200		14	12	9	0,0	0	23,94	4	12
300		5	3	2	0,0	0	23,59	2	3
400		2	2	2	0,0	0	21,13	1	2
GJ.S		10	9	7	58,4		23,35		9
100	HAVRE	56	53	49	47,0	9	26,29	9	55
200		52	48	45	47,0	9	26,10	9	61
300		39	35	32	44,2	9	26,97	9	54
400		22	20	18	44,5	6	25,95	8	32
GJ.S		42	39	36	45,7		26,33		51

Forklaring til tabell 21: Se tabell 19

Kommentar til tabell 21: For havre er det de samme tendensene til lavere avling og hl-vekt høyere i terrenget. Små forskjeller for tusenkornvekt. For bygg er talla for små og usikre til å legges vekt på, men gradienten i avlingsnivå framstår sterkere her enn i tabell 20.

3.2 Kjemisk innhold i kornet

I alle tabellene 22-26 betyr «n» fortsatt antall prøver i hver gruppe gjennomsnittstalla er basert på. Det var 4 ruter med bygg og 1 rute med havre som ikke hadde avling, og dermed ikke hadde noe korn å sende til kjemisk analyse. Det krevdes ikke stort volum, korn fra ruta med minst avling, 4 gram, er med i disse analysene. Den hadde for lite korn til tusenkornvektanalyse.

Tabell 22: Kjemisk innhold i malt korn. Bygg. Målt i g/kg

		BYGG				
	n	Ca	K	Mg	P	Total-N %
RÅDE	3	0,67	6,63	1,63	4,13	3,14
MOSS	2	0,56	6,45	1,65	3,95	2,98
KALK	4	0,68	6,60	1,60	3,70	3,21
KONTROLL	3	0,59	6,33	1,60	4,00	2,99

Kommentar til tabell 22: Forskjellene er små, og ikke signifikante.

Tabell 23: Kjemisk innhold i malt korn. Havre. Målt i g/kg

		HAVRE				
	n	Ca	K	Mg	P	Total-N %
RÅDE	4	1,01	6,63	1,28	3,98	2,81
MOSS	4	0,99	6,65	1,30	3,95	2,82
KALK	4	1,02	6,53	1,33	3,78	2,74
KONTROLL	3	0,92	6,27	1,33	3,87	2,69
KANT	20	0,97	6,45	1,28	3,70	2,78

Kommentar til tabell 23: Forskjellene er små, og ikke signifikante

Tabell 24: Kjemisk innhold i malt korn. Inndelt på langs og på tvers etter kornslag. Målt i g/kg

		Ca	K	Mg	P	Total-N %	n
2	BYGG	0,59	6,65	1,68	4,08	3,02	4
5		0,54	6,05	1,60	3,80	3,08	2
8		0,70	6,48	1,58	3,95	3,23	4
11		0,69	6,80	1,60	3,70	3,01	2
Gj.s.		0,63	6,49	1,61	3,88	3,08	
1	HAVRE	0,91	6,38	1,25	3,58	2,86	4
3		0,96	6,50	1,28	3,80	2,85	4
4		0,95	6,40	1,20	3,53	2,81	4
6		0,95	6,43	1,28	3,85	2,74	4
7		1,03	6,55	1,28	3,83	2,74	4
9		1,04	6,60	1,40	4,15	2,67	4
10		0,96	6,40	1,38	3,75	2,86	4
12		1,02	6,63	1,27	3,73	2,82	3
13		1,00	6,50	1,30	3,83	2,61	4
Gj.s.		0,98	6,49	1,29	3,78	2,77	
100	BYGG	0,58	6,33	1,68	4,13	3,07	4
200		0,60	6,60	1,58	3,73	2,99	4
300		0,66	6,95	1,65	4,05	3,16	2
400		0,80	6,30	1,55	3,80	3,32	2
GJ.S		0,66	6,54	1,61	3,93	3,13	
100	HAVRE	0,90	6,32	1,30	3,92	2,81	9
200		0,91	6,48	1,30	3,54	2,77	9
300		1,04	6,52	1,28	3,78	2,84	9
400		1,07	6,63	1,29	3,90	2,65	8
GJ.S		0,98	6,49	1,29	3,79	2,77	

Kommentar til tabell 24: Kalsium-innholdet kan se ut til å være noe høyere høyt i terrenget. Ellers er det ingen store forskjeller å legge merke til, bare enkelttall som skiller seg noe ut.

Tabell 25a: Mikronæringsstoff i bygg. Målt i g/kg.

		<u>Cu</u>	<u>Mn</u>	Zn	n
RÅDE		0,0044	0,0357	0,1020	3
MOSS		0,0047	0,0290	0,0890	2
KALK		0,0037	0,0333	0,1018	4
KONTROLL		0,0041	0,0317	0,0963	3

Tabell 25b: Mikronæringsstoff i havre. Målt i g/kg.

		<u>Cu</u>	<u>Mn</u>	Zn	n
RÅDE		0,0038	0,0633	0,0868	4
MOSS		0,0039	0,0620	0,0855	4
KALK		0,0038	0,0583	0,0850	4
KONTROLL		0,0041	0,0643	0,0870	3
KANT		0,0039	0,0621	0,0869	20

Kommentar til tabell 25 a og b: For bygg kan det se ut til å være en del forskjeller i innhold, men tallmaterialet er lite og variansen stor, så forskjellene er ikke signifikante. For havre er forskjellene mindre, og like lite signifikante. Størst forskjeller for mangan, men variansen er stor, noe en òg kan ane i neste tabell.

Tabell 26: Mikronæringsstoff i kornet, inndelt på langs og på tvers av forsøksfeltet. Målt i g/kg.

		<u>Cu</u>	<u>Mn</u>	<u>Zn</u>	
2	BYGG	0,0044	0,0350	0,0875	4
5		0,0039	0,0295	0,0900	2
8		0,0040	0,0345	0,1075	4
11		0,0041	0,0280	0,1100	2
Gj.s.		0,0041	0,0318	0,0988	
1	HAVRE	0,0045	0,0780	0,0850	4
3		0,0043	0,0705	0,0833	4
4		0,0039	0,0670	0,0818	4
6		0,0037	0,0613	0,0850	4
7		0,0038	0,0595	0,0863	4
9		0,0038	0,0583	0,0913	4
10		0,0036	0,0508	0,0930	4
12		0,0036	0,0557	0,0840	3
13		0,0036	0,0550	0,0883	4
Gj.s.		0,0039	0,0618	0,0864	
100	BYGG	0,0048	0,0283	0,0960	4
200		0,0041	0,0298	0,0975	4
300		0,0039	0,0355	0,1005	2
400		0,0033	0,0450	0,1025	2
GJ.S		0,0040	0,0346	0,0991	
100	HAVRE	0,0044	0,0581	0,0859	9
200		0,0039	0,0586	0,0861	9
300		0,0035	0,0662	0,0872	9
400		0,0036	0,0653	0,0868	8
GJ.S		0,0039	0,0620	0,0865	

Kommentar til tabell 26: For sink kan en ane en tendens til at innholdet er høyest høyt i terrenget. For mangan er gjennomsnittsinholdet høyest lavt i terrenget ved inndeling på langs, mens det motsatte er tilfelle ved inndeling på tvers. Kobberinnholdet viser tendens til å være høyest i de lavestliggende områdene.

3.3 Jordprøveresultat

For jordprøveresultat er resultat og statistisk beregning basert på endring fra vår til høst, målt i %. For øvrig gir jordprøveresultata interessante opplysninger om den generelle tilstanden i forsøksfeltet.

Tabell 27: Tørrstoff og glødetap

		VÅR		HØST		ENDRING	
		tørrstoff%	Glødetap %	tørrstoff%	Glødetap %	tørrstoff%	Glødetap %
RÅDE		99,10	5,02	99,23	4,83	0,13	-0,19
MOSS		99,16	4,95	99,18	4,78	0,02	-0,18
KALK		98,95	4,83	98,95	5,08	0,00	0,25
KONTROLL		99,12	4,98	99,04	4,90	-0,08	-0,08
Langsgående deling		tørrstoff%	Glødetap %	tørrstoff%	Glødetap %	tørrstoff%	Glødetap %
2		99,02	5,21	98,97	5,33	-0,04	0,12
5		98,92	5,22	99,09	5,16	0,17	-0,05
8		99,15	4,75	99,10	4,67	-0,05	-0,08
11		99,24	4,61	99,23	4,43	-0,01	-0,18
Tverrgående deling		tørrstoff%	Glødetap %	tørrstoff%	Glødetap %	tørrstoff%	Glødetap %
100		98,94	5,14	99,03	5,38	0,08	0,24
200		99,02	5,23	99,03	5,02	0,01	-0,21
300		99,16	4,95	99,13	4,69	-0,04	-0,25
400		99,19	4,48	99,21	4,50	0,01	0,02
Andre prøver							
Forsøksfelt		99,11	5,17	99,10	4,78	-0,01	-0,38
Jordet for øvrig		99,32	4,10	99,17	3,78	-0,15	-0,32

Kommentar til tabell 27: Det kan anes at glødetapet har gått noe opp der det er kalka, mens det ellers har gått noe ned. Forskjellen i endring er imidlertid ikke signifikant. Det er klar tendens til at glødetapet er lavest høyt i terrenget, noe som er som forventa. Samleprøvene for hele forsøksfeltet og hele jordet, viser en sterkere pH-nedgang enn summen av enkeltprøvene.

Tabell 28: pH, målt i vannløsning og kalsiumklorid-løsning

		pH vann						pH CaCl			
		Vår	Høst	Differanse	høst/vår			Vår	Høst	Differanse	høst/vår
RÅDE		4,98	4,71	-0,27	0,95			4,33	4,26	-0,07	0,98
MOSS		5,07	4,84	-0,24	0,95			4,33	4,30	-0,04	0,99
KALK		5,07	5,73	0,66	1,13 ***			4,35	5,20	0,85	1,20 ***
KONTROLL		5,02	4,79	-0,24	0,95			4,32	4,26	-0,06	0,98
Langsgående deling		pH vann						pH CaCl			
		Vår	Høst	Differanse	høst/vår			Vår	Høst	Differanse	høst/vår
2		4,99	4,92	-0,07	0,99			4,29	4,45	0,17	1,04
5		4,99	5,02	0,03	1,01			4,29	4,49	0,20	1,05
8		5,09	5,09	0,00	1,00			4,38	4,55	0,17	1,04
11		5,08	5,03	-0,05	0,99			4,38	4,52	0,14	1,03
Tverrgående deling		pH vann						pH CaCl			
		Vår	Høst	Differanse	høst/vår			Vår	Høst	Differanse	høst/vår
100		5,05	5,07	0,01	1,00			4,42	4,57	0,15	1,03
200		5,09	5,06	-0,03	1,00			4,38	4,57	0,20	1,05
300		5,02	4,98	-0,04	0,99			4,29	4,47	0,19	1,04
400		4,97	4,95	-0,02	1,00			4,25	4,40	0,14	1,03
Andre prøver		pH vann						pH CaCl			
		Vår	Høst	Differanse	høst/vår			Vår	Høst	Differanse	høst/vår
Forsøksfelt		4,9	5,11	0,21	1,04		500	4,31	4,68	0,37	1,09
Jordet for øvrig		4,89	4,46	-0,43	0,91		900	4,18	4,05	-0,13	0,97
2015			5,0								
2008			5,5								
2003			5,7								

***=signifikant forskjell i pH-endring pga. kalk.

I rubrikkene merka «høst/vår», er pH i høstprøvene delt på pH i vårprøvene.

Kommentar til tabell 28: pH har øka kraftig i rutene som er kalka. For øvrig har pH gått noe ned. Nedgangen er spesielt sterk i prøvene for «Jordet for øvrig». Forskjellene i pH innad i feltet før oppstart av forsøket, framstår som ganske små. Når det gjelder inndeling på langs og på tvers, minnes det om at alle gruppene inneholder 1 felt som er kalka, noe som i stor grad oppveier den generelle nedgangen i pH. De ulike analysemetodene viser omtrent de samme tendensene, men det er forskjeller i endring fra høst til vår.

Tabell 29: AL- analyser. Alle mål i mg/kg jord

	VÅR					HØST					ENDRING			
	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL		P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL		P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL
RÅDE	94	63	10	188		105	54	10	180		11,5	-9,5	0,1	-8
MOSS	93	60	10	190		107	55	10	190		14	-4,5	0,5	0
KALK	88	64	10	203		107	59	72	330		19	-5	***61,9	***128
KONTROLL	88	60	9	180		103	55	9	168		15	-5	0,0	-13
Langsgå- ende deling	VÅR					HØST					ENDRING			
	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL		P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL		P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL
2	73	60	8	150		86	53	25	188		13,5	-7,5	16,3	38
5	87	60	9	170		105	60	24	203		18	0	15,1	33
8	97	59	10	220		117	57	29	253		20,5	-2	18,9	33
11	106	67	12	220		114	53	24	225		7,5	-14,5	12,4	5
Tverrgå- ende deling	VÅR					HØST					ENDRING			
	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL		P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL		P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL
100	68	63	10	203		80	59	23	218		12	-4	13,0	15
200	81	65	10	200		94	53	24	225		13,5	-11,5	14,3	25
300	104	60	10	185		125	55	29	218		21,5	-5	19,2	33
400	110	59	9	173		123	56	25	208		12,5	-3,5	16,1	35
	VÅR					HØST					ENDRING			
	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL		P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL		P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL
Forsøksfelt	88	64	9,4	190		100	66	28	220		12	2	18,6	30
Jordet for øv	100	50	7,4	110		100	54	6,6	84		0	4	-0,8	-26

***=signifikant økning i Mg-AL og Ca-AL pga. kalk

Kommentar til tabell 29: De signifikante endringene for magnesium og kalsium er som forventa etter kalking. Ettersom alle grupper ved inndeling på langs og tvers inneholder et felt som er kalka, viser endringstalla at Mg-AL og Ca-AL har gått opp fra vår til høst. Disse talla er satt i kursiv, da endringa ikke har noe med beliggenhet i feltet å gjøre.

For øvrig er det tegn til at innholdet av P-AL, og til dels Ca-AL, er høyest høyt i terrenget. For Mg-AL og K-AL er det små forskjeller. For både K-AL, Mg-AL og Ca-AL er innholdet i forsøksfeltet noe høyere enn i jordet for øvrig.

Merk at måleenheten er mg/kg jord. Vanligvis angis standard jordanalyseresultat i mg/100 g jord.

4 Diskusjon

Generelt:

Sesongen 2018 vil huskes som det verste tørkeåret «i manns minne», kanskje verre enn det gamle tørkerekordåret 1947. De fleste som opplevde året, vil nok håpe at rekordene som ble satt, aldri blir slått.

Resultata fra forsøksfeltet på Vister bærer òg sterkt preg av rekordtørkeåret. Sur sandjord uten tilgang på vanning, og med såing noe senere enn idéelt, gav et særdeles dårlig utgangspunkt for å høste noenlunde normale avlinger, og dermed signifikante resultat og erfaringer med stenmjøl.

Men manglende resultat er òg resultat, og det er gjort jordanalyser, planteanalyser og erfaringer som trulig kan komme til nytte for vurderingene underveis og til slutt i dette forsøket, som i utgangspunktet har en 5-årig tidshorisont. Det bør nevnes at rensing, prøving for hl-vekt og tusenkornvekt, samt maling av korn for videre analyser, er utført av en som ikke har gjort dette før. For jordprøveanalyser er heller ikke erfaringa så stor. Men det er gjort i samarbeid med profesjonelle, og resultata oppleves som noenlunde riktige.

Det aller meste av avlingsforskjeller kan forklares ut fra beliggenhet i forsøksfeltet, som heller svakt fra det høyeste punktet i syd-østre hjørne, til det laveste i nord-vestre hjørne. Det kunne sees både langsgående og tverrgående gradient i mange av resultata, mens mange andre resultat ikke viste noen tydelige forskjeller i det hele tatt. Atter andre analyser viste resultat som brøt noe med hovedmønsteret, eller kan forklares ut fra motsatt virkning av de nevnte gradientene.

I beregningene ut fra plassering i forsøksfeltet, grupperes forsøksrutene enten på langs eller tvers, så en kan finne gradienter begge veier. Men egentlig går hovedgradienten diagonalt over feltet fra høyeste til laveste punkt, da denne sandjorda er del av en lang skråning fra de marine strandavsetningene og videre opp til toppen av raryggen. Sandjorda blir gradvis skarpere dess høyere en kommer i terrenget.

Det var lite bevissthet rundt dette ved anlegg av forsøksfeltet, og ulikhetene kan nok gjøre det vanskeligere å tolke resultata. Bruken av latinsk kvadrat, der alle behandlinger har gjentak på alle rader både på langs og på tvers, vil bidra til å korrigere forskjellene terrenget gir. En kan delvis finne igjen gradienten i jordprøvene, i form av resultata for glødetap.

Ut fra en tanke om at «dess flere resultat, dess mer informasjon», ble det valgt å analysere fullt ut for alle de 52 kornforsøksrutene, tross at 20 av dem var kantruter i overgangene mellom ulike behandlinger. Disse har ikke kunnet brukes for å se effekten av ulike behandlinger, men er med å øke datamengda bak gjennomsnitt for feltet som helhet det første året, både når det gjelder stofflig innhold og avling av havre, samt dokumentasjon av de nevnte gradientene i terrenget. Ettersom det ikke har vært mulig å se nevneverdige forskjeller ut fra behandlingene i 2018, kan disse dataene kanskje gi et bilde av situasjonen

før forsøket ble igangsatt, prøver som egentlig kunne vært gjort i 2017 som ei analyse av «før»-situasjonen.

Denne oppgava skrives mest med bakgrunn i resultat fra 2018, men når dette skrives er avlingene for 2019 snart klare for tresking. En kan nok alt nå konkludere med at avlingsresultata for 2019 vil bli til dels motsatt av resultata for 2018. Tross en svært tørr vår, ble det etterhvert mye nedbør i 2019, såpass mye at dreneringsegenskapene til jorda er mer utslagsgivende enn evna til å holde på vann.

Denne typen vekslinger fra år til år, vil gjøre det enda mer interessant og utfordrende å tolke resultata videre framover. Endringer i resultat av jordprøver, kan vise seg å bli den sikreste indikatoren for effekt av stenmjølet.

4.1 Vekst og avling

Tabell 17 og 18, spire-% og ugrasdekke-%, viser kanskje det viktigste utslaget av interne forskjeller i jordforhold i forsøksfeltet, og en av de viktigste faktorene som forklarer avlingsvariasjonen i feltet.

Skråningen i feltet er brattere på tvers enn på langs, derfor er òg forskjellene fra nederst til øverst størst når forsøksfelta deles inn på langs av feltet (når feltet deles inn på langs, vil gradienten sees på tvers av inndelinga).

Spire-% ble først vurdert 8/6. Det var da et stort spenn i spire-%, fra ned mot 15, helt opp til 99. Det var lange langsgående gap i spiringa, så det ble stilt spørsmål ved om såmaskinen kunne ha gjort en for dårlig jobb. Etter en periode med en del regn, ble det gjort ny vurdering av spire-% 29/6, da med resultatspenn fra 75 til 99 %. En kunne da konkludere med at såmaskinen nok hadde sådd ut kornet riktig, men at de ofte lange, sammenhengende strekningene uten spiring kunne skyldes at jorda var for løs og tørr, så kornet ikke kom ned på harvesåle med nok fuktighet til å starte spiring.

Det at såpass mye korn spira fram mot 29/6, tyder på at det da hadde kommet nok nedbør til normal spiring. Det som ikke hadde spira 29/6, må enten ha dødd før spiring kort tid etter såing, eller ikke fått nok fuktighet til å spire.

Tross en viss optimisme 29/6, viste det seg at tørkesommeren skulle bli enda mer ekstrem. Etter et par uker med tilsammen ca. 34 mm nedbør med siste regnfall 22/6, kom det totalt bare drøyt 14 mm nedbør i hele perioden fram mot tresking 9. august, så alle disse nye spirene døde i denne perioden. Det er derfor bare spire-% 8/6 som ansees å ha hatt betydning for avlingsresultata.

Ugrasdekket har stort sett en viss sammenheng med spire-%. Det var spesielt meldestokk som ble sterkt favorisert i det tørre og varme 2018. Siden rotugras ble effektivt bekjempa høsten 2017, og frøugraset ikke overlevde sprøytinga i vekstsesongen, kan ugras neppe sies å ha påvirket resultata nevneverdig. I en del områder var det ikke spesielt kraftig ugrasdekke, tross lav spire-%. Det skyldes trulig at de tørre værforholda begrensa ugraset noe i de høyest beliggende felta.

Tabell 19, med avlingsresultat, viser mest av alt at avlingene i 2018 var ekstremt lave. Det er vekt etter rensing som er brukt i videre beregninger. Det var tildels store forskjeller mellom enkeltfelt i innhold av ugras i avlinga.

Byggavlinger på 6-8 kg/dekar, tilsvarer omtrent 2 % av et avlingsnivå på 3-400 kg, som en normalt sett burde kunne forvente. Havreavlinger på 30-40 kg tilsvarer omtrent 10 % av ei nøktern normalavling.

Det at bygg trivdes mye dårligere enn havre, skyldes nok i hovedsak den sure jorda. Bygg er i utgangspunktet mer tørkesterk enn havre. Den var òg raskest til å spire, og hadde høyere spire-% enn havre. Men etterhvert som vekstsesongen skred fram, ble det tydelig at byggplantene mistrивdes kraftig. De ble klorotiske (blekgrønne/gule), og mange planter klarte aldri å fullføre livssyklus ved å skyte aks og sette frø. Det er ikke gjort noe konkret forsøk på å finne eksakt hvilke næringsstoff som førte til mangelsymptomer, da det antas at sur jord i kombinasjon med vannmangel var den bakenforliggende årsaken, ikke spesifikke næringsmangler i jorda. Både nitrogen, fosfor, kalium, svovel, magnesium og molybden tas dårligere opp ved så lav pH som 5,0 (Havlin et al. 2014).



Bilde 24 tatt 29/6-18: Typisk for de 4 langsgående felttrekkene med bygg, var at de bar tydelig preg av mistrivsel og dårlig utvikling hele vekstsesongen gjennom, mens havrestripene ved siden av vokste noenlunde normalt tross tørkestress.

Noe mer interessant i et mangelperspektiv, kan være at byggspirene var gule i tuppen den første tida etter spiring. Kobbermangel kan føre til dette, og i tillegg føre til at aksa sliter med å komme ut av bladslira. Men tørke kan gi samme symptom (Yara 2019).

Det har imidlertid forekommet kobbermangel på jorder i nærheta av forsøksfeltet, og det er en mulig mangel en bør være bevisst på videre i forsøket. Kobber er greit tilgjengelig sjøl ved pH 5,0, så hvis det er mangel i jorda, hjelper det lite å øke pH. Det ble ikke sett lignende mangelsymptom i havre.



Bilde 25 tatt 24. juli 2018, som tydelig viser den sørgelig dårlige veksta av bygg i forsøksfeltet. Havren ved siden av ser betydelig bedre ut, men har få og lette korn i rislene.



Bilde 26 tatt 24. juli 2018, ca. 400 meter sør for forsøksfeltet. Byggåker på områder tilknyttet jordprøvenr. 20 og 21 hos grunneier. Området er klassifisert som tjukk havavsetning av NGU, med jordart siltig finsand/siltig mellomsand. pH ca. 0,7 enheter høyere enn i forsøksfeltet, greie AL-verdier for P, K og Mg, noe høyere moldinnhold (jordprøver 2015). Sådato 15. mai. Avling 2018 ca. 350 kg/dekar. Dette viser det store spennet i avlingsnivå som kunne forekomme i 2018, der forskjeller i tørkestyrke og driftsteknikk kunne gi store utslag.

Avlingene for havre lå nok og betydelig under gjennomsnittsavling for 2018. En grunn er den i mange felt svært lave spire-prosenten. I kolonna «Avling/spiring» er denne effekten forsøkt eliminert gjennom å dele avlinga på spire-prosenten. Det indikerer et noe høyere teoretisk avlingsnivå på ca. 40-60 kg/dekar. Helt riktig kan ei sånn beregning aldri bli, ettersom enkeltplantene får større plass ved dårlig spiring. Men ugraspress og uttørking kan bli større ved dårlig spiring. Det er vanskelig å se noen klar sammenheng mellom tusenkornvekt og spiregrad, så kanskje fordeler og ulemper for enkeltplantene har oppveid hverandre noenlunde.

Flere utenforliggende årsaker gjorde at såing ble utført noe senere enn idéelt. Det ble pløyd 13 dager før såing, og senere harva 11 dager før såing, deretter harva 2 ganger til 2 dager før såing for å molde ned stenmjøl og kalk. Tross at pløying ble utsatt en del av hensyn til forsøksfeltet, fikk jorda rikelig anledning til å tørke ut før såing.

Siste nedbør av litt betydning før såing kom 11. mai, 7 dager før såing (ca. 5 mm). Mange lokale bønder sådde torsdag 10. mai (Kristi Himmelfartsdag), fordi det var venta regn dagen etter (egen observasjon). Hadde dette feltet blitt sådd da, ville trulig spiregraden vært langt

høyere i hele feltet. Det var da fortsatt igjen en del fuktighet etter de 20 mm regn som kom i månedsskiftet april/mai.

Dette jordet er blant de aller tidligste jordene som blir klare for jordarbeiding om våren i dette området. Tørkesommeren 2018 viste tydelig at tidlig såing har stor betydning under sånne forhold, da plantene har tid til å utvikle et større rotsystem og bladmasse før tørke og varme tar over. Desto viktigere er det å så tidlig på denne svært tørkeutsatte jorda. Isteden var jordet blant det siste som ble sådd i området.

Planteveksta påvirker ikke bare avlingsnivået, men den biologiske aktiviteten i form av planter som kan ta opp vann og lettløselig næring, skille ut syrer som øker forvitring og letter næringsopptak, og som kan være i samspill med mikrolivet i jorda, er vesentlig for å få resultater av stenmjølet. I senere vekstsesonger bør det derfor tilstrebes såing så snart jorda er klar. Det vil nok oftest være i løpet av april.

Tall for tusenkornvekt indikerte ingen signifikante forskjeller med årsak i ulik behandling, ei heller talla for hektolitervekt.

Gruppert etter beliggenhet i feltet, var det heller ingen tydelige forskjeller for tusenkornvekt, men det var en tendens til høyere hektolitervekt nederst i forsøksfeltet når det gjelder havre.

For bygg var det ofte så lave avlinger at det ikke var nok korn til hektolitervektprøver, iblant heller ikke til tusenkornvektprøve. Disse analysene for bygg kan derfor ikke vektlegges mye.

Havreavlingene viser tydelig lavere avlinger høyest i terrenget, både ved langsgående og tverrgående gruppering av felta, men justering for spiregraden reduserer avlingsspennet betydelig. Men den fortsatt tydelige gradienten tyder på at de nedre felta har en sikrere vannhusholdning enn de øvre. Det kan bl.a. sees på et noe høyere moldinnhold, men den stadige skråningen med skarpere sandjord høyere i terrenget, kan òg tilsi noe større partikkelstørrelse, kanskje ørlite mer sten og varmere jord høyere i terrenget. Terrenget er i tillegg noe flatere nederst, brattere øverst i feltet.

Kornfordelingsanalysene ble gjort på 4 samleprøver delt inn på tvers av feltet. Kanskje en ville sett større forskjeller i kornfordeling om en hadde delt inn feltet på langs, da ville høydeforskjellen komme tydeligere fram.



Bilde 27 tatt 24. juli 2018 fra det nordøstre hjørnet i forsøksfeltet mot sørvest. Havrefelta i rad 12 og 13 nærmest kamera bærer preg av glissent bestand pga. lav spiregrad, og senere kraftig tørke. Byggplantene i rad 11 er knapt synlige. Feltet med åpen jord nederst i bildet, ligger utafor forsøksfeltet og ble ikke sådd.

En annen faktor som må nevnes som forstyrrer avlingsresultata, er at den nederste langsida av feltet befinner seg ca. 5 meter fra jordekanten. Der er det et gammelt, lavt stengjerde i overkant av åpen grøft ut mot sandveien nedafor. Langs denne kanten sto det en del løvtrær, hovedsakelig osp og hegg, ca. 5-15 meter høye. Disse ga ørlite kjærkommen skygge under arbeidet med spreing av stenmjøl, og kan i 2018 ha gitt en liten fordel ved å gi noe skygge deler av dagen for de nedre felttrekkene, og har kanskje redusert vinduttørkinga noe. Men trea har òg forsynt seg rikelig av vannet i jorda, og spesielt i deler av behandlingsrutene 202 og 302 var det tydelig redusert høydevekst i noen områder, med klar sammenheng med nærhet til de største ospetrea langs jordekanten.

Disse trea ble hogd kort tid etter såing i 2019, i håp om å eliminere denne forstyrrende faktoren. Tross hogst kan en fortsatt se at planteveksta i rute 202 og 302 er noe redusert i samme område som i 2018. Denne faktoren må tas med i vurderingene videre framover. Rotskudd bør nok helst fjernes hvert år, og sprøyting med glyfosat vurderes.



Bilde 28 tatt 24. juli 2018 kl. 17.30 fra det nordvestre hjørnet i forsøksfeltet, i sørøstlig retning. Områder med redusert høydevekst vises tydelig i den nederste feltrekka. Skyggen fra ospetrea dekker deler av forsøksfeltet.

Tabell 21, med tverrgående gruppering av felta, viser for havre omtrent samme tendens til gradvis avlingsnedgang dess høyere i terrenget som ved langsgående inndeling, mens tendensen er klart sterkere for bygg ved deling på tvers. Talla er uansett veldig små, og noen god forklaring er ikke funnet.

Utover det tabellene viser, kan det nevnes at flere av byggfelta som var kalka, framsto som friskere i grønnfarven enn de andre byggfelta. Det kan tyde på at kalken hadde begynt å virke, men for sent til å gi positive utslag på avlinga.

4.2 Kjemisk innhold i kornet

Generelt: Det er innhenta gjennomsnittstall for kjemisk innhold i bygg og havre fra Felleskjøpet. De kjøper inn store mengder norsk korn som brukes i egen kraftfôrproduksjon, og må derfor vite hva det inneholder. Det kan være en del variasjon fra sesong til sesong, men talla er gjennomsnitt sett over flere år (epost-kommunikasjon, Åshild H. Ryan, fagsjef optimering hos Felleskjøpet Agri, 31/7 og 13/8 2019).

Tabell 30: Oversikt over kjemisk innhold i korn fra forsøket versus normalverdier

Kornslag	Kalsium g/kg	Kalium g/kg	Magnesium g/kg	Fosfor g/kg
BYGG, Normal	0,9	4,3	1,1	3,1
BYGG, Forsøk	0,63	6,52	1,62	3,93
HAVRE, Normal	1,0	3,9	1,1	2,9
HAVRE, Forsøk	0,98	6,48	1,29	3,78

Kilde for normalverdier: Felleskjøpet Agri SA

Talla viser lave kalsiumverdier for bygg, normale for havre. Både kalium, magnesium og fosfor viser høyere verdier enn normalt. Dette antas å ha med tørkesommeren 2018 å gjøre, da mineralinnholdet trulig ble mer konsentrert pga. like mye næring i jorda som vanlig, men lav avling pga. lite vann.

Det at kalsium-innholdet ikke er høyere enn normalverdiene, kan ha å gjøre med lav pH og lavt kalsium-innhold i jorda.

For mikronæringsstoff bruker Felleskjøpet tall fra en cvb-tabell, med noe justering ut fra egne analyser.

Tabell 31: Oversikt over mikronæringsstoff i korn fra forsøket versus normalverdier

Kornslag	Kobber mg/kg	Mangan mg/kg	Sink mg/kg
BYGG, Normal	4	16	24
BYGG, Forsøk	4,1	32,8	98,3
HAVRE, Normal	4	37	26,7
HAVRE, Forsøk	3,9	61,9	86,5

Kilde for normalverdier: Felleskjøpet Agri SA

Kobberverdiene er som normalt, mens innholdet av mangan og sink er betydelig høyere enn normalt. Dette antas å skyldes tørkesommeren, da det ikke er noen forskjeller som kan tilskrives de ulike behandlingene i forsøket. Det at kobberverdiene ikke er høyere enn normalt, kan kanskje ha å gjøre med lavt kobber-innhold i jorda.

Tall for total-nitrogen kan omregnes til råprotein-% og sammenlignes med råprotein-innhold i korn. I tall fra Felleskjøpet og beregninger i tabell X, er det brukt omregningsfaktoren 6,25 (Harstad og Vangen, 2015).

Tabell 32: Innhold av råprotein i % i tørka og rullert norsk korn mottatt hos Felleskjøpet

År:	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Bygg	10,1	9,5	9,9	9,2	9,9	10,4	9,0	9,8	9,0	12,0
Havre						10,2	8,7	10,3	9,8	13,0

Kilde: Felleskjøpet Agri SA

Tabell 33: Oversikt over proteininnhold i korn fra forsøket versus normalverdier

Kornslag	Kilde	Total-N %	Råprotein %
BYGG	FK Normal 2009-2017	1,54	9,64
	FK Normal 2018	1,92	12
	Forsøk	3,10	19,38
HAVRE	FK Normal 2014-2017	1,56	9,75
	FK Normal 2018	2,08	13
	Forsøk	2,77	17,31

Kilde for normalverdier: Felleskjøpet Agri SA

Vurdering av tall fra forsøksfeltet:

Analysedata for kjemisk innhold i malt helkorn, viser ingen signifikante forskjeller mellom ulike behandlinger (tabell 22, 23 og 25). Gjennomsnittstallene som ser i tabellene kan tyde på visse forskjeller, men variasjonen er for stor og antall prøver for få til å gi signifikante forskjeller.

Når en ser resultatene gruppert etter plassering i feltet, er det heller ingen tydelige forskjeller å se, men med enkelte mulige unntak:

1: Det kan anes en tendens til høyere kalsium-innhold på felte høyest i terrenget, spesielt for bygg (tabell 24).

2: Tallene for kobberinnhold (tabell 26) i bygg og havre kan tyde på høyere innhold i de nederste felte, både ved inndeling på langs og på tvers, sterkest tendens ved inndeling på tvers av feltet.

3: Tallene for manganinnhold (tabell 26) varierer en del med ulik høyde i feltet, men variasjonen framstår noe forvirrende. I bygg er det høyest innhold i tverrblokk 400, ellers ingen soleklare tendenser.

I havre er det ganske tydelig at manganinnholdet er høyest nederst i feltet ved langsgående deling, mens ved tverrgående deling er det motsatt. Dette framstår som noe merkelig, men mangan er et stoff som skiller seg en del ut fra andre næringsstoffer, og kan gi litt overraskende utslag. Ved pH under 5,5 øker faren for at mangan blir tilgjengelig i skadelig store mengder. Mangel forekommer derfor heller etter sterk kalking. I tillegg kommer det spesielle forholdet med at manganopptaket bedres ved kompakt jord. Sandjord er heller ikke

det beste utgangspunktet med tanke på manganinnhold i jorda, derfor nevnes sandjorda langs raryggene på begge sider av Oslofjorden som utsatt for manganmangel ved løs jordstruktur og etter sterk kalking (Aasen 1997).

På dette jordet er imidlertid jorda så sur at det neppe er noe problem. De tilførte mengdene med kalk/stenmjøl antas heller ikke å heve pH så mye at det blir et problem, men jorda er ganske løs, og traktorspor o.l. faktorer kan bidra til variasjon i manganopptak. Derfor kan nok òg manganinnholdet variere en del fra år til år pga. ulike fuktighetsforhold under traktorkjøring og gjennom vekstsesongen.

Talla for sinkinnhold (tabell 26) kan for bygg se ut til å ha en økende tendens høyt i terrenget. Denne tendensen er vanskelig å se i talla for havre. Det er størst fare for sinkmangel ved høy pH. Sandjord er spesielt utsatt. Høyt moldinnhold kan bidra til å sikre sinktilgangen (Aasen 1997). Det spekuleres ikke videre i evt. årsakssammenhenger rundt den lille gradienten i sinkinnhold, da byggavlingene var svært lave og sterkt variable.

Mer generelt bør en være oppmerksom på at kalium-innhold i korn og halm kan være svært forskjellig. Ifølge analyser gjort av Bærug i forbindelse med et stenmjølforsøk på 1980-tallet, kunne kalium-innholdet i % av tørrstoff variere fra 0,3 – 4,2 % i halm, samtidig som korn fra samme forsøk bare varierte fra 0,49-0,65 %, og det var faktisk oftest mest kalium i kornet der det var minst i halmen (Bærug, 1991).

Om en ønsker å se kalium-effekten i forsøket, kan det derfor være svært viktig at det gjøres analyser av halmen.

I 2018 ble det svært lite halm, men med forsøkestreskeren legges halmen fra hver treskerute i en stor haug i hvert felt. Det må vurderes hva en helst bør gjøre med halmen i et langvarig forsøk som dette for å unngå at plassering i ruta eller f.eks. flytting av halm under jordarbeiding forstyrrer forsøket.

4.3 Jordprøveresultat

Jordprøver ble tatt både vår og høst, og med tanke på evt. effekter av de ulike behandlingene, har det blitt sett etter endringer fra vår til høst.

Når det gjelder de naturlige variasjonene i feltet uavhengig av behandlingene, gir jordprøvene verdifull informasjon som kan brukes til å tolke avlingsresultata videre framover.

Spesielt ettersom mye tyder på ganske stor naturlig variasjon innad i forsøksfeltet, der avlingsnivået kan svinge mye fra år til år og det dårligste feltet det ene året kan bli det beste året etter, vil jordprøvene kunne vise seg å bli den mest stabile indikatoren for effekter av ulike behandlinger.

Om en ser etter effekter av de ulike behandlingene, er det svært få signifikante resultat å se, og de som er er helt i tråd med forventningene; tilførsel av dolomittkalk øker pH og AL-løselig magnesium og kalsium.

Det er altså ikke sett effekter av det tilsatte stenmjølet.

Jordart: Jordprøvene for hele jordet fra 2003 og 2008 er klassifisert som mellomsand, prøva fra 2015 som finsand. Egne kornfordelingsanalyser (tabell 15) konkluderer svært tydelig med at jorda i forsøksfeltet er mellomsand.

I alle de 3 nevnte jordprøvene er leirklassen satt til 1, dvs. <5 % leire. Kornfordelingsanalysene fra forsøksfeltet viser at det bare er 1-2 % leire i jorda. Glødetapet skal da ikke korrigeres ved fastsettelse av moldinnhold. Begrepa glødetap og moldinnhold brukes derfor synonymt ved omtale av prøveresultat fra forsøksfeltet og jordet omkring det.

Ettersom forsøksfeltet befinner seg i den nedre og beste delen av jordet, kan leirinnholdet være noe høyere enn for jordet totalt sett.

Tørrstoff og glødetap (tabell 27): Tidligere jordprøver fra dette jordet, viser et glødetap på 3,4 % i 2015. I 2008 og 2003 ble jorda satt i moldklasse 1, som indikerer et lavt moldinnhold under 3 %. I egne jordprøver for hele jordet, var det et moldinnhold på 4,1 om våren og 3,8 om høsten.

Forsøksfeltet har noe høyere moldinnhold enn jordet totalt sett, med 5,2 % om våren og 4,8 % om høsten.

Ettersom en aldri får tak i nøyaktig den samme jorda vår og høst, er det vanskelig å konkludere med at moldinnholdet er endra fra vår til høst. Tendensen tll det er sterkere i de 2 samleprøvene enn gjennomsnittet av de 16 ruteprøvene. Gruppert på langs og på tvers, kan en se en svak tendens til at moldinnholdet er redusert i de høyeste felta, mens det har øka litt i de nederste.

Moldinnholdet øker ved frisk plantevekst, og kan reduseres av faktorer som sterk varme og tørke, noe det var rikelig av etter norske forhold i 2018. Forsøksfeltet framsto nærmest som en halvørken. Det har i tillegg blitt gjort betydelig jordarbeiding, med pløying og 3 gangers harving, uten at det har gitt ønska resultat i form av god plantevekst. Luftig sandjord er heller ikke like god til å akkumulere organisk materiale som noe mer finkorna jordarter

(Brady & Weil, 2010). Fra høsting fram mot jordprøvetaging kom det riktignok en del nedbør, men det var knapt nok planter som kunne vokse der. Det er derfor ikke usannsynlig at moldinnholdet kan ha gått noe ned i løpet av vekstsesongen.

Hvis problemstillinga i denne oppgava hadde vært; «hvordan kan en best sikre god vekst på jordet Visterbråtan», ville nok et av svara være å øke moldinnholdet, f.eks. ved tilsetning av tungtløselig husdyrgjødsel som halmtalle eller hestemøkk. I tillegg kan en være oppmerksom på å redusere tapet av organisk materiale, f.eks. ved å sørge for plantedekke gjennom store deler av vekstsesongen, og unngå for kraftig jordarbeiding. Halmen bør helst føres tilbake i jorda.

Det er en tendens til øka moldinnhold i felta der det er tilført kalk, men dette er ikke signifikant. Ettersom kalk bedrer planteveksta og stimulerer mikrolivet i jorda, er det ikke umulig at kalking kan bidra til større moldinnhold.

pH-analyser (tabell 28): Generelt gikk pH ganske betydelig ned fra vår til høst, med unntak av der det ble tilført kalk. Tendensen er tydeligst i vannløsning, noe lavere i CaCl-løsning, men ettersom pH-skalaen er logaritmisk og CaCl-løsningene hadde pH rundt 4,3, mens vannløsningene hadde pH rundt 4,9, er dette som forventa. pH 4 er 10 ganger surere enn pH 5, så ved en ellers identisk endring i surhetsgrad, vil det vises tydeligere på pH-skalaen ved pH rundt 5 enn ved pH rundt 4. Vanligvis brukes vannløsning ved måling av pH i jordprøver, så det er analysetalla for vannløsning det tas utgangspunkt i ved videre kommentarer. CaCl-metoden er brukt i tillegg for å verifisere tendensene fra analysene i vannløsning.

Hovedgrunnen til at pH generelt har gått betydelig ned fra vår til høst, antas å være mye rest-nitrogen fra tilsatt Opti-NS i jorda. Tross en god del nedbør utover høsten, kunne en ved jordprøvetaging 29. oktober fortsatt finne uoppløste kalkgranulat i jorda. Det ble ikke observert uoppløste gjødselkorn, men med de ekstreme forholda i 2018, kan det antas at gjødsla har blitt sent oppløst, og i liten grad blitt tatt opp av plantene. Utvasking av betyding kan det bare ha vært i løpet av september, da det kom 145 mm nedbør.

Det ble tilført ca. 10 kg N/dekar i form av Opti-NS. Halvparten av nitrogenet i Opti-NS er i form av nitrat, halvparten som ammonium. Nitrat tas lett opp av planter og vaskes lett ut. Ammonium er noe mer langtidsvirkende og vaskes ikke så lett ut. Ammonium-N omdannes til nitrat-N gjennom nitrifikasjon, som er en forsurende prosess. Den forsurende effekten kan være sterkere når N-gjødsel tilføres i kombinasjon med svovel-gjødsel. Opti-NS har et relativt høyt svovel-innhold. Hvis det har skjedd ei netto mineralisering (reduksjon) av organisk materiale gjennom året, kan det òg bidra til lavere pH (Havlin et al, 2014).

Det er ikke sikkert pH-nedgangen i prøvene er representativ for det som har skjedd i jorda, men kan framstå kraftigere enn reelt ved at ammonium har blitt nitrifisert etter tilsetning av vann, og dermed gjort løsningen surere. Den relativt kraftige pH-nedgangen fra vår til høst er derfor forhåpentligvis noe forbigående.

Når det gjelder plassering i feltet, er det ikke lett å se noen tydelig tendens til at pH er høyere eller lavere i deler av feltet, eller at denne faktoren har påvirket endring i pH. pH-nedgangen ser ut til å ha vært aller størst i prøva for hele jordet. Dette ble tilsådd med havre og gjødsla med Yara fullgjødsel 20-4-11 kort tid etter at forsøksfeltet ble sådd. Avlinga var

ikke bedre der enn i forsøksfeltet, i de verste områdene trulig lavere, og dermed mer gjødsel som ikke har blitt tatt opp.

Det bør nevnes at metoden for å måle pH («norsk metode») avviker noe fra den som brukes av det mye brukte laboratoriet Eurofins («svensk metode»), der det tilsettes 50 ml vann. pH-målinga vil da indikere en pH som er 0,1 -0,2 enheter høyere. Det må tas i betraktning ved sammenligning med de eldre jordprøvene for eiendommen (tabell i kapitlet om forsøksfeltet). Analysene i 2015 er gjort av Eurofins.

For felta som ble kalka, er som nevnt økinga i pH tydelig og signifikant. I sandjord med <5 % leire og 4-6 % organisk materiale, kreves det 30 kg CaO for å heve pH med 0,1 enhet. Det ble tilført 500 kg dolomittkalk/dekar, med en CaO-verdi på 54/54. Altså ble det tilført 270 kg CaO/dekar, som burde heve pH med 0,9 enheter på denne jorda. pH steg med 0,66 enheter, altså noe mindre enn det teorien skulle tilsi. Men disse felta er utsatt for de samme forsurende prosessene som de som ikke har blitt kalka. I øvrige felt er pH redusert med ca. 0,25 enheter. Det tyder på at kalken har heva pH tilsvarende ca. 0,9 enheter, som forventa.

Denne effekten kom imidlertid fram gjennom jordprøveanalyser, der jord løses i vann. Da løses kalk godt opp. Ved prøveuttak 29. oktober kunne en fortsatt finne uoppløste kalkgranulat i jorda. Korndyrkingsresultata tyder ikke på at kalken har hatt nevneverdig effekt. En del kalk har nok blitt løst opp i tida mellom tresking og jordprøveuttak, men det er grunn til å tru at den pH-økinga jordanalysene viste, ennå ikke var fullført ute i feltet, pga. manglende nedbør.

Ammoniumlaktat-analyser (tabell 29):

Analysene for lettløselig fosfor, kalium, magnesium og kalsium, viste klart utslag av kalking for verdiene av kalsium og magnesium. Dette er som forventa.

Stenmjølet ser derimot ikke ut til å ha hatt noen effekt så langt.

Forøvrig viser analysetalla et moderat høyt innhold av fosfor, et moderat lavt innhold av kalium, og et stort behov for tilførsel av magnesium og kalsium.

Kalium-innholdet tilsvarende ca. 6 mg/100 g jord klassifiseres som «lite», men sett i forhold til likevektsnivået for jordarten 3 mg/100 g jord, er det ikke spesielt lavt. Eldre jordprøver tyder på at K-nivået har holdt seg ganske stabilt rundt dette nivået i mange år, men nivået indikerer at det er anbefalt med noe kalium-gjødsling utover norm. Grunneier har da òg stort sett brukt fullgjødsel med relativt høyt innhold av kalium. Når det i forsøket isteden brukes gjødsel uten kalium, bør det etterhvert komme tydelig fram om de ulike stenmjøl-typene har noen kalium-effekt (Yara 2016).

Som nevnt under diskusjonen rundt kjemisk innhold i korn, må det vurderes hva en bør gjøre med halmen for å hindre at feil behandling av den forstyrrer forsøksresultata.

Fosfor-innholdet klassifiseres fortsatt som «moderat høyt». Ettersom grunneier sier han knapt nok har kjørt husdyrgjødsel dit, må det skyldes at det har blitt brukt mineralgjødsel med mye fosfor. Nivået har holdt seg stabilt gjennom mange år. Det kan tenkes at det høye nivået delvis kan spores helt tilbake til dengang det var revefarm ved jordet, og det sikkert

ble spredd mye revemøkk på jordet som lå nærmest. Men uten god gjødsling i de senere tiår, ville nok nivået vært lavere. Når det nå brukes gjødsel uten fosfor i forsøket, kan det kanskje vises etterhvert, men fosfor-reservene i jorda tar ofte lang tid å redusere. Et P-AL nivå rundt 10 tilsier at P-gjødsling bør reduseres med ca. 40 % i forhold til normgjødsling for korndyrking (Yara 2016)

De ulike behandlingene har ikke signifikante utslag, men det er en tydelig generell tendens til at P-AL-nivået er høyere i høstprøvene enn vårprøvene. Det kan skyldes at det har skjedd mineralisering av fosfor fra organisk materiale eller at annen fosfor i jorda har blitt gjort tilgjengelig gjennom året. Det meste av uttak av fosfor skjer gjennom at det tas vekk avlinger (Havlin et al 2014). I 2018 ble det knapt tatt ut avling, så det er derfor ikke utenkelig at P-AL kan ha øka gjennom vekstsesongen pga. naturlige prosesser i jorda.

Ei annen mulig forklaring kan være om jordprøveboret har blitt ført til ulik djubde vår og høst. Det er spesielt i beitemark eller jord som sjelden pløyes at P-nivået kan være markert høyere i de øverste 5-10 cm, og at det kan ha stor betydning hvor langt ned jordprøveboret føres. Denne jorda har stort sett blitt pløyd hvert år, og i den løse jorda har det vært vanlig å pløye relativt djupt, kanskje ned mot 25 cm. Det er heller ingenting som tilsier at jordprøvene er tatt ulikt vår og høst.

En bør òg legge merke til at P-AL-nivået er lavest i de lavestliggende og høyest i de høyestliggende felta. Det kan ha sammenheng med nærhet til den for lengst nedlagte revefarmen, eller ha sammenheng med avlingsnivået. Hvis dette ofte er høyest i de nedre felta pga. størst tørketoleranse, og det blir brukt samme gjødsel over hele jordet, kan det over tid bygges større fosfor-reserver der avlinga er lavest. Grunneier oppgir imidlertid at åkrene stort sett har vært ganske jamne der forsøksfeltet er, og i 2019 ser det ut til å bli best avlinger i de øvre felta. Det skal uansett bli interessant å følge utviklinga i fosfornivå over tid.

Magnesium-innholdet er svært lavt, ca. 1 mg/100 g jord. Det er like lavt som i jordprøvene tatt i 2015. I 2003 var det på 5 mg/100 g jord, alt i 2008 var det nede på 2 mg/100 g jord. Sett i sammenheng med gamle pH-prøver, gjør talla det rimelig å anta at jordet Visterbråtan har blitt kalka med dolomittkalk en eller annen gang ikke så lenge før 2003, og at magnesiumet på denne svært leirfattige jorda har gått ut i løpet av ganske få år.

Den tilførte kalken inneholder 12 % magnesium. Med 500 kg/dekar har det da blitt tilført 60 kg magnesium. Plogsjiktet i et dekar med denne jorda veier ca. 300.000 kg. Det har da blitt tilsatt 20 mg/100 g jord. Ca. 6 mg eller 30 % av disse, kan finnes igjen som endring i AL-løselig magnesium i jordprøvene.

Innholdet av plantetilgjengelig kalsium er lavt, men noe høyere i forsøksfeltet enn hele jordet. I kalk-rutene har det blitt tilført 500 kg kalk/dekar, tilsvarende 102,5 kg kalsium/dekar. Jorda i plogsjiktet har ei volumvekt på ca. 1,5. 200 kbm. jord veier da 300 tonn, 300.000 kg eller 3.000.000 hg. For hvert hg jord er det ca. 19 mg AL-løselig kalsium, dvs. totalt 57 millioner mg/dekar, eller 57 kg/dekar. I felta som har blitt kalka, har Ca-AL øka

med ca. 13 mg/100 g jord, eller 39 kg/dekar. Det betyr at 38 % av de tilsatte 102,5 kg kalsium kan finnes igjen under AL-prøver.

I 2003 hadde jorden Visterbråtan en noenlunde normal pH på 5,7. Ca-AL var da 42 mg/100 g jord. Andre jordprøver fra samme eiendom i samme år, med pH 5,6-5,8, hadde Ca-AL fra 87-134, hovedsakelig på jordartene siltig mellomsand og siltig finsand. Altså 2-3 ganger høyere. Det kan tyde på at jorda på Visterbråtan tross kalking kan ha et Ca-innhold en del lavere enn annen jord i nærområdet.

4.4 Vurdering av stenmjøl fra Moss og Råde pukkverk som jordforbedringsmiddel

Stenmjøl kan ha flere gunstige effekter. Under de 2 undertitlene videre nedover er det lagt mest vekt på tilførsel av ulike næringsstoff. Effekten på de fysiske jordegenskapene er ikke vurdert. Det antas at den kan være størst ved tilførsel til kaldere og tettere jordtyper som myr, silt og leire. I dette forsøket tilføres nærmest «fersk sand» til et jorde som faktisk ligger på en registrert grusressurs. Jorda er luftig og varm fra før, men kanskje tilførsel av næringsrik sand kan virke positivt på mikrolivet.

I tabell 10 er det gjort en enkel test av kalkeffekt. Denne antyder en mulig pH-hevende effekt. Det kreves imidlertid så store mengder for å heve pH nevneverdig at det neppe vil være aktuelt å bruke stenmjølet primært som kalkingsmiddel. Det fins kalk godkjent for økologisk drift som nok vil være langt mer konkurransedyktig for å heve pH. Det som ikke går fram av tabellen, er at stenmjøl kanskje kan ha en større langtidsvirkning enn kalk. Det kan videre forsøk fortelle mer om.

Tidligere forsøk tilsier at stenmjøl kan tilføre næring, men at god vekst er viktig for best effekt, da det gir raskere forvitring. Det kan være viktig å tenke på videre i forsøket. I tillegg til at jorda er tørkeutsatt, er sur jord den viktigste vekstbegrensende faktoren. Det begrenser i stor grad hvilke vekster det kan forventes å få noe særlig avling av. Havre er nok mest aktuelt av vårsådde ettårige vekster. Sur jord framskynder riktignok forvitring, men hemmer vekst av planter som òg kunne bidratt til raskere forvitring. Dette forholdet må tas i betraktning ved planlegging av gjødsling og kalking kombinert med bruk av stenmjøl.

4.4.1 Innholdet av næring sett opp mot vanlig innhold i jord, gjødsel og avling

I tabell 34 under, sammenlignes analyseverdier for stenmjølet med en del andre aktuelle størrelser. Spesielt for det vanlige kjemiske innholdet i jord, er det stor variasjon fra sted til sted og jordart til jordart, men tallene kan gi en viss pekepinn om hvor store mengder som skal til for å utgjøre en forskjell. I de 4 kolonnene til høyre er oppført aktuelle verdier å sammenligne med når det gjelder hva avling fører bort av næring, og hvor mye som kan være aktuelt å tilføre årlig med industrielt framstilt gjødsel eller naturgjødsel.

Det som tilføres totalt viser det maksimale potensialet. Om det er lite, kan en ikke regne med særlig effekt. Er det betydelig, avhenger effekten av om og når det blir tilgjengelig for plantene.

AL-prøvene er ment å indikere hva som er plantetilgjengelig, men både Bærug (1991) og Speetjens (2007) viser at plantene kan ta opp kalium tilsvarende eller mer enn innholdet av syreløselig kalium i jorda. Speetjens nevner at det er løst opp mer fosfor enn plantene klarte å ta opp, tross at AL-verdiene var moderate. Det stilles derfor spørsmål ved hvor korrekte AL-analyser er for å vurdere effekten av stenmjøl.

I dette forsøket er K-HNO₃-analyse bare utført for kalium, Bærug bruker metoden på magnesium og kalsium i tillegg.

Fosfor:

Fosforinnholdet i stenmjølet fra Moss er relativt høyt. Det totale innholdet tilsvarer 5-10 års gjødsling, og det AL-løselige alene er nær ved å gi nok fosfor til et års korndyrking. 5 tonn/dekar er nok langt mer enn det en anser som aktuell tilførsel årlig eller periodisk, men er brukt i forsøket for å se tydelige effekter.

Så lenge det er noe usikkert hvor mye av dette fosforet som blir tilgjengelig for plantene, og hvor godt det overskytende fosforet bindes i jorda, bør en være oppmerksom på mulig forurensningsfare om det tilføres store mengder av dette stenmjølet. Det kan f.eks. være aktuelt ved såkalt sandkjøring på myr, der det kan tilføres svært store mengder. Solberg (1928) nevner at det i forkant av et forsøk på myr ble tilkjørt så mye som 30 m³/dekar av utvaska morenesand. Svein Skøien skriver at *«på myrjord med lite innblandet sand vil bindingsevnen for P være svært begrenset og utvaskingsfaren for P være stor. Selv ved lave P-AL-tall anbefales det ikke å øke normgjødslingen med mer enn maksimalt 50 prosent»* (Skøien, 2008). Om en vurderer å kjøre ut store mengder stenmjøl for å bedre de fysiske egenskapene til myrjord, bør risikoen for utvasking av fosfor tas hensyn til. Det er nokså nylig skrevet ei masteroppgave ved NMBU om ulike fosforbindingsegenskaper i ulike jordtyper (Sævarsson, 2014).

Sandkjøring på myrjord er ikke et tema for denne oppgava, men kan være et alternativt bruksområde der det neppe er store summer å hente, men der en kan redusere lageret av stenmjøl. Det er neppe store areal med myrjord i nærområdene til disse pukkverka, men det brukes ofte svært store mengder pr. dekar.

Fosforinnholdet i stenmjølet fra Råde, er derimot svært lavt, og total tilførsel tilsvarer omtrent 1 års normalgjødsling. Alle mineralverdiene i stenmjølet fra Råde er ganske lave, og det gjør det mindre aktuelt som jordforbedringsmiddel, men kanskje det kan være mer aktuelt som vekstmedium i blanding med kompost, myrjord eller naturgjødsel.

Kalium:

Stenmjølet fra Moss har et betydelig innhold av kalium. Sammenligna med de totalt 5 stenmjøltypene brukt av Bærug (1991) og Speetjens (2007), har stenmjølet klart høyest innhold av syreløselig kalium. Totalinnholdet er òg høyt. Kalium er utvilsomt det næringsstoffet det har blitt fokusert mest på i tidligere forskning på stenmjøl, så et høyt innhold av plantetilgjengelig kalium er et svært godt utgangspunkt med tanke på jordforbedring. Ved tilførsel av større mengder, bør en vurdere om det kan bli et problem

med luksusopptak av kalium, som kan gi redusert opptak av kalsium og magnesium, som igjen kan bidra til mer mjølkefeber eller graskrampe hos drøvtyggere.

Innholdet i stenmjølet fra Råde er derimot lavt. Det er som forventet at gjødseffekten ville være lav, ettersom kalium i feltspat er svært lite plantetilgjengelig. Men feltspat inneholder generelt mye kalium, derfor er det noe overraskende at totalinnholdet av kalium er såpass lavt.

Magnesium:

Stenmjølet fra Moss inneholder relativt mye Mg-AL, men totalinnholdet er ikke spesielt høyt. De 5 tonna som ble tilført bidrar likevel ikke med mer enn snaut 10 % økning av Mg-AL på denne jorda som fra før har svært lavt Mg-innhold. Det er ikke nok til et års Mg-behov. Men total tilførsel på 75 kg kan bety nær ei dobling av Mg-innholdet på jord med lavt Mg-innhold. På myr og sand kan dette ha stor betydning over tid. 500 kg dolomittkalk inneholder til sammenligning 60 kg Mg. Den totale mengda er altså ikke uoverkommelig for dette stenmjølet, men det er langt større usikkerhet når det gjelder hva som blir plantetilgjengelig. Som et forråd over mange år, kan det ha god effekt, men det kan ikke anbefales som strakstiltak ved påvist Mg-mangel.

Stenmjølet fra Råde tilfører totalt 15 kg Mg, altså betydelig mindre, men hvis alt etter hvert blir tilgjengelig for plantene, tilsvarer det omtrent 30 års Mg-gjødning. Mg-AL tilsvarer imidlertid bare ca. 20 % av årlig gjødselbehov. Det totale Mg-innholdet på 0,3 % tilsvarer omtrent Mg-innholdet i ei mineraljord med brukbare Mg-reserver. Et godt utgangspunkt for et dyrkingsmedium, men lite potensiale til jordforbedring.

Kalsium:

Stenmjølet fra Moss har et midlere innhold av kalsium sammenlignet med andre stenmjøl fra tidligere forsøk. 500 kg dolomittkalk tilfører til sammenligning 103 kg kalsium. 5.000 kg stenmjøl fra Moss gir altså noe mer, men det blir mye saktere tilgjengelig. Det AL-løselige kan dekke noen få års Ca-behov, men som for magnesium kan dette stenmjølet ikke anbefales som strakstiltak ved påvist Ca-mangel, men som et forråd for mange år. pH i jorda vil ha stor betydning for hvor mye Ca som er plantetilgjengelig.

Stenmjølet fra Råde har et mye lavere Ca-innhold, men som for både P, K og Mg, har det en høyere relativ andel AL-løselig næring. En kan derfor anta at de evt. positive effektene en vil se av det, vil være høyest de første åra, mens effektene av stenmjølet fra Moss både vil være høyere de første åra, og vare betydelig lenger enn stenmjølet fra Råde (jfr. erfaringene Bærug (1991) hadde med syenitten i forsøket).

Svovel:

Total tilførsel på 5 kg med 5 tonn av stenmjølet fra Moss, tilsvarer potensiale til å dekke gjødselbehovet i ca. 5 år, avhengig av hva som etter hvert blir plantetilgjengelig. Det er ikke i veien, men det er neppe svovel-innholdet som blir avgjørende når noen skal vurdere å ta i bruk dette på egen jord.

Stenmjølet fra Råde tilfører totalt noe under ett års svovel-behov, altså enda mer ubetydelig.

Jern:

Stenmjølet fra Moss inneholder en god del jern, mens det fra Råde har lite. Jerninnhold har størst betydning på organisk jord. En bør ta med i vurderingene at jern (og aluminium) kan binde fosfor i jord, ikke bare i det som tilføres, men det som er i jorda fra før. Uansett om en er mest bekymra for næringstap eller forurensning; forholdet mellom jern/aluminium og fosfor kan ha betydning for hvor ulike typer stenmjøl bør brukes.

Sink, mangan, molybden, kobber og nikkel:

For disse mikronæringsstoffa inneholder stenmjølet fra Moss mengder av en viss betydning om en sammenligner med de laveste verdiene angitt i rubrikken «Totalt i jord» i tabell 34. Unntaket er molybden, som er det eneste stoffet der innholdet i stenmjølet fra Råde er høyere enn i det fra Moss. Stenmjølet fra Råde har generelt et langt lavere innhold av mikronæringsstoff, i likhet med makronæringsstoff.

Tabell 34: Sammenligning av tilførte mengder næring med 5 tonn stenmjøl pr. dekar med andre aktuelle verdier.

Tabell 34 a: Stenmjøl fra Moss

Næringsstoff	% i jord ¹	Kg/dekar								
		Totalt i jord ²	Vister AL-løselig ³	Tilført totalt ⁴	Tilført AL-løselig ⁵	Tilført K-HNO ₃ -løselig ⁶	37 kg Opti-NS ⁷	51 kg 20-4-11 ⁸	400 kg havre ⁹	3 t bløt-gjødsel, storfe ¹⁰
Fosfor	0,1	200	27	13,3	1,02			1,8	1,16	1,5
Kalium	2-3 (leire)	4000-6000	18	82,5	0,4	32,3		5,4	1,56	10,0
Magnesium	0,05-0,5	100-1000	3	75	0,27		0,26	0,51	0,44	1,3
Kalsium			57	132,5	5,75		2,2	0,97	0,40	2,4
Svovel	0,1	200		5			1,37	1,12		1,0
Jern	5	10000		395						
Sink	10-300 mg/kg	2-60		0,7					0,011	0,024
Mangan	20-3000 mg/kg	4-600		5,5					0,015	
Molybden	0,2-10 mg/kg	0,04-2		0,00055						
Kobber	10-80 mg/kg	2-16		0,11					0,0016	0,006
Nikkel	<100 mg/kg	<20		0,09						
Natrium				9	0,16					

Tabell 34 b: Stenmjøl fra Råde

Næringsstoff	% i jord ¹	Kg/dekar								
		Totalt i jord ²	Vister AL-løselig ³	Tilført totalt ⁴	Tilført AL-løselig ⁵	Tilført K-HNO ₃ -løselig ⁶	37 kg Opti-NS ⁷	51 kg 20-4-11 ⁸	400 kg havre ⁹	3 t bløt-gjødsel, storfe ¹⁰
Fosfor	0,1	200	27	1,85	0,21			1,8	1,16	1,5
Kalium	2-3 (leire)	4000-6000	18	13	0,14	6,0		5,4	1,56	10,0
Magnesium	0,05-0,5	100-1000	3	15	0,11		0,26	0,51	0,44	1,3
Kalsium			57	20,8	2,1		2,2	0,97	0,40	2,4
Svovel	0,1	200		0,85			1,37	1,12		1,0
Jern	5	10000		60						
Sink	10-300 mg/kg	2-60		0,16					0,011	0,024
Mangan	20-3000 mg/kg	4-600		1,95					0,015	
Molybden	0,2-10 mg/kg	0,04-2		0,0006						
Kobber	10-80 mg/kg	2-16		0,0345					0,0016	0,006
Nikkel	<100 mg/kg	<20		0,022						
Natrium				2,1	0,1					

Forklaringer til tabell 34 a og b:

¹ Vanlig innhold av næringsstoff i mineraljord henta fra Aasen 1997.

² Total-innhold i jord i kg /dekar beregna ut fra 2. kolonne og at ploglaget består av 200 kbm jord med volumvekt 1,0.

³ Beregna ut fra jordprøveresultat våren 2018, som i kolonne 3, men med volumvekt 1,5

⁴ Totalt tilført med 5 tonn/dekar stenmjøl fra Moss eller Råde.

⁵ Ammoniumlaktat-løselig andel av total tilførsel

⁶ Syreløselig andel av total tilførsel

⁷ Tilført med gjødsel brukt i forsøket, 37 kg Opti-NS

⁸ Innhold i 51 kg Fullgjødsel 20-4-11, sannsynlig anbefalt gjødsling med ordinær gjødselplan

⁹ Innhold ført bort med ei vanlig avling på 400 kg havre, beregna ut fra oversikt over kjemisk innhold i norsk korn fra Felleskjøpet Agri

¹⁰ Innhold i 3 tonn bløtgjødsel fra storfe med 6 % tørrstoff, aktuell naturgjødsling til korn. Tall beregna ved skjønn ut fra data publisert av Daugstad, Øverli Kristoffersen og Nesheim, 2012.

4.4.2 Sammenligning med analyseverdier for stenmjøl fra eldre forsøk

Tabellene 35 a-f: Oversikt over stofflig innhold i noen stenmjøl brukt i ulike norske forsøk. Til sammenligning med stenmjøl fra Moss og Råde pukkverk.

Tabell 35 a: Sammenligning av kaliuminnhold

		Vekt-%		Mg/100 g	
		K ₂ O	Kalium	K-HNO ₃	K-AL
Hansen 1981	Amfibolitt	4,0	3,3		
	Basalt	1,5	1,25		
	Gneis	1,9	1,58		
Bærug 1991	Gneis			295	2,9
	Syenitt			75	4,1
	Amfibolitt			430	3,7
Speetjens 2007	Biotittrik	1,55	1,29	430	5,3
	Apatittrik	0,2	0,17	52	1,0
Heim et al 2012	Ap.bio.kar. (Stjernøy)	3,1	2,57		
Dette forsøket	Moss		1,65	645	8,0
	Råde		0,26	120	2,7

Omregning: $K_2O \times 0,83 = K$

Tabell 35 b: Sammenligning av fosfor-innhold

		Vekt-%		Mg/100 g	
		P ₂ O ₅	Fosfor	P-HNO ₃	P-AL
Hansen 1981	Amfibolitt				
	Basalt				
	Gneis				
Bærug 1991	Gneis			68	3,4
	Syenitt			155	7,3
	Amfibolitt			185	13
Speetjens 2007	Biotittrik	0,21	0,09		4,4
	Apatittrik	5,02	2,19		48
Heim et al 2012	Ap.bio.kar. (Stjernøy)	3	1,31		
Dette forsøket	Moss		0,27		20,5
	Råde		0,04		4,2

Omregning: $P_2O_5 \times 0,436 = P$

Tabell 35 c: Sammenligning av magnesium-innhold

		Vekt-%		Mg/100 g	
		MgO	Magnesium	Mg-HNO3	Mg-AL
Hansen 1981	Amfibolitt	1	0,55		
	Basalt	6	3,3		
	Gneis				
Bærug 1991	Gneis			210	2
	Syenitt			100	2,5
	Amfibolitt			480	6,3
Speetjens 2007	Biotittrik	6,2	3,72		6,7
	Apatittrik	11,2	6,75		4,4
Heim et al 2012	Ap.bio.kar. (Stjernøy)	3,5	2,11		
Dette forsøket	Moss		1,5		5,3
	Råde		0,3		2,1

Omregning: $MgO \times 0,603 = Mg$

Tabell 35 d: Sammenligning av kalsium-innhold

		Vekt-%		Mg/100 g
		CaO	Kalsium	Ca-AL
Hansen 1981	Amfibolitt	2	1,43	
	Basalt	8	5,72	
	Gneis	6,9	4,93	
Bærug 1991	Gneis			140
	Syenitt			80
	Amfibolitt			170
Speetjens 2007	Biotittrik	7,4	5,27	201
	Apatittrik	9,5	6,78	112
Heim et al 2012	Ap.bio.kar. (Stjernøy)	27	19,3	
Dette forsøket	Moss		2,65	115
	Råde		0,42	42

Omregning: $CaO \times 0,715 = Ca$

Kommentarer til tabellene 35 a-d: Refererte data er henta fra rapportene i venstre kolonne. Det er gjort noe ulike analyser i de ulike forsøka, derfor er ikke alle felt utfylt. Tall i kursiv er omregna fra tall oppgitt i rapportene.

Tabell 35 e: Sammenligning av innhold av mikronæringsstoff og svovel. Alle verdier i mg/100g

	Dette forsøket		Speetjens 2007		Chaudhary et al 2012
	Moss	Råde	Biotittrik	Apatittrik	Avgang fra kobbergruve
Jern	7900	1200	5200	16760	17440
Svovel	100	17	76	185	9770
Sink	14	3,2	2,4	1,9	1644
Kobber	2,15	0,69	2,89	2,41	1921
Molybden	0,011	0,012	1,21	0,59	1,0
Mangan	110	39	19,6	11,4	62

Kommentar til tabell 35 e: Refererte data er henta fra rapportene nevnt i første rad

I tabellene 35 a-e over, er analyseverdier for stenmjøla i dette forsøket forsøkt sammenligna med verdier fra eldre norske publikasjoner (se eget kapittel side 11). Dette med tanke på å få et bedre bilde av hva som kan forventes av resultat framover. Det er noe variabelt hva slags analyser og metoder som har blitt brukt i eldre forsøk. Dessuten er det i mange forsøk brukt stenmjøl av rene mineraler, som f.eks. feltspat eller biotitt. I en del nyere forsøk er det òg forska på mer spesielle forekomster i nær tilknytning til gruvedrift, og avfallsprodukter fra gruver. I tabell 35 a-d er det bare satt opp stenmjøl av ulike bergarter. Forekomsten på Stjernøy er nok den mest uvanlige i disse tabellene, men den er tatt med for å vise mer av mangfoldet. Stjernøy-mjølet sies å være lovende, samtidig er det utfordringer med mulig toksisk innhold.

Det samme kan kanskje være tilfelle med avgang fra nedlagt kobbergruve ved Hokksund, som er tatt med i tabell 35 e, for å vise spennet i innholdet av mikronæringsstoff. Ei utfordring i disse tabellene kan være å vite hvor gode og sammenlignbare de ulike analysemetodene er, kanskje spesielt med tanke på oppgitt totalinnhold av ulike næringsstoff. Speetjens (2007) oppgir analysedata med både XRF (X-Ray Fluorescence) og en type ICP-måling. Avviket i resultat mellom de 2 metodene framstår for en del stoff som betydelig. Bl.a. for kalium er innholdet i det biotittrike stenmjølet nesten dobbelt så høyt målt med XRF som med en metode kalt ICP-J.

Det er ikke funnet kapasitet til å se grundigere etter årsaken til disse forskjellene foreløpig. Med tanke på forskjellene i totalinnhold mellom stenmjøl fra Råde og Moss, der Råde kommer veldig dårlig ut i egne analyser, kan en lure på om det ville sett annerledes med en annen målemetode for totalinnhold. Stenmjølet fra Råde har mye feltspat og en god del glimmer, mineraler som gjerne har et betydelig innhold av kalium. Det er som forventa at bergartene i Råde forvitrer sakte, og at innholdet av plantetilgjengelig næring er lavt, men det er noe overraskende at total-innholdet ser ut til å være såpass lavt.

Tabell 35 a indikerer at stenmjølet fra Moss har et innhold av kalium som er ganske høyt sett i forhold til andre stenmjøl. Spesielt verdiene for syreløselig kalium og AL-løselig kalium er betydelig høyere enn i andre stenmjøl det har blitt forska på tidligere.

Fosfor-innholdet (tabell 35 b) i stenmjølet fra Moss er òg høyt, bl.a. er P-AL-innholdet det høyeste i tabellen, med unntak av det apatittrike stenmjølet, som ble valgt ut spesielt med

tanke på innholdet av fosfor. Magnesium-innholdet (tabell 35 c) er bra, men noe mer på det jamne. Det samme gjelder kalsium-innholdet (tabell 35 d).

I tabell over mikronæringsstoff og svovel (tabell 35 e), framstår stenmjølet fra Moss med et relativt høyt innhold av sink, enda høyere av mangan. For kobber, svovel og jern er innholdet mer på det jamne, mens innholdet av molybden er veldig lavt. Ser en det opp mot tallene for avgang fra kobbergruva ved Hokksund blir imidlertid verdiene for svovel, sink og kobber i de 4 mer ordinære stenmjøla nærmest mikroskopiske. Så blir sjølsagt spørsmålet om dette gruveavfallet inneholder uønska stoff som en helst ikke vil ha med på lasset.

Stenmjølet fra Råde har hele veien veldig lave verdier sammenligna med andre stenmjøl, og antas foreløpig å ha best effekt som dyrkingsmedium, f.eks. ved innblanding med kompost.



Bilde 30 tatt 27. juli **2019** gir håp om bedre avlinger og kanskje mer interessante resultat framover.

5 Konklusjon

Forsøket gav i 2018 ingen indikasjoner på jordforbedringseffekt av stenmjøl, men innholdsanalyser og erfaringer fra tidligere forskning tilsier at stenmjølet fra Moss vil kunne gi positive resultater sett over flere år. Stenmjølet fra Råde har langt lavere innhold av de fleste næringsstoffer, og forventningene til dette blir derfor ganske lave.

Det ekstreme tørkeåret 2018, kombinert med noe sen såing, har trulig bidratt til å utsette evt. jordforbedringseffekter av stenmjølet. Det vil derfor være påkrevd å fortsette forsøket gjennom flere år for å kunne trekke godt begrunna konklusjoner.

Avlinger og en del analysetall tyder på betydelige gradienter innad i forsøksfeltet, stort sett knytta til ulik høyde i terrenget, som igjen gir forskjeller i moldinnhold, og vannhusholdning. Dette kan gjøre det vanskeligere å tolke resultata framover, men det bør kunne la seg gjøre.

Alt i alt framstår forsøksopplegget som godt egna til over tid å få fram effektene av stenmjøl som jordforbedringsmiddel. Ulempene ved den noe trange beliggenheta på et noe uregelmessig jorde, vil trulig kunne oppveies av at feltet har lav pH, lave mineralverdier og en jordart som er utsatt for mangler. Effektene av stenmjølet vil da kunne komme tydelig fram.

Tilgang til vanning i tilfelle ekstreme tørkeperioder vil være en fordel. Betydelig tidligere såing bør tilstrebes. Det bør gjøres analyser av kalium i halm. God vekst gir større forvitring og bedre effekt av stenmjølet. Det kan ikke sees som eneste gjødselslag, men kan gi et næringslager i jorda som kan bidra til gode avlinger over tid, sammen med f.eks. husdyrgjødsel.

Markedsmessig er stenmjøl et tillatt driftsmiddel i både økologisk og konvensjonelt landbruk, men prisen vil bl.a. avhenge av hvor godt dokumentert effekt en kan vise til. Det vil være mest aktuelt å bruke på sand og myr, jordarter det er noe, men ikke veldig mye av i nærområdene til de 2 pukkverka. Økologisk landbruk, der stenmjøl anses som mest aktuelt, utgjør bare noe over 5 % av jordbruksarealet. Dess større effekt, dess lengre transport kan være aktuelt.

Andre bruksområder, som innblanding i husdyrgjødsel, gjødsling av skog o.a. må gjerne vurderes i tillegg. Evt. positive effekter av at stenmjøl kan bedre de fysiske egenskapene i jord, kan gjøre det aktuelt å prøve ut i større grad på andre jordarter som silt og leire.

Referanser

Bakken, A.K., Gautneb, H. & Myhr, K. (1997a). The potential of crushed rocks and mine tailings as slow-releasing K fertilizers assessed by intensive cropping with Italian ryegrass in different soil types. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 47:41-48.

Bakken, A.K., Gautneb, H. & Myhr, K. (1997b). Plant available potassium in rocks and mine tailings with biotite, nepheline and K-feldspar as K-bearing minerals. *Acta Agriculturae Scandinavica B---Plant Soil Sciences*, 47:3, 129-134, DOI: [10.1080/09064719709362452](https://doi.org/10.1080/09064719709362452)

Bakken, A.K., Gautneb, H., Sveistrup, T.E. & Myhr, K. (2000). Crushed rocks and mine tailings applied as K fertilizers on grassland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56:53-57.

Bedre Gardsdrift, nettsida <http://traktoroversikten.no/>

1 <http://www.traktoroversikten.no/index.php?r=modeller%2Fviewpublic&id=503>
(henta 23/7-19).

2 <http://traktoroversikten.no/index.php?r=modeller%2Fviewpublic&id=1062>
(henta 4/8-19).

3 <http://www.traktoroversikten.no/index.php?r=modeller%2Fviewpublic&id=4069>
(henta 4/8-19).

Brady, N.C. og Weil, R.R. (2010). *Elements of the Nature and Properties of Soils*, 3rd edition. Pearson Education International, USA.

Bærug, R. (1991). Steinmjøl som næringskilde til ulike jordbruksvekster. Kaliumvirkningen av steinmjøl. *Norsk Landbruksforskning* vol. 5 nr. 1, side 175-183.

Bærug, R. (1991). Steinmjøl som næringskilde til ulike jordbruksvekster. Magnesiumvirkningen av steinmjøl. *Norsk Landbruksforskning* vol. 5 nr. 1, side 183-188.

Chaudary, M., Singh, B.R., Krogstad, T. & Heim, M. (2011). Release of copper, zinc and manganese from rock powder with organic materials applied to soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42:21, 2682-2697. DOI: [10.1080/00103624.2011.614042](https://doi.org/10.1080/00103624.2011.614042)

Daugstad, K., Øverli Kristoffersen, A. & Nesheim, L. (2012) Næringsinnhold i husdyrgjødsel. Analyser av husdyrgjødsel frå storfe, sau, svin og fjørfe 2006-2011. *Bioforsk Rapport* Vol. 7 Nr. 24

Egnér, H, Riehm, H, & Domingo W.R., 1960. Untersuchungen über die chemische Boden-Analyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden. *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler* 26:199-215.

Franzefoss Minerals AS. *Produktdatablad AGRI DOL GRANULERT OMG*, reg.nr. 1425, versjon 1/19. Franzefoss Minerals AS, postboks 53, NO-1309 RUD

Grøndahl, U. (1988). *Tune, Gårdshistorie del 2*, Tune kommune

Hansen, S. (1981). *Steinmel i landbruket*. Hovedoppgave ved Institutt for jordkultur, Ås-NLH.

Harstad, Odd Magne & Vangen, Odd (2015, 9. juni). *Råprotein*. I Store norske leksikon. Hentet 13. august 2019 fra <https://snl.no/r%C3%A5protein>

Havlin, J.L., Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D. (2014). *Soil fertility and fertilizers, an introduction to nutrient management*, eighth edition, Pearson Education, USA

Heim, M., Hillersøy, M. H., Bleken, M. A., Gautneb, H. & Gjengedal, E.L. (2012). Apatite-biotite-carbonatite (Stjernøy, N-Norway) – Potential and obstacles regarding a multi-nutrient rock-fertilizer. In Broekmans, M.A.T.M. (ed.). *Proceedings of the 10th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM)*: 327-334. Springer.

Heim, M. og Landvik, J. (2016). *GEO100 – Geologi, Kurshefte og øvelser*, 9. utgave, Boksmia – Ås, NMBU

Klemsdal, T. (2002). Landformer i Østfold. *Natur i Østfold* 21(1/2):7-31

Krogstad, T. (1992). Metoder for jordanalyser. *Rapport nr. 6/92*, Institutt for Jordfag, Ås - NLH

Krogstad, T., Jørgensen, P, Sogn, T., Børresen, T. & Kolnes, A.G. (1991). *Manual for kornfordelingsanalyse etter pipettemetoden*. Institutt for jordfag, NLH. 41 s.

Lovdata.no (2003). *Forskrift om gjødsel som markedsføres som EF-gjødsel*. https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2005-11-09-1313/ARTIKKEL_6#ARTIKKEL_6

(henta 16/8-2019).

Meteorologisk Institutt, Eklima
http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39080&_dad=portal&_schema=PORTAL (henta 10/8-2019).

Moraes, V. de (2004). Pó de rocha será nova fonte de potássio para agricultura. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17973045/po-de-rocha-sera-nova-fonte-de-potassio-para-agricultura> (henta 19/8-2019)

Nibio Gårdskart (2019)
<https://gardskart.nibio.no/landbrukseiendom/0105/2068/1/0> (henta 5/5-2019).

Nibio LandbruksMeteorologisk Tjeneste (2019)
https://lmt.nibio.no/agrometbase/getweatherdata_new.php?weatherStationId=118 (henta 10/8-2019)

Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) (2019):

Norges Geologiske Undersøkelser (1): *Østfoldkomplekset*
Database for geologiske enheter:
http://aps.ngu.no/pls/utf8/geoenhet_SokiDb.Vis_enhet?p_id=145075&p_spraak=N,
(6/7-2019)

Norges Geologiske Undersøkelser (2): Pukkdatabasen:
Moss kommune. Forekomst: Moss Pukkverk AS

http://aps.ngu.no/pls/oradb/grus_GP_Oppslag.Alle_fkom_komm?p_kommunenr=104, (6/7-2019)

Råde kommune. Forekomst: Råde pukkverk

http://aps.ngu.no/pls/oradb/grus_GP_Oppslag.Alle_fkom_komm?p_kommunenr=135, (6/7-2019)

Norges Geologiske Undersøkelser (3), Kart for grus- og pukkressurser.

http://geo.ngu.no/kart/grus_pukk/?Box=271797:6578822:275693:6581262, (5/5-2019)

Norges Geologiske Undersøkelser (4), Nasjonal Løsmassedatabase

<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/> (4/8-2019).

<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/?Box=266077:6576477:282498:6586761>, (5/5-2019)

Norgesfôr AS (2019)

<https://www.norgesfor.no/produkter/savarer/sakorn/varkorn/havre2/vinger/> (9/8-2019)

<https://www.norgesfor.no/produkter/savarer/sakorn/varkorn/bygg2/tiril/> (9/8-2019)

Orgânicos PRO, Brasil (2019).

<http://www.organicopro.com.br/po-de-rocha-na-agricultura-organica> (henta 19/8-2019)

Pommeresche, R. og Riley, H. (2018). Karbonlagring i jord er avhengig av både planter og jordliv. *Forskning.no*

<https://forskning.no/forskeren-forteller-jord-og-skog-klima/forskeren-forteller-karbonlagring-i-jord-er-avhengig-av-bade-planter-og-jordliv/280099> (henta 12/8-2019).

Retvedt, K. (1938). Kalivirkning av glimmer, feltspat og leir. *Meldinger fra Norges Landbrukshøiskole* 18. bind, side 127-182.

Selbekk, Rune S. (2016, 27. februar). sure bergarter. I Store norske leksikon. Hentet 17. juli 2019 fra https://snl.no/sure_bergarter

Skjeseth, S. (1978): Geologien i Østfold. I Øy, N.E. (red.): *Østfold*, Gyldendal Norsk Forlag

Skøien, Svein (2008, 4. september). Gjødslingsplanen er viktig. Kronikk i *Bondebladet*

https://pura.no/wp-content/uploads/2013/02/kronikk_Bondebladet_Svein_Sk%C3%B8ien_20080904.pdf-.pdf (henta 16/8-2019)

Solberg, P. (1928). Forsøk med glimmer, feltspat og leir som kaliholdig jordforbedringsmiddel. *Meldinger fra Norges Landbrukshøiskole* 8. bind, side 419-482.

Speetjens, K. (2007). *Kvantifisering av gjødslingsverdien av to steinmeltyper*. Masteroppgave, Institutt for Plante- og Miljøvitenskap, UMB - Ås

Store Norske Leksikon:

- 1 basiske bergarter. (2016, 27. februar). I Store norske leksikon. Hentet 17. juli 2019 fra https://snl.no/basiske_bergarter
- 2 granodioritt. (2017, 7. april). I Store norske leksikon. Hentet 6. juli 2019 fra <https://snl.no/granodioritt>

Straaten, P. van (2007). *Agrogeology – the use of rocks for crops*. Enviroquest Ltd., Ontario (Canada). 1-440.

Sveistrup, T.E. og Njøs, A (1984). Kornstørrelsesgrupper i mineraljord. Revidert forslag til klassifisering. Det Norske Jord- og Myrselskap. *Jord og Myr* nr. 8, s. 8-15.

Sævarsson, T.H. (2014). *Nedvasking av fosfor gjennom ulike jordprofiler fra Jæren. Lysimeter forsøk*. Masteroppgave ved Institutt for miljøvitenskap, NMBU Ås

Wibetoe, Grethe. (2019, 13. juli). ICP - induktivt koblet plasma. I Store norske leksikon. Hentet 6. august 2019 fra [https://snl.no/ICP - induktivt koblet plasma](https://snl.no/ICP_-_induktivt_koblet_plasma)

Yara. Gjødsehandbok 2016/2017. Yara Norge AS 2016

Yara. Gjødsehandbok 2018/2019. Yara Norge AS 2018

Yara.no (2019): *Kobbermangel – Bygg*.

<https://www.yara.no/gjoedse/bygg/mangler---bygg/kobbermangel---bygg/>
(henta 22/7-19).

Åssveen, M. og Abrahamsen, U. (1999). Varmesum for sorter og arter av korn. Planteforsk Apelsvoll forskningssenter, *Grønn Forskning* nr. 2.
<https://trondelag.nlr.no/media/ring/1231/Varmesum%20for%20kornsorter.pdf>



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway