

## Rapport

**«Alunskifer og tungmetallet kadmium i grønnsaker og potet»**

**Et prosjekt i Norsk Landbruksrådgiving Innlandet 2020-2023**

*Av Kari Bysveen*



## Sammendrag

NLR Innlandet har gjennomført det 3-årige prosjektet «Alunskifer og tungmetallet kadmium i potet og grønnsaker». Jamnlig blir det tatt stikkprøver av grønnsaker/potet i butikk, og noen ganger er verdiene av tungmetallet kadmium over grenseverdi i produktene som er dyrka på alunskiferjorda på Hedemarken.. Noen ganger blir det store avisoppslag. Alunskiferen i jorda og berggrunnen er årsaken. Alunskifer er en svart skifer som er forsteina bunnslam fra hav og innsjøer, og ble danna for ca 500 millioner år siden. Alunskiferen kan inneholde betydelige mengder tungmetaller, blant andre kadmium (Cd). Planter dyrka på slik alunjord kan ta opp kadmium i mengder over tillatte grenseverdier. Diverse prosjekt og forsøk har funnet ut at kalking av jorda og pH opp mot 7, er beste tiltak for at plantene ikke skal ta opp for mye kadmium. Dette ble resultatet også i vårt prosjekt.

Vi har totalt hatt 7 felt- og bøtteforsøk i prosjektperioden. Biokull har kommet på det Norske markedet de senere åra, og lite utprøvd i Norge. Siden biokull har bundet tungmetaller i forsøk i Polen, var det grunn til å prøve dette. Biokull har ikke hatt effekt i våre forsøk. Dette beror nok på at tungmetaller fra fabrikkpipene ligger relativt løst på jordpartikkelen, mens kadmiumet i alunskiferen ligger inne i skiferen og frigis stadig når skiferbiten forvitres.

Vi har også prøvd et silisiumrikt avfallsprodukt fra stålindustrien. Dette produktet har vist effekt i tidligere forsøk utført av Høgskolen i Innlandet. Vi utførte forsøket i to år, men fant ingen virkning.

I alle nevnte forsøk sammenligna vi med vanlig kalkstensmjøl, og dette reduserte kadmiumopptaket i stort sett alle forsøk, om ikke pH ikke allerede var nær 7.

Vi har dessuten tatt mange prøver av potet, gulrot og løk ute hos produsenter. Sammen med hver planteprøve, har det blitt tatt prøver av jorda hvor planta voks. Jorda er analysert for tungmetaller og karbon/mold. Av totalt 62 prøver over to år var kadmiuminnholdet for høgt i 2 prøver med gulrot (3,2 % av prøvene). pH var låg der disse to prøvene ble tatt ut. På det ene stedet var det sannsynligvis graving noen år i forveien hvor sur, undergrunnsjord kom opp i dagen som var årsaken. Den andre prøva ble tatt ca 1 mnd før høsting. Nye prøve rett før høsting, var kadmiumnivået godt under grensenivå. Et bøtteforsøk i løk i 2022, indikerer at høsting av et produkt før det er modent, gir risiko for høyere verdier.

Ingen av prøvene av løk i felt hos produsentene i 2020-21 hadde for høge verdier ut fra dagens grenser, men dersom forslag til nye grenseverdier vedtas ville to av prøvene i løk hatt for høg verdi.

Nibio har tatt mange prøver i sitt prosjekt med alunskifer og tungmetaller som tema. Disse har også relativt få funn som overskrider grenseverdiene. Vi anbefaler å lese Nibio sin rapport «Planteproduksjon på alunskiferjord».

Mattilsynet vil alltid foreta stikkprøver av matvarer i butikk. Det ble store avisoppslag for 10 år siden da dette gjaldt gulrot fra økologisk produksjon, og litt for raskt ble det hevda at kadmiumproblemet er større i økologisk produserte matvarer. Vi har utført to bøtteforsøk med økojord – et med gulrot og et med løk, og tatt prøver av løk i felt hos økoprodusenter. De få plassene hvor pH var nær 6, og kanskje under det, ble det for høye verdier av kadmium i grønnsakene. Der pH var 6,5-7 var kadmiuminnholdet på akseptabelt nivå. Høge kadmiumverdier i økogrønnsaker har derfor intet med driftsmetoden å gjøre, men jorda sin pH. Siden man i økologisk landbruk ikke kan bruke brente kalktyper som virker raskere, må man være enda mer påpasselig med jordprøver slik at man rekker å kalke opp.

Tidligere forsøk, samt våreforsk/registreringer viser at kalking er det mest effektive og billigste tiltaket for at plantene ikke skal ta opp for mye kadmium på alunjorda. Generelt sett ønsker man ikke så høg pH, da det kan redusere opptak av enkelte mikronæringstoffer. Mange preparat med mikronæring er tillatt brukt også i økologisk produksjon.

Ved grøfting og anna graving, anbefaler vi at man er nye med å ikke spre alun fra djupere lag på matjorda. Videre bør man hoppe over å så/høste der skifer stikker opp i dagen.

Prosjektet har formidla resultater på årlige statusmøter i prosjektperioden. Forsøksresultat er presentert på disse møtene, samt i forsøksmeldingene våre fra 2020, 2021 og 2022. Resultat av prøver ute hos produsentene er anonymisert, og det er kun produsentene som vet hvor disse er tatt.

Prosjektet er finansiert av Innlandet fylke, med betydelig feltgodtgjørelse fra følgende organisasjoner:

- Interne økomidler i Norsk landbruksrådgiving: forsøksefelt7kaforsøk med økojord , og økogjødsel)
- NLR, Eramet Norge – prøving av et silisumrikt preparat
- Statsforvalteren i Innlandet (Klima og miljø Programmet til prøving av biokull sin effekt på plantenes opptak av kadmium).

## Innhold

Sammendrag .....	2
Bakgrunn for prosjektet .....	5
Finansiering .....	5
Samarbeid Nibio .....	6
Tidligere arbeid.....	6
Hva er alunskifer?.....	6
Mold og pH.....	7
Hvorfor er alunskifer og tungmetallet kadmium et problem?.....	8
Grenseverdier i mat.....	8
Andre kilder til kadmium .....	9
Hva er utført i prosjektet.....	10
Prøver hos produsenter .....	11
Felt- og pottforsøk.....	11
Større fare i økologisk dyrka grønnsaker? .....	12
Kart .....	12
Veien videre.....	13
Praktiske råd til gardbrukeren.....	13
Resultat av forsøk utført i prosjektperioden.....	15
Forsøk fra 2020.....	15
Kan tilførsel av silisium hemme opptak av kadmium i potet? .....	15
Kadmium i økologulrot.....	17
Forsøk 2021 .....	19
Kalk og biokull for å redusere opptak av kadmium.....	19
Forsøk utført 2022.....	23
Effekt av høstetid, kalk og biokull på kadmiuminnholdet i løk .....	23
Kilder: .....	25

## Bakgrunn for prosjektet

Rutinemessig tas det alltid stikkprøver av matvarer med tanke på restmidler av plantevernmidler og andre stoffer. Noen ganger måles det for høge verdier av tungmetallet kadmium (Cd) i matvarer dyrka i områder med alunskifer i berggrunnen. Dette skjedde senvinter 2020, og førte til stor fortvilelse hos produsenten det gjaldt, samt øvrige produsenter og varemottaker. Videre hadde det blitt varslet om at grenseverdien for kadmium i løk skulle reduseres fra 0,05 mg/kg frisk vare, til 0,03 mg/kg frisk vare, noe som påførte produsentene enda mer usikkerhet.

Siden Norsk Landbruksrådgiving Innlandet har sitt virkeområde i alunskiferområdene på Hedemarken, var det naturlig å fordype seg i problematikken. Hvilke konsekvenser har dette for grønnsaksproduksjonen på Hedemarken, og hva er de beste tiltak og råd vi kan gi produsentene, slik at de fortsatt kan levere varer av god kvalitet. Vi lagde raskt en prosjektsøknad, som ble hovedfinansiert av Hedmark Fylkeskommune, med delfinansiering fra interne økomidler i NLR, Eramet Norge og Statsforvalter i Innlandet, sjå avsnitt om finansiering.

Alunskifer har sin opprinnelse i bunnslam fra hav og innsjø som ble dannet for 500 millioner år siden, i tidsepoken kambrium. Dette forhistoriske bunnslammet er også opprinnelsen til svært fruktbar jord, med høge avlinger, men dessverre er innholdet av tungmetaller, blant andre kadmium, høgt flere steder. Planter kan ta opp for mye kadmium når pH i jorda er låg

Oppstart av prosjektet skjedde i starten på Koronapandemien. Møter og mye rådgiving har således foregått på Teams. Oppsummeringsmøtet 13.mars 2023 kunne vært utført fysisk, men av praktiske hensyn valgte vi digitalt møte også da. Siden kadmium og alunskifer er en sår og belastende sak for produsentene, har vi dessuten valgt å informere potet- og grøntmedlemmer i NLR, og nærliggende landbrukskontorer og instanser innen grøntnæringa. De aller fleste grønnsaksprodusentene i alunområdet er medlemmer i NLR.

## Finansiering

		Totale beløp i prosjektperioden 2020-2023
Innlandet Fylke – RT-midler		340 000
NLR Økomidler – Kompetanse og lokaleprosjekt	Karforsøk med økojord i gulrot i 2020 og 2021	100 000
NLR Økomidler – Øko rådgivingsavtale og øko-grupperåd	Direkte rådgiving til økoprodusent i 2020, samt statusmøter i 2021, 2022 og 2023	16 250
Eramet Norge – finansiering av forsøksfelt i potet	Feltforsøk med silisiumslag fra stålindustrien i 2020, samt bøtteforsøk i 2021.	108 000
Statsforvalteren i Innlandet – KMP-midler – andel av prosjektet Biokull i Landbruket 2021	Feltforsøk med biokull, og delfinansiering bøtteforsøk i 2021	50 000
Egne midler		39 750
<b>Godkjente kostnader</b>		<b>654 000</b>

## Samarbeid Nibio

Det har vært godt samarbeid med Nibio og forsker Erik Joner i prosjektet vårt, da Nibio sjøl har hatt prosjektet «Planteproduksjon på alunskiferjord». Joner har hatt foredrag på de tre webinarne vi har hatt i prosjektperioden. Alle prøver vi i NLR har utført, har blitt att med samme metodikk som Nibio har gjort i sitt prosjekt. Vi har fått analyser til redusert pris, og hjelp til tolkning av resultat, mot at Nibio får tilgang på prøvene. Vi har stor enighet om at alle analyser av potet/grønt ute hos produsentene behandles konfidensielt. Vi anbefaler å lese rapporten fra Nibio sitt prosjekt.

## Tidligere arbeid

Det har vært mange forskningsprosjekt for å løse problematikken med for høge kadmiumverdier i matvekster fra alunskiferområdene. Statkorn fant sortsforskjeller i hvete på 90-tallet, men disse sortene hadde ikke egne kvalitet. Siden korn uansett ofte blandes med andre partier for å få rett kvalitet, blir det en uttynningseffekt og grenseverdien på ferdig mjølblanding overskrides ikke. Økt pH, opp mot 7, var også da en av løsningene for å begrense Cd-opptak i korn.

Høgskolen i Hedmark v/Maria Greger, utførte rundt 2010 forsøk med silisiumkalk, noe som reduserte opptaket av Cd i gulrot. Dette er samme produkt som vi prøvde i potet i 2020 og 2021, men vi fant ikke tilsvarende effekt. Greger og Landberg, og andre forskere i andre land, har ved å dyrke kurvopil (*Salix viminalis*) i 4 år, fjernet en del kadmium i jord, og dermed redusert innholdet av kadmium i hvete som dyrkes året etter. Med tanke på at Hedmarken er og har vært høsta og fjerna store avlinger i mange tiår, virker denne metodikken lite realistisk.

I områder med sterk forurensing fra industri, har biokull kunnet fange opp mye av kadmiumet slik at jorda blir dyrkbar igjen. Vi har prøvd biokull i flere av forsøkene, men ikke funnet effekt av dette. Dette henger vel sannsynligvis sammen med at kadmiumet i alunskiferen forvitres litt og litt, mens kadmium fra luftforurensing ligger relativt løst i jordvæska og på jordpartiklene.

Nibio starta i 2016 et prosjekt på Stange, for å kartlegge problemet med kadmium i ulike landbruksprodukter. Prosjektet ble avslutta i 2022. NLR Innlandet har samarbeidet mye med Erik Joner fra Nibio som utførte dette prosjektet. Kalking opp mot pH 7, samt tilføring av organisk materiale er enn så lenge den enkleste og funksjonelle løsningen.

## Hva er alunskifer?

Alunskifer er en svart skifer i de geoleogiskeområdet – Oslofeltet. Skiferen er en karbonholdig leirskifer, dannet ved forsteining av et oksygenfattig bunnslam i et hav som hadde trengt seg inn over et utplanert grunnfjellsområde for ca 500 millioner år siden, i tidsepoken kambrium. (Bryhini, 2021). Karboninnholdet er fra 2-40% og svovelinnholdet opptil 5-7%, bundet i mineralet svovelkis og magnetkis, hhv. Pyritt og pyrrhotitt. Noen steder inneholder alunskiferen mye tungmetaller.

Det finnes svartskifer som ikke inneholder så mye kadmium. Tabellen under viser variasjon i innhold av ulike metaller i jord med opprinnelse i alunskifer, svartskifer og anna jord i Stange. Faren for store opptak av kadmium i plantene, starter ved 1 mg Cd/kg TS jord, men pH, moldinnhold, og leirinnhold betyr mye for mobiliteten av kadmiumet og tilgjengeligheten for plantene.

Tabell: Konsentrasjoner (variasjonsområder) av utvalgte metaller i jord mg/kg TS klassifisert som alunskiferjord, svartskiferjord og referansejord fra Nibio sin prøvetaking i Stange fra 2016-2022. (etter Joner et al, 2023)

	As	Cd	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Zn
Alunskiferjord	20-98	1-3,8	7-100	31-130	28-158	46-174	8-37	45-270
Svartskiferjord	9-22	0,2-1,5	40-160	28-80	1-16	36-120	10-28	38-120
Annen jord	3-15	0,1-0,8	25-110	9-40	1-6	8-48	8-40	38-100

I prosjektet vårt har vi konsentrert oss om alunskiferområdene på Hedemarken, men det finnes alunskifer opp i dagen også på Vestre Toten, og andre steder slik kartet under viser.

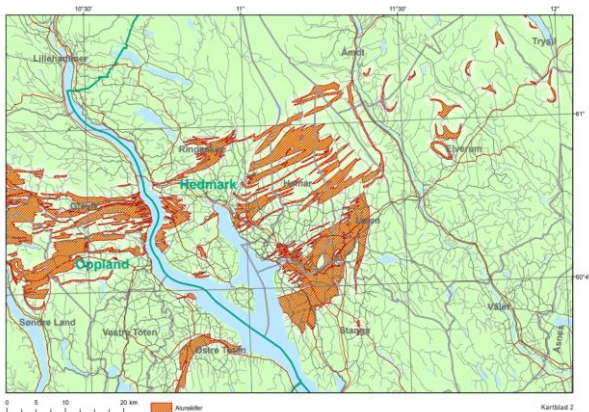


Figure 1 kart som viser grunnere lag med Alunskifer rundt Mjøsa.  
[https://www.ngu.no/sites/default/files/alunskifer\\_ny.pdf](https://www.ngu.no/sites/default/files/alunskifer_ny.pdf)

## Mold og pH

Moldinnholdet på alunskiferjord er relativt høgt. Vi snakker faktisk om fossilt karbon. Kanskje opptil 30-50% av karbonet i jorda kan være avsatt for 500 millioner år siden. Jordprøvene vi har utført for å analysere kadmiuminnholdet og pH har blitt analysert for jordas innhold av totalt organisk karbon (TOC). Moldinnholdet (karbonforbindelsene) har betydning for at Cd skal bindes til jorda og ikke tas opp av plantene. Et godt moldinnhold gir jorda enda flere bindingsplasser for ulike atomer og molekyler. Tungmetallene i alunskiferen intet unntak. Bruk av eng i vekstskiftet, husdyrgjødsel, tilbakeføring av halm i kornåra, bruk av fangvekster så ofte som mulig, samt mindre intensiv jordarbeiding er tiltak som bedre kan opprettholde jordas moldinnhold.

Biokull kan ha mange av de agronomiske effektene som mold/humus. Både mold og biokull har mange elektrostatiske bindingsplasser, som kan holde på vatn, ioner og molekyl av næringsstoffer, men også giftstoffer. I forsøkene vi har utført med biokull, ser vi at innhold av organisk karbon øker der det er tilført biokull. Sannsynligvis fordi det er tilstrekkelig med karbonforbindelser i alunskiferen, og fordi alunskiferen stadig forvitres, har ikke biokullet hatt noen effekt på plantenes opptak av kadmium i forsøkene våre. Sjå resultat av forsøkene fra side 15.

Som vi allerede har nevnt, og kommer inn på senere i denne rapporten, er jordas pH den faktoren som har størst betydning for plantenes opptak av kadmium.

## Hvorfor er alunskifer og tungmetallet kadmium et problem?

Alunskifer kan ha uheldig helseeffekt på folk på to måter.

1. Strålingsfare: Alunskifer inneholder mye Uran, og ved nedbryting av Uran dannes det radongass. Denne gassen kan sive inn i bygginger, og gir strålefare i rom som luftes sjelden. Radongass er nest etter røyking størst årsak til lungekreft (Statens Strålevern og NGU, 2011).
2. Opptak av tungmetallet kadmium i matvekster som dyrkes på jord med mye alunskifer, og eventuell overskridelse av fastsatte grenseverdier. Prosjektet vårt omhandler kun opptak av kadmium i potet og grønnsaker.

Det tolerabelt ukentlig inntak (TWI) av kadmium, er satt til 2,5 µg/kg kroppsvekt (Joner et al 2023). Gjennomsnittlige inntak i EU og Norge er 2,04 µg/kg kroppsvekt. Større inntak øker forekomsten av beinskjørhet og lungekreft. Det kan dessuten oppstå skader på lever og nyrer. Kornprodukter står for 27% av kadmiuminntaket fra mat.

Kadmium er også giftig for planter, men det er uvisst ved hvilke nivå dette oppstår og hvordan skadene ser ut. Plantenes opptak av jern kan forstyrres ved for mye kadmium. Kanskje oftere enn forgiftning av kadmium på plantene oppstår surjordskader på plantene når ny alunskifer blir blottlagt. Det er svovelforbindelser i skiferen som forsurer jorda.

## Grenseverdier i mat

EU- kommisjonens Kommisjonsforordning EU 2021/1323 har foreslått reduksjon av kadmium i flere matvekster, slik tabellen under viser. Tidspunkt for implementeringen er usikker. Hvordan produsentene skal utføre eventuell prøvetaking og dokumentasjon er også veldig uklart. Vi har hatt dialog med Mattilsynet i prosjektperioden, samt varemottakere. Til stor frustrasjon for produsenter og grønnsakspakkerier, har vi ikke greid å få klare svar på dette. Oktober 2021, skrev NLR et høringsvar til Mattilsynet vedrørende revidering og implementering av nye (og lågere) grenseverdier i bl.a. løk. Vi vil prøve å holde oss orientert i denne saken.

Plante	Dagens grenseverdi mg/kg frisk vare	Foreslått ny grenseverdi Mg/kg frisk vare
Hvete	0,20	0,10
Durumhvete	0,20	0,18
Bygg og rud	0,10	0,05
Rot og knollvekster*	0,10	0,10
Sellerirot	0,20	0,15
Kålvekster unntatt bladkål	0,10	0,04
Bladgrønnsaker	0,20	0,10
Løk	0,05	0,03
Purre	0,05	0,04
Belgplanter (erter og bønner)	0,10	0,02
Soyabønner	0,20	0,20
Stengelgrønnsaker	0,10	0,03



## Andre kilder til kadmium

Andre kilder til kadmium i jordbruksjord er fosforholdig mineralgjødning, kloakkslam, kompost, biorest og anna avfall. Vi får også årlig spørsmål om bruk av aske fra større forbrenningsanlegg. Gjødningseksplikten setter krav til dokumentasjon av tungmetaller for at kalk, kompost, biorest og andre avfallsprodukter skal kunne godkjennes som et jordforbedringsmiddel.

Nye regler i EU fra 2019 satte maksimum i mineralgjødning på 60 mg Cd/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> er for øvrig et fiktivt molekyl (pers. med. E.Joner)). Kadmiuminnholdet i fosforkilden avhenger av opprinnelsen. Eruptive bergarter inneholder mindre Cd enn sedimentære bergarter. Fram til år 2000 kom fosforet fra eruptive bergarter fra Kola halvøya, som hadde svært lågt innhold av kadmium. Det ble så importert mye fra Marokko – som er sedimentært avsatt. Ellers importeres en del fra Finland (eruptiv) og Sør-Afrika (pers med. Ole Stampe, Yara, 2023). Handelen påvirkes ikke overraskende mye av politiske krefter i verden.

Vitenskapskomitéens utførte en risikoanalyse om en økning om maksimum tillatte Cd innhold i mineralgjødning ble økt til 137,4 mg pr kg P. I et 100 års perspektiv viste beregningene at i Melhus - med lite kadmium i berggrunnen - ville dette øke kadmiuminnholdet i jorda med 68%. På Stange ville Cd-innholdet i jorda økte med bare 5-6%. Dette fordi innholdet allerede er så høgt. Kadmiumet øker ikke så mye som tidligere antatt, da det bindes relativt lett til jord, og utsettes for utvasking.

I forskrift om avløpsslam (<https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/1995-01-02-5>) finner vi at maksimum for kadmium i slam og anna organisk avfall som skal brukes til jordbruksareal, private hager og parker ikke skal inneholde mer enn 2 mg Cd pr kg TS. I jordbruket kan det anvendes inntil 2 tonn slamtørrestoff pr daa pr 10 årsperiode. Videre skal jorda slammet skal spres på, ikke inneholde mer enn 1 mg Cd pr kg TS.

Nettopp pga tungmetallet kadmium, er det litt andre prosedyrer ved bruk av kloakkslam på Hedmarken enn andre steder. Fra Hedmarken Landbrukskontor har vi fått tilsendt følgende prosedyre:

### **Slam i Landbruket**

**Regelverk:** Forskrift om gjødselvarer m.v. av organisk opphav §§ 25, 26 og 27

- I henhold til § 27 deles slam inn i kvalitetsklasser 0 til 3. Slam fra HIAS ligger i kvalitetsklasse 2 og kan brukes til alle jordbruksvekster. Bruken er begrenset til 2 tonn slamtørrestoff pr. dekar med minst 10 års opphold mellom hver spredning.
- Vær oppmerksom på at slam fra andre renseanlegg kan ligge i andre kvalitetsklasser, og kan i tillegg være befengt med offentlige begrensninger i forhold til bruk.

### **Meldeplikt og godkjenning:**

1. Bruker som ønsker slam henvender seg til HIAS
2. HIAS foretar den fulle saksbehandlingen inkl. jordprøvetaking (vedr. innhold av tungmetaller), og sender saken over til kommunen v/landbrukskontoret for uttalelse. Jordprøven kan inneholde maksimum 1 mg Cd/kg tørr jord for at det skal kunne tilføres slam på skiftet.
3. Landbrukskontoret sender saken over til Miljørettet helsevern for innhenting av uttalelse.
4. En samlet uttalelse/vurdering fra Landbrukskontoret og Miljørettet helsevern sendes HIAS.
5. Saksbehandlingen tar ca. en uke vedr. meldeplikt og godkjenning.

Antall biobrenselanlegg er økende, og jordbruket blir bedt om å benytte aska. Rent trevirke kan gi verdifull pH økning, samt tilføre næringsstoffer, og ha en betydelig kalkeffekt. Flyveaska - dvs aska som fanges opp fra røykgasser ved hjelp av filtre, inneholder mer tungmetaller enn bunnaska (Dibdiakova, 2014). Sjølve forbrenningsanlegget har også stor betydning på kvaliteten på aska. Flyveaska utgjør ofte bare 2% av den totale aska, men om denne blandes sammen med bunnaska må dette ikke tilføres jordbruksjord.

Som det nevnes tidligere i dette avsnittet, betyr tilførsel av Cd fra andre kilder lite når Cd innholdet i jorda er så høgt som det er. Slam fra HIAS-anlegget er hygenisert ved 160 grader i 20 minutter og er dermed fri for smitte. Det kan faktisk dyrkes matvekster i spredningsåret. Var obs på at enkelte varemottakere kan stille egne krav. Som andre slam er pH høy, så en for at Cd frigis er mindre. Vi oppfordrer likevel til å være litt på vakt.

Det har blitt sagt og skrevet at tilføring av kadmium via fosforholdig mineralgjødsel og slam betyr lite på alunjord. Referansen til Vitenskapskomiteen tidligere i dette avsnittet gjør også det. For å snu på det, så er det også liten grunn til å tilføre mer når verdiene allerede er høge.

## Hva er utført i prosjektet

<b>Utførte tiltak i prosjektet: Alunskifer og tungmetallet kadmium i potet og grønnsaker</b>	
<b>2020</b>	
20.mars	Fagmøte – foredrag med Erik Joner, og Mattilsynet.
Forsøksfelt:	Potet: Silisiumslag i potet – feltforsøk i Stange
Bøtteforsøk	Økogulrot – effekt av biokull og kalk på kadmium fra alunskifer jord
Prøver hos produsenter	(Totalt 62 fordelt på 2 år – sjå nedenfor)
	Rådgiving og diskusjon med produsenter.
	Faglig diskusjon med Erik Joner ved Nibio – alle prosjektår
<b>2021</b>	
24.februar	Fagmøte – foredrag med Erik Joner, og Mattilsynet.
Forsøksfelt:	Bøtteforsøk: Silisiumslag i potet To stk feltforsøk – sammenligne effekt av biokull og vanlig kalk
Prøver hos produsenter	3 prøver av planter og jord pr jorde – fordelt på 2020 og 2021 Antall prøver av potet: 17 Antall prøver av gulrot:34 Antall prøver av løk: 11
	Rådgiving og diskusjon med produsenter.
	Høringsuttalelse vedrørende implementering av lågere maxgrense i løk
<b>2022</b>	
15.mars	Fagmøte – foredrag med Erik Joner, og Mattilsynet.
Bøtteforsøk	Effekt av høstetid, biokull og kalk på opptak av kadmium i løk på alunskiferjord
	Rådgiving og diskusjon med produsenter.
<b>2023</b>	
13.mars	Oppsummering av prosjektet til Nibio og NLR Innlandet. NGU forteller om kartlegginga si.
April/juni	Litteraturstudier samt sammenstilling av resultat i en rapport

## Prøver hos produsenter

NLR Innlandet sesongene 2020 og 2021 en rekke prøver av gulrot, løk og potet i felt ute hos noen produsentene. Det er viktig å merke seg at vi har oppsøkt «versting»-punkter på jordet med svært svart jord. Tilstanden er svært sjelden slik på et helt jorde! Prøveuttakene ble ofte i nærheten av skifer i dagen, eller i søkk hvor pH kan være litt lågere eller mye Cd har hopa seg opp med vannsig. Prøveuttak og analysering er utført etter samme metode som Nibio gjorde i sitt «alunskifer-prosjekt». Det er tatt prøve av produktet, dvs potet, løk eller gulrot, og jordprøve akkurat der denne planta stod. Noen få steder har kadmiuminnholdet i jorda vært på over 2 mg/kg tørr jord. Alt over 1,5 mg/kg tørr jord anses som høgt og kan gi økt fare for opptak over grensenivå. Det ble ikke observert misvekst på plantene.

Tabellen viser resultatene:

Kultur	Antall	Over grenseverdi	Dersom ny grenseverdi i løk	Sannsynlig årsak basert på jordprøva
Løk	11	0	2	1 pH , 1 mold
Gulrot	34	2		1 pH, 1 mold. 1 ved tidlig høsting – nabogulrota var under grensa ved normal høstetid
Potet	17	0		

Potet ser ikke ut til å være i samme faregruppe som gulrot og løk med tanke på opptak av kadmium. Grunnet økt fare for flatskurv på potet, frarådes kalking i potetåret da dette stimulerer veksten av flatskurvbakteriene.

Nibio har i perioden 2020-2022 tatt enda flere prøver. Grenseverdien har vært overskredet i 32 % av prøvene i gulrot, 13 % av prøvene på løk, og 15 % av prøvene i potet. Dersom ny grenseverdi i løk, ville det vært for høgt kadmiuminnhold i 37 % av løkprøvene. Der pH er mellom 6,5-7,0 er overskridelser av grenseverdien svært sjeldent. Etter anbefalinger om kalking har det vært færre funn.

## Felt- og potteforsøk

Nederst i denne rapporten er resultat fra felt- og bøtteforsøk vedlagt. Dette er artikler kopiert fra NLR Innlandet sine forsøksmeldinger fra 2020, 2021 og 2022. Vi har sammenligna et silisumrikt slagg fra stålindustrien med kalk, samt biokull i ulike mengder med kalk. Den enkle og korte konklusjonen er at vanlig kalk, som øker pH, er sikreste, enkleste og billigste middel for å redusere plantenes opptak av kadmium. Gulrot og løk er begge sårbare kulturer mot låg pH, så pH er uansett noe produsentene bør følge godt med på.

Her følger en generell oppsummering av forskene:

I 2020 hadde vi et feltforsøk i potet med silisumslag fra Eramet Norge AS. Dette er et restprodukt fra stålindustrien hvor mangan utvinnes fra en manganrik malm. Manganet gjør at stålet ikke blir sprøtt. Restproduktet – grønnstein – brukes som fyllmasse i vegbygging, men Eramet har ønsket om å få det godkjent som et jordforbedringsmiddel. Produktet er silisumrikt og har i tidligere forsøk redusert plantens opptak av kadmium (Greger, 2008). I 2020 anla vi et feltforsøk i potet, med to ulike versjoner av produktet, men det hadde ingen effekt på opptaket av kadmium i potetforsøket vårt. Mulig årsak kan være at vi hadde hele 10 ledd. Feltet ble følgelig nesten 50 m bredt, og 30 m langt. De leddvise jordprøvene viste variasjon i innhold av kadmium.

I 2021 henta vi derfor jord fra et kjent punkt med høg Cd verdi. I tillegg var Silisiumslagget dette året veldig finmalt. Heller ikke 2021 fant vi noen effekt av slagget. Det var i ruter/bøtter med vanlig kalk at plantenes opptak av Cd ble redusert, fordi pH økte.

Siden det nylig har blitt etablert ei biokullanlegg i Ringsaker måtte vi prøve om bikull kunne redusere plantenes opptak av Cd. Forsøk i Polen har nemlig vist redusert opptak av kadmium fra industrielt forurensa jord ble bundet til biokull. Vi sammenligna biokull med kalk i både felt- og bøtteforsøk. På konvensjonelt og økologisk drevet areal. Det ble prøvd i gulrot og løk. Imidlertid har vi ikke funnet effekt av biokull. Sannsynlig årsak er at tungmetaller som tilføres jorda med nedbør/nedfall fra luftforurensing ligger mer tilgjengelig enn kadmium fra skifer som stadig forvitres.

**Konklusjonen i alle forsøk er altså at kalking og pH opp mot 7 er enkleste og billigste tiltak for å redusere plantenes opptak av kadmium.**

Et anna viktig resultat i noen prøveuttak hos produsenter, samt bøtteforsøket i 2022, viser at høsting av et produkt før det er høsteklart inneholder mer kadmium. Når vi analyserte «naboplantene» for kadmium ved normal høstetid, var kadmiuminnholdet sterkt redusert. Mange planter har næringsopptaket sitt tidlig i sesongen, og vekst av produktet fram mot modning skyldes vatn og innbygging av karbohydrater mm.

## Større fare i økologisk dyrka grønnsaker?

Ved et par anledninger har det blitt store avisoppslag av overskridelse av grenseverdi i grønnsaker fra økologisk produksjon. I økologisk produksjon må plantene ta opp næring fra et vesentlig større jordvolum enn i konvensjonelt landbruk, og enkelte har hevdet at dette gir økt fare for mer kadmium i økogrønt dyrka på alunjord. Prosjektet har derfor utført to forsøk med jord fra økologiske garder, ett bøtteforsøk i gulrot og ett feltforsøk i løk. pH var låg (5,6) i jorda fra den ene garden. Kadmiuminnholdet i jorda var på 1,23 mg/kg tørr jord. Egentlig ikke veldig høgt kadmiuminnhold, men veldig låg pH. Gulrota fikk derfor for høgt kadmiuminnhold i bøtter som ikke fikk kalk. Det ble dyrka 2 ulike gulrotsorter, men det var ingen forskjell mellom sortene med hensyn til opptak av kadmium.

Året etter henta vi jord med høgere Cd innhold. Leddvis prøver ved opptak av forsøket viste 1,76-1,91 mg Cd/kg tørr jord. Her var pH allerede over sju. Ytterligere kalking reduserte plantenes Cd opptak noe. Cd innholdet i løken var under dagens grensenivå, men med ved en ev endring, ville rutene med biokull så vidt overskredet grensenivået. Vi anla også et feltforsøk, men vi tenkte dessverre ikke på at jorda flyttes ganske mye ved strenstrenglegging, så har ble det bare tatt kun to prøver der det var tilført biokull, og to prøver der det ikke var tilført biokull. All gjødsling av likt. Her gav biokullet redusert Cd innhold i løk, men siden det er så få prøver, kan dette være en tilfældighet.

Forsøkene bekrefter at det er jorda sin pH, og ikke driftsmetoden som bestemmer opptaket av kadmium i plantene. I økologisk dyrking kan man ikke bruke brente kalktyper som har raskere pH effekt, men vanlige kalkstensmjøltyper er tillatte og funksjonelle. Man må bare ta jordprøver ofte nok – og tett nok for å kalke riktig.

## Kart

Kartene som finnes pr dags dato på Kilden.no er vanskelig tilgjengelig og svært unøyaktige med tanke på alunskifer. Området markert med stor fare for mye kadmium, viste til tider lågt innhold av kadmium, og motsatt. Dette har nok sammenheng med at de kartene er laget ut fra jordas morfologi – altså kun fargen og øvrig utsjående. Det er da vanskelig å skille alunjord fra ufarlig svartskiferjord (så tabell på side 7).

Sommeren 2020 og 2021 utførte Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) målinger med hhv helikopter og småfly. Målingene registrerte gammastrålinga fra alunskiferen, slik at man kan finne ut hvor langt det er ned til skiferen. Kartene er i skrivende stund ikke ferdige. En kunne tenkt seg at med de nye kartene kunne man «luke» ut jorder eller deler av jorder for dyrking av vekster som har låg grenseverdi for kadmium. Sannsynligvis vil dette ikke bli nøyaktig nok, da rutenettet (hvert grid) på disse kartene vil være 50\*50 m. Vi må altså bare vente å sjå om de nye kartene kan være et praktisk hjelpemiddel. Uten sammenligning for øvrig, men vi hentet jord til bøtteforsøk med ei ca 2 m bred traktorskuffe, ca 20-30 cm djupt, og fylte i bøtter. Kadmiuminnholdet i jorda i disse bøttene varierte fra 1,93 – 2,13 mg Cd/kg TS jord.

## Vegen videre

Med jamne mellomrom dukker problemet med for høge verdier av tungmetallet kadmium i matvekster fra Hedemarken, og nye prosjekt starter for å løse problemet. Resultatene har stort sett vært de samme, nemlig: sørg for at pH er høg nok- Helst opp mot pH 7. Vi må prøve å innprente dette hos alle, så vi ikke glemmer det, og nye tilsvarende hendelser oppstår. Det er dessverre urealistisk å få det inn som varsel i gjødslingsplanprogrammet vi bruker, da ette trossa alt vil angå kun et fåtall produsenter i Norge

## Praktiske råd til gardbrukeren

Viktigste, enkleste og billigste tiltak for å redusere plantenes opptak av kadmium, er vanlig kalk. Produsentene oppfordres på det sterkeste til å ta jordprøver ofte og tett nok, slik at pH er høg nok når de mest utsatte kulturene settes/såes. Vær spesielt oppmerksom ved ny leiejord.

- Alle forsøk vi har utført – enkeltprøver vi har tatt – viser at grensenivået for kadmium sjelden overskrides når pH er 7.
- Vanlig kalking er derfor enkleste og billigste metoden – ta derfor ofte nok jordprøver og kalk deretter
- Biokull har ingen effekt på plantenes opptak av Cd fra alunjord. Biokull er dessuten svært kostbart.
- Det er ingen grunn til at det skal være høgere Cd innhold i økogrønt – men det er like viktig å kalke
- Moldinnholdet har også betydning for at Cd skal bindes til jorda og ikke tas opp av plantene. Et godt moldinnhold gir jorda enda flere bindingsplasser for ulike atomer og molekyler, deriblant tungmetallet kadmium. Bruk av eng i vekstskiftet, husdyrgjødsel, tilbakeføring av halm i kornåra, bruk av fangvekster, samt mindre intensiv jordarbeiding er tiltak som bedre opprettholder jordas moldinnhold.
- Øvrige forholdsregler:
  - Vær nøye ved all graving og og anna flytting av jord – slik at alunjord ikke kommer mer opp i dagen enn nødvendig
  - Ved rensing av åpne grøfter og bekker – vurder nøye om massen skal kjøres vekk, framfor å legges på jordet.
  - Ved vanlig grøfting kan det være vanskelig å ikke få noe jord fra djupere lag opp, men følg nøye opp med jordprøver og kalking.
  - Høsting av produktet før det er ferdigvokst kan gi for høgt innhold av kadmium, men dette reduseres når produktet er høstmodent.
  - Unngå dyrking av de mest sårbare kulturene (løk, gulrot, hvete) på de verste jordene, eller der alunskiferen er i dagen, og nærliggende søkk til disse.



*Foto Morten Livenengen*

## Resultat av forsøk utført i prosjektperioden

Alle artiklene har stått på trykk i NLR Innlandet sine forsøksmeldinger fra 2020, 2021 og 2022

Forsøk fra 2020

Kan tilførsel av silisium hemme opptak av kadmium i potet?

# Kan tilførsel av silisium hemme opptak av kadmium i potet?

Senvinteren 2020, ble vi kontaktet av Eramet Norway, om vi kunne utføre forsøk med reststoffet Grønnstein, et silisiumrikt avfallsprodukt fra utvinning av silikomangan. Vi takket ja til utprøving, da tidligere forsøk har vist at tilførsel av silisium har redusert opptaket av kadmium (Cd) i ulike planter.

Av Kari Bysveen, rådgiver jord og økologisk

Eramet Norway AS produserer silikomangan som benyttes i stålindustrien. Silikomangan brukes i stålframstilling for å fjerne oksygen og svovelsprøhet, slik at stålets styrke, hardhet og seighet bedres. Avfallsproduktet, slagget, kalles Grønnstein eller SiGS, og kan knuses og benyttes bl.a. som råstoff i pukk og sement, og inngå som bærelag til veiformål. Eramet ønsker å få SiGS godkjent som et jordforbedringsmiddel, da det inneholder en del kalsiumoksid, CaO, og kan ha kalkingseffekt. Det finnes to ulike typer av slagget. Begge inneholder 40-45% SiO<sub>2</sub>, samt en del av mikronæringsstoffet Mangan, som i store mengder er giftig for plantene. For stor dosering frarådes derfor. Den ene kvaliteten er nedkjølt i luft, og har lett, luftig og fingryna konsistens. Den andre er nedkjølt og granulert i vann, og ligner grus.

Forsker Maria Greger, utfører forsøk med dette produktet, da hun jobbet ved Høgskolen i Hedmark, avd. Blæstad. Forsøk ble utført i potet, løk, gulrot og hvete i ca 2013. Hun tilferte tre

ulike Si-rike produkter, hvorav SiGS var det ene. Plantene som fikk tilført 50 kg Si/daa (dreyt 100 kg vare), inneholdt 12-28% mer Si, men 10-25% mindre kadmium, og 20-40% mindre arsen. Forklaringen i redusert opptak av Cd i plantene, ligg i at plantene tar opp Si framfor Cd. Cd bindes ikke til jordpartiklene, slik som f.eks. vanlig kalk resulterer i.

Ideell pH for potet er i likhet med mange andre vekster rundt pH 6-6,2. Det anbefales derimot ikke å kalke samme år det skal dyrkes potet, da dette kan gi økt forekomst av flatskurv på knollene, som forårsakes av noen få plantepatogene bakterier i bakterieslekta streptomyces. Forskning de siste åra har vist at om jorda sin pH er rundt 7, reduserer faren for opptak av kadmium i plantene. Cd bindes da sterkere til jordpartiklene. imidlertid vil så høy pH redusere tilgjengeligheten av flere mikronæringsstoffer. Hensikten med forsøket er ikke å øke jorda pH, men å etterprøve tidligere forsøk med silisium som reduserer plantenes opptak av kadmium.

Feltet ble anlagt nord for Stange sentrum, på morene lettleire. Mold% på feltet var høy, nemlig 7,3%, sannsynligvis fordi det ligg i en forsøknings mellom to kuler. Erfaringsvis er det i slike forsøknings også noe surt, og dermed gode forhold for opptak av kadmium. Vi spredde kalk og SiGS før vi splitta fåra med en forsøksjødsler. Vi satte med feltvertens knoller av sorten Fakse. Sorten er forholdsvis sterk mot skurv. Jorda ble så hyppa tilbake, og vi antar derfor at kalken og SiGS er blitt blanda godt nok inn i fåra. Settedato var 20.mai, kalkingen ble gjort seks dager før. Gardbruker utførte alle planteverntiltak og overgjødsling som ellers på skiftet. Potetene lå på lager 2,5 mnd, da skurv ikke alltid synes så godt ved opptak, men utvikles på lager.

**Jordanalyse (Eurofins) før spredning av kalk og SiGS**  
Mold% 7,3, pH= 6,0, P-AL = 9, K-AL=11, Mg-Al=13, Ca-Al=400, arsen 36 mg/kg TS, kadmium= 2,3 mg/kg TS.

Etter høsting ble det tatt leddvise jordprøver, og analysert for

pH og tungmetaller ved ALS-laboratorier i Oslo, der Nibio analyserer alle sine Cd-prøver.

NLR Agder skulle prøve samme produkt i bygg, så vi valgte å bruke samme kalk- og Si-nivå. Det var ti ulike behandlinger, og 3 gjentak. Med så mange behandlinger blir feltet stort, og det kan gi for stor variasjon i forsøket. Det må dessuten tilpasses bredde på åkersprøyta, noe som gjør feltet enda større.

### Resultat

Det var ingen synlige forskjeller i vekst på feltet i løpet av sesongen. Avlingene var store. Ingen av behandlingene har gitt Cd-innhold i potetene over grenseverdien, som er 0,100 mg/kg friskvekt.

Det er ingen sammenheng mellom forekomst av flatskurv, hulrom og rust.

Tabell og figur viser at vanlig Agri Mel har gitt forventa pH økning med økende tilført

mengde. Med økende pH, reduseres kadmiuminnholdet i jorda og potetknollene. Tilsvarende sammenheng vises dessverre ikke for SiGS.

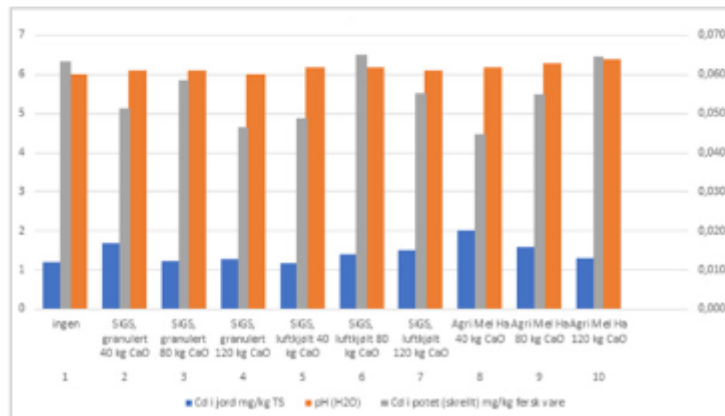
Innhold av Cd har gått ned mye fra uttak ved våronn. Hvor mye Cd som løses i jorda i løpet av en sesong vites ikke, men her har nok temperatur og fuktighet stor betydning.

Tabell 1: Effekt av økende mengde grønnstein (SiGS) og kalk (Agri Mel)

Kalktype	CaO kg/døn	pH i jord	Cd i jord*	Cd i potet.**	Sortering kvalitet, % av avling				
					Flatskurv	Hulrom	Rust	Svartskurv	Sum totale feil
Ingen	0	6,0	1,20	0,063	20,7	5,1	2,7	5,8	3,4
SiGS, granulert	40	6,1	1,68	0,051	9,5	0,4	2,2	0	12,1
SiGS, granulert	80	6,1	1,22	0,058	19,6	1,8	3,0	0	24,4
SiGS, granulert	120	6,0	1,28	0,046	21,4	4,2	2,4	0,5	28,5
SiGS, luftkjølt	40	6,2	1,18	0,049	23,2	4,5	0,7	2,2	30,6
SiGS, luftkjølt	80	6,2	1,40	0,065	1,7	1,1	1,2	3,1	7,1
SiGS, luftkjølt	120	6,1	1,51	0,055	8,7	2,6	1,0	0	12,3
Agri Mel Ha	40	6,2	2,01	0,045	14,7	5,1	0,1	0,5	20,4
Agri Mel Ha	80	6,3	1,57	0,055	17,8	5,3	5,3	0	28,4
Agri Mel Ha	120	6,4	1,31	0,065	13	0,7	3,8	1,2	18,7

\*mg/kg ts. \*\*Skrelt, mg/kg fersk vare

Figur 1, pH i jord og Cd i jord og potet.





## Kadmium i økogulrot

Det antydes ofte at kadmiuminnholdet i økogrønnsaker er større enn i konvensjonell produksjon. Det er ingen faglig begrunnelse for dette! Forskning har vist at pH bør ligge nær opp mot 7 for å holde kadmiumnivået under grenseverdi, men dette har ikke blitt formidlet godt nok. Så høy pH vil medføre mangel av mikronæringsstoff, og er egentlig lite ønskelig. Flere av bladgjødslingene kan brukes i økodrift, men ikke i biodynamisk drift. Er det andre midler som kan hemme plantenes opptak av kadmium på alunskifer?

Av Kari Bysveen, jord- og økorådgiver

I dette forsøket ville vi prøve:  
Vanlig jordbrukskalk – Agri Mel

- Dette har kjent pH effekt, og kan brukes i økologisk produksjon

Silisiumslag:

- Tilføring av silisium har i tidligere forsøk på alunskiferjord vist reduksjon i opptak av kadmium i ulike planter. Økt opptak av Si, gir mindre opptak av Cd. Ukjent pH effekt.

Biokull:

- Biokull har liten pH effekt, men den store overflata kan muligens fange opp og binde tungmetaller. Dette er vist i forsøk med biokull i områder med industriforurensning. Tungmetallene i alunskiferen ligg innimellom hele skiferpartikkelen, som forvitres sakte og sikkert, og er sannsynligvis vanskeligere å binde.

Vi borra 30 små hull i botn på 21 stk 20 liters murerbøtter, la et 5 cm lag med lecakuler i botn for å bedre infiltrasjonen av vatn, og fylte bøttene med jord fra en økogard i Stange. De øvre 20 cm av jorda ble tatt ut, og blanda

med to ulike nivå av Agri mel, silisiumslag og biokull. Hver bøtte ble delt i to med ei snor, og det ble sådd to ulike sorter i hver bøtte. Det ble gjødslet med 9 kg N pr daa, med pelletert hønsegjødsel Grønn8K (% NPK = 8-3-5). Det regna mye, så det ble overgjødsla med ca 2 kg N senere i sesongen. Bøttene stod på paller, og ble vatna og luka med jamne mellomrom. Bøttene ble dekt med fiberduk for å beskytte mot gulrotflue og -suger.

Vi målte pH med enkelt pH meter før innblanding av «kalkingsmidlene», og pH var 6,13. Dette var dessverre riv ruskende feil. Ved anleggesle av forsøket, ble det tatt ut jordprøve før kalking, og denne prøva viste en pH på 5,6. Fordi vi trudde pH var rundt 6, beregna vi kalken slik at det skulle kalke opp med 0,5 og 1,0 pH enheter. Innholdet av kadmium i jorda var 1,23 mg/kg TS, hvilket ikke er av de høgeste på Stange jorda.

Sort A= Triton

Sort B= Nominator

Kalking:

Låg= pH økning med 0,5 til pH 6,5

Høg = pH økning med 1,0 til pH 7,0

1. Ingen behandling
2. Agri Mel Ha pH låg
3. Agri Mel Ha pH høg
4. Si-kalk låg
5. Si-kalk høg
6. biokull – låg (100 g pr bøtte)
7. biokull – høg (200 g pr bøtte)

### Resultat

Grenseverdien for kadmium i gulrot er maksimum 0,100 mg/kg frisk vekt. Figuren gir sprikende svar, så vi ønsker å utføre forsøket ett år til. Det eneste sikre er at det er mindre kadmium i skrelt enn vaska gulrot. Sorten ser ikke ut til å ha betydning. Det er bare gulrota fra bøtter med Agri Mel – altså vanlig jordbrukskalk som har kadmiuminnhold under grenseverdi. I et anna forsøk med ulike kalkingsmidler, var det bare Agrimel som økte jordas pH. Det er nær sammenheng med økt pH og mindre opptak av Cd. Vi mener fortsatt at økodyrking ikke gir større fare for med kadmium i grønnsakene, men at det er jorda sin pH som har størst betydning. Det er låg pH i jorda som er årsak til at

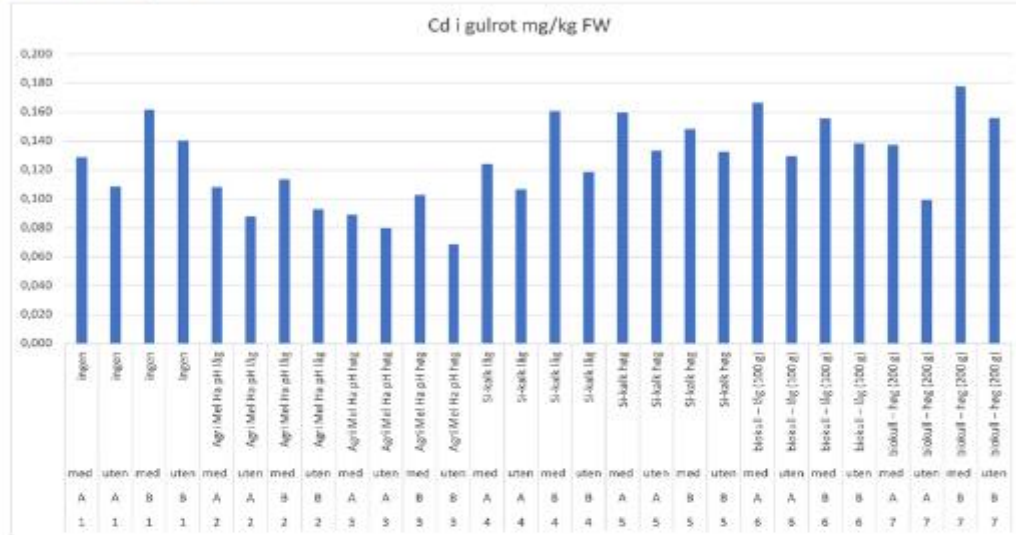
grenseverdien overskrides i de andre behandlingene, ikke at det er økologisk dyrking.

- Flatskurv ikke observert – bøttene ble vatna jamnt – når det ikke regna.
- Jorda i bøttene med biokull var mye mer pores enn i de

øvrigte bøttene – lettere å ta opp. Rota. Riset så imidlertid mye dårligere ut lenge, noe som skyldes at næringsstoffer binder seg til biokullet.

Andre nyttige observasjoner:

Figur 1: Litt sprikende resultat, men kun gulrot fra bøtter med vanlig jordbrukskalk hadde kadmiuminnhold under grenseverdi. Dette fordi det er kun den som har pH effekt.



Bilde 1-2: Bøtteforsøk med to kalkingsnivå med agrimel, silisumkalk og biokull.



Bilde 3: Agrimel, silisumslegg og biokull – hva hemmer opptak av Cd i gulrot best?

## Alunskifer og kadmium i grønnsaker og potet

Av: Kari Bysveen, rådgiver NLR Innlandet

«Alunskifer og tungmetallet kadmium i grønnsaker og potet» er et større prosjekt, som NLR Innlandet fikk finansiert fra Innlandet Fylkeskommune sommeren 2020. Prosjektet går ut 2022. Vi samarbeider tett med et tilsvarende prosjekt i Nibio v/ Erik Joner. Det tas mange prøver og gjøres utprøvinger for å bygge kunnskap om hvordan vi kan redusere mengden av tungmetaller i potet og grønnsaker fra alunjorda.

Når kadmiuminnholdet i jorda overskrider ca 1,5 mg Cd/kg TS jord, anses dette som høgt. Viktigste og enkleste tiltak, er å sørge for at pH er opp mot 7. Videre bør områder med alunskifer i dagen unngås. Gjør vi dette, skal vi fortsatt kunne produsere grønnsaker og potet på Hedmarken!



Mange prøver av potet, gulrot, løk og jord har blitt analysert for kadmium.



På tide å høste gulrota - 26.sept.

### Kalk og biokull for å redusere opptak av kadmium

*Det har vært en oppfatning at det er mer kadmium i grønnsaker fra økologisk landbruks enn konvensjonell drift. Dette forsøket viser – som i fjor – at driftsmåten har ingen betydning. pH på jorda i forsøket var godt over 7, og kadmiumnivået i gulrota var langt under grenseverdien til tross for rel. høge kadmiumverdier.*

#### Metode:

Forsøket er utført i bøtter, for å redusere forskjellene mellom innhold av kadmium, mold% og pH. Jorda ble henta fra samme område på jordet som vi

anla biokullfelt i løk – sjå under. Mold% var 6,4, pH 7,2 og Cd innhold 1,66 mg/kg TS jord på ubehandla ruter.

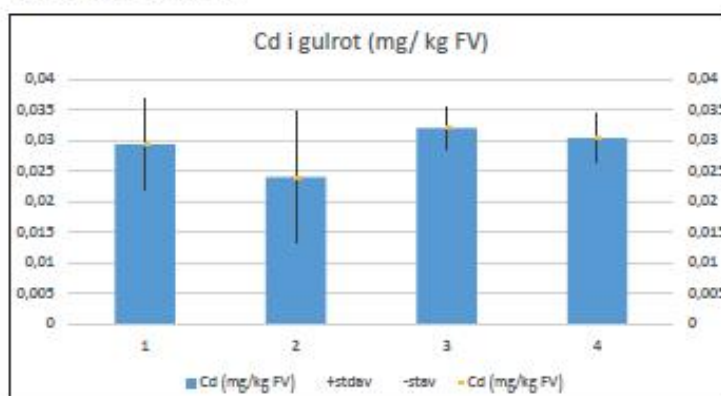
Ved høsting av forsøket, ble det sendt inn gulrot fra hver bøtte for analysering, men det ble tatt leddvise jordprøver. De ulike behandlingene skulle påvirke de ulike parameterne i jorda ved høsting. Mold% er beregna ut målt totalt organisk karbon, multiplisert med 1,72. Biokull vil dermed inngå i mold%. Biokullet vi brukte hadde ganske store biter, så vi antar det er tilfeldig hva som kom med i prøven, siden mold% ikke øker i takt med tilført mengde biokull.

Tabell 1. Høgt pH er årsak til at Cd-innholdet er under grenseverdien. Det er små forskjeller i innhold av kadmium i gulrots ved de ulike behandlingene. \*TOC = Total Organisk Karbon. \*\*Frisk vekt

Behandling	Cd i jord mg/kg TS	pH (H2O)	TOC* % tørrvekt	Mold%	Cd mg/kg **FV gulrot
1 Ingen	1,91	7,3	4,09	7,0	0,029
2 Agrimel 120 kg/daa	1,72	7,8	3,78	6,5	0,024
3 Biokull 1t/daa	1,89	7,2	4,35	7,5	0,032
4 Biokull 2t/daa	1,76	7,3	3,99	6,9	0,03

Forskjellene mellom de ulike behandlingene er ikke sikre. Grenseverdien for kadmium i gulrot er 0,1 mg/kg frisk vekt. Alle prøvene er godt under denne grensa, sannsynligvis fordi pH er godt over 7, samt at moldinnholdet er godt. Vi ser at verdien er lågest der pH er høgest, altså i ledd 2 hvor vi har kalket. De svarte tynne strekene i stolpediagrammet viser imidlertid stor variasjon innad i behandling nr. 2, der det var blandet inn kalk. Dette kan skyldes at det er vanskelig å blande inn kalk jamt nok.

Diagram 1: Diagrammet viser ingen statistisk forskjell mellom de ulike behandlingene. Spesielt for behandling 1 og 2 er det stor variasjon (lang svart strek) innad i leddet. Behandling 1-4: Som i tabell 1.



### Feltforsøk i løk

Tilsvarende felt ble anlagt i konvensjonell og økologisk løk. Kalk og biokull ble blandet inn etter hyppeplogen, men før



Kan biokull redusere plantenes opptak av kadmium?

strenglegging, for å få god innblanding. Det vi ikke tenkte på var at jorda flyttet på seg ganske mye med strenglegginga. Vi tok derfor bare noen stikkprøver der det var tatt på biokull, og i produsentens egen åker. Om vi fikk tatt prøve der det var tatt på 1 eller 2 tonn biokull pr daa, vet vi heller ikke. På en av prøvene, merka med \*, var kadmiumverdien svært høy.

Mold% er omregna fra målt innhold av total organisk karbon, multiplisert med 1,72. Biokull påvirker dermed mold%. Innholdet av kadmium i løken var under dagens grense nivå, som for løk er på 0,05 mg/kg frisk vare. Imidlertid antydes det at grenseverdien skal reduseres til 0,03 mg/kg frisk løk. Siden vi ikke har hatt effekt av

biokull i de andre prøvingene våre, må vi være forsiktige med å tolke det dit hen at det har hatt effekt i løkfeltene. Men det er kanskje verd å undersøke videre. Høy nok pH er nok fortsatt det enkleste, billigste og mest effektive tiltaket for å begrense kadmiuminnholdet i grønnsaker.



Tabell 2. Mengden kadmium i løken bla under dagens grenseverdi i denne vesle undersøkelsen. Fordi det ligger så få prøver bak dette feltet, må vi være forsiktige med å si at biokull kan redusere opptak av Cd i løk. Høy nok pH må første prioritet også i løk.

	Innhold jord		Cd-innhold mg/kg	
	Mold%	pH	Jord	Frisk gulrot
<b>Konvensjonell løk</b>				
Uten biokull (gj.snitt 2 prøver)	6,4	6,35	1,36	0,03
Med biokull (gj.snitt 2 prøver)	7,4	6,55	2,55*	0,023
<b>Økologisk løk</b>				
Uten biokull (snitt 3 prøver)	6,4	7,2	1,66	0,027
Med biokull (snitt 3 prøver)	6,9	7	1,79	0,023

\*Cd i ene jordprøve var svært høyt, men likevel gikk det ikke over grenseverdien.

## Kan SiGS redusere opptak av kadmium i potet?

Heller ikke i 2021 greide vi å vise om et silisiumrikt avfallsprodukt fra ERAMET Norge kan redusere potetplantenes opptak av kadmium. pH i jorda var nok for høy.

SiGS, eller grønnstein, er et restprodukt fra ERAMET i Kvinesdal, - etter at de har tatt ut silikomangan fra en egnet malmttype. Silikomangan brukes i stålindustrien for at stålet

ikke skal bli sprøtt. Bildet viser en grønn, litt lett stein – som brukes som fyllmasse, men som de ønsker skal bli et jordforbedringsprodukt. Kalkeeffekten av produktet prøves ut av firmaet Rådgevinge Agronomar. Mari Greger – tidligere forsker ved Høgskolen i Hedmark, fant i forsøk – ca 2013 - at plantene tok opp Si på bekostning av kadmium. Silisiumslag fra ERAMET Norge var et av produktene som ble brukt

I 2020 prøvde vi 3 forskjellige mengder, av to forholdsvis grovt oppmalte produkter fra ERAMET. Feltet ble veldig stort, og det var vanskelig å viser forskjeller. Variasjonene i kadmium innenfor feltet varierte også mye. I 2021 bestemte vi oss derfor for å prøve bøtteforsøk. Vi henta jord fra et sted vi hadde målt høye Cd verdier året før. Si-slaget vi brukte i 2021, var dessuten veldig fint malt, omtrent som sementstøv. For å sammenligne, brukte vi vanlig kalk, og biokull.

### Resultat

Med grunnlag i øvrige prøver vi har tatt av potet og jord de to åra kadmiumprosjektet har pågått, kan vi antyde at potet kanskje ikke er den kulturen som har størst opptak av tungmetallet Cd.

Den tynne svarte streka i stolpediagrammet, viser relativt stor forskjell innad i bøttene med minste mengde silisiumslag. En halv colakork pr bøtte tilsvarte minste mengde, 25 kg/daa silisiumslag. Det er vanskelig å få blanda inn så liten mengde jamt nok. Vi brukte tidligsorten Evolution, slik at vi kunne høste før tørråten kom. Vi gjødslet med Fullgjød-sel 12-4-18. Det var faktisk ikke forskjell i jordprøvene ved anleggelse av forsøket, og høsting. Innhold av Cd og pH var det sammen, nemlig hhv. 2 mg/kg tørrstoff jord, og 7,2.



Oppmalt grønnstein - et restprodukt etter at silikomangan er tatt ut til bruk i stålindustrien, er silisiumrikt, og kan påvirke plantenes opptak av kadmium fra alunskiferen.

Tabell 3: Innhold av kadmium i potet ved bruk av silisiumslagg, kalk og biokull.  
Grenseverdien er 100mg/kg frisk vekt, og alle behandlingene er langt under dette.

Behandling	Cd (mg/kg FV)
1 ingen	0,020
2 25 kg SiGS pr dea	0,022
3 50 kg SiGS pr dea	0,021
4 75 kg SiGS pr dea	0,019
5 120 Agrimel pr dea	0,019
6 2 tonn biokull pr dea	0,018

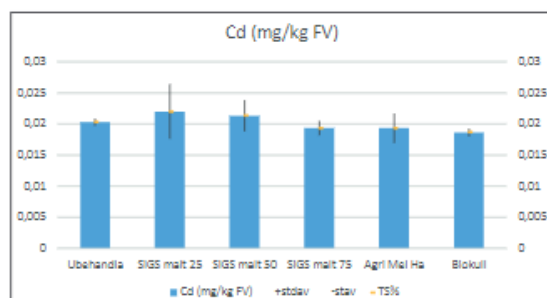


Diagram 2: Ingen sikre forskjeller mellom ulike behandlinger i bøtteforsøket med silisiumslagg, kalk og biokull i potet.

# Effekt høstetid, kalk og biokull effekt på kadmiuminnholdet i løk

På jord med høgt kadmiuminnhold er det svært viktig at pH er opp mot sju for at grenseverdien for kadmium ikke skal bli for høy i grønnsaker. Jorda i forsøket hadde allerede høy pH, så ytterligere kalking gav ikke sikre utslag på kadmiuminnholdet i løk. Imidlertid var kadmiuminnholdet ved tidlig høsting høyere enn ved normal høsting.

*Av: Kari Bysveen, rådgiver økologisk*

Forsøket er et tiltak i NLR Innlandet sitt prosjekt «Alunskifer og tungmetallet kadmium i grønnsaker og potet». Prosjektet er finansiert av bl.a. Innlandet fylke. Du kan lese mer om forsøk og registreringer i prosjektet i forsøksmeldingene fra 2020 og 2021. Vi har samarbeidet nært med Nibio sitt tilsvarende prosjekt, og høstet mye kunnskap til nytte for produsentene.

Grenseverdien for kadmium (Cd) i løk skal mest sannsynlig reduseres fra 0,05 mg/kg frisk vare, til 0,03 mg/kg frisk vare. Dette kan by på vanskeligheter på alunskifer jord.

## Metode

Vi henta jorda med ei traktor-skuffe fra et punkt på jordet med kjent høy kadmiumverdi, og tømte i bøtter. Bøttene hadde samme antall hull i botn, samt ca 5 cm med lecakuler. Vi blanda inn kalk, og biokull, før

løk ble satt. Det ble gjødsla med 12-14-18. Løken ble høsta ved to ulike tider, ved ca strøpeløkstr, og 3 uker senere ved begynnende lengde. Ved forsøksslutt ble det sendt inn leddvise jordprøver, og tabellen viser at sjøl innen disse få kvadratmeterne på jordet er det en viss variasjon i innhold av kadmium, men også pH og mold.

## Resultat

Stolpediagrammet viser at ved første høstetid, ligger innholdet av Cd godt under dagens grensenivå på 0,05 mg Cd/kg frisk vekt i alle ledd.

Ved ev. ny og strengere grenseverdi, (0,03 mg Cd/kg frisk vekt), ligger Cd-nivået ved tidlig høsting rett under grensa. Ved normal høstetid - begynnende legde - gikk Cd innholdet mye ned. Denne fortyningseffekten fra tidlig og normal høsting er kjent fra andre prøvetakinger i

dette og nærliggende prosjektet.

Det er ingen effekt av kalking og biokull på Cd innholdet mellom de ulike ledda. Dette er sannsynligvis et resultat av at pH er 7 og høyere på alle ledd. Høgt moldinnhold kan også hemme plantenes opptak av tungmetaller, og siden moldinnholdet også er høgt, kan dette også hatt en positiv effekt.

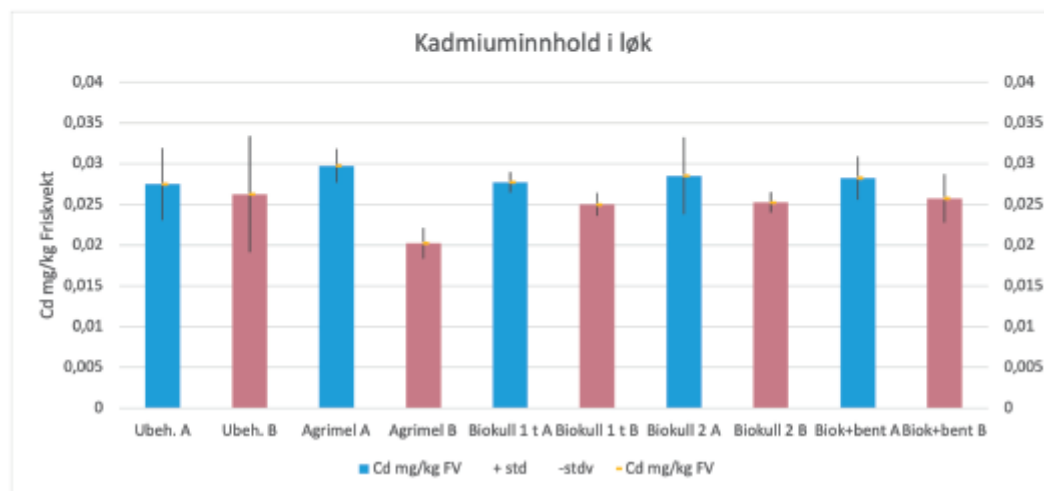
Biokull er nesten rent karbon, og påvirker sjølsagt innholdet av organisk karbon og dermed også mold%. Biokull har en viss pH effekt, men siden prisen er så høy, er det urealistisk å bruke i praksis.

Innhold av kadmium, organisk karbon, pH og mold% i jorda

Behandling	Cd mg/kg TS jord	TOC % tørrvekt	pH	mold%*
1. Ingen	2,03	4,2	7	7,2
2. Agrimjøsl	2,13	4,16	7,8	7,2
3. Biokull 1 t/døe	1,94	4,96	7,2	8,5
4. Biokull 2 t/døe	1,97	5,64	7,3	9,7
5. Biokull med bentonitt	2	5,28	7,3	9,1

\*Totalt org karbon \* 1,72 = mold%

Figure 1 Blå stolper viser mg Cd/kg frisk vøre ved tidlig høsting, mens rosa stolperviser Cd innholdet ved normal høsting. Fortynningseffekten fra tidlig til normal høstetid er sikker.



Tilleggsopplysning i forhold til opprinnelig tekst i forsøksmeldinga 2022: Jorda som er brukt i bøtteforsket 2022, viste høg verdi ved prøvetaking av potet i 2020. Punktet ble merket, og vi tok prøve av gulrot ved samme punkt i 2021, samt at vi henta jord til et bøtteforsøket i 2021. Vi ser at kadmiumverdien er forholdsvis høg, men likevel har kadmiuminnholdet vært under grenseverdien



## Kilder:

*Alunskifer kart – for vurdering av hensynssoner for radon i henhold til plan- og bygningsloven* (2011). Statens Strålevern og Norges Geologiske Undersøkelse.

[https://www.ngu.no/upload/Aktuelt/Nyheter%202011/alunskifer\\_jan\\_11\\_web.pdf](https://www.ngu.no/upload/Aktuelt/Nyheter%202011/alunskifer_jan_11_web.pdf)

Aasen, I. (1997). *Mangelsjukdomar og andre ernæringsforstyrningar hos kulturplanter*. Landbruksforlaget

Bryhni, Inge: *alunskifer* i *Store norske leksikon* på snl.no. Hentet 5. april 2023 fra

<https://snl.no/alunskifer>

Food and Environment (VKM) 2019:07 Risk assessment of cadmium in mineral fertilisers – fate and effects in the food chain and the environment in Norway Scientific Opinion of the Panel on Animal Feed of the Norwegian Scientific Committee for Food and Environment 06.06.2019 ISBN: 978-82-8259-321-2 ISSN: 2535-4019 Norwegian Scientific Committee for Food and Environment (VKM) [https://vkm.no/download/18.78dbe02f16b8901caaf80f87/1561979098324/Risk%20assessment%20of%20cadmium%20in%20mineral%20fertilizers\\_1.%20juli2019.pdf](https://vkm.no/download/18.78dbe02f16b8901caaf80f87/1561979098324/Risk%20assessment%20of%20cadmium%20in%20mineral%20fertilizers_1.%20juli2019.pdf)

Dabdiakova, J. et al 2014 Innovativ utnyttelse av aske fra trevirke for økt verdiskaping og bærekraftig skogbruk (askeverdi) <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2444167>

Greger, Maria. (2015). Silicon Reduces Cadmium and Arsenic Levels in Field-Grown Crops <https://link.springer.com/article/10.1007/s12633-015-9338-z>

Greger, M. og Landberg, T. (2015) Novel Field Data on Phytoextraction: Pre-Cultivation With Salix Reduces Cadmium in Wheat Grains <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25955021/>

Joner, E. et al (2023). *Planteproduksjon på alunskiferjord*. (Nibio rapport Vol. nr 11. 2023). Nibio. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/3057209>