

# Nitrogenfrigjøring og gjødslingsrespons av utvalgte avfallsstoffer fra storsamfunnet brukt som gjødsel til korn

Annbjørg Øverli Kristoffersen, Anne Kari Bergjord Olsen og Randi Berland Frøseth  
NIBIO Korn og frøvekster  
annbjorg.kristoffersen@nibio.no

## Innledning

I prosjektet ØKOKORN har vi i flere forsøk sett på gjødseffekten av noen utvalgte avfallsprodukter fra storsamfunnet. Resirkulering av organisk avfall, hvor næringsstoffene føres tilbake til landbruket for ny matproduksjon, er fordelaktig på mange områder. Tidligere ble avfallet deponert. Det utgjorde et stort forurensningsproblem, og førte til dårlig utnyttelse av næringsstoffene. Særlig for næringsstoffet fosfor, som er en begrenset ressurs, er resirkulering et viktig tiltak for å opprettholde matproduksjonen.

Ved gjødsling med organiske gjødseltyper, er kjennskap til frigjøringsmønsteret av mineralnitrogen viktig for å kunne tilføre gjødsel i forhold til jordbruksvekstenes behov. Fra såing og frem til to-bladstadiet er kornplantene selvforsynt med næring fra såfrøet. Fra to-bladstadiet og 5-6 uker frem i tid har kornplanter et intenst næringsopptak, og er avhengig av at jord og gjødsel bidrar med næringsstoffer for å kunne produsere en høy avling. Næringsopptaket avsluttes flere uker før kornet høstes. En organisk gjødsel som har sein frigjøring av næringsstoffene, særlig nitrogen, vil ikke kunne imøtekomme kornplantenes næringsbehov den aktuelle vekstsesongen.

Resirkulering av avfallsstoffer fra storsamfunnet er aktuelt både i det økologiske og konvensjonelle landbruket, og resultatene som presenteres har gyldighet for begge driftsformer. I prosjektet var det først og fremst matavfall, behandlet på ulike måter, som ble testet som gjødselprodukt i økologisk korndyrking. Matavfall har som regel lavt innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter. Forsøkene i ØKOKORN-prosjektet ble gjennomført etter de økologiske prinsippene.

Økologisk kornproduksjon kan være utfordrende på mange områder. En utfordring er å få dekket næringsbehovet til kornet. Særlig ved liten eller ingen tilgang på husdyrgjødsel er lav næringstilførsel ofte begrensende for veksten. Ved dårlig vekst av kornplantene, forsterkes utfordringene med ugraset, som også er en stor utfordring i økologisk kornproduksjon. Kornet konkurrerer best mot ugraset når kornplantene er i god vekst, og utvikler kraftige planter. God næringstilførsel er derfor viktig for avlingsnivået, og for konkurransevnen mot ugraset.

## Materiale og metoder

### Gjødslingsforsøk

Gjødslingsforsøk med 7 ulike organiske gjødselprodukter ble gjennomført i vekstsesongene 2012, 2013 og 2014 ved NIBIO Apelsvoll på Østre Toten og ved NIBIO Kvithamar i Stjørdal (tabell 1). Gjødselvirkningen ble undersøkt for biorest hentet fra to store anlegg på Østlandet; Mjøsanlegget AS på Lillehammer og HRA AS på Ringerike. Anleggene mottar matavfall fra privat- og storhusholdning. Etter en anaerob prosess, hvor bakterier produserer metangass, er det igjen et næringsrikt restprodukt som her kalles biorest. På Apelsvoll ble bioresten nedfelt med DGI (Direct Ground Injection), hvor gjødsla ble sprøytet ned i bakken (bilde 1). På Kvithamar ble bioresten overflatespredd med vannkanner og harvet ned i etterkant.

Videre testet en gjødselvirkningen av tørket matavfall og tørket fiskeavfall, prosessert med Global Enviro metoden. Kjøttbeinmel som gjødsel, ble testet i kombinasjon med biorest i 2012 og 2013. Kjøttbein-



Bilde 1. Spredning av biorest med forsøks-DGI.  
Foto: Annbjørg Øverli Kristoffersen.



Bilde 2. Spredning av pulver basert på matavfall.  
Foto: Annbjørg Øverli Kristoffersen.

Tabell 1. Forsøksplan for gjødslingsforsøk gjennomført i 2012, 2013 og 2014 på Apelsvoll og Kvithamar/Værnes

Ledd	Gjødseltype	Form	Leverandør	Spredemåte	Årene hvor leddene var med i forsøksplan
1	Ugjødslet				2012-2014
2	Biorest	Flytende	HRA AS	DGI <sup>1</sup> /overflatespredd <sup>2</sup>	2012-2014
3	Biorest	Flytende	Mjøsanlegget AS	DGI <sup>1</sup> /overflatespredd <sup>2</sup>	2012-2014
4	Matavfall	Pulver	Global Enviro AS	Overflatespredd	2012-2014
5	Fiskeavfall	Pulver	Global Enviro AS	Overflatespredd	2012-2013
6	Biorest + kjøttbeinmel	Flytende + pulver	Mjøsanlegget AS + Norsk Protein AS	DGI + overflatespredd	2012-2013
7	Pelletert hønsegjødsel	Pulver	Grønn gjødsel AS	Overflatespredd	2014
8	Mineralgjødsel		Yara Norge	Radgjødslet	2012-2014
9	Matavfall	Pulver	Lindum Bioplan AS	Overflatespredd	2013-2014

<sup>1</sup>NIBIO Apelsvoll

<sup>2</sup>NIBIO Kvithamar

melet ble prosessert hos Norsk Protein AS. Endringer i regelverket i juli 2013 gjorde det mulig å bruke kjøttbeinmel i fôr til pelsdyr og kjæledyr. Dermed ble gjødselmarkedet faset ut til fordel for fôrprodukter. Det førte til at kjøttbeinmel + biorest i disse forsøkene i 2014 ble erstattet med en kommersiell organisk gjødsel, Grønn 8K, fra Grønn Gjødsel AS. Grønn 8K er en pelletert gjødsel som inneholder kompostert fjørfegjødsel, noe kjøttbeinmel og noe vinasse. Sistnevnte er et restprodukt fra sukkerproduksjon. I 2013 og 2014 ble matavfall behandlet av Lindum Bioplan AS tatt med i forsøkene. Alle pulverproduktene ble spredd for hånd og harvet ned i etterkant (bilde 2).

Alle gjødseltypene ble dosert til 8 kg total N/daa. Det ble ikke tatt hensyn til om gjødselproduktene var godkjent som økologisk gjødsel eller ikke. Det ble ikke supplert med andre næringsstoff. Gjødselvirkningen ble sammenlignet med 8 kg N/daa i mineralgjødsel (Fullgjødsel® 22-3-10), samt med ugjødsla ledd. Hvert år ble feltet ved NIBIO Apelsvoll delt i to blokker, en med bygg og en med hvete. Ved NIBIO Kvithamar var det hvert år et felt med bygg. Alle feltene hadde tre gjentak. Feltene ble behandlet i henhold til økologiregelverket. Feltene ble ugras- harvet, og forsøkene hadde ulik plassering hvert år.

Tabell 2. Tørrstoff (TS), pH og næringsinnhold av N, P og K i gjødselproduktene

	TS %	pH	Tot-N kg/tonn	NH <sub>4</sub> -N kg/tonn	Tot-P kg/tonn	Tot-K kg/tonn	N:P:K kg/tonn
Biorest Mjøsanlegget	2,3	7,0	3,6	2,4	0,3	1,2	12:1:4
Biorest HRA	2,2	8,1	3,7	3,0	0,2	1,7	19:1:9
Matavfall L.bioplan	82	8,2	26	3,0	4,0	7,2	11:2:3
Matavfall Gl.Env.	94	5,6	47	4,8	4,3	6,4	11:1:2
Fiskeavfall Gl.Env.	81	5,6	70	14	25	1,4	11:4:0,3
Kjøttbeinmel	97	6,2	80	4,0	58	1,7	11:8:0,2
Grønn 8K	94	6,0	68	4,4	41	24	5:3:2

## Registreringer

### Plantepøver:

Alle tre årene ble det ved begynnende strekking (Z 31) og ved begynnende skyting (Z 49) klippet 4 rader x 0,5 m med kornplanter for å registrere biomasse, samt næringsopptak i vekstsesongen. Ved tresking ble det gjennomført avlingsregistreringer i tillegg til ulike kvalitetsanalyser.

### Jordprøver:

Det ble tatt ut jordprøver i 0-20 cm dybde og 20-40 cm dybde for analyse av mineralsk nitrogen (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> og NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) i jorda. Jordprøvene ble tatt ut på våren, rett før gjødsling, gjentakvis. På to-bladstadiet til kornet ble det tatt ut rutevise jordprøver, som ble gjentatt rett etter høsting og rett før frost. Jordprøvene ble fryst rett etter uttak og holdt frosne frem til analysing. I 2012 og 2013 ble prøvene tatt ut der det var kornplanter eller stubb. I 2014 ble det unnlatt å så en stripe av det gjødslede arealet på samtlige ruter, som ble holdt fritt for plantevekst gjennom vekstsesongen. Jordprøvene det året ble tatt ut i denne stripen.

### Ettervirkningsforsøk

Året etter gjødslingsforsøket, ble forsøksarealet pløyd på våren, og sådd med havre for å måle ettervirkning av den tilførte gjødsla året etter tilførsel. Arealet ble ikke gjødslet. Feltet ble målt opp, og høstet med forsøksresker på vanlig måte. Det ble tatt ut rutevise jordprøver på våren og ved høsting på alle ettervirkningsfeltene for måling av mineralsk N i 0-20 cm og 20-40 cm.

## Resultater

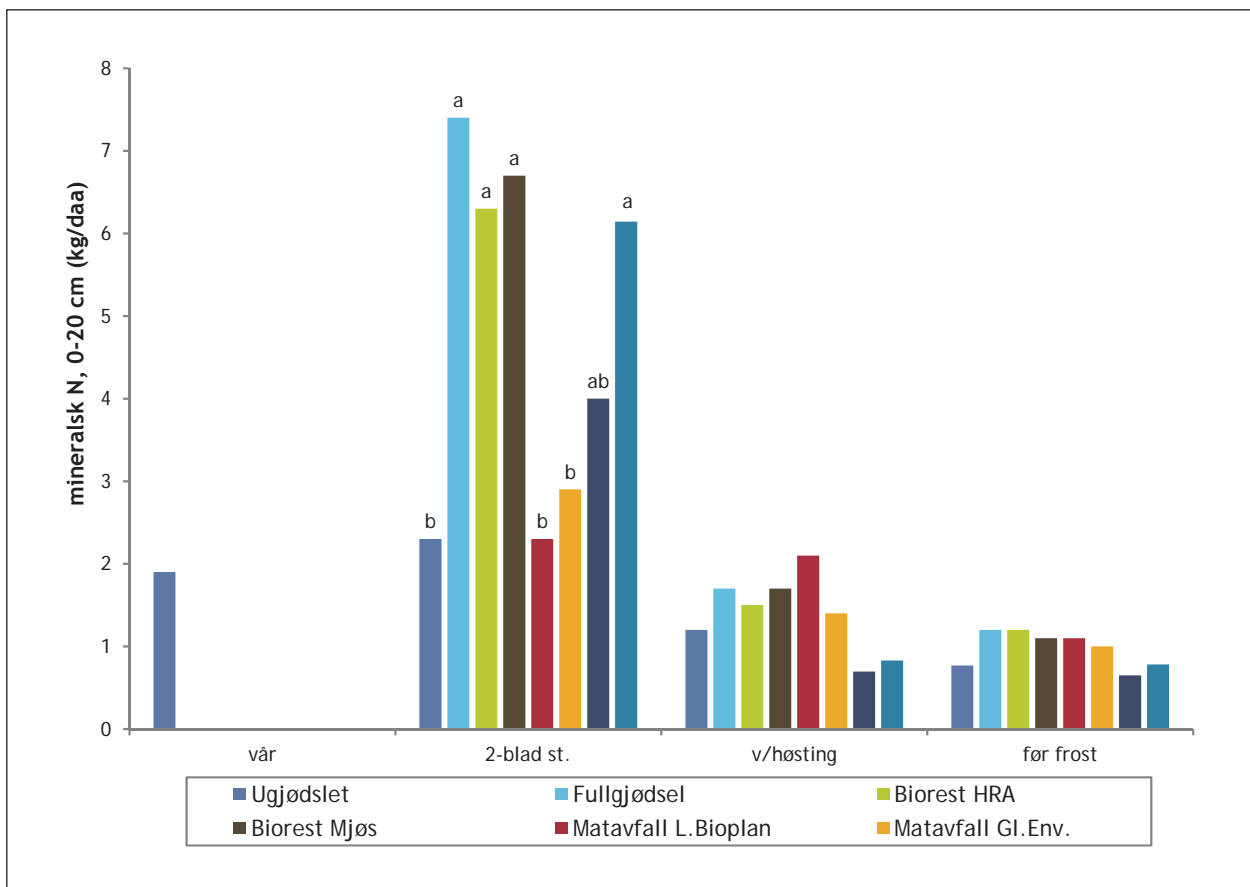
### Mineralsk nitrogen i jorda

Innholdet av mineralsk nitrogen målt på våren før feltene ble gjødslet lå i snitt på 1,9 kg N/daa (figur 1). På ugjødslede ruter forble nivået uforandret frem til to-bladstadiet til kornet. På leddet gjødslet med mineralgjødsel økte nivået av mineralsk nitrogen til 7,4 kg N/daa. Leddene gjødslet med biorest hadde også høyt innhold av mineralsk nitrogen tidlig i sesongen, 6-7 kg N/daa. Pulverproduktene basert på matavfall hadde liten/ingen frigjøring av nitrogen fra såing til to-bladstadiet. Noe mer nitrogen ble frigjort fra pulveret produsert på fiskeavfall. En kombinasjon av biorest og kjøttbeinmel hadde like høyt innhold av mineralsk nitrogen som biorest alene på to-bladstadiet.

Ved høsting av kornet lå innholdet av mineralsk nitrogen lavt på samtlige ledd, og det var ingen statistiske forskjeller mellom gjødslingsleddene. Det skjedde også lite frigjøring av nitrogen fra høsting til frosten kom, på samtlige gjødslingsledd.

### Tørrstoffavling i vekstsesongen og kornavling

Planteuttaket ved begynnende strekking (Z 31) gjenspeilte nivået av mineralsk nitrogen på to-bladstadiet (tabell 3). Det var høyest biomasseavling på leddene gjødslet med mineralgjødsel og biorest, samt kombinasjonen kjøttbeinmel og biorest. Gjødsling med pulverproduktene førte til lavere biomasseavling sammenlignet med de andre gjødselleddene, og var for enkelte produkter sammenlignbart med det ugjødslede leddet. Noen uker seinere, ved begynnende skyting (Z 49) var det fortsatt høyest biomasseavling



Figur 1. Innhold av mineralisk nitrogen i jorda (0-20 cm, kg N/daa) på våren før gjødsling og på ledd gjødslet med ulike gjødsel-produkter på to-bladstadiet, ved høsting og før frosten. Sammendrag for perioden 2012-2014.

på leddene gjødslet med mineralgjødset og biorest, samt kombinasjonen kjøttbeinmel og biorest. Denne forskjellen holdt seg helt frem til modent korn. Kornavlingen var høyest på leddet gjødslet med 8 kg N/daa i mineralgjødset. Deretter fulgte leddene gjødslet med biorest. Leddene som ble gjødslet med matavfall omdannet til pulver hadde lave avlinger; på nivå eller litt over ugjødsle ledd.

Grønn 8K ble bare testet i 2014. Tabell 4 viser resultatene av gjødsling med Grønn 8K i forhold til gjødsling med mineralgjødset og ugjødsle ledd.

### Ettervirkning

Det var lite mineralisk nitrogen i jorda året etter gjødsling, rundt 1 kg/daa i 0-20 cm dybde (tabell 5). Det var ingen forskjeller i nitrogen-nivået mellom de ulike gjødslingstypene, hverken på våren eller på høsten.

Det var en liten forskjell i avlingsnivået, hvor leddene gjødslet med mineralgjødset og biorest lå lavest, mens leddene gjødslet med pulverproduktene lå noe høyere i avling. Det tyder på litt frigjøring av nitrogen året etter fra pulverproduktene, mens biorestene ikke bidro med noe nitrogen året etter tilførsel.

### Oppsummering

Resultatene viser at biorest egner seg som gjødset til korn. Den inneholder en høy andel mineralisk nitrogen i form av ammonium-N, som plantene kan nyttiggjøre seg umiddelbart. På grunn av lavt tørrstoffinnhold, og viskøs konsistens, ser det ut til at tapet av ammoniakk ved spredning ikke er veldig høyt. Virkningsgraden ser ut til å ligge på 80-90 % for det mineraliske nitrogenet. I tillegg kan en regne med ca. 10 % virkningsgrad av det organiske nitrogenet. Bioresten kan spres med det samme utstyret som brukes for å spre husdyrgjødsel.

Tabell 3. Tørrstoffavling ved begynnende strekking (Z 31) og begynnende skyting (Z 49), og kornavling (15 % vann), gjennomsnitt for perioden 2012-2014. Ulike bokstaver innen avlingsregistreringene betyr at avlingene er signifikant forskjellige

Ledd	Biomasse v/Z 31, kg/daa	Biomasse v/Z 49, kg/daa	Kornavling, kg/daa
Ugjødslet	80 b	167 b	168 e
Mineralgjødning	143 a	341 a	359 a
Biorest HRA	128 a	282 a	301 b
Biorest Mjøs	124 a	296 a	309 ab
Matavfall L.Bioplan	67 b	150 b	178 de
Matavfall Gl.Env.	85 b	194 b	230 cd
Fiskeavfall Gl.Env.	97 ab	252 ab	272 bc
Kjøttb.mel + biorest	121 a	275 a	282 bc
P %	>0,001	>0,001	>0,001

Tabell 4. Mineralisk N for 0-20 cm dybde på våren, på to-bladstadiet, ved tresking og rett før frost. Tørrstoffavling ved begynnende strekking (Z 31) og begynnende skyting (Z 49), og kornavling (15 % vann). Gjennomsnitt av to felt i 2014. Ulike bokstaver innen hver registrering betyr at det er signifikante forskjeller mellom gjødslingsleddene

Ledd	N-min. vår kg/daa	N-min. 2-bladst. kg/daa	N-min. høst kg/daa	N-min. v/frost kg/daa	Biomasse v/Z31 kg/daa	Biomasse v/Z49 kg/daa	Kornavling kg/daa
Ugjødsla	1,9	2,8 b	2,6	1,0	99 c	201 b	232 c
Mineralgjødning	1,9	8,0 a	4,6	1,9	166 a	335 a	394 b
Grønn 8K	1,9	4,2 ab	3,2	1,5	137 a	250 b	324 a
P %	i.s.	2,4	i.s.	i.s.	>0,001	>0,001	>0,001

Tabell 5. Eftervirkning av ulike gjødseltyper i form av mineralisk N i 0-20 cm dybde på våren og ved tresking, og havreavling (15 % vann). Gjennomsnitt 2013-2015

Ledd	N-min. vår kg/daa	N-min. høst kg/daa	Kornavling, kg/daa
Ugjødslet	0,9	0,8	258 bc
Mineralgjødning	1,0	0,7	254 c
Biorest, HRA	1,0	0,9	262 bc
Biorest Mjøs	1,1	0,8	274 abc
Matavfall L.Bioplan	0,9	0,8	300 ab
Matavfall Gl.Env.	1,1	0,8	310 a
Fiskeavfall Gl.Env.	1,0	0,8	285 abc
Kjøttb.mel + biorest	1,0	0,7	292 abc
Grønn 8K	0,9	0,6	275 abc
P %	i.s.	i.s.	>0,001

Det lave tørrstoffinnholdet er imidlertid også den største innvendingen mot bioresten. Det fører til at svært mye vann må fraktes fra fabrikkene og ut til jordene. Spredningen av bioresten kan utgjøre en betydelig risiko for jordpakking om det benyttes tunge tankvogner, og det ikke tas godt nok hensyn til jordas laglighet ved kjøring.

Pulverfraksjonene hadde stor variasjon i opphavsmateriale, og store variasjoner i gjødseleffekt. Ulike behandlingsmåter for å tørke ned matavfallet til et pulverprodukt gav ikke like gode gjødselprodukter som matavfall behandlet i et biogassanlegg. Analysen av total nitrogen og mineralsk nitrogen ga ikke nok informasjon om tilgjengeligheten av nitrogen til å kunne forutsi gjødseleffekten. Pulver av fiskeavfall og en kommersiell gjødsel med pellets av hønsegjødsel iblandet noe kjøttbeinmel og vinasse hadde en mye kraftigere gjødseleffekt sammenlignet med matavfallpulverne. For bruk av pulverprodukter som finnes på markedet, gjelder det samme som for biorest, at produktet må sjekkes opp mot økologiregelverket om det er tillatt brukt eller ikke.

Målinger av gjødseleffekt året etter viste at det var lite tilgjengelig nitrogen året etter, men at det var en liten forskjell på de flytende produktene i forhold til pulverproduktene. Det hadde vært interessant og fulgt gjødselproduktene over flere år, og sett effektene etter flere års tilførsel, men det var det ikke rom for i prosjektet.

## Refleksjon

Tilgangen på biorest har økt fra ca. 40 000 tonn i 2012 til ca. 260 000 tonn i 2017. Hvis det tilføres 3 tonn biorest/daa kan 87 000 daa gjødsles med biorest. Til sammenligning var det økologiske kornarealet på 68 000 daa i 2015. Årsakene til den store økningen skyldes et nytt, stort anlegg på Romerike (Oslo EGE) og et nytt, stort anlegg i Vestfold (Greve Biogass), samt et nytt anlegg på Lillehammer, slik at Mjøs-anlegget har doblet kapasiteten.

Det er forskjeller mellom anleggene i hvilken grad bioresten oppfyller kravene i det økologiske regelverket, og dermed om bioresten kan brukes som gjødselmiddel i økologisk kornproduksjon. Innholdet av tungmetaller må ikke overskride grenseverdiene for økologisk landbruk. I tillegg stiller regelverket

krav til avfallsstrømmene inn på anleggene. Dette kan endres over tid, og gjør det nødvendig med en dialog med anleggene før bioresten tas i bruk til økologisk korn. Anleggene er også avhengig av godt samarbeid med bonden for å få avsetning på bioresten.

Tilgangen på nye gjødselprodukter utviklet fra ulike avfallsstrømmer vil sannsynligvis bare øke i årene fremover. Et stadig større fokus på resirkulering av næringsstoffer vil være en drivkraft i prosessen. Landbruket vil være naturlig mottaker av ulike produkter for å sikre en reell sirkulering av næringsstoffene. Det er viktig at det er god dialog mellom produsenter og mottakere av avfallsproduktene. Produktene som tilbys må tilfredsstillende en rekke krav. Det er særlig viktig at gjødselen ikke forringer jorda for fremtidig matproduksjon eller fører til helseskader ved konsum av høstede jordbruksprodukter. Det bør også være en avlingsøkende respons sammenlignet med u gjødsels arealer for at et organisk produkt skal kunne kalles en gjødsel. Dette krever gode analysemetoder og god metodikk for kartlegging og vurdering av nye gjødselprodukter.