



Høgskolen
i Innlandet



**Thomas Cottis, Svein Øivind Solberg, Magnus Nyvold,
Peter Dörsch og Hesam Mousavi**

Resultater fra prosjekt FARGO 2021

Skriftserien 20 - 2022



Utgivelsessted: Elverum

© Forfatteren/Høgskolen i Innlandet, 2022

Det må ikke kopieres fra publikasjonen i strid med Åndsverkloven eller i strid med avtaler om kopiering inngått med Kopinor.

Forfatteren er selv ansvarlig for sine konklusjoner. Innholdet gir derfor ikke nødvendigvis uttrykk for høgskolens syn.

I Høgskolen i Innlandets skriftserie publiseres både internt og eksternt finansierte FoU-arbeider.

Forsidebilde: Byggfelt hos NLR Trøndelag. Foto Astrid Johansen.

Skriftserien nr. 20-2022

ISBN digital utgave: 978-82-8380-366-2

ISSN: 2535-5678

Sammendrag

Høsten 2019 ble prosjektet Plasmabehandlet husdyrgjødsel – gjødselvirkning, miljøpåvirkning og klimagassutslipp (Fargo) innvilget finansiering fra Forskningsrådet. Prosjektet er i kategorien Innovasjonsprosjekt i næringslivet. Selskapet N2 Applied er prosjekteier og de går også inn med halvparten av prosjektets finansiering på til sammen 15 millioner kroner over prosjektets tre år: 2020-2022.

Denne rapporten gjennomgår opplegg og resultater for de 11 feltforsøkene i gras og korn, 2 forsøk i vekstom og 4 forsøk for effekter på jordliv i 2021.

Høsten 2022 kommer prosjektets sluttrapport med resultatene for alle tre prosjektårene og samlede vurderinger og konklusjoner i henhold til prosjektenes mål og delmål.

Emneord: N2-Applied, NEO, bløtgjødsel, nitrogengjødsel.

Oppdragsgiver: Norges Forskningsråd og N2 Applied

Abstract

In the autumn of 2019, the project Plasmabehandlet husdyrgjødsel – gjødselvirkning, miljøpåvirkning og klimagassutslipp (Fargo) was granted funding from the Research Council of Norway. The project is in the category Innovation Project in business sector. The company N2 Applied is the project owner and they are also entering with half of the project's funding of a total of NOK 15 million, over the three years of the project: 2020-2022.

This report reviews the methods and results for the 11 field trials in grass and grain, 2 experiments in growing chamber and 4 experiments for effects on soil life in 2021.

By the end of 2022, the project's final report will present the results for all three project years and overall assessments and conclusions in accordance with the projects' objectives and sub-goals.

Keywords: N2 Applied, NEO, manure, nitrogene fertilizer.

Financed by: Norges Forskningsråd and N2 Applied

Forord

Det er nå et betydelig fokus på økt utnyttelse av flytende organisk gjødsel. Selskapet N2 Applied har utviklet en teknologi for å øke nitrogeninnholdet og redusere nitrogentap fra slik gjødsel. Når flytende organisk gjødsel er behandlet med deres teknologi kalles gjødselproduktet for NEO (Nitrogen enriched organic fertiliser)

Gjennom prosjekt Plasmabehandlet husdyrgjødsel – gjødselvirkning, miljøpåvirkning og klimagassutslipp (Fargo) skal vi undersøke gjødselverdien av NEO i forhold til andre alternativer for gjødsling som norske gårdbrukere har i dyrking av korn og gras.

Prosjektet ledes av Magnus Nyvold og eies av selskapet N2 Applied, hvor Nyvold er ansatt.

Thomas Cottis er prosjektleder for de fleste arbeidspakkene i prosjekt Fargo. Cottis er derfor hovedforfatter av denne rapporten og har skrevet det meste sammen med Svein Solberg.

Kapittel 7; Forsøk for delmål 4 Utslipp av metan fra NEO og ubehandlet bløtgjødsel, er skrevet av Magnus Nyvold og Peter Dörsch.

Hesam Mousavi har skrevet kapittel 6.2; Spretthaler og 6.3; Spiseaktivitet hos jordfauna målt med Bait lamina test.

Alle feltforsøkene og arbeidet med disse, er utført av NLR-enhetene Trøndelag, Innlandet, Østafjells og Viken. Vi retter en stor takk til disse for godt utført arbeid også i 2021.

1. Innholdsfortegnelse

| | |
|---|----|
| Sammendrag | 3 |
| Abstract | 4 |
| Forord | 5 |
| Innholdsfortegnelse | 6 |
| 1. Delmål og problemstillinger i FARGO. | 8 |
| 2. Kornforsøkene for delmål 1 | 10 |
| 2.1 Gjødning og gjødseltyper brukt i forsøkene I 2021 | 10 |
| 2.2 Utforming av kornforsøkene 2021 | 11 |
| 2.3 Beliggenhet og annen info om kornfeltene | 12 |
| 2.4 Statistisk behandling | 13 |
| 2.5 Resultater fra Serie 1 (felt 1-4) 2021 | 14 |
| 2.5.1 Kornavling: | 14 |
| 2.5.2 Nitrogenprosent og nitrogenavling | 15 |
| 2.5.3 Nitrogeneffekt | 17 |
| 2.6 Resultater fra Serie 2 (felt 5 og 6) 2021 | 18 |
| 2.6.1 Kornavling | 19 |
| 2.6.2 Nitrogenprosent og nitrogenavling | 19 |
| 2.6.3 Nitrogeneffekt | 20 |
| 2.7 Nitrogeneffektivitet av gjødning i Serie 1 og Serie 2 | 21 |
| 2.8 Drøfting og oppsummering kornfeltene 2021 | 22 |
| 3. Engforsøkene for delmål 1 | 24 |
| 3.1 Gjødning og gjødseltyper brukt i engforsøkene | 24 |
| 3.2 Utforming av engforsøkene | 24 |
| 3.3 Beliggenhet og annen info om grasfeltene | 25 |
| 3.4 Statistisk behandling | 25 |
| 3.5 Resultater Serie 1 (felt 7-8) 2021 | 25 |
| 3.5.1 Grasavling | 25 |
| 3.5.2 Nitrogenprosent og nitrogenavling | 27 |
| 3.6 Resultater Serie 2, 2021 | 29 |
| 3.6.1 Grasavling serie 2 | 30 |
| 3.6.2 Nitrogenprosent og nitrogenavling Serie 2: | 31 |
| 3.6.3 Nitrogeneffekt | 33 |
| 3.7 Nitrogeneffektivitet av gjødning i serie 1 og 2 | 34 |
| 3.8 Drøfting og oppsummering av grasfeltene 2021 | 35 |
| 4. Svovelsyrefeltet 2021 | 37 |
| 4.1 Utforming av forsøket med Svovelsyrebehandlet gjødning og NEO i eng (S-feltet) .. | 37 |
| 4.2 Beliggenhet S-feltet | 37 |
| 4.3 Resultater S-feltet | 37 |
| 4.4 Drøfting og oppsummering for S-feltet | 38 |
| 5. Forsøk for delmål 2 Vekstform | 39 |
| 5.1.1 Metodikk vekstform | 39 |
| 5.1.2 Resultater vekstform | 40 |
| 6. Forsøk for delmål 3 Effekt på jordliv | 44 |
| 6.1 Meitemark | 44 |
| 6.1.1 Materiale og metode | 44 |
| 6.1.2 Resultater meitemarkforsøk 2021 | 46 |

| | | |
|-------|--|----|
| 6.2 | Spretthaler | 47 |
| 6.2.1 | Materiale og metode | 47 |
| 6.2.2 | Resultater spretthaler | 48 |
| 6.3 | Spiseaktivitet hos jordfauna målt med Bait lamina test | 50 |
| 6.3.1 | Metodikk | 50 |
| 6.3.2 | Resultater Bait Lamina | 50 |
| 6.4 | Måling av respirasjon og jordfysiske parametere | 52 |
| 7. | Forsøk for delmål 4 Utslipp av metan fra NEO og ubehandlet bløtgjødsel | 53 |
| 8. | Litteratur | 55 |

2. Delmål og problemstillinger i FARGO.

Prosjekt Fargo har 6 delmål. HINN har ansvaret for fire av dem: 1, 2, 3, og 5. Professor Peter Dörsch ved NMBU har ansvaret for delmål 4, og N2-Applied har ansvaret for delmål 6.

Delmål 1: Bestemme hvor mye kunstgjødelse som kan erstattes av plasmabehandlet husdyrgjødsel (gitt av avlingsstørrelse og nitrogeninnhold) ved å gjennomføre feltforsøk der plasmabehandlet husdyrgjødsel sammenliknes med dagens gjødselprodukter

Delmål 2: Bestemme og maksimere gjødselproduktets ytelse (gitt av avlingsstørrelse og nitrogeninnhold) i veksthusforsøk under kontrollerte forhold. Dette for å kunne maksimere mengden kunstgjødelse som erstattes av plasmabehandlet husdyrgjødsel.

Delmål 3: Dokumentere effekten gjødselen har på jordstruktur og jordliv gjennom analyser og målinger av jordhelse, organisk aktivitet og nøkkelarter i jord

Delmål 4: Bestemme reduksjon av metanutslipp som følger av plasmabehandlingen og finne prosessbetingelser som minimerer metanproduksjonen under lagring av gjødelse i et gårdsmiljø

Delmål 5: Beregne teknologiens klimapåvirkning og bidra til dokumentasjon av utslippseffektene slik at tiltaket skal kunne inngå i det nasjonale utslippsregnskapet.

Delmål 6: Optimalisert produksjon av plasmabehandlet husdyrgjødsel i henhold til behovene som avdekkes i forsøkene og utslippskravene som stilles.

Delmålene er nærmere beskrevet slik i prosjektbeskrivelsen:

H1: Feltforsøk, Ansvarlig: Høgskolen i Innlandet.

Feltforsøkene skal sammenlikne gjødselvirkningen til plasmabehandlet husdyrgjødsel med husdyrgjødsel og mineralgjødelse. Formålet er i første omgang å bestemme plasmabehandlingens verdiøkning, altså hvordan bruken påvirker avlingsstørrelse og nitrogeninnhold, og dermed anslå hvor mye mineralgjødelse som kan erstattes. Dette resultatet viser indirekte effekten av redusert ammoniakktap og av tilført nitrat, som er hovedforskjellen mellom plasmabehandlet og ubehandlet husdyrgjødsel. Tallet på mengden kunstgjødelse som kan erstattes vil inngå i klimaregnskapet. Feltforsøkene geografiske spredning vil også avdekke hvilken innvirkning lokale forhold som vær, klima og jordsmonn har på ytelsen til plasmabehandlet husdyrgjødsel.

H2: Veksthusforsøk, Ansvarlig: Høgskolen i Innlandet

I motsetning til feltforsøkene kan veksthusforsøk gjennomføres under kontrollerte betingelser. Det gjør det mulig å teste hypoteser med minimal uforutsett påvirkning. Da kan plasmabehandlet husdyrgjødsel optimaliseres, altså mengden kunstgjødelse som erstattes kan maksimeres, ved å undersøke effekten av tidspunkt for gjødsling, produkt-pH og effekten av type råstoff. Lovende resultater fra veksthusforsøkene må også testes i feltforsøk. Egnede veksthusfasiliteter vil bli leid for disse forsøkene.

H3: Jord- og plantehelse, Ansvarlig: Høgskolen i Innlandet

Felt- og veksthusforsøkene vil også benyttes til å registrere andre effekter på jord og planter. I feltforsøkene registreres skadedyr og sykdommer. Før og etter vekstsesong tar vi jordprøver for å avdekke kjemisk jordpåvirkning. Gjødseltypenes påvirkning på mikro- og makroliv i jord vurderes gjennom registreringer og analyser. I veksthusforsøkene går vi mer aktivt til verks ved å tilføre nøkkelarter til jord/plante-systemet og undersøker deres vekst-/overlevelsesrate. Formålet er å undersøke hvilke effekter plasmabehandlet husdyrgjødsel har på liv i jord.

H4: Metanmålinger, Ansvarlig: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet Lagringsforsøkene ved NMBU vil sammenlikne utslippene fra ubehandlet og plasmabehandlet husdyrgjødsel i

spesialdesignede lagertanker som kan måles semi-kontinuerlig. Det foretas også kjemiske analyser underveis for å kunne forklare en eventuell økning i metanproduksjonen. Basert på resultatene gjøres endringer på plasmaprosessen dersom det skulle vise seg nødvendig. Hovedmålet er å bestemme en utslippsfaktor for metan fra plasmabehandlet husdyrgjødsel. I forsøket benyttes tre kummer (> 3 m³) for hhv. ubehandlet, forsuret og plasmabehandlet husdyrgjødsel som plasseres ute på den agronomiske forsøksstasjon «Låven» på Ås. Kummene blir utstyrt med elektriske lokk som lukkes automatisk flere ganger om dagen (< 1 time) for å måle gassutslipp. Mens kummene er lukket, samles det opp flere gassprøver som analyseres på laboratoriet for å estimere utslippsratene. Det er planlagt å bruke automatiske prøvetagere montert ved kummene for å effektivisere prøvetagning og tillate tett oppfølging av utslippsdynamikk. Kummene blir utstyrt med automatiske termometer og pH-loggere. Videre skal kummene brukes for å teste ulike måter til å kvantifisere ammoniakk utslipp.

H5: Klimaregnskap, Ansvarlig: Høgskolen i Innlandet Høgskolen i Innlandet behandler data fra forsøkene og beregner klimaeffektene av gjødseltypene ved produksjon, lagring og bruk. N2 Applied gjødsel har innvirkning på jordbrukets klimagassutslipp på flere ulike måter. Det inngår påvirkning som fanges opp av det offisielle klimagassregnskapet, tiltak som vil regnes inn i det såkalte skyggeregnskapet, og effekter som i dag ikke bli fanges opp. Det skal gjøres en egen vurdering av hvordan klimaeffekter av N2-Applied gjødsel kan bli beregnet inn i det offisielle klimaregnskapet for jordbruket. I dette arbeidet inngår det vurdering av dokumentasjonskrav og metodikk, og hvordan resultatene vil kunne integreres i annet arbeid som «Landbrukets klimakalkulator».

Delmål 5 skal gjøres i løpet av prosjektets siste halvår (høsten 2022) og her er det målingene av metangass og lystgassprosjektet ved NMB, samt utenlandske forsøk som vil danne grunnlaget for kalkyler og konklusjoner.

H6: Produksjon av plasmabehandlet husdyrgjødsel N2 Applied skal dedikerer et av sine forsøksanlegg til å behandle husdyrgjødsel gjennom hele prosjektet. Dette for å sikre forutsigbar gjødselleveranse til H1, H2, H3, og H4. Hovedutfordringen knyttet til denne hovedaktiviteten er å produsere et produkt som svarer til agronomiske behov. Blant annet må nitrogensammensetning og pH kunne styres med anlegget, uten at det får en negativ innvirkning på hverken absorpsjonsprosess eller lagringsstabilitet. Under denne hovedaktiviteten faller også utviklingen av en metode for å nøyaktig bestemme gjødselens næringsinnhold (hovedsakelig nitrogenkomponenter, men også andre viktige næringsstoffer). Dersom plasmabehandlet husdyrgjødsel skal tilpasses fremtidens presisjonslandbruk er det en forutsetning at komposisjonen av næringsstoffer kan bestemmes med tilfredsstillende nøyaktighet. Hvis en slik metode ikke utvikles, vil det ikke være mulig å dosere plasmabehandlet husdyrgjødsel med maksimal nøyaktighet selv om det uforutsigbare ammoniakktapet er eliminert, og kunstgjødselprodusentene beholder et viktig konkurransefortrinn.

N2 Applied vil forfølge to hovedretninger: 1) korrelere prosessparametere som pH, behandlingstid og tørrstoffinnhold med innholdet av næringsstoffer 2) bruk av ny, kostnadseffektiv analyseteknologi som f.eks. nuclear magnetic resonance-sensor [6]. Denne utviklingen blir et viktig steg på veien mot å kunne skreddersy gjødselprodukter.

3. Kornforsøkene for delmål 1

3.1 Gjødning og gjødningstyper brukt i forsøkene I 2021

Bløttinggjødning som er kjørt gjennom N2-Applied sin maskin – også kalt plasmareaktor, kalles for NEO (Nitrogen enriched organic fertiliser). Videre i denne rapporten kalles slik behandlet bløttinggjødning for NEO.

All husdyrgjødning til feltforsøkene er i år som i fjor hentet fra forsøksfjøsset for storfe ved NMBU.

For å kunne planlegge forsøksfeltene ble det tatt nitrogenanalyser av både ubehandlet bløttinggjødning og ferdig produsert NEO i slutten av mars. Analysene ble sendt til AnalyTech Miljølaboratorium i Danmark.

Nedenfor er oversikt over nitrogenverdiene (tabell 1) og pH (tabell 2).

Tabell 1: Mengde lettliggjørlig N, Ammonium, Nitrat, Nitritt og Total-N i den NEO og ubehandlet bløttinggjødning som ble brukt i feltforsøkene i 2021.

| | N-min kg/t | NH ₄ ⁺ kg/t | NO ₃ ⁻ kg/t | NO ₂ ⁻ kg/t | Total N kg/t |
|------------------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| NEO prøve 1 | 3,24 | 1,48 | 0,97 | 0,79 | 4,36 |
| NEO prøve 2 | 3,24 | 1,53 | 0,89 | 0,82 | 4,42 |
| NEO prøve 3 | 3,2 | 1,52 | 0,88 | 0,8 | 4,35 |
| Bløttinggjødning | 1,5 | 1,5 | 0 | 0 | 2,68 |

Det er litt variasjon i resultatverdiene mellom analyser, men dette er innenfor det som kan forventes av slike analyser. På bakgrunn av disse tallene bestemte vi at å bruke 3,2 kg N-min pr tonn i NEO og 1,5 kg N-min pr tonn i ubehandlet bløttinggjødning i planlegging av alle feltforsøkene i 2021.

Når ubehandlet bløttinggjødning skal behandles i N2-Applied sin plasmareaktor må alle partikler større enn 5 millimeter filtreres bort. Det gjøres gjennom en filtreringsmaskin som da tar ut om lag 10 % av opprinnelig volum. Filtringen gjør at den filtrerte bløttinggjødning er mer tyntflytende og har en bedre evne til infiltrasjon i jord enn ubehandlet bløttinggjødning. Den massen som filtreres bort har en konsistens som bløt grov torv. For kornfeltene i 2021 brukte vi 12 kg N-min pr dekar i NEO som utgangspunkt. For å få den mengden måtte vi bruke 3,75 tonn NEO pr dekar. For gårdbruker vil da den tilsvarende mengde ubehandlet bløttinggjødning være 10 % større mengde – det vil si 4,1 tonn pr dekar.

I forsøkene brukes følgende gjødningstyper som vi navngir slik:

- Ubehandlet bløttinggjødning.
- NEO. Samme som ubehandlet bløttinggjødning, men denne er først filtrert slik at alle partikler over 5 millimeter er fjernet. Deretter er gjødning kjørt gjennom en av N2-Applied sine plasmareaktorer som tilsetter nitrat og nitritt, og senker pH.
- Mineralgjødning 18-3-15 fra Yara. Nitrogenet består av litt mer ammonium enn nitrat. Inneholder bra med Kalium og moderat innhold av fosfor. Høyt innhold av svovel.
- Mineralgjødning Opti-NS (27-0-0) fra Yara. Nitrogenet består av like deler ammonium og nitrat. Opti-NS Inneholder i tillegg magnesium, kalsium og svovel.

Tabell 2: pH målt i gjødseltypene før spredning:

| Sted og felt | NEO | Ubehandlet | Ubehandlet tilsatt svovelsyre |
|--|-----------|------------|-------------------------------------|
| Korn Innlandet 27. april | 5,66 | 6,71 | |
| Korn Øst spredd 4. mai | 5,52 | 6,84 | |
| Korn Øst spredd 8. juni | 5,87 | 6,90 | |
| Korn Viken spredd 23 april | Ikke målt | Ikke målt | |
| Korn Trøndelag spredd 5 mai | 5,62 | 6,7 | |
| Gras Trøndelag spredd 4 mai | 5,62 | 6,72 | |
| Gras Trøndelag spredd 15. juni | 5,8 | 6,98 | |
| Gras Østafjells spredd 30. april | 5,64 | 6,9 | |
| Gras Østafjells spredd 3. juni | 5,66 | 6,85 | |
| Gras Innlandet Svovelsyrefeltet spredd 24. april | 5,66 | 6,8 | 5,16 |
| Gras Innlandet Svovelsyrefeltet spredd juni | 5,66 | 6,8 | 5,1 |

Av tabellen for pH i gjødseltypene ser vi at pH i NEO var på ca. 5,6 i april, og så økte den til mellom 5,7 og 5,8 i løpet av 6 uker. pH i ubehandlet bløtgjødsel endrer seg lite i løpet av samme periode.

3.2 Utforming av kornforsøkene 2021

Sommeren 2021 hadde vi seks feltforsøk med korn i prosjektet. Fire av feltene var i Serie 1.

To av feltene var i Serie 2

Serie 1:

Felt 1 og 2 i serie 1 lå på samme areal i 2020 og vil gå videre på samme måte også i 2022.

Felt 3 og 4 er lik de andre feltene i serie 1, men på grunn av uforutsette jordvariasjoner i arealet som feltene lå på i 2020, måtte disse feltene flyttes til nytt areal i 2021.

Serie 2:

Felt 5 og 6 er nye felt av type serie 2 og skal ligge i to år. Disse feltene har de samme leddene med NEO, ubehandlet bløtgjødsel og ubehandlet bløtgjødsel supplert med mineralgjødsel (Opti-NS) som felt 1-4 slik disse var i 2020 og 2021, men vi la inn flere nivåer av mineralgjødselmengder for å få en bedre nitrogenstige som målestokk for gjødselverdien av NEO og andre alternativer som bonden har for bruk av husdyrgjødsel.

Logikken for kornforsøkene:

Hensikten med forsøkene er å kunne svare ut Delmål 1: Bestemme hvor mye kunstgjødsel som kan erstattes av plasmabehandlet husdyrgjødsel (gitt av avlingsstørrelse og nitrogeninnhold) ved å gjennomføre feltforsøk der plasmabehandlet husdyrgjødsel sammenliknes med dagens gjødselprodukter.

I alle kornforsøkene (1-6) har vi derfor med følgende ledd:

- 12 kg N-min/daa i NEO og det fikk vi med 3,75 tonn NEO pr dekar i 2021.
- 6,15 kg N-min/daa i ubehandlet bløtgjødsel som det blir når vi tar tilsvarende mengde ubehandlet bløtgjødsel som det som ble brukt for å lage 3,75 tonn NEO. Det blir 4,1 tonn pr dekar, fordi den ubehandlede bløtgjødselen ikke har fått fjernet 10 % av massen gjennom filtrering, slik som det gjøres for å lage NEO.
- 12 kg N-min/daa av 4,1 tonn ubehandlet bløtgjødsel med 6,15 kg N-min/daa, supplert med 5,85 kg N-min i mineralgjødsel Opti-NS slik at summen av N-min altså blir 12 kg /daa.
- I felt 1-4 har vi i tillegg med et ledd der vi ved såing tilførte en startgjødsling med 1,2 kg N-min/daa i mineralgjødsel 18-3-15, og så ga resten av nitrogenet som NEO spredd på overflaten ved kornets treblad-stadie.

Avlingene av korn og nitrogen for disse fire leddene kan sammenlignes med hverandre.

Vi finner nitrogeneffekten av disse fire leddene ved å sammenligne med forskjellige mengder nitrogen i mineralgjødsel 18-3-15.

I Serie 1 (felt 1 - 4) har vi tre nivåer mineralgjødsel 18-3-15: 6,15, 9,1 og 12 kg N-min/daa.

I Serie 2 (felt 5 - 6) har vi 5 nivåer mineralgjødsel 18-3-15: 3, 5,5, 8, 10,5 og 13 kg N-min/daa.

NB: Ledd 4 kan egentlig bare sammenlignes med ledd 3, fordi vi ikke vet hvilke effekter de andre leddene hadde gitt på korn- og nitrogenavling hvis vi hadde delt gjødselen i disse leddene med 1,2 kg N ved såing og resten av gjødselen på trebladstadiet til kornet.

3.3 Beliggenhet og annen info om kornfeltene

Felt 1 og 2 lå 3 km øst for Hamar driftet av NLR Innlandet.

Felt 3 og 4 lå i Årnes i Nes kommune, driftet av NLR Øst

Felt 5 lå i Sem nord for Tønsberg, driftet av NLR Viken

Felt 6 lå ved Kvithamar i Stjørdal kommune, driftet av NLR Trøndelag.

De to feltene i Hamar lå på samme areal som tilsvarende felt i 2020. Felt 3 og 4 i Årnes ble lagt på nytt areal på grunn av uventet store variasjoner i feltet i 2020.

I alt 4 forsøk inngikk i denne serien i 2021, 2 felt hos NLR Innlandet og 2 felt hos NLR Øst. Forsøkene er i hovedsak de samme som i 2020, men leddet med filtrert bløtgjødsel er gjort om til Null-ledd. Dette ble gjort fordi vi fikk vite det vi ønsket om effekt av filtrert bløtgjødsel i 2020, og at det i fortsettelsen ville være større nytte av å ha et null-ledd i forsøkene.

Forsøksdesignet er standard gjødselsforsøk med 4 gjentak. Gjødselrutene er på 3*10 meter, og høsterutene på 1,5*8,5 meter innenfor gjødselrutene.

Feltene 1, 2, 3 og 4 har med et ledd hvor det meste av nitrogenet ble gitt som NEO i slutten av mai (ledd 4). For å vurdere gjødseleffekten og nitrogenverdien av dette leddet er det nødvendig å vite hvordan nedbør og temperatur var i områdene der disse feltene lå.

Vi ser av tabell 3 for Blæstad-området (felt 1 og 2) at det var mer regn enn normalt i mai; 77,9 mm mot normalt 55 mm. I tillegg var det gjennomsnittstemperaturen for mai 0,4 grader lavere enn normalen.

Tabell 3: Værstatistikk fra Yr.no for Blæstad-området (Stafsberg målestasjon)

| Måned | Temperatur gj.snitt | Normal | Avvik | Nedbør totalt mm | Normal mm |
|-------------------|---------------------|--------|-------|------------------|-----------|
| <u>April 2021</u> | 3,9° | 4,4° | 0,5° | 1,7 | 30,0 |
| <u>Mai 2021</u> | 9,5° | 9,9° | 0,4° | 77,9 | 55,0 |
| <u>Juni 2021</u> | 16,8° | 14,0° | 2,8° | 62,4 | 65,0 |

Av tabell 4 for Årnes-området (felt 3 og 4) ser vi det samme som for Hamar, nemlig at det var en våt og kjølig mai måned. Det kom 88,4 mm nedbør mot 58 mm som er normalt, og det var 0,9 grader gjennomsnittstemperatur enn normalt for mai.

Tabell 4: Værstatistikk fra Yr.no for Årnes-området

| Måned | Temperatur gj.snitt | Normal | Avvik | Nedbør totalt mm | Normal mm |
|-------------------|---------------------|--------|-------|------------------|-----------|
| <u>April 2021</u> | 3,9° | 4,7° | 0,8° | 30,2 | 45,0 |
| <u>Mai 2021</u> | 9,3° | 10,2° | 0,9° | 88,4 | 59,0 |
| <u>Juni 2021</u> | 16,3° | 13,9° | 2,4° | 51,1 | 78,0 |

3.4 Statistisk behandling

Det ble gjort tre ulike statistiske analyser for de fire forsøksfeltene.

Den første analysen var en variansanalyse (ANOVA) med alle gjødselledene og blokker som forklaringsvariabler. Det ble gjort en analyse for de tre responsvariablene: kornavling, nitrogen-%, og nitrogenavling og beregnet gjennomsnitt og minste signifikante forskjell (LSD_{5%}). Det gjøres oppmerksom på at dette er basert på gjennomsnittlig standardavvik slik at det ikke bør legges for stor vekt på LSD verdien.

I den videre analysen beregnet vi N-effekten av NEO opp mot mineralgjødsel. Dette ble gjort ved hjelp av lineær regresjonsanalyse, som først produserte en formel for sammenhengen mellom N i mineralgjødsling og kornavling, respektive nitrogen i kornavlingen, og basert på N-stigene i forsøkene. Deretter satte vi inn avlingstall og nitrogenavlingstall fra NEO leddene (ledd 3 og ledd 4) inn i denne regresjonsformelen, og regnet ut N-effekten. Samme prosedyre ble gjort for hvert av forsøksfeltene og med et 95% konfidensintervall.

Til sist gjennomførte vi parvise sammenligninger av de to NEO-leddene, samt NEO leddene opp mot ubehandlet bløtgjødsel tilsatt Opti NS. Her ble det beregnet gjennomsnitt og gjort parvise T-tester istedenfor regresjonsanalyser.

3.5 Resultater fra Serie 1 (felt 1-4) 2021

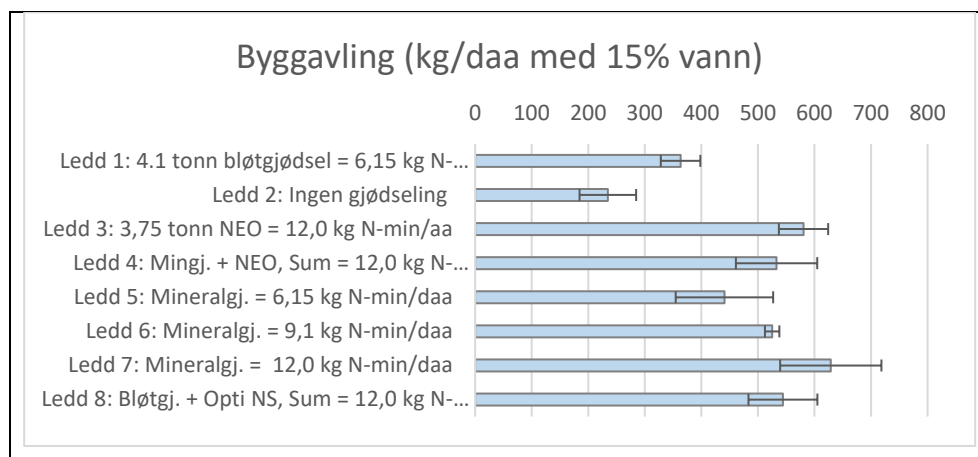
Følgende ledd med detaljer inngikk i serien i 2021:

- Ledd 1: 4,1 tonn ubehandlet = 6,15 kg N pr dekar
- Ledd 2: Null-ledd
- Ledd 3: 3,75 tonn NEO = 12,0 kg N pr dekar
- Ledd 4: 1,2 kg N i Mineralgjødssel (18-3-15) vår + 3,4 tonn NEO på trebladstadiet Sum = 12,0 kg N pr dekar
- Ledd 5: Mineralgjødssel (18-3-15). = 6,15 kg N pr dekar
- Ledd 6: Mineralgjødssel (18-3-15) = 9,1 kg N pr dekar
- Ledd 7: Mineralgjødssel (18-3-15) = 12,0 kg N pr dekar
- Ledd 8: 4,1 tonn ubeh 6,15 kg N-min og Opti NS 5,85 kg N Sum = 12,0 kg N pr daa

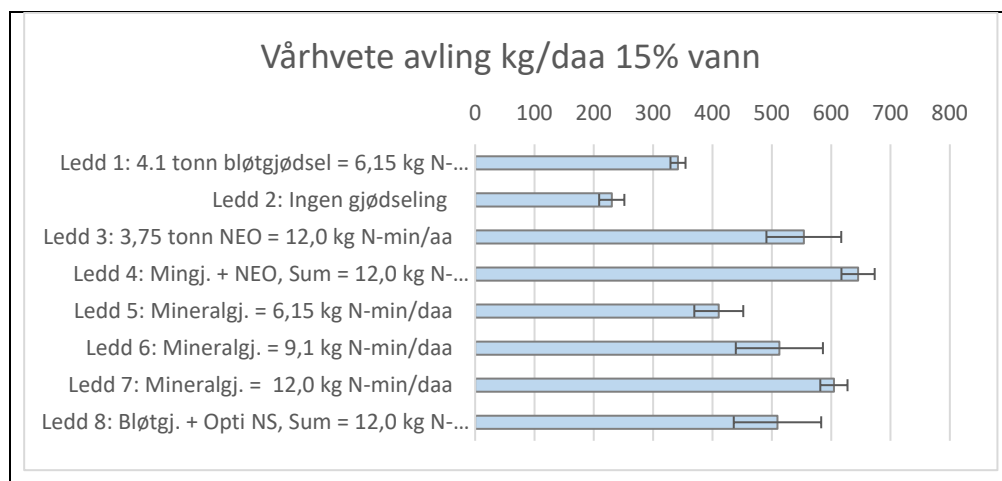
3.5.1 Kornavling:

Her kommer oversiktsdiagrammene for kornavling for de fire feltene, med standardavvik for hvert ledd.

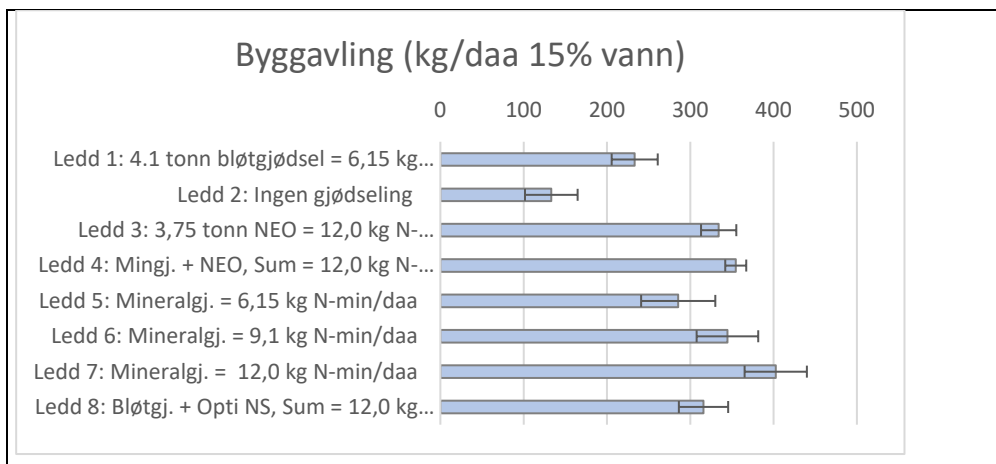
Figur 1. Byggavling fra feltet hos NLR Innlandet, 2021



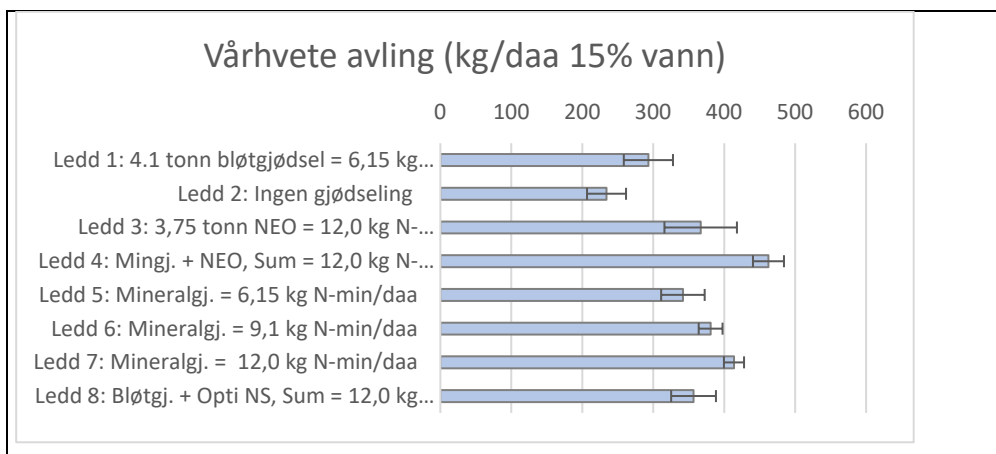
Figur 2. Vårhveteavling fra feltet hos NLR Innlandet, 2021



Figur 3. Byggavling fra feltet hos NLR Øst, 2021



Figur 4. Vårhvetevling fra feltet hos NLR Øst, 2021



Ledd 4 har signifikant høyere avling enn ledd 3 i begge hvetefeltene og i byggfeltet hos NLR Øst, men ikke i byggfeltet hos NLR Innlandet. Det er særlig i hvetefeltene at ledd 4 har gitt større avling enn ledd 3.

Ledd 4 har gitt større kornavling enn ledd 7 i hvetefeltene.

Betydelig mer regn og lavere temperatur enn normalen er den mest sannsynlige forklaringen på at ledd 4 gjorde det så bra i 2021. (se tabell 3 og 4).

Ledd 3 har en tendens til høyere avling enn ledd 8, men avlingsforskjellen er ikke signifikant

Ledd 7 har høyere avling enn ledd 3 i alle forsøkene. Forskjellen er signifikant i de to feltene hos NLR Øst, men ikke hos NLR Innlandet.

3.5.2 Nitrogenprosent og nitrogenavling

Her viser vi forsøksresultatene i tall for kornavling (15 % vanninnhold), Nitrogenprosent og Nitrogen avling. Tabell 5 gir tallene for de to feltene hos NLR Innlandet og tabell 6 for de to feltene hos NLR Øst. I begge tabeller har vi med LSD 5 %, og P-verdiene

Tabell 5: Kornavling (kg korn/daa med 15% vanninnhold) og N avling (kg N/daa), resultat fra felt i bygg og vårhvete hos NLR Innlandet, 2021.

| Felt på Blæstad, NLR Innlandet | Bygg Avling (kg/daa) | N (%) | Bygg Nitrogen avling (kg N/daa) | Hvete Avling (kg/daa) | N (%) | Hvete Nitrogen avling (kg N/daa) |
|--|----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------------|
| Ledd 1: Ubehandlet =6,15 kg N-min/daa | 363 | 1,32 | 4,2 | 342 | 1,84 | 5,5 |
| Ledd 2: Null-ledd (ingen gjødsling) | 235 | 1,41 | 3,0 | 230 | 1,89 | 3,8 |
| Ledd 3: NEO = 12,0 kg N-min/daa | 581 | 1,44 | 7,3 | 554 | 1,95 | 9,3 |
| Ledd 4: Mineralgj. + NEO = 12,0 kg N-min/daa | 533 | 1,46 | 6,8 | 645 | 1,93 | 10,6 |
| Ledd 5: Mineralgj. = 6,15 kg N/daa | 441 | 1,33 | 5,1 | 411 | 1,72 | 6,1 |
| Ledd 6: Mineralgj. = 9,1 kg N/daa | 525 | 1,34 | 6,1 | 513 | 1,90 | 8,4 |
| Ledd 7: Mineralgj. = 12,0 kg N/daa | 629 | 1,48 | 8,1 | 605 | 2,02 | 10,6 |
| Ledd 8: Ubeh. + Opti NS = 12,0 kg N/daa | 544 | 1,33 | 6,4 | 510 | 1,79 | 7,9 |
| <i>P verdi</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0,01</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>Ikke sign.</i> | <i>P<0.001</i> |
| <i>LSD_{5%}</i> | 86 | 0,09 | 1,6 | 85 | - | 1,6 |

Tabell 6. Kornavling (kg korn/daa med 15% vanninnhold) og N avling (kg N/daa), resultat fra felt i bygg og vårhvete hos NLR Øst, 2021.

| Felt hos NLR Øst | Bygg Avling (kg/daa) | N (%) | Bygg Nitrogen avling (kg N/daa) | Hvete Avling (kg/daa) | N (%) | Hvete Nitrogen avling (kg N/daa) |
|--|----------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------------|
| Ledd 1: Ubehandlet =6,15 kg N-min/daa | 233 | 1,54 | 3,1 | 293 | 1,74 | 4,3 |
| Ledd 2: Null-ledd (ingen gjødsling) | 133 | 1,61 | 1,9 | 234 | 1,75 | 3,5 |
| Ledd 3: NEO = 12,0 kg N-min/daa | 334 | 1,58 | 4,6 | 367 | 1,88 | 5,9 |
| Ledd 4: Mineralgj. + NEO = 12,0 kg N-min/daa | 355 | 1,80 | 5,6 | 462 | 2,31 | 9,1 |
| Ledd 5: Mineralgj. = 6,15 kg N/daa | 286 | 1,53 | 3,8 | 342 | 1,75 | 5,1 |
| Ledd 6: Mineralgj. = 9,1 kg N/daa | 345 | 1,48 | 4,4 | 381 | 1,79 | 5,8 |
| Ledd 7: Mineralgj. = 12,0 kg N/daa | 403 | 1,63 | 5,7 | 414 | 1,90 | 6,7 |
| Ledd 8: Ubeh.+OptiNS= 12,0 kg N/daa | 316 | 1,55 | 4,2 | 357 | 1,80 | 5,5 |
| <i>P verdi</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0,001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> |
| <i>LSD_{5%}</i> | 58 | 0,10 | 0,9 | 46 | 0,08 | 0,9 |

Ledd 7 har ikke høyere nitrogenprosent enn ledd 3.

Ledd 7 har en tendens til høyere nitrogenavling enn ledd 3. (signifikant i bygg hos NLR Øst)

Ledd 8 har en tendens til lavere nitrogenavling enn ledd 3 (signifikant i hvete hos NLR Innlandet)

Ledd 4 har signifikant høyere nitrogenprosent enn ledd 3 i begge hvetefeltene og i byggfeltet hos NLR Øst, men ikke i byggfeltet hos NLR Innlandet.

Ledd 4 har signifikant høyere nitrogenavling enn ledd 3 i begge hvetefeltene og i byggfeltet hos NLR Øst, men ikke i byggfeltet hos NLR Innlandet.

3.5.3 Nitrogeneffekt

Nitrogeneffekten er gjengitt i Tabell 7 og 8, og Nitrogeneffekt leses slik:

Sammenlignet med nitrogeneffekten av mineralgjødning ga NEO med 12 kg N-min/daa (Ledd 3) til bygg i gjennomsnitt samme nitrogeneffekt på avling som 10,7 kg N-min/daa i mineralgjødning (Tabell 7). Konfidensintervallet var $10,7 \pm 1,3$ kg N-min/daa, noe som betyr at det med 95% sannsynlighet har en effekt innenfor dette intervallet, og da mest sannsynlig lik 10,7 kg N-min/daa.

På nitrogenavling ga NEO med 12 kg N-min/daa (Ledd 3) til bygg i gjennomsnitt samme nitrogeneffekt på nitrogenavling som 11,3 kg N-min/daa i mineralgjødning (Tabell 7). Konfidensintervallet var $11,3 \pm 2,0$ kg N-min/daa.

Ledd 4 med 1,2 kg N i mineralgjødning gitt ved såing og 10,8 kg N i NEO på trebladstadiet har en meget høy nitrogeneffekt – særlig i hvete. Dette er som tidligere nevnt et resultat av en unormalt kjølig og våt mai måned som ga betydelig utvasking av lett løselig nitrogen gitt ved såing. Det gode resultatet av NEO gitt på trebladstadiet viser at det er et potensiale for bedre avling – gitt risikoen for en kald og våt mai måned, ved å tilføre en betydelig del av lett løselig N på trebladstadiet eller senere – særlig i hvete. Den gode effekten av NEO på trebladstadiet viser at de gårder som har utstyr for slik spredning kan utnytte dette potensialet.

Tabell 7. Effekt av ubehandlet bløtgjødsel (Ledd 1), NEO gjødselleddene (Ledd 3 og Ledd 4) og Ubehandlet bløtgjødsel supplert med mineralgjødning (Ledd 8) i forhold til nitrogen gitt som mineralgjødning. Resultat fra et felt med bygg og et felt med hvete hos NLR Innlandet, 2021.

| | Kornavling Effekt tilsvarende antall kg N-min/daa i mineralgjødning (\pm 95% konfidensintervall) | Nitrogenavling Effekt tilsvarende antall kg N-min/daa i mineralgjødning (\pm 95% konfidensintervall) |
|---|--|--|
| <u>Ledd 3: NEO = 12 kg N-min/daa</u> | | |
| Bygg | $10,7 \pm 1,3$ | $11,3 \pm 2,0$ |
| Vårhvete | $10,6 \pm 2,0$ | $10,7 \pm 1,3$ |
| <u>Ledd 4: Mineralgj. + NEO = 12 kg N-min/daa</u> | | |
| Bygg | $9,2 \pm 2,2$ | $9,8 \pm 3,1$ |
| Vårhvete | $13,5 \pm 0,9$ | $12,9 \pm 0,5$ |
| <u>Ledd 1: Ubehandlet = 6,15 kg N-min/daa</u> | | |
| Bygg | $3,9 \pm 1,1$ | $2,4 \pm 1,7$ |
| Vårhvete | $3,7 \pm 0,4$ | $3,7 \pm 0,9$ |
| <u>Ledd 8: Ubeh. + Mingj. = 12,0 kg N/daa</u> | | |
| Bygg | $9,6 \pm 1,9$ | $8,9 \pm 2,6$ |
| Vårhvete | $9,1 \pm 2,3$ | $8,1 \pm 2,2$ |

Tabell 8. Effekt av ubehandlet bløtgjødning (Ledd 1), NEO gjødselleddene (Ledd 3 og Ledd 4) og Ubehandlet bløtgjødning supplert med mineralgjødning (Ledd 8) i forhold til nitrogen gitt som mineralgjødning. Resultat fra et felt med bygg og et felt med hvete hos NLR Øst, 2021.

| | Kornavling Effekt tilsvarende antall kg N-min/daa i mineralgjødning (± 95% konfidensintervall) | Nitrogenavling Effekt tilsvarende antall kg N-min/daa i mineralgjødning (± 95% konfidensintervall) |
|---|---|---|
| <u>Ledd 3: NEO = 12 kg N-min/daa</u> | | |
| Bygg | 8,9 ± 0,7 | 9,9 ± 1,3 |
| Vårhvete | 8,9 ± 3,4 | 9,2 ± 3,5 |
| <u>Ledd 4: Mineralgj. + NEO = 12 kg N-min/daa</u> | | |
| Bygg | 8,5 ± 1,6 | 12,2 ± 1,4 |
| Vårhvete | 14,9 ± 1,5 | 21,6 ± 2,7 |
| <u>Ledd 1: Ubehandlet = 6,15 kg N-min/daa</u> | | |
| Bygg | 4,2 ± 1,2 | 4,2 ± 1,6 |
| Vårhvete | 3,5 ± 2,3 | 3,3 ± 1,8 |
| <u>Ledd 8: Ubeh. + Mingj. = 12,0 kg N/daa</u> | | |
| Bygg | 8,0 ± 1,3 | 7,8 ± 1,1 |
| Vårhvete | 7,8 ± 2,1 | 7,6 ± 2,3 |

3.6 Resultater fra Serie 2 (felt 5 og 6) 2021

To feltforsøk ble gjennomført i 2021 i denne serien, ett felt hos NLR Trøndelag og ett felt hos NLR Viken. Følgende ledd inngikk:

- Ledd 1: Ingen gjødsling
- Ledd 2: NEO = 12,0 kg N-min/daa
- Ledd 3: Bløtgjødning = 6,15 kg N-min/daa
- Ledd 4: Bløtgjødning + Mineralgjødning Opti NS = 12 kg N-min/daa
- Ledd 5: Mineralgjødning 18-3-15 = 3 kg N/daa
- Ledd 6: Mineralgjødning 18-3-15 = 5,5 kg N/daa
- Ledd 7: Mineralgjødning 18-3-15 = 8 kg N/daa
- Ledd 8: Mineralgjødning 18-3-15 = 10,5 kg N/daa
- Ledd 9: Mineralgjødning 18-3-15 = 13 kg N/daa

Metodikken fulgte samme mal som for serie 1.

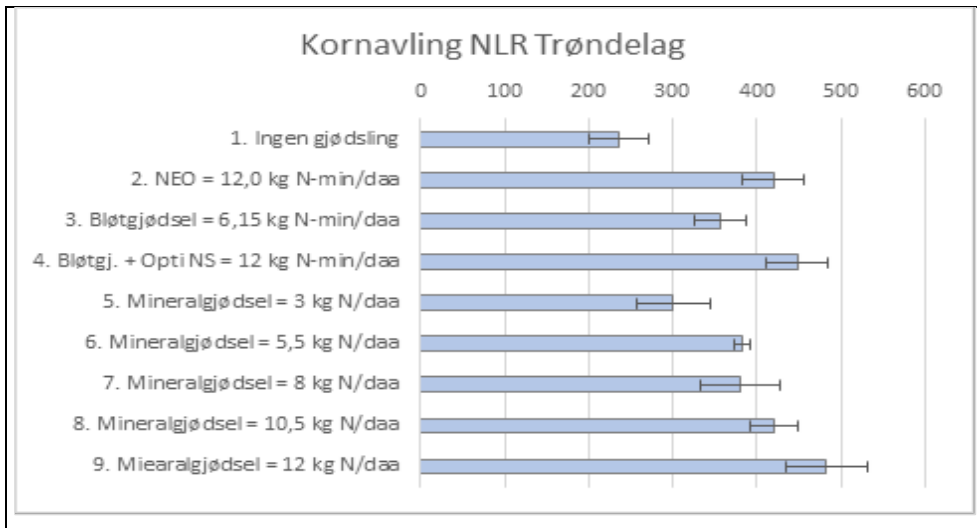
Det bør gjøres oppmerksom på at leddene har andre nummer enn i serie 1, og at det ikke er med noe ledd med NEO spreidd på kornets trebladstadiet i denne serie 2.

3.6.1 Kornavling

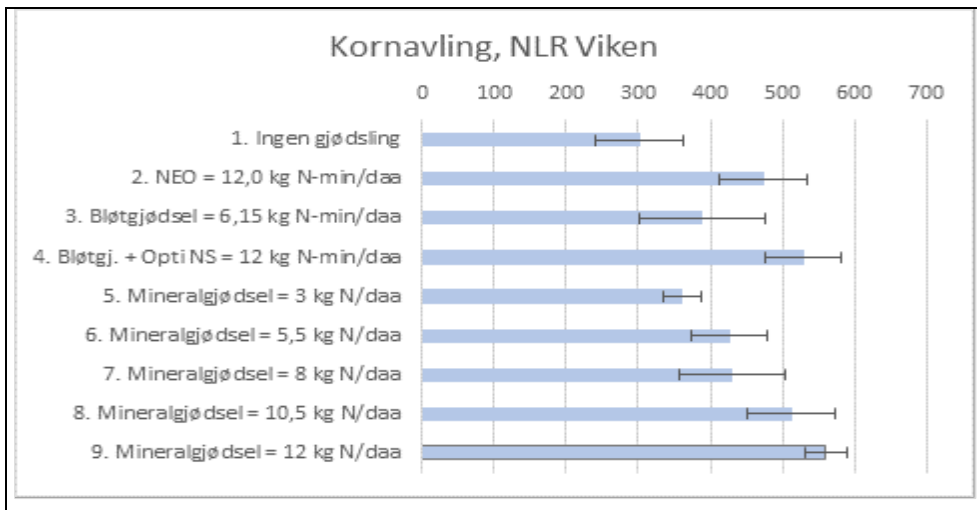
Avlingsresultatene er illustrert i Figur 5 og Figur 6.

Ledd 4 har en tendens til høyere avling enn ledd 2 i begge forsøkene (ikke signifikant). Ledd 9 har høyere avling enn ledd 2 i begge forsøk (signifikant hos NLR Viken)

Figur 5. Byggavling fra feltet hos NLR Trøndelag, 2021



Figur 6. Vårhveteavling fra feltet hos NLR Viken, 2021



3.6.2 Nitrogenprosent og nitrogenavling

Følgende kan sies om nitrogenprosent og nitrogenavling (resultat, se tabell 9):

- Ledd 9 har høyere nitrogenprosent enn ledd 2 og ledd 4 (signifikant for bygg hos NLR Trøndelag, ikke for hvete hos NLR Viken).
- Ledd 2 har en tendens til høyere nitrogenprosent enn ledd 4.
- Ledd 2 har høyere nitrogenprosent enn ledd 3. (signifikant for bygg hos NLR Trøndelag, ikke for hvete hos NLR Viken).

- Ledd 9 har høyere nitrogenavling enn ledd 2. (signifikant for bygg hos NLR Trøndelag, ikke for hvete hos NLR Viken).
- Ledd 4 har en tendens til høyere proteinavling enn ledd 2 i begge forsøkene (ikke signifikant)

Tabell 9. Kornavling (kg korn/daa med 15% vanninnhold) og N avling (kg N/daa), resultat fra de to feltene i serie 2, 2021.

| Serie 2, 2021 | Bygg Trøndelag | | | Vårhete Viken | | |
|--|----------------------|------------------|---------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| | Korn Avling (kg/daa) | N (%) | N avling (kg N/daa) | Korn Avling (kg/daa) | N (%) | N avling (kg N/daa) |
| 1. Ingen gjødsling | 236 | 1,39 | 2,8 | 302 | 1,97 | 5,2 |
| 2. NEO = 12,0 kg N-min/daa | 420 | 1,64 | 5,9 | 475 | 2,05 | 8,5 |
| 3. Bløtgjødsel = 6,15 kg N-min/daa | 356 | 1,45 | 4,4 | 390 | 2,03 | 7,0 |
| 4. Bløtgj. + Opti NS = 12 kg N-min/daa | 449 | 1,59 | 6,1 | 529 | 2,02 | 9,3 |
| 5. Mineralgjødsel = 3 kg N/daa | 301 | 1,36 | 3,5 | 361 | 2,00 | 6,3 |
| 6. Mineralgjødsel = 5,5 kg N/daa | 383 | 1,45 | 4,7 | 427 | 1,96 | 7,3 |
| 7. Mineralgjødsel = 8 kg N/daa | 380 | 1,41 | 4,6 | 431 | 1,92 | 7,2 |
| 8. Mineralgjødsel = 10,5 kg N/daa | 421 | 1,49 | 5,3 | 513 | 2,01 | 9,0 |
| 9. Mineralgjødsel = 12 kg N/daa | 483 | 1,76 | 7,2 | 561 | 2,00 | 9,8 |
| <i>P verdi</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>Ikke sign.</i> | <i>P<0.001</i> |
| <i>LSD_{5%}</i> | 42 | 0,06 | 0,6 | 88 | - | 2,0 |

3.6.3 Nitrogenerffekt

Nitrogenerffekten er gjengitt i tabell 10 og tabellen leses som beskrevet i kapittel 2.5.3.

Tabell 10. Effekt av ubehandlet bløtgjødsel (Ledd 3), NEO (Ledd 2) og Ubehandlet bløtgjødsel supplert med mineralgjødsel (Ledd 4) i forhold til nitrogen gitt som mineralgjødsel. Resultat fra et felt med bygg hos NLR Trøndelag og et felt med hvete hos NLR Viken. Serie 2, 2021.

| | Kornavling Effekt tilsvarende antall kg N-min/daa i mineralgjødsel (± 95% konfidensintervall) | Nitrogenavling Effekt tilsvarende antall kg N-min/daa i mineralgjødsel (± 95% konfidensintervall) |
|---|---|---|
| <u>Ledd 3: NEO = 12 kg N-min/daa</u> | | |
| Bygg Trøndelag | 9,3 ± 1,9 | 10,2 ± 2,2 |
| Vårhete Viken | 8,6 ± 2,9 | 9,5 ± 5,4 |
| <u>Ledd 3: Ubehandlet = 6,15 kg N-min/daa</u> | | |
| Bygg Trøndelag | 5,9 ± 1,6 | 5,6 ± 1,5 |
| Vårhete Viken | 4,4 ± 2,6 | 9,3 ± 1,0 |
| <u>Ledd 4: Ubeh. + Mingj. = 12,0 kg N/daa</u> | | |
| Bygg Trøndelag | 10,9 ± 1,9 | 10,9 ± 1,9 |
| Vårhete Viken | 11,2 ± 2,6 | 11,5 ± 2,7 |

3.7 Nitrogeneffektivitet av gjødsel i Serie 1 og Serie 2

Vi har beregnet Nitrogeneffektivitet for gjødseltypene brukt i de fire feltene i Serie 1 og de to feltene i Serie 2 i 2021. Nitrogeneffektiviteten er et mål på hvor stor andel av tilført nitrogen som har blitt tatt opp av plantene i forhold til nitrogen opptatt i ledd uten gjødsel, og oppgis i prosent.

Vi brukte følgende formel:

$$\text{Nitrogeneffektivitet} = \frac{\text{N opptak behandling} - \text{N opptak i nulled}]{\text{tilført N til behandling}} * 100$$

Ifølge Magnus Nyvold i N2 Applied er det mest aktuelt å sammenligne de leddene som har fått omtrent samme mengde nitrogen, når denne formelen brukes. Det har vi tatt hensyn til i vurderingene nedenfor.

Resultatene er gjengitt i tabell 11 og tabell 12.

Tabell 11 viser beregnet Nitrogeneffektivitet i gjennomsnitt for alle fire felt i Serie 1 2021

| Serie 1 2021 | Gjennomsnittlig nitrogeneffektivitet fire felt i serie 1 2021 |
|--|---|
| Ledd 2: Null-ledd (ingen gjødsling) | |
| Ledd 1: Ubehandlet = 6,15 kg N-min/daa | 16,3 % |
| Ledd 3: NEO = 12,0 kg N-min/daa | 21,3 % |
| Ledd 4: Mineralgj. + NEO = 12,0 kg N-min/daa | 38,8 % |
| Ledd 5: Mineralgj. = 6,15 kg N/daa | 28,5 % |
| Ledd 6: Mineralgj. = 9,1 kg N/daa | 26,4 % |
| Ledd 7: Mineralgj. = 12,0 kg N/daa | 29,2 % |
| Ledd 8: Ubeh. + OptiNS = 12,0 kg N/daa | 17,9 % |

For Serie 1 (tabell 11) kan vi si følgende:

- Ledd 3, 4, 7 og 8 har alle 12 kg N-min pr dekar og kan derfor sammenlignes med formelen for nitrogeneffektivitet. Ledd 1 og ledd 5 kan også sammenlignes.
- Ledd 4 hadde høyere nitrogeneffektivitet enn Ledd 3. (Andre sammenligninger med ledd 4 er ikke aktuelle)
- Ledd 7 har høyere nitrogeneffektivitet enn ledd 3, som igjen hadde høyere nitrogeneffektivitet enn ledd 8.
- Ledd 5 har høyere nitrogeneffektivitet enn ledd 1

Tabell 12 viser beregnet Nitrogeneffektivitet i gjennomsnitt for de to feltene i Serie 2 2021

| Serie 2, 2021 | Gjennomsnittlig nitrogeneffektivitet begge felt i serie 2 2021 |
|--|---|
| 1. Ingen gjødsling | |
| 2. NEO = 12,0 kg N-min/daa | 28,8 % |
| 3. Bløtgjødsel = 6,15 kg N-min/daa | 30,1 % |
| 4. Bløtgj. + Opti NS = 12 kg N-min/daa | 33,3 % |
| 5. Mineralgjødsel = 3 kg N/daa | 31,7 % |
| 6. Mineralgjødsel = 5,5 kg N/daa | 39,1 % |
| 7. Mineralgjødsel = 8 kg N/daa | 25,6 % |
| 8. Mineralgjødsel = 10,5 kg N/daa | 32,4 % |
| 9. Mineralgjødsel = 12 kg N/daa | 37,7 % |

For Serie 2 (tabell 12) kan vi si følgende:

- Her er det ledd 2, 4 og 9 som kan sammenlignes da alle har 12 kg N/daa
- Ledd 2 har lavere nitrogeneffektivitet enn ledd 4, som igjen hadde lavere nitrogeneffektivitet enn ledd 9.

3.8 Drøfting og oppsummering kornfeltene 2021

I de fire feltene i Serie 1 hadde vi med et ledd med 1,2 kg N i mineralgjødsel gitt ved såing og 10,8 kg N i NEO gitt på kornets trebladstadie. Det er bare NEO gitt ved såing som er relevant sammenligning med dette leddet. I 2021 var det kjøligere og betydelig mer nedbør i mai måned enn normalt i alle feltene i Serie 1. Dette har mest sannsynlig ført til utvasking av lettløselig N gitt ved såing. Dette er trolig forklaringen for at kombinasjonen av 1,2 kg N i mineralgjødsel gitt ved såing pluss 10,8 kg N i NEO gitt på kornets trebladstadie, ga høyere tydelig høyere avling av både korn og protein enn 12 kg N i NEO gitt ved såing. Det er imidlertid tydelig at det er fullt mulig å spre NEO på korn på trebladstadiet, og spredningen kan gjøres i tørt vær. NEO skader ikke kornplantene, det tapes lite nitrogen og gjødseffekten er god, men neppe bedre enn mineralgjødsel dersom denne også deles på spredning vår og forsommer.

Kornavling:

12 kg N pr dekar i mineralgjødsel ga i gjennomsnitt 60,7 kg større kornavling pr dekar enn 12 kg N i NEO. Bak dette gjennomsnittstallet ligger både signifikante og ikke signifikante forskjeller.

12 kg N pr dekar i NEO ga i gjennomsnitt 125,7 kg større kornavling pr dekar enn tilsvarende antall tonn pr dekar med ubehandlet bløtgjødsel med 6,15 kg N pr dekar. Bak dette gjennomsnittstallet ligger både signifikante og ikke signifikante forskjeller.

I fire av feltene ga 12 kg N i NEO en tendens til høyere avling enn 12 kg N i ubehandlet bløtgjødsel pluss Opti-NS. I de to andre feltene var det motsatt.

Nitrogenavling:

12 kg N pr dekar i mineralgjødsel ga i gjennomsnitt 1,1 kg større nitrogenavling pr dekar enn 12 kg N i NEO. Bak dette gjennomsnittstallet ligger både signifikante og ikke signifikante forskjeller.

12 kg N pr dekar i NEO ga i gjennomsnitt 2,2 kg større proteinavling pr dekar enn tilsvarende antall tonn pr dekar med ubehandlet bløt gjødsel med 6,15 kg N pr dekar. Bak dette gjennomsnittstallet ligger både signifikante og ikke signifikante forskjeller.

I fire av feltene ga 12 kg N i NEO en tendens til høyere nitrogenavling enn 12 kg N i ubehandlet bløt gjødsel pluss Opti-NS. I de to andre feltene var det motsatt. Gjennomsnittlig forskjell i proteinavling var 0,35 kg mer N pr dekar for 12 kg N i NEO enn 12 kg N i ubehandlet bløt gjødsel pluss Opti-NS

Nitrogeneffekt

Gjennomsnittlig nitrogeneffekt på kornavling og nitrogenavling for 12 kg N pr dekar i NEO for alle kornfeltene tilsvarte nitrogeneffekten av henholdsvis 9,5 og 10,3 kg N pr dekar i mineralgjødsel.

Gjennomsnittlig nitrogeneffekt på kornavling og nitrogenavling for 6,15 kg N pr dekar i Ubehandlet bløt gjødsel for alle kornfeltene tilsvarte nitrogeneffekten av henholdsvis 4,3 og 4,8 kg N pr dekar i mineralgjødsel.

Gjennomsnittlig nitrogeneffekt på kornavling og nitrogenavling for 12 kg N pr dekar i Ubehandlet bløt gjødsel pluss Opti-NS for alle kornfeltene tilsvarte nitrogeneffekten av henholdsvis 9,9 og 9,4 kg N pr dekar i mineralgjødsel.

I forhold til prosjektets Delmål 1 viser kornforsøkene i 2021 at 9,5 kg N pr dekar i mineralgjødsel kan erstattes av 12 kg N pr dekar i NEO når vi måler på kornavling, og at 10,3 kg N pr dekar i mineralgjødsel kan erstattes av 12 kg N pr dekar i NEO når vi måler på proteinavling.

Nitrogeneffektivitet:

12 kg N pr dekar i mineralgjødsel har høyere nitrogeneffektivitet enn 12 kg N i NEO.

12 kg N i NEO ga høyere nitrogeneffektivitet enn 12 kg N i Ubehandlet bløt gjødsel pluss Opti-NS i serie 1, men i serie 2 var resultatet motsatt.

Vi vil komme tilbake til drøfting av nitrogeneffektivitet i sluttrapporten for prosjektet. Da får vi alle forsøkene for alle tre årene, slik at det forhåpentligvis er mulig å forklare variasjonene i nitrogeneffektivitet, og dermed kunne konkludere om nitrogeneffektiviteten i NEO i forhold til de andre gjødselalternativene.

4. Engforsøkene for delmål 1

4.1 Gjødning og gjødseltyper brukt i engforsøkene

Gjødsel og gjødseltyper var de samme i engforsøkene som i kornforsøkene. Se kapittel 2.1.

4.2 Utforming av engforsøkene

Sommeren 2021 hadde vi fem feltforsøk med eng i prosjektet.

Felt 7 og 8 var av treårig Serie 1, lå på samme areal i 2020, og vil gå videre på samme måte også i 2022.

Felt 9 og 10 er av toårig Serie 2 og har de samme leddene med NEO, ubehandlet bløtgjødsel og ubehandlet bløtgjødsel supplert med mineralgjødning (Opti-NS) som i Serie 1, men vi la inn flere nivåer av mineralgjødselmengder for å gi bedre nitrogenstige å sammenligne nitrogeneffekt med.

Felt 11 er et spesialfelt i eng for å teste NEO-gjødsel opp mot ubehandlet bløtgjødsel med og uten forsuring med svovelsyre, og ubehandlet bløtgjødsel supplert med Opti-NS hvor bløtgjødselen også var forsurt med svovelsyre. Innblanding av svovelsyre i bløtgjødsel for å hindre ammoniakktap er en kjent metode som er mye brukt i andre land, særlig i Danmark hvor det ikke er tillatt å spre bløtgjødsel på eng uten å tilsette svovelsyre ved overflatespredning på eng.

Logikken for engforsøkene:

Hensikten med forsøkene er å kunne svare ut Delmål 1: Bestemme hvor mye kunstgjødning som kan erstattes av plasmabehandlet husdyrgjødsel (gitt av avlingsstørrelse og nitrogeninnhold) ved å gjennomføre feltforsøk der plasmabehandlet husdyrgjødsel sammenliknes med dagens gjødselprodukter.

I alle engforsøkene (7-11) har vi derfor med følgende ledd:

21 kg N pr dekar i NEO og det får vi med 3,75 tonn NEO pr dekar spredd om våren, pluss 2,8 tonn spredd etter førsteslåtten.

10,75 kg N pr dekar i ubehandlet bløtgjødsel som det blir når vi tar tilsvarende mengde ubehandlet bløtgjødsel som det som ble brukt for å lage 3,75 tonn og 2,8 tonn NEO, og det blir 4,1 tonn pr dekar spredd om våren og 3,05 tonn spredd etter førsteslåtten, fordi denne ikke har fått fjernet 10 % av massen gjennom filtrering.

21 kg N pr dekar i 4,1 tonn pr dekar spredd om våren og 3,05 tonn spredd etter førsteslåtten av ubehandlet bløtgjødsel, supplert med 5,85 og 4,4 kg N i mineralgjødning Opti-NS slik at summen av N-min altså blir 21 kg N /daa.

Disse tre leddene kan sammenlignes med hverandre, og vi finner nitrogeneffekten av disse leddene med å sammenligne med forskjellige mengder nitrogen i mineralgjødning 18-3-15. I feltene 7 og 8 har vi tre nivåer mineralgjødning: 10,75, 16 og 21 kg N pr dekar. På bakgrunn av erfaringene fra 2020 økte vi antall ledd og det totale spennet i nitrogen-nivåer i mineralgjødning i felt 9 og 10. Her er leddene 6,0, 10,75, 13, 16 og 21 kg N pr dekar. Mineralgjødselen var også fordelt på vårgjødsling og gjødsling etter førsteslåtten.

I 2020 hadde vi et eget felt hvor NEO ble sammenlignet med Svovelsyre-forsurt bløtgjødsel. Dette feltet er videreutviklet og ble lagt på nytt areal i 2021. Dette felt 11 har samme ledd for NEO og ubehandlet bløtgjødsel men her sammenlignes disse med Svovelsyrebehandlet bløtgjødsel og Svovelsyrebehandlet bløtgjødsel supplert med Opti-NS.

Vi planla for to gjødslinger og to høstinger – eventuelt tre høstinger hvis gjenveksten om høsten tilsa at det ville være gunstig.

Feltene 7 og 8 inngår i en treårig serie på samme areal.

Feltene 9 og 10 ble startet opp i 2021

Felt 11 er et enkeltforsøk hvor vi sammenligner med svovelsyrebehandling av bløtgjødsel til eng.

4.3 Beliggenhet og annen info om grasfeltene

Felt 7 lå på Kvithamar i Stjørdal og ble driftet av NLR Trøndelag

Felt 8 lå ved Blåfargeverket 2 km vest for Åmot i viken fylke og ble driftet av NLR Østafjells

Felt 9 lå ved Kvithamar i Stjørdal og ble driftet av NLR Trøndelag

Felt 10 lå rett overfor Buskerud Skole i Åmot og ble driftet av NLR Østafjells

Felt 11 på i Løten og ble driftet av NLR Innlandet

4.4 Statistisk behandling

Det ble gjort de samme statistiske analysens som for kornfeltene (se kapittel 2.4)

4.5 Resultater Serie 1 (felt 7-8) 2021

To forsøk er gjennomført i denne treårige serien i 2021, ett hos NLR Trøndelag og ett hos NLR Østafjells. Til sammen var det 7 gjødselledd som inngikk i serie 1 med følgende detaljer:

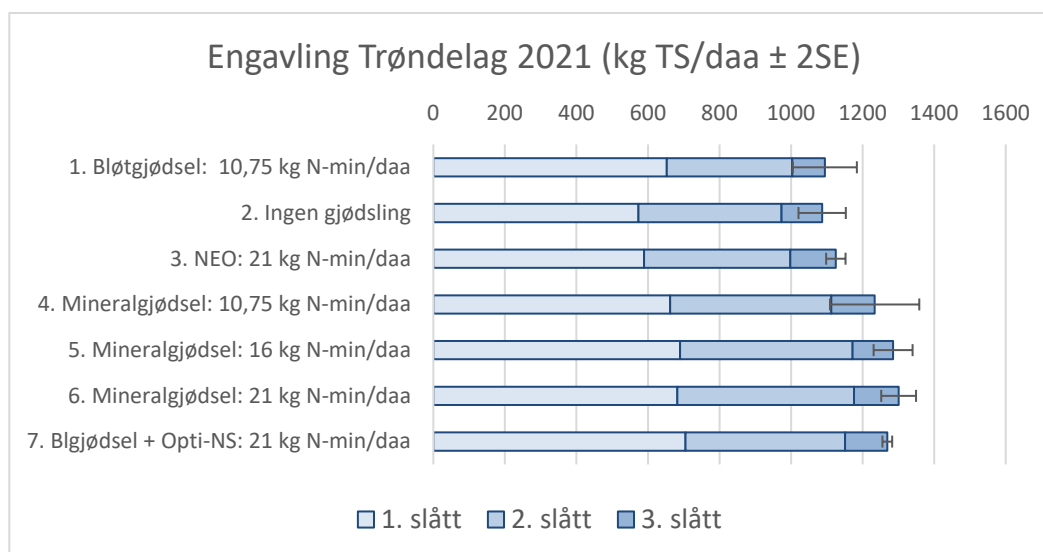
1. Ubehandlet: 4,1 og 3,05 tonn = 7,2 tonn = 6,15 og 4,6 kg N-min = 10,75 kg N-min pr dekar
2. Null-ledd (ingen gjødsling)
3. NEO: 3,75 og 2,8 tonn/dekar = 6,55 tonn: 12,0 og 9,0 kg N-min. Sum = 21,0 kg N-min pr dekar
4. Mineralgj 18-3-15: 6,15 og 4,6 kg N-min = 10,75 kg N-min pr dekar
5. Mineralgj 18-3-15: 10 og 6 kg N-min. Sum = 16 kg N-min pr dekar
6. Mineralgj 18-3-15: 12,0 og 9,0 kg N-min. Sum = 21,0 kg N-min pr dekar
7. Ubehandlet + OptiNS: 12,0 og 9,0 kg N-min. Sum = 21,0 kg N-min pr dekar

4.5.1 Grasavling

Forsøket hos NLR Trøndelag

Forsøksfeltet i Serie 1 hos NLR Trøndelag ble anlagt i eng med normalt kløverinnhold for konvensjonell eng i 2020. I 2021 ble det tydelig at kløverinnholdet i enga ble påvirket av gjødslingen. Derfor tar vi med tabell 13 som viser kløvermengden i gjennomsnitt for leddene ved første, andre og tredje slått.

Figur 7: Avling (kg TS/daa) fra Engfelt 7 Serie 1, Trøndelag, 2021.



Tabell 13. Kløverinnhold ved de ulike gjødselledd. Resultater fra Eng serie 1, Trøndelag, 2021.

| Trøndelag Serie 1 | Kløver % | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 1. slått | 2. slått | 3. slått |
| 1. Ubehandlet bløtgjødsel: 10,75 kg N-min/daa | 20 | 22 | 33 |
| 2. Ingen gjødsling | 25 | 56 | 58 |
| 3. NEO: 21 kg N-min/daa | 9 | 12 | 8 |
| 4. Mineralgjødsel: 10,75 kg N-min/daa | 17 | 26 | 32 |
| 5. Mineralgjødsel: 16 kg N-min/daa | 13 | 11 | 27 |
| 6. Mineralgjødsel: 21 kg N-min/daa | 9 | 12 | 13 |
| 7. Ubehandlet bl.gj. + Opti-NS: 21 kg N-min/daa | 11 | 12 | 23 |
| <i>P-verdi</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> |
| <i>LSD 5%</i> | 5 | 11 | 15 |

Vi ser at NEO har minst kløver og synkende gjennom vekstsesongen.

Ingen gjødsling har mest kløver og økende gjennom vekstsesongen.

Ubehandlet bløtgjødsel har bra med kløver og økende gjennom vekstsesongen

Ubehandlet bløtgjødsel pluss Opti-NS har mer kløver enn tilsvarende mengde nitrogen i mineralgjødsel.

Forsøket hos NLR Østafjells

Engfeltet hos NLR Østafjells ble anlagt i eng helt uten kløver i 2020. I 2021 var det heller ingen kløver av betydning i feltet.

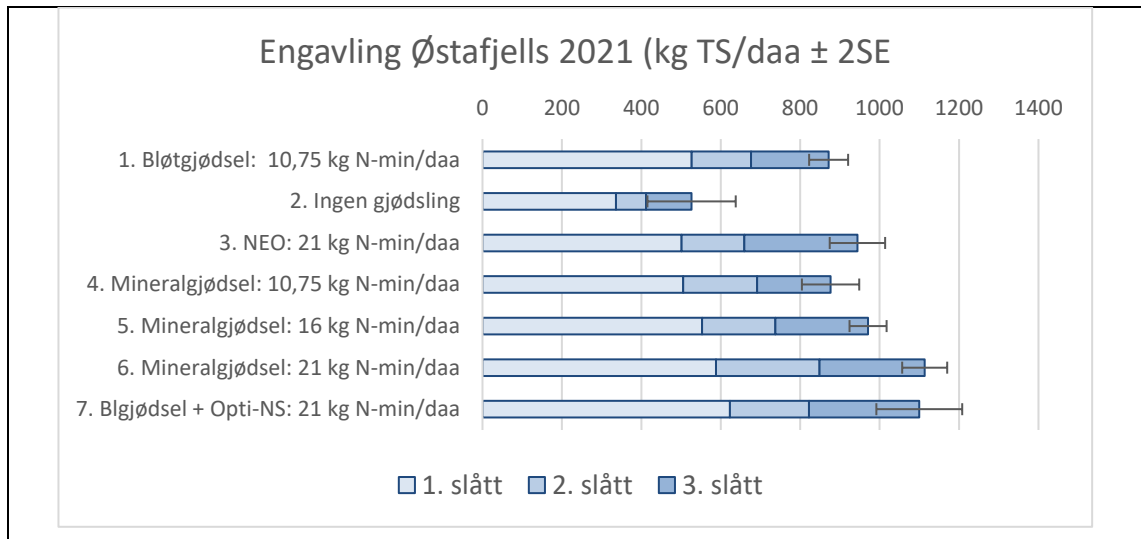
Kløvermengden hos NLR Trøndelag har definitivt bidratt til å jevne ut avlingene og gjort effekten av tilført nitrogen mindre her enn hos NLR Østafjells

Ledd 6 har høyere avling enn ledd 3 i begge felt (Signifikant i Trøndelag, ikke Østafjells)

Ledd 7 har høyere avling enn ledd 3 i begge felt (Signifikant i Trøndelag, ikke Østafjells)

Ledd 3 har tendens til høyere avling enn ledd 1 i begge felt (ikke signifikant i begge felt)

Figur 8: Avling (kg TS/daa) fra Engfelt 8 Serie 1, Østafjells, 2021.



4.5.2 Nitrogenprosent og nitrogenavling

Tabell 14: Avling (kg TS/daa) fra Engfelt 7 Serie 1, Trøndelag, 2021.

| | Avling (kg TS/daa) | | | | N (% av TS) | | | N-avling (kg N/daa) |
|--|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|----------------|---------------------|
| | 1. sl. | 2. sl. | 3. sl. | Total | 1. sl. | 2. sl. | 3. sl. | Total |
| 1. Ubehandlet bløtgj: 10,75 kg N-min/daa | 653 | 350 | 91 | 1094 | 2,40 | 2,31 | 3,23 | 26,60 |
| 2. Ingen gjødsling | 574 | 400 | 113 | 1087 | 2,29 | 2,70 | 3,60 | 27,92 |
| 3. NEO: 21 kg N-min/daa | 589 | 409 | 127 | 1125 | 2,00 | 1,82 | 3,02 | 23,04 |
| 4. Mineralgjødsel: 10,75 kg N-min/daa | 662 | 451 | 121 | 1234 | 2,52 | 2,21 | 3,42 | 30,31 |
| 5. Mineralgjødsel: 16 kg N-min/daa | 690 | 482 | 113 | 1285 | 2,50 | 2,04 | 3,21 | 30,70 |
| 6. Mineralgjødsel: 21 kg N-min/daa | 682 | 494 | 125 | 1301 | 2,39 | 2,08 | 2,95 | 30,25 |
| 7. Ubehandlet + Opti-NS: 21 kg N-min/daa | 705 | 446 | 118 | 1269 | 2,03 | 2,03 | 3,33 | 27,32 |
| <i>P-verdi</i> | (<i>P</i> =0.12) | <i>P</i> <0.001 | (<i>P</i> =0.09) | <i>P</i> <0.001 | (<i>P</i> =0.12) | <i>P</i> <0.001 | <i>P</i> <0.05 | <i>P</i> <0.001 |
| <i>LSD 5%</i> | - | 48 | - | 98 | - | 0.26 | 0.31 | 2.55 |

Kommentarer til engfelt 7 Trøndelag (tabell 15):

- På grunn av kløverinnholdet er det små og litt spesielle forskjeller i nitrogenprosent i dette feltet. Ledd 3 har for eksempel signifikant høyere nitrogenprosent enn ingen gjødsling både i andre og tredjeslåtten.
- Ledd 6 og ledd 7 har like store nitrogenavlinger og disse er signifikant større enn ledd 3
- Ledd 3 har signifikant lavere nitrogenavling enn ledd 1

Tabell 15: Avling (kg TS/daa) fra Engfelt Serie 1, Østafjells, 2021. *Merk at samlet N avling ble beregnet basert på avlingstall for 3. slåtten og estimert N% tilsvarende den i 2. slåtten.

| | Avling (kg TS/daa) | | | | N (% av TS) | | N avling (kg N/daa) | |
|--|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | 1. sl. | 2. sl. | 3. sl. | Total | 1. sl. | 2. sl. | 1+2 sl. | Total* |
| 1. Ubehandlet bløtgjødsel: 10,75 kg N-min/daa | 527 | 150 | 195 | 872 | 1,50 | 2,21 | 11,2 | 15,5 |
| 2. Ingen gjødsling | 336 | 76 | 115 | 527 | 1,26 | 2,21 | 5,9 | 8,4 |
| 3. NEO: 21 kg N-min/daa | 501 | 158 | 285 | 944 | 1,67 | 2,82 | 12,9 | 21,0 |
| 4. Mineralgjødsel: 10,75 kg N-min/daa | 505 | 186 | 185 | 876 | 1,59 | 2,80 | 13,3 | 18,4 |
| 5. Mineralgjødsel: 16 kg N-min/daa | 553 | 185 | 234 | 971 | 1,84 | 3,05 | 15,7 | 22,9 |
| 6. Mineralgjødsel: 21 kg N-min/daa | 588 | 261 | 265 | 1113 | 1,82 | 2,86 | 18,2 | 25,7 |
| 7. Ubehandlet bl. gj. + Opti-NS: 21 kg N-min/daa | 623 | 199 | 278 | 1100 | 1,84 | 2,92 | 17,3 | 25,5 |
| <i>P-verdi</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>(P=0.12)</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> |
| <i>LSD 5%</i> | <i>70</i> | <i>28</i> | <i>28</i> | <i>92</i> | <i>-</i> | <i>0.20</i> | <i>2.5</i> | <i>3,0</i> |

Kommentarer engfelt 8 Østafjells:

Ledd 6 og ledd 7 har like store nitrogenavlinger og disse er signifikant større enn ledd 3

Ledd 3 har signifikant større nitrogenavling enn ledd 1

For Trøndelag serie 1 ble det ikke laget N stige beregning da feltet hadde mye kløver.

Tabell 16. Effekt av ubehandlet bløtgjødsel (Ledd 1), NEO (Ledd 3) og ubehandlet bløtgjødsel pluss Opti-NS (Ledd 7) i forhold til nitrogen gitt som mineralgjødsel. Resultat fra NLR Østafjells, alle tre slåtter inngår og nitrogenavling for 3. slåtten er estimert men er inkludert i beregningene.

| | Effekt tilsvarende antall kg N-min/daa i mineralgjødsel (\pm 95% konfidensintervall) |
|--|---|
| <u>Ledd 1. Ubehandlet bløtgjødsel: 10,75 kg N-min/daa</u> | |
| Grasavling | 11,9 \pm 1,7 |
| Nitrogenavling | 8,8 \pm 2,1 |
| <u>Ledd 3: NEO = 21 kg N-min/daa</u> | |
| Grasavling | 14,6 \pm 2,5 |
| Nitrogenavling | 14,2 \pm 3,6 |
| <u>Ledd 7. Ubehandlet bl. gj. + Opti-NS: 21 kg N-min/daa</u> | |
| Grasavling | 20,2 \pm 3,8 |
| Nitrogenavling | 19,8 \pm 3,0 |

4.6 Resultater Serie 2, 2021

To forsøk er gjennomført så langt i denne serien. Felt 9 hos NLR Trøndelag og felt 10 hos NLR Østafjells. Det var flere ledd med mineralgjødsel i denne serien enn i serie 1. Til sammen var det 9 gjødselledd som inngikk i serie 2 med følgende detaljer:

1. Ingen gjødsling
2. NEO: 21 kg N-min/daa
3. Bløtgjødsel: 10,75 kg N-min/daa
4. Blgj+ OptiNS: 21 kg N-min/daa
5. Mineralgjødsel: 6 kg N-min/daa
6. Mineralgjødsel: 10,75 kg N-min/daa
7. Mineralgjødsel: 13 kg N-min/daa
8. Mineralgjødsel: 16 kg N-min/daa
9. Mineralgjødsel: 21 kg N-min/daa

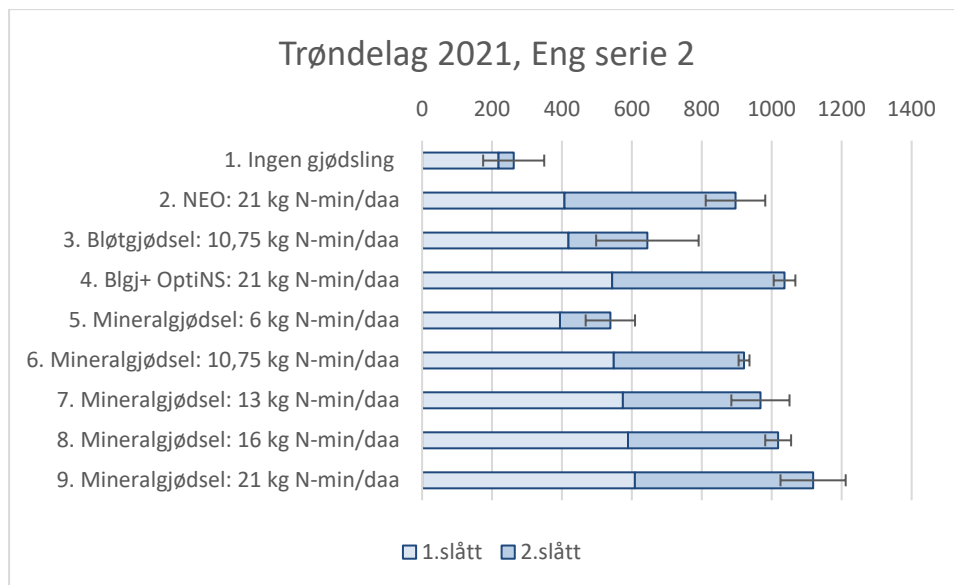
I serie 2 var det begrenset mengde kløver i begge feltene, og en samlet analyse for begge feltene ble derfor også gjennomført i tillegg til analyser av enkeltfeltene.

4.6.1 Grasavling serie 2

Forsøket hos NLR Trøndelag

Det var ingen eller svært lite kløver på alle ruter i dette feltet og tallene er derfor ikke gjengitt. Det ble tatt 2 slåtter i 2021 og avlingsresultatene er gjengitt i Figur 9.

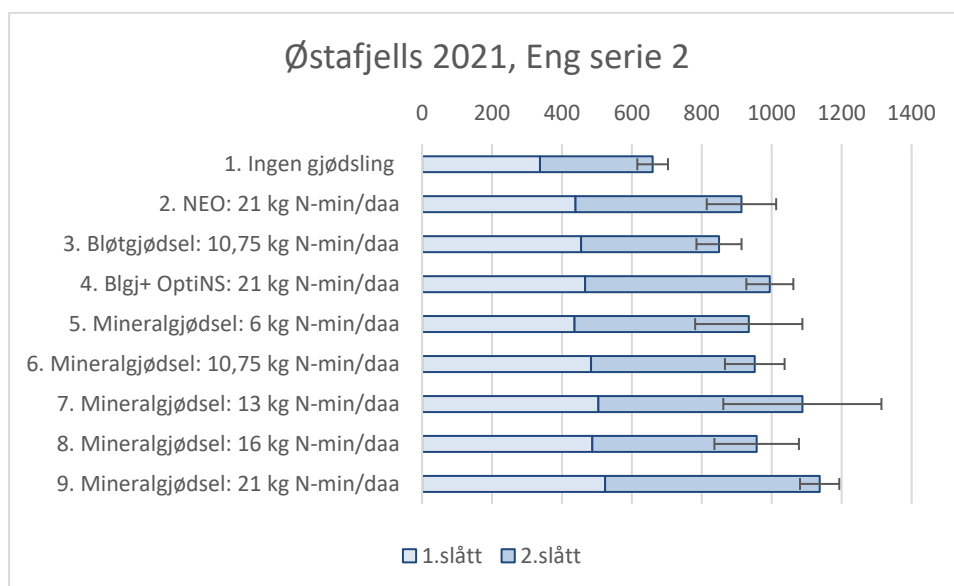
Figur 9: Avling (kg TS/daa) fra Engfelt Serie 2, Trøndelag, 2021.



Forsøket hos NLR Østafjells

Det ble også i feltet hos NLR Østafjells tatt 2 slåtter i 2021 og avlingsresultatene er gjengitt i Figur 10.

Figur 10: Avling (kg TS/daa) fra Engfelt Serie 2, Østafjells, 2021.



Kommentarer avlingsfigurene begge felt Serie 2:

Ledd 4 ga høyere avling enn ledd 2 (signifikant Trøndelag, ikke signifikant Østafjells)

Ledd 9 ga høyere avling enn ledd 2 (signifikant i begge felt)

Ledd 2 ga høyere avling enn ledd 3 (signifikant Trøndelag, ikke signifikant Østafjells)

4.6.2 Nitrogenprosent og nitrogenavling Serie 2:

Prosentvis N innhold og samlet N avling er gjengitt for felt 9 i Tabell 17 og felt 10 i tabell 18.

I begge tabellene er gjennomsnittlig kløverprosent i leddene tatt med.

Tabell 17. Avling, Engfelt Serie 2 Trøndelag

| | Avling (kg TS/daa) | | | N (% av TS) | | N avling (kg N/daa) Total | Kløver-% | |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|----------|-------|
| | 1. sl. | 2. sl. | Total | 1. sl. | 2. sl. | | 1 sl. | 2.sl. |
| 1. Ingen gjødsling | 218 | 43 | 262 | 1,01 | 0,98 | 2,62 | 0 | 0 |
| 2. NEO: 21 kg N-min/daa | 407 | 489 | 896 | 1,85 | 1,32 | 13,87 | 0 | 0 |
| 3. Bløtgjødsel: 10,75 kg N-min/daa | 418 | 226 | 644 | 1,19 | 0,99 | 7,25 | 0 | 0 |
| 4. Blgj+ OptiNS: 21 kg N-min/daa | 543 | 493 | 1036 | 1,82 | 1,22 | 15,92 | 0 | 0 |
| 5. Mineralgjødsel: 6 kg N-min/daa | 394 | 144 | 538 | 1,24 | 0,96 | 6,20 | 0 | 0 |
| 6. Mineralgjødsel: 10,75 kg N-min/daa | 548 | 372 | 921 | 1,34 | 1,02 | 11,13 | 0 | 0 |
| 7. Mineralgjødsel: 13 kg N-min/daa | 574 | 394 | 968 | 1,66 | 1,14 | 13,97 | 0 | 0 |
| 8. Mineralgjødsel: 16 kg N-min/daa | 589 | 429 | 1018 | 1,64 | 1,33 | 15,35 | 0 | 0 |
| 9. Mineralgjødsel: 21 kg N-min/daa | 609 | 510 | 1118 | 1,93 | 1,56 | 19,69 | 0 | 0 |
| <i>P-verdi</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.001</i> | - | - |
| <i>LSD 5%</i> | <i>61</i> | <i>51</i> | <i>70</i> | <i>0,21</i> | <i>0.12</i> | <i>1.40</i> | - | - |

Det var ikke kløver i dette feltet

Ledd 2 hadde signifikant lavere nitrogenavling enn ledd 4

Ledd 2 hadde signifikant høyere nitrogenavling enn ledd 3

Ledd 2 hadde signifikant høyere nitrogenavling enn ledd 5 og 6

Ledd 8 og 9 hadde signifikant høyere nitrogenavling enn ledd 2

Tabell 18. Engfelt Serie 2 Østafjells

| | Avling (kg TS/daa) | | | N (% av TS) | | N avling (kg N/daa) | Kløver % | |
|---------------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------------|-------------------|------------------|
| | 1. sl. | 2. sl. | Total | 1. sl. | 2. sl. | Total | 1 sl. | 2.sl |
| 1. Ingen gjødsling | 337 | 322 | 659 | 2,06 | 2,50 | 15,03 | 7 | 36 |
| 2. NEO: 21 kg N-min/daa | 439 | 475 | 913 | 2,11 | 2,30 | 20,20 | 4 | 10 |
| 3. Bløtgjødsel: 10,75 kg N-min/daa | 455 | 395 | 849 | 1,72 | 2,25 | 16,64 | 3 | 21 |
| 4. Blgj+ OptiNS: 21 kg N-min/daa | 466 | 528 | 984 | 2,20 | 2,34 | 22,67 | 3 | 10 |
| 5. Mineralgjødsel: 6 kg N-min/daa | 436 | 498 | 934 | 1,94 | 2,21 | 19,45 | 5 | 24 |
| 6. Mineralgjødsel: 10,75 kg N-min/daa | 483 | 468 | 951 | 1,93 | 1,97 | 18,61 | 3 | 12 |
| 7. Mineralgjødsel: 13 kg N-min/daa | 504 | 583 | 1088 | 1,99 | 1,85 | 20,80 | 3 | 11 |
| 8. Mineralgjødsel: 16 kg N-min/daa | 487 | 470 | 957 | 2,11 | 2,00 | 19,60 | 5 | 12 |
| 9. Mineralgjødsel: 21 kg N-min/daa | 524 | 613 | 1137 | 2,35 | 2,23 | 25,95 | 3 | 6 |
| <i>P-verdi</i> | <i>P<0.01</i> | <i>P<0.05</i> | <i>P<0.001</i> | <i>(P=0.27)</i> | <i>P<0.05</i> | <i>P<0.001</i> | <i>Ikke sign.</i> | <i>P<0.01</i> |
| <i>LSD 5%</i> | <i>70</i> | <i>162</i> | <i>189</i> | <i>-</i> | <i>0,38</i> | <i>4.46</i> | <i>-</i> | <i>10</i> |

Det var litt kløver i feltet ved førsteslåttan, men dette utviklet seg veldig fram til andreslåttan. Ingen gjødsling, bløtgjødsel og minste mengde mineralgjødsel ga mest kløver.

Ledd 4 hadde høyere nitrogenavling enn ledd 2 (ikke signifikant)

Ledd 2 hadde høyere nitrogenavling enn ledd 3 (ikke signifikant)

Ledd 2 hadde litt høyere nitrogenavling enn ledd 5 og 6 (ikke signifikant)

Ledd 9 hadde signifikant høyere nitrogenavling enn ledd 2

4.6.3 Nitrogeneffekt

Tabellene nedenfor leses som beskrevet i kapittel 2.5.3.

Tabell 19. Effekt av ubehandlet bløtgjødsel (Ledd 3), NEO (Ledd 2) og ubehandlet bløtgjødsel plus OptiNS (Ledd 4) i forhold til nitrogen gitt som mineralgjødsel. Resultater fra feltet i Serie 2 hos NLR Trøndelag, 2021

| | Effekt tilsvarende antall kg N-min/daa i mineralgjødsel (\pm 95% konfidensintervall) |
|--|---|
| <u>Ledd 2: NEO = 21 kg N-min/daa</u> | |
| Gras samlet avling | 15,8 \pm 2,1 |
| Nitrogenavling | 16,5 \pm 2,0 |
| <u>Ledd 3. Bløtgjødsel: 10,75 kg N-min/daa</u> | |
| Gras samlet avling | 9,4 \pm 3,6 |
| Nitrogenavling | 8,1 \pm 2,3 |
| <u>Ledd 4. Blgj+ OptiNS: 21 kg N-min/daa</u> | |
| Gras samlet avling | 19,4 \pm 0,8 |
| Nitrogenavling | 19,1 \pm 1,6 |

Tabell 20. Effekt av ubehandlet bløtgjødsel (Ledd 3), NEO (Ledd 2) og ubehandlet bløtgjødsel plus OptiNS (Ledd 4) i forhold til nitrogen gitt som mineralgjødsel. Resultater fra feltet i Serie 2 hos NLR Østafjells, 2021

| | Effekt tilsvarende antall kg N-min/daa i mineralgjødsel (\pm 95% konfidensintervall) |
|--|---|
| <u>Ledd 2: NEO = 21 kg N-min/daa</u> | |
| Gras samlet avling | 11,2 \pm 5,3 |
| Nitrogenavling | 14,2 \pm 5,6 |
| <u>Ledd 3. Bløtgjødsel: 10,75 kg N-min/daa</u> | |
| Gras samlet avling | 7,7 \pm 3,5 |
| Nitrogenavling | 5,3 \pm 2,1 |
| <u>Ledd 4. Blgj+ OptiNS: 21 kg N-min/daa</u> | |
| Gras samlet avling | 15,2 \pm 2,9 |
| Nitrogenavling | 20,4 \pm 4,7 |

4.7 Nitrogeneffektivitet av gjødsel i serie 1 og 2

Vi har beregnet Nitrogeneffektivitet for gjødseltypene brukt i de fire feltene i Serie 1 og de to feltene i Serie 2 i 2021. Nitrogeneffektiviteten er et mål på hvor stor andel av tilført nitrogen som har blitt tatt opp av plantene i forhold til nitrogen opptatt i ledd uten gjødsel, og oppgis i prosent.

Vi brukte følgende formel:

$$\text{Nitrogeneffektivitet} = \frac{\text{N opptak behandling} - \text{N opptak i nulledd}}{\text{tilført N til behandling}} * 100$$

Tabell 21. Beregnet Nitrogeneffektivitet i de to engfeltene i serie 1 2021

| Serie 1 2021 | Nitrogeneffektivitet feltet hos NLR Østafjells (felt med lite kløver) | Nitrogeneffektivitet feltet hos NLR Trøndelag (felt med mye kløver) |
|--|--|--|
| 2. Ingen gjødsling | | |
| 1. Ubehandlet bløtgj: 10,75 kg N-min/daa | 66,0 % | -12,3 % |
| 3. NEO: 21 kg N-min/daa | 60,0 % | -23,2 % |
| 4. Mineralgjødsel: 10,75 kg N-min/daa | 93,0 % | 22,2 % |
| 5. Mineralgjødsel: 16 kg N-min/daa | 90,6 % | 17,4 % |
| 6. Mineralgjødsel: 21 kg N-min/daa | 82,3 % | 11,1 % |
| 7. Ubehandlet + Opti-NS: 21 kg N-min/daa | 81,4 % | -12,3 % |

Av tabell 21 ser vi at det ikke gir mening å bruke denne formelen for nitrogeneffektivitet i et forsøksfelt med kløver i enga.

Av feltet hos NLR Østafjells er det ledd 3, 6 og 7 som har samme mengder N og som dermed er aktuelle å sammenligne. Ledd 1 og ledd 4 har også samme mengder N, men er ikke interessante å sammenligne.

21 kg N i mineralgjødsel (ledd 6) har 22,3 prosent høyere nitrogeneffektivitet enn 21 kg N i NEO (ledd 3), og 1,1 prosent høyere nitrogeneffektivitet enn 21 kg N i Ubehandlet bløtgjødsel supplert med Opti-NS.

Tabell 22. Beregnet Nitrogeneffektivitet i gjennomsnitt for de to engfeltene i Serie 2 i 2021

| Serie 2, Engfelt 2021 | Gjennomsnittlig nitrogeneffektivitet begge engfeltfelt i serie 2 2021 |
|------------------------------------|--|
| 1. Ingen gjødsling | |
| 2. NEO: 21 kg N-min/daa | 39,1 % |
| 3. Bløtgjødsel: 10,75 kg N-min/daa | 29,0 % |
| 4. Blgj+ OptiNS: 21 kg N-min/daa | 49,9 % |
| 5. Mineralgjødsel: 6 kg N-min/daa | 66,7 % |

| | |
|--------------------------------------|--------|
| 6. Mineralgjødse: 10,75 kg N-min/daa | 56,2 % |
| 7. Mineralgjødse: 13 kg N-min/daa | 65,8 % |
| 8. Mineralgjødse: 16 kg N-min/daa | 54,1 % |
| 9. Mineralgjødse: 21 kg N-min/daa | 66,6 % |

For de to feltene i serie 2 er det ledd 2, 4 og 9 som har samme mengde nitrogen og som dermed kan sammenlignes. Ledd 3 og ledd 6 har også samme mengde N, men den sammenligningen er ikke interessant.

21 kg N i mineralgjødse (ledd 9) har 27,5 prosent høyere nitrogeneffektivitet enn 21 kg N i NEO (ledd 2), og 16,7 prosent høyere nitrogeneffektivitet enn 21 kg N i Ubehandlet bløtgjødse supplert med Opti-NS.

4.8 Drøfting og oppsummering av grasfeltene 2021

I engfelt 7 som er år to i den treårige serien dette feltet er i var det normalt med kløver til konvensjonell eng ved anlegg i 2020. Nå i 2021 ble forskjellene i kløverprosent meget tydelige: NEO og høyeste mengde mineralgjødse ga størst reduksjon i mengde kløver. Resultatet av dette ble at avlingene for både tørrstoff og protein i felt 7 ble veldig like mellom de forskjellige leddene fordi der det var lite nitrogengjødse ble det mye kløver og dermed god avling til tross for lite gjødse.

Tørrstoffavling:

21 kg N pr dekar i mineralgjødse ga i gjennomsnitt 197,8 kg tørrstoff mer pr dekar enn 21 kg N i NEO. Bak dette gjennomsnittstallet ligger bare signifikante forskjeller.

21 kg N pr dekar i NEO ga i gjennomsnitt 104,8 kg tørrstoff mer pr dekar enn tilsvarende antall tonn pr dekar med ubehandlet bløtgjødse med 10,75 kg N pr dekar. Bak dette gjennomsnittstallet ligger både signifikante og ikke signifikante forskjeller.

Det var ingen forskjell i tørrstoffavling mellom 21 kg N i NEO og 21 kg N i ubehandlet bløtgjødse pluss Opti-NS.

Nitrogenavling:

21 kg N pr dekar i mineralgjødse ga i gjennomsnitt 5,87 kg større nitrogenavling pr dekar enn 21 kg N i NEO. Bak dette gjennomsnittstallet ligger bare signifikante forskjeller.

21 kg N pr dekar i NEO ga i gjennomsnitt 3,0 kg større proteinavling pr dekar enn tilsvarende antall tonn pr dekar med ubehandlet bløtgjødse med 10,75 kg total-N pr dekar. Bak dette gjennomsnittstallet ligger både signifikante og ikke signifikante forskjeller.

21 kg N i Ubehandlet bløtgjødse pluss Opti-NS ga i gjennomsnitt 3,3 kg høyere proteinavling enn 21 kg N pr dekar i NEO. Bak dette gjennomsnittstallet ligger bare signifikante forskjeller.

Nitrogeneffekt

Det ga ingen mening å regne ut nitrogeneffekten for felt 7 på grunn av den høye kløverprosenten i rutene med lite NEO eller lite mineralgjødning. Derfor er det bare tall for nitrogeneffekt fra feltene 8, 9 og 10.

Gjennomsnittlig nitrogeneffekt på tørrstoffavling og nitrogenavling for 21 kg N pr dekar i NEO for grasfeltene 8, 9 og 10 tilsvarte nitrogeneffekten av henholdsvis 13,9 og 15,0 kg N pr dekar i mineralgjødning.

Gjennomsnittlig nitrogeneffekt på tørrstoffavling og nitrogenavling for 10,75 kg N pr dekar i Ubehandlet bløtgjødning for grasfeltene 8, 9 og 10 tilsvarte nitrogeneffekten av henholdsvis 9,7 og 7,4 kg N pr dekar i mineralgjødning.

Gjennomsnittlig nitrogeneffekt på tørrstoffavling og nitrogenavling for 21 kg N pr dekar i Ubehandlet bløtgjødning pluss Opti-NS for grasfeltene 8, 9 og 10 tilsvarte nitrogeneffekten av henholdsvis 18,3 og 19,8 kg N pr dekar i mineralgjødning.

I forhold til prosjektets Delmål 1 viser grasforsøkene i 2021 at 13,9 kg N pr dekar i mineralgjødning kan erstattes av 21 kg N pr dekar i NEO når vi måler på tørrstoffavling i gras, og at 15 kg N pr dekar i mineralgjødning kan erstattes av 21 kg N pr dekar i NEO når vi måler på proteinavling i gras.

Nitrogeneffektivitet:

Av tabell 21 ser vi at nitrogeneffektivitet er en lite egnet måleparameter når det er kløver i enga. Av de sammenligningene som er aktuelle så ser vi at 21 kg N pr daa i mineralgjødning ga høyere nitrogeneffektivitet enn 21 kg N pr daa i NEO. 21 kg N i ubehandlet bløtgjødning supplert med Opti-NS har også høyere nitrogeneffektivitet enn 21 kg N i NEO.

Vi vil komme tilbake til drøfting av nitrogeneffektivitet i sluttrapporten for prosjektet. Da får vi alle forsøkene for alle tre årene, slik at det forhåpentligvis er mulig å forklare variasjonene i nitrogeneffektivitet, og dermed kunne konkludere om nitrogeneffektiviteten i NEO i forhold til de andre gjødselalternativene.

5. Svovelsyrefeltet 2021

5.1 Utforming av forsøket med Svovelsyrebehandlet gjødsel og NEO i eng (S-feltet)

Felt 11 er et nytt felt for sammenligning av svovelsyrebehandling, men det er en videreutvikling av feltet i 2020. Feltet hadde følgende ledd:

Ledd 1: Ingen gjødsel

Ledd 2: NEO 6,55 t/daa = 21 kg N/daa

Ledd 3: NEO 3,35 t/daa = 10,75 kg N/daa

Ledd 4: Syrebehandlet bløtgjødsel 7,15 t/daa = 10,75 kg N/daa

Ledd 5: Syrebehandlet bløtgjødsel 7,15 t/daa + 10,25 kg N i Opti NS = 21 kg N/daa

Ledd 6: Bløtgjødsel 7,15 t/daa = 10,75 kg N/daa

Logikken bak S-forsøket 2021.

Vi ønsket å kunne sammenligne avlingseffekt av to forskjellige mengder NEO-behandlet bløtgjødsel med syrebehandlet og ikke syrebehandlet bløtgjødsel med eller uten tilsetning av Opti-NS.

NEO-behandling av bløtgjødsel gjør i hovedsak tre ting med gjødsel: Den får fjernet alle partikler større enn 5 millimeter og ca 10 prosent av massen fjernes fra gjødsel, pH senkes til ca 5,2, og mengden lettløselig nitrogen dobles.

På grunn av begrenset budsjett ble det ikke tatt nitrogenanalyser av ruteavlingene i S-feltet i 2021.

5.2 Beliggenhet S-feltet

Feltet i 2021 ble lagt på nytt areal (i Løten) i forhold til S-feltet i 2020.

5.3 Resultater S-feltet

Figur 11 viser avlingsresultatene fra S-feltet i 2021.

Resultatene fra 2021 viste signifikante forskjeller mellom behandlingene, både for første og andre slått, samt for samlet avling (Tabell 23).

Resultatene er ytterligere kommentert i diskusjonen som følger.



Figur 11. Tørrstoffavling i 2021 i kg/daa for første- og andreslått i svovelsyre-feltet, 2021.

Tabell 23: Tørrstoffavling i 2021 i kg/daa for første- og andreslått, og samlet for begge slåtter.

| Behandling | Første slått (kg TS/daa) | Andre slått (kg TS/daa) | Samlet avling (kg TS/daa) |
|---|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1. Ingen gjødsling | 236 | 200 | 435 |
| 2. NEO 6,55 t: 21 kg N/daa | 451 | 390 | 841 |
| 3. NEO 3,35 t: 10,75 kg N/daa | 350 | 327 | 677 |
| 4. Syrebeh blgj 7,15 t: 10,75 kg N/daa | 348 | 318 | 666 |
| 5. Syrebeh blgj 7,15 t + Opti NS: 21 kg N/daa | 354 | 430 | 783 |
| 6. Bløtgjødsel 7,15 t: 10,75 kg N/daa | 338 | 298 | 635 |
| <i>P-verdi</i> | <i>P<0.001</i> | <i>P<0.01</i> | <i>P<0.001</i> |
| <i>LSD 5%</i> | <i>90</i> | <i>166</i> | <i>64</i> |

5.4 Drøfting og oppsummering for S-feltet

21 kg N i NEO ga større avling enn alle de andre leddene i forsøket. Av tabell 23 ser vi at ledd 2 har 58 kg høyere tørrstoffavling pr dekar enn ledd 5. Det betyr at forsøket viste at man kan få 58 kg tørrstoff mer i avling pr dekar av å kjøre 7,17 tonn bløtgjødsel gjennom NEO-behandling, enn å tilsette svovelsyre i samme møkkmengde og supplere denne med 10,75 kg N i Opti-NS. Denne avlingsforskjellen var nesten signifikant ($p=0,06$)

Det å tilsette svovelsyre til bløtgjødsel slik at pH blir lik som i NEO, ga en tendens til økt tørrstoffavlingen med 31 kg fra 635 til 666 kg ts pr dekar (ledd 4 i forhold til ledd 6)

Ved å kjøre tilsvarende mengde bløtgjødsel gjennom NEO-behandling økte avlingen signifikant med 206 kg tørrstoff (ledd 2 i forhold til ledd 6)

For å sammenligne samme mengde nitrogen i gjødsla kan vi se ledd 3 med 3,35 tonn NEO pr dekar opp mot ledd 4 med 7,15 tonn syrebehandlet bløtgjødsel. Begge disse leddene hadde 10,75 kg lettløselig N pr dekar og begge har samme pH. Avlingene ble ganske så like: 677 henholdsvis 666 kg tørrstoff pr dekar.

6. Forsøk for delmål 2 Vekstrom

Fra Prosjektbeskrivelsen for Fargo-prosjektet har vi dette delmålet som pottforsøkene skal fylle:

Delmål 2: Bestemme og maksimere gjødselproduktets ytelse (gitt av avlingsstørrelse og nitrogeninnhold) i veksthusforsøk under kontrollerte forhold. Dette for å kunne maksimere mengden kunstgjødsel som erstattes av plasmabehandlet husdyrgjødsel.

Sommer og høst 2020 utviklet vi metodikk for vekstromforsøk og kjørte testforsøk med nytt vekstrom på Blæstad. Gjennom 2021 kjørte vi to komplette vekstromforsøk hvor hovedhensikten var å teste ut gjødseleffekten av tre ulike NEO-sammensetninger. Hovedforskjellen mellom de tre gjødseltypene var innholdsforholdet mellom nitritt og nitrat. Fordi det tidligere er observert at NEO har en noe lavere gjødseleffekt enn mineralgjødsel, til tross for tilsvarende nitrogeninnhold og tilsvarende lavt ammoniakktap, var det nærliggende å undersøke om en reduksjon av nitrittmengden vil påvirke gjødseleffekten. Det ble derfor gjennomført en produksjon som ga ulike nitrittmengder i NEO. Nitritt/nitrat-forholdet i gjødseltypene A, B og C var henholdsvis 0,68, 0,62 og 0,23. I forsøkene lå pH for gjødseltype A og B på omtrent 5,5, mens gjødseltype C hadde en pH på 4,2. Dersom forsøkene avdekket signifikante forskjeller mellom gjødseltypene ville den med best gjødseleffekt testes i kommende feltforsøk.

Som vi ser av tabell 24 har NEO A og NEO B lik pH og ganske så likt innhold av ammonium, nitritt og nitrat. NEO C har i tillegg til lav pH om lag 30 prosent lavere innhold av ammonium, halv mengde nitritt og cirka 40 prosent mer nitrat enn NEO A og NEO B.

Tabell 24: pH og innhold av ammonium, nitritt og nitrat i gjødseltypene NEO A, B og C brukt i forsøk 1 og 2.

| Innhold | NEO A | NEO B | NEO C |
|----------------|-------|-------|-------|
| pH: | 5,35 | 5,35 | 4,24 |
| Ammonium mg/l: | 1530 | 1480 | 1100 |
| Nitritt mg/l: | 800 | 770 | 800 |
| Nitrat mg/l: | 1180 | 1250 | 1180 |

6.1.1 Metodikk vekstrom

Det ble gjennomført to pottforsøk i vekstkammer i 2021. Metodikken er beskrevet i (Mousavi, Cottis et al. 2022) og (Cottis, Solberg et al. 2021). Forsøksdesignet for forsøk 1 består 14 gjødseledd som er randomisert innenfor 4 blokker (gjentak). Beregnet tilførsel kalkulert som kg N-min/daa er angitt for hvert av gjødseleddene. For forsøk 2 er det 11 gjødseledd, men ellers er forsøksdesignet likt som forsøk 1. I begge forsøkene ble avling målt som sum av første og andre slått med betydelig høyere avling i første slått enn i andre slått. Nitrogen-% ble analysert lun i første slåtten og N avling ble oppgitt som en sum basert på målt N-% i førsteslåtten og en antatt lik verdi for andre slåtten.

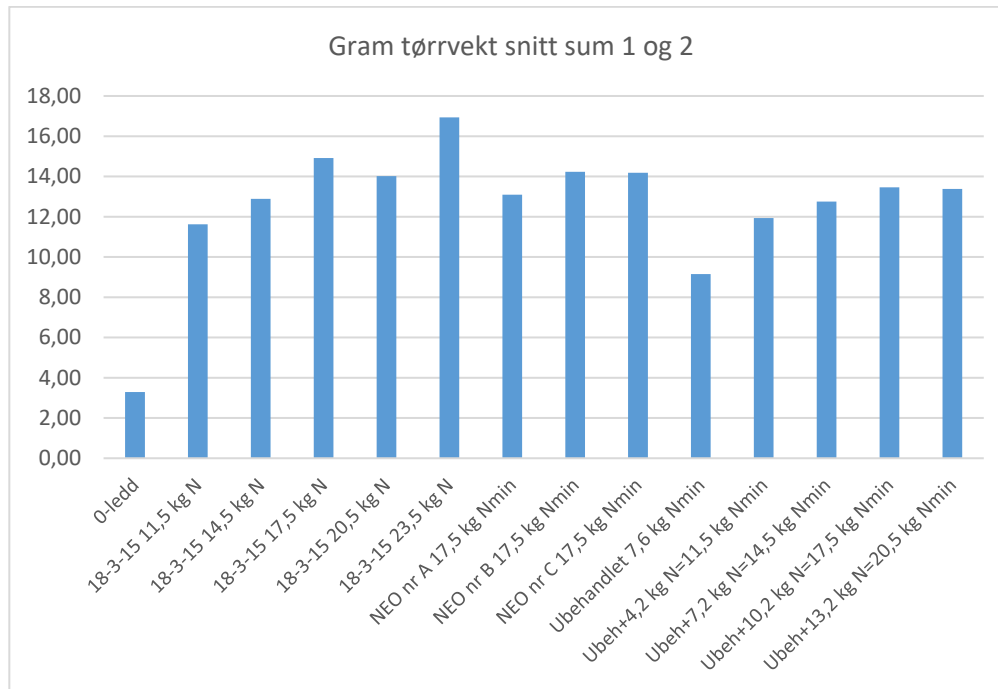
Statistiske analyser gjennomført som ANOVA med gjødseledd og blokker som forklaringsvariabler. Standardavvik og minste signifikante forskjell (LSD_{5%}) ble kalkulert ved hjelp av standard formler og prosedyrer. For hvert forsøk beregnet vi en lineær regresjonslinje (trendlinje) som viste sammenhengen mellom N gjødsling og de ulike avlinger innenfor gitte rammer. Dette gjorde vi for innenfor en N-stige for mineralgjødsel (fra 0 til 23 kg N-min/daa) og for en N-stige for bløtgjødsel

tilsatt mineralgjødning (fra 0 til 20,5 kg N-min/daa). Vi beregnet gjennomsnittlig N effekt basert på tørrstoffavling og nitrogenavling, og med beregnet 95% konfidensintervall for gjennomsnittet.

6.1.2 Resultater vekstform

Forsøk 1

Figur 12. Raigrasavling (gram TS/potte) ved de ulike gjødselledene i forsøk 1



Tabell 25. Raigrasavling (gram TS/potte) ved de ulike gjødselledene i forsøk 1

| Gjødselled | Avling (g TS/potte) | Nitrogen (% av TS) | Nitrogenavling (g N/potte) |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 0-ledd (ingen gjødsling) | 3,3 | 1,1 | 0,03 |
| Mineralgjødning: 11,5 kg N-min/daa | 11,6 | 1,4 | 0,16 |
| Mineralgjødning: 14,5 kg N-min/daa | 12,9 | 1,5 | 0,19 |
| Mineralgjødning: 17,5 kg N-min/daa | 14,9 | 1,6 | 0,24 |
| Mineralgjødning: 20,5 kg N-min/daa | 14,0 | 2,0 | 0,29 |
| Mineralgjødning: 23,5 kg N-min/daa | 16,9 | 1,9 | 0,33 |
| NEO type A: 17,5 kg N-min/daa | 13,1 | 1,8 | 0,23 |
| NEO type B: 17,5 kg N-min/daa | 14,2 | 1,7 | 0,24 |
| NEO type C: 17,5 kg N-min/daa | 14,2 | 1,6 | 0,23 |
| Ubehandlet: 7,6 kg N-min/daa | 9,2 | 1,1 | 0,10 |
| Ubeh+4,2 kg N = 11,5 kg N-min/daa | 11,9 | 1,3 | 0,16 |
| Ubeh+7,2 kg N=14,5 kg N-min/daa | 12,8 | 1,6 | 0,20 |
| Ubeh+10,2 kg N=17,5 kg N-min/daa | 13,5 | 1,8 | 0,24 |
| Ubeh+13,2 kg N=20,5 kg N-min/daa | 13,4 | 2,1 | 0,28 |
| P-nivå | P<0.001 | P<0.001 | P<0.001 |
| LSD _{5%} | 1,0 | 0,1 | 0,02 |

Det ble funnet klart signifikante forskjeller mellom gjødselleddene. Dette gjaldt både for tørrstoffavling, nitrogen-% og nitrogenavlingen ($P < 0.001$ for alle) (Tabell 26). Minste signifikante forskjell ($LSD_{5\%}$) var til 1,0 gram for tørrstoffavling, 0,1% for nitrogeninnhold og 0,02 gram for nitrogenavling.

NEO type B og C ga lik tørrstoffavling som begge var signifikant høyere enn avlingen for NEO type A. Det var imidlertid ingen signifikant forskjell mellom proteinavlingen hos de tre NEO typene.

Tabell 26. Forsøk 1: Effekt av NEO gjødselleddene i forhold til nitrogen gitt som mineralgjødsel eller i organisk gjødsel.

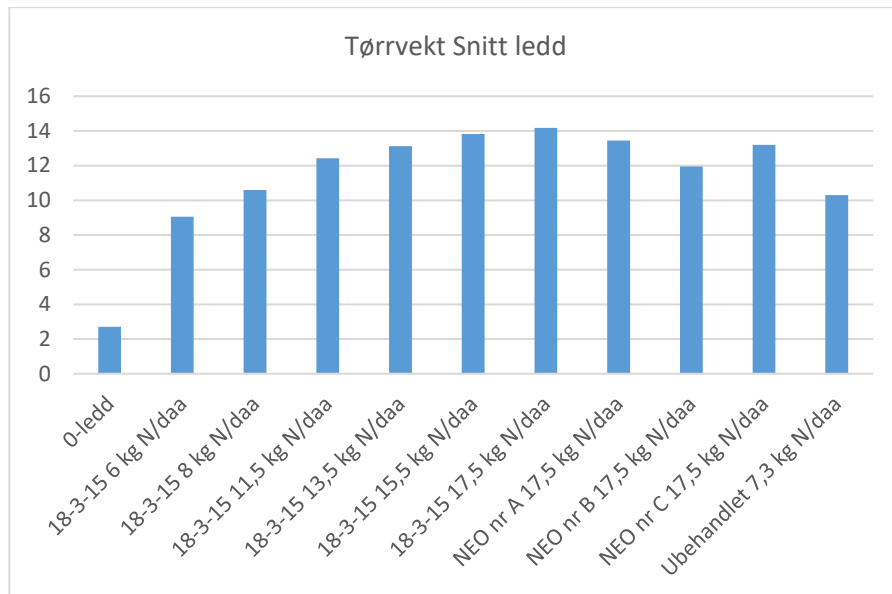
| | Effekt tilsvarende antall kg N-min/daa i mineralgjødsel | Effekt tilsvarende N- min i kg/daa i ubehandlet bløtgjødsel tilsatt mineralgjødsel |
|------------------------|---|---|
| <u>NEO A</u> | | |
| Raigras avling | 16,1 ± 1,3 | 16,7 ± 1,4 |
| Raigras nitrogenavling | 16,7 ± 1,1 | 17,1 ± 1,1 |
| Gjennomsnitt | 16,4 ± 0,8 | 16,9 ± 0,8 |
| <u>NEO B</u> | | |
| Raigras avling | 18,1 ± 2,6 | 18,9 ± 2,8 |
| Raigras nitrogenavling | 17,1 ± 2,1 | 17,5 ± 2,1 |
| Gjennomsnitt | 17,6 ± 1,6 | 18,2 ± 1,7 |
| <u>NEO C</u> | | |
| Raigras avling | 18,0 ± 1,6 | 18,9 ± 1,8 |
| Raigras nitrogenavling | 16,5 ± 0,8 | 16,8 ± 0,8 |
| Gjennomsnitt | 17,2 ± 1,0 | 17,9 ± 1,2 |

Sammenlignet med N effekten av mineralgjødsel ga NEO A med 17,5 kg N-min/daa til raigras i gjennomsnitt for tørrstoff og proteinavling, samme effekt som mineralgjødsel med 16,4 kg N-min/daa med konfidensintervall fra 15,6 til 17,2 kg N-min/daa. Dette betyr at det med 95% sannsynlighet har en effekt innenfor dette intervallet (Tabell 26). Effekten av NEO B var noe bedre enn NEO A og var tilsvarende 17,6 kg N-min i mineralgjødsel, men konfidensintervallet og usikkerheten var større. Effekten av NEO C var nærmere NEO B enn NEO A.

Om vi sammenligner NEO leddene med N effekten av bløtgjødsel tilsatt mineralgjødsel ga NEO A med 17,5 kg N/daa i gjennomsnitt samme effekt som 16,9 kg N-min/daa i bløtgjødsel + mineralgjødsel. Igjen ga NEO B og NEO C en noe høyere effekt enn NEO type A.

Forsøk 2

Figur 13. Raigrasavling (gram TS/potte) ved de ulike gjødselleddene i forsøk 2



Tabell 27. Grasavling (gram TS/potte) ved de ulike gjødselleddene i forsøk 2

| Gjødselledd | Avling (g TS/potte) | Nitrogen (% av TS) | Nitrogenavling (g N/potte) |
|------------------------------|---------------------|--------------------|----------------------------|
| 0-ledd (ingen gjødsel) | 2,7 | 0,71 | 0,02 |
| Mineralgjødsel 6.0 kg N/daa | 9,1 | 0,80 | 0,07 |
| Mineralgjødsel 8.0 kg N/daa | 10,6 | 0,94 | 0,10 |
| Mineralgjødsel 11.5 kg N/daa | 12,4 | 1,12 | 0,14 |
| Mineralgjødsel 13.5 kg N/daa | 13,1 | 1,21 | 0,16 |
| Mineralgjødsel 15.5 kg N/daa | 13,8 | 1,31 | 0,18 |
| Mineralgjødsel 17.5 kg N/daa | 14,2 | 1,49 | 0,21 |
| NEO type A 17.5 kg N/daa | 13,5 | 1,35 | 0,18 |
| NEO type B 17.5 kg N/daa | 12,0 | 1,41 | 0,17 |
| NEO type C 17.5 kg N/daa | 13,2 | 1,44 | 0,19 |
| Ubehandlet: 7.3 kg N/daa | 10,3 | 0,99 | 0,10 |
| P-nivå | P<0.001 | P<0.001 | P<0.001 |
| LSD _{5%} | 0,7 | 0,16 | 0,02 |

I dette forsøk 2 var NEO type B som ga signifikant lavere avling enn type A og C. Det var ikke signifikans på forskjellen mellom NEO type A og C. NEO type C har så vidt signifikant høyere proteinavling enn NEO type A og B.

Sammenlignet med N effekten av mineralgjødsel ga NEO type A med 17,5 kg N-min/daa til raigras i gjennomsnitt samme effekt som mineralgjødsel med 14,7 kg N-min/daa med konfidensintervall fra 13,1 til 16,3 kg N-min/daa, noe som betyr at det med 95% sannsynlighet har en effekt innenfor dette intervallet (Tabell 28). Effekten av NEO type B (ogå med 17,5 kg N-min/daa) var noe dårligere enn NEO type A (tilsvarende 12,7 kg N-min/daa i mineralgjødsel) mens effekten av NEO type C var svært lik NEO type A.

Tabell 28. Forsøk 2: Effekt av NEO gjødselleddene i forhold til nitrogen gitt som mineralgjødsel eller i organisk gjødsel.

| | Effekt tilsvarende antall kg N- min/daa i mineralgjødsel \pm 95% konfisansintervall |
|------------------------|---|
| <u>NEO A</u> | |
| Raigras avling | 16,7 \pm 0,6 |
| Raigras nitrogenavling | 12,6 \pm 0,9 |
| Gjennomsnitt | 14,7 \pm 1,6 |
| <u>NEO B</u> | |
| Raigras avling | 14,0 \pm 1,6 |
| Raigras nitrogenavling | 11,5 \pm 1,0 |
| Gjennomsnitt | 12,7 \pm 1,3 |
| <u>NEO C</u> | |
| Raigras avling | 16,2 \pm 0,6 |
| Raigras nitrogenavling | 13,2 \pm 0,7 |
| Gjennomsnitt | 14,7 \pm 1,2 |

Oppsummering og vurdering:

Disse to forsøkene ga noe sprikende resultater for de tre NEO-typene som ble testet; A, B og C. Til tross for at NEO type C hadde betydelig lavere pH og annerledes forhold mellom ammonium, nitrat og nitritt enn NEO type A og B kan vi ikke konkludere om den ene av de tre er bedre enn de andre for effekt på tørrstoffavling og proteinavling i disse vekstforsøkene. Dersom produksjonstekniske eller økonomiske årsaker favoriserer den ene av de tre typene kan det være riktig å gå videre med denne dersom feltforsøk bekrefter den likheten mellom NEO-typer som vi egentlig fant i disse to forsøkene.

7. Forsøk for delmål 3 Effekt på jordliv

Fra Prosjektbeskrivelsen for Fargo-prosjektet har vi dette delmålet som forsøkene for jordliv skal fylle:

Delmål 3: Dokumentere effekten gjødselen har på jordstruktur og jordliv gjennom analyser og målinger av jordhelse, organisk aktivitet og nøkkelarter i jord

7.1 Meitemark

Vi laget et enkelt forsøk med 4 ledd og 3 gjentak. Forsøket ble utført med metodikk som vi ikke har sett andre har brukt før oss. Forsøket fungerte meget bra på alle måter unntatt på et punkt. Og det var at det viste seg at det var mulig for meitemark å krype gjennom agrylduken som vi brukte som stengsel i hullene. Mer om dette senere.

7.1.1 Materiale og metode

Forsøksleddene var slik:

Ledd 1: NEO-gjødsel. 3,5 tonn og 12,27 kg N pr dekar. **687 gram NEO pr hull**

Ledd 2: Ubehandlet bløtgjødsel. 3,85 tonn og 5,1 kg N pr dekar. **756 gram pr hull**

Ledd 3: Mineralgjødsel 18-3-15. 12,27 kg N pr dekar. **13,4 gram pr hull**

Ledd 4: Ingen gjødsel

Feltkart: Hver rute i kartet var et hull på jordet på 50 cm i diameter, 30 cm dypt. Se også bilder under.

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| R2 L2 | R1 L3 | R2 L1 | R3 L3 | R1 L4 | R1 L1 |
| R3 L1 | R2 L4 | R1 L2 | R3 L4 | R2 L3 | R3 L2 |

Hovedprinsippet for forsøket var å grave ut 12 hull på 50 cm i diameter og 30 cm dypt på forsøksarealet. Forsøksarealet var på et jorde med morenejord, men som vi visste at har lite meitemark. Vi la så to lag med agrylduk i hullene og fylte tilbake jord samtidig som vi tilførte meitemark og gjødseltyper slik at vi så godt som mulig simulerte våronnforhold i praktisk korndyrking.

Opplegget var slik:

1. Meitemark var gravd fram fra jord i en markedshage i Løten, to dager før feltet ble anlagt. Meitemarkene ble oppbevart i et naturlig jordvolum avgrenset av agrylduk. Vi transporterte meitemarken sammen med jordvolumet i sekken av agrylduk.
2. Den dagen feltet skulle anlegges startet vi med å grave ut de 12 hullene i jorda på forsøksarealet.
3. Så sorterte og veide vi meitemarkene fra Løten, slik at vi fikk 12 esker med like mange mark med omtrent samme vekt pr eske. Markene ble håndtert meget forsiktig og var uten jord i

kortest mulig tid. Etter telling og veiing ble meitemarkene lagt i eske sammen med lett fuktig jord.

4. NB: Når vi jobbet med sortering og veiing av meitemarkene så vi at et par mindre meitemarker klarte å krype gjennom den doble agrylduken som vi hadde transportert meitemark og jord i fra Løten. Det betydde at opplegget vårt ikke var godt nok. Etter en vurdering kom vi til at vi allikevel ville gjennomføre med agryl som planlagt og så høste erfaringer. Vårt resonnement var også at dersom meitemark ikke trivevdes med en type gjøddel, ja da kunne de rømme. En reduksjon i antall meitemark ville da bli tellet som et negativt resultat for den gjødseltypen, og det ville være et gunstig resultat. På samme måte ville innrykk av meitemark inn gjennom agrylduken også være et symptom på gjødselsla innenfor sin fristende eller ikke fristende effekt på meitemark utenfra. Derfor kjørte vi forsøket som planlagt med agryl. Vi ville få erfaring med metoden og vi kan bruke rømningssikker duk til neste år, og uansett så er det bare de minste meitemarkene som klarer å komme seg ut eller inn gjennom dobbel agryl.
5. Vi la så to lag med agrylduk i et og et hull
6. Fylte 25 cm jord tilbake i hullet og la de tellede og veide meitemarkene inn i dette jordvolumet.
7. Det jordvolumet som så skulle bli de neste 5 cm ble så blandet med gjødsel, eventuell ingen gjødsel for null-leddet.
8. Vi la så på et tynt lag med gras.
9. Så drysset vi på 2 cm løs jord.
10. Sådde havre og drysset så på 3 cm løs jord over frøene.
11. Vi trakk så til jorda på samme måte som en trommel gjør.
12. Jordvolumet ble vannet sakte og forsiktig med vannmengde tilsvarende 10 mm nedbør.
13. Til slutt samlet vi agrylduken som lå under jordvolumet slik at ingen meitemark kunne komme seg unna fra jordoverflaten.
14. 8 dager etter anlegg av feltet løftet vi opp agrylposene og spredde alt innholdet ut på en presenning. Deretter hentet vi forsiktig fram alle meitemarker, veide og tellet dem for hvert hull.



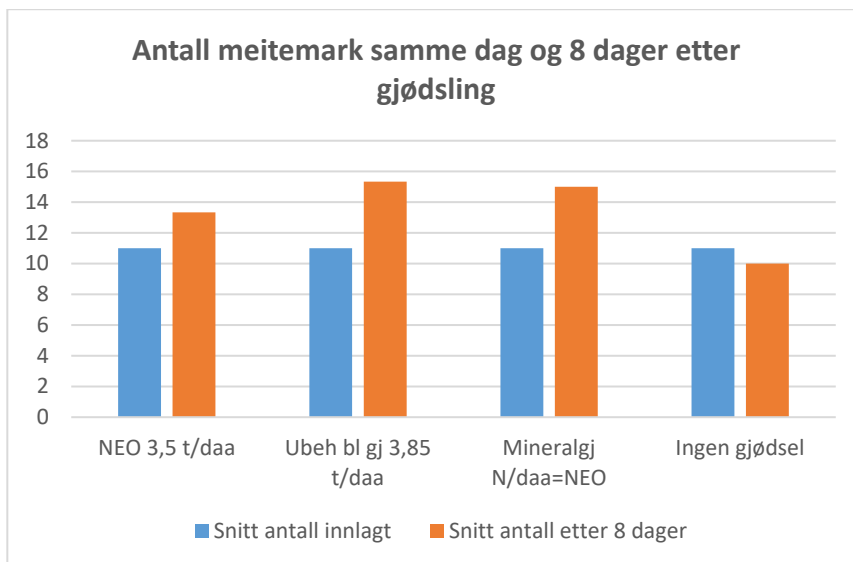
Bilde 1: Til venstre, her er ett av de 12 hullene gravd ut. 50 cm i diameter og 30 cm dypt. Den jorda som vi tok ut, ble så tilbakeført til det hullet der jorda kom fra. Til høyre, telling og veiing av meitemark.



Bilde 2: Til venstre, her løfter vi ut en av "sekkene" av dobbel agryl som jord med gjødsel og meitemark var i i forsøksperioden. Til høyre, innholdet av jord, gjødsel og meitemark fra et hull/en sekk, spredd ut over presenning. Herfra hentet vi forsiktig fram alle meitemarkene som så ble veid og tallet.

7.1.2 Resultater meitemarkforsøk 2021

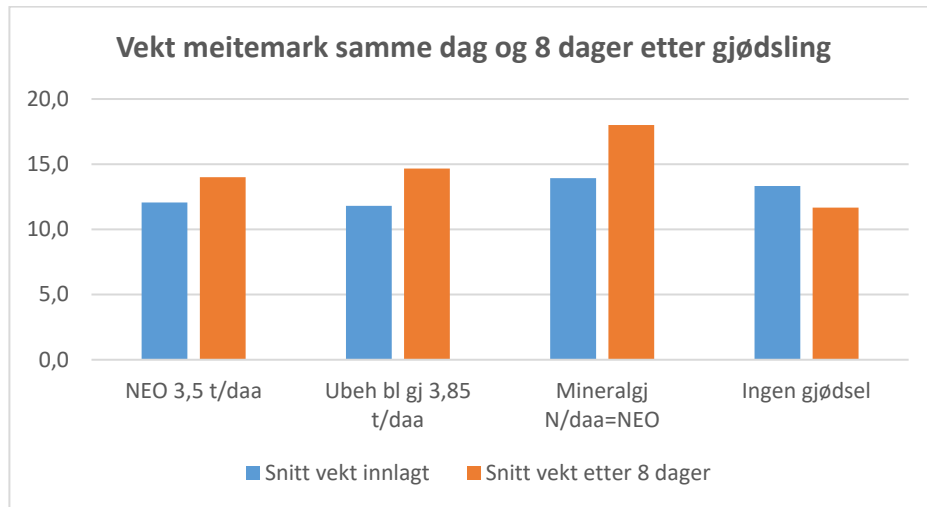
Som nevnt ovenfor hadde vi tallet og veid alle meitemarkene som ble tilført hvert hull på forsøksarealet. Årsaken til at vi avsluttet forsøket med veiing og telling av meitemark i alle hull etter bare 8 dager var at vi i hovedsak var ute etter å måle om gjødseltypene har forskjellig skadelig effekt, og at vi visste at agrylduken ikke var rømnings sikker.



Figur 14: Her vises antall meitemark pr hull før og etter forsøksperioden på 8 dager. Gjennomsnittsverdier for 3 gjentak.

Resultatene av forsøket er vist som grafer for antall meitemark (diagram xx) og den samlede vekten (diagram xx) av meitemarkene for hvert hull. I grafene er det gjennomsnittsverdier for de tre gjentakene for hvert ledd som er presentert. På grunn av usikkerheten skapt av at de minste

meitemarkene kunne komme seg både ut og inn gjennom så vi ingen grunn til å beregne statistikk for forsøket. Resultatene er uansett bare indikasjoner.



Figur 15: Her vises den samlede vekten av meitemark pr hull før og etter forsøksperioden på 8 dager. Gjennomsnittsverdier for 3 gjentak.

Vi ser at alle de gjødslede rutene har hatt både en økning i antall meitemark, og en økning i samlet vekt av meitemark. Men, i det leddet som ikke hadde fått noe gjødsel var det en nedgang både i antall og vekt. Dette viser at sannsynligvis har hverken NEO, ubehandlet bløtgjødsel eller mineralgjødsel noen negativ effekt på indikatorarten meitemark i løpet av de første 8 dagene etter gjødsling. Vi kommer til å gjenta dette forsøket våren 2022, men da med «rømningsikker» duk i stedet for agryl.

7.2 Spretthaler

7.2.1 Materiale og metode

Antall spretthaler er en god indikator-art for jordfaunaens trivsel. Det ble tatt ut jordprøver fra utvalgte forsøksruter i det treårige engfeltet hos NLR Trøndelag og i et av de treårige kornfeltene hos NLR Innlandet sommeren 2021, for telling av spretthaler. Alle prøvene ble tatt ut i uke 23 og i uke 38.

I engfeltet tok vi ut jordprøver fra alle gjentak for ledd 1, 2, 3 og 6.

Ledd 1: Ubehandlet: 4,1 og 3,05 tonn = 7,2 tonn = 6,15 og 4,6 kg N-min = 10,75 kg N-min pr dekar

Ledd 2: Kontroll. Ingen gjødsling

Ledd 3: NEO: 3,75 og 2,8 tonn/dekar = 6,55 tonn: 12,0 og 9,0 kg N-min. Sum = 21,0 kg N-min pr dekar

Ledd 6: Mineralgj 18-3-15: 12,0 og 9,0 kg N-min. Sum = 21,0 kg N-min pr dekar

I kornfeltet tok vi ut prøver fra følgende fire ledd:

Ledd 1: 4,1 tonn ubehandlet = 6,15 kg N pr dekar

Ledd 3: 3,75 tonn NEO = 12,0 kg N pr dekar

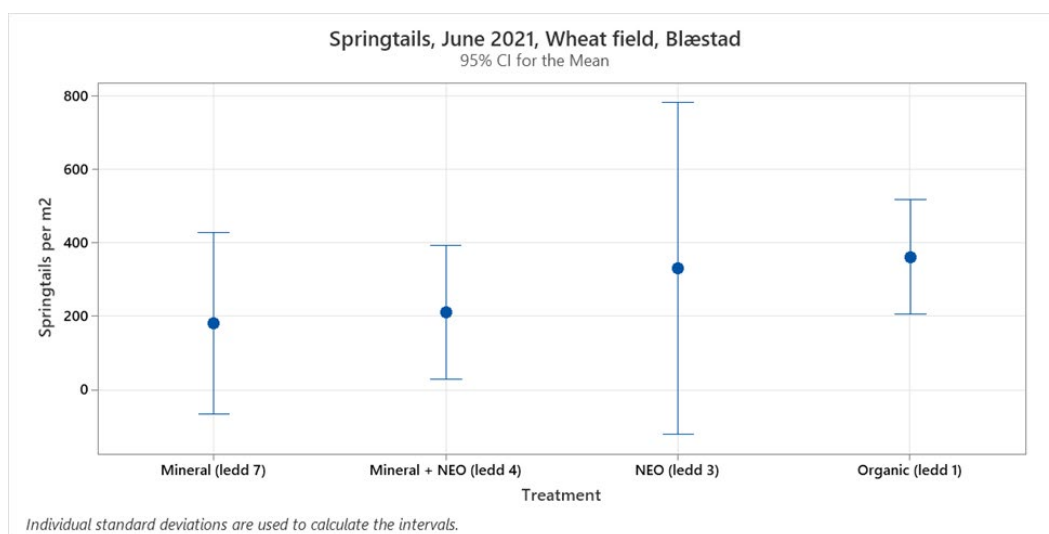
Ledd 4: 1,2 kg N i Mingj. + 3,4 tonn NEO Sum = 12,0 kg N pr dekar

Ledd 7: Mineralgj. = 12,0 kg N pr dekar

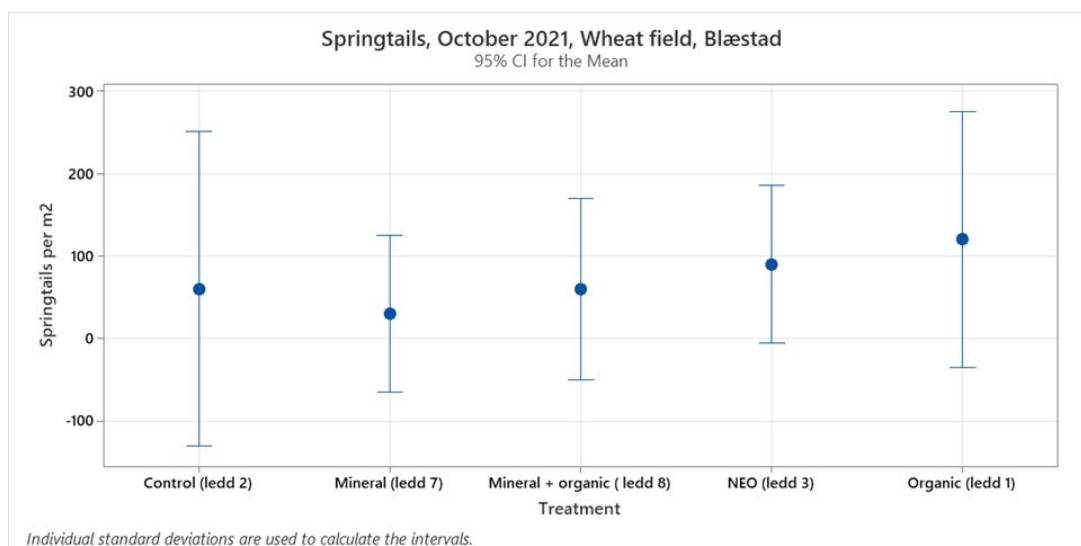
Oppløgg for uttak av jordprøvene

Fra hver rute tok NLR ut tre prøver langs rutens diameter. Prøven tas ved å hamre en jernsylinder med 55 mm i diameter innvendig mål og høyde 40 mm, ned i jorda. Så graves et lite hull ved på siden av sylinderen og en liten spade skyves inn under sylinderen. De tre prøvene fra hver rute tømmes forsiktig over i plastpose med Zip-lås. Rask og forsiktig håndtering av prøven før de er i posen er viktig for å hindre at spretthaler stikker av. Prøvene ble sendt pr post til Blæstad hvor prøvene umiddelbart ble lagt i Tullgren funnels for å få ut alle spretthalene. Hesam Mousavi tellet spretthaler etter opplæring av forsker Reidun Pommeresche ved Norsk senter for økologisk landbruk.

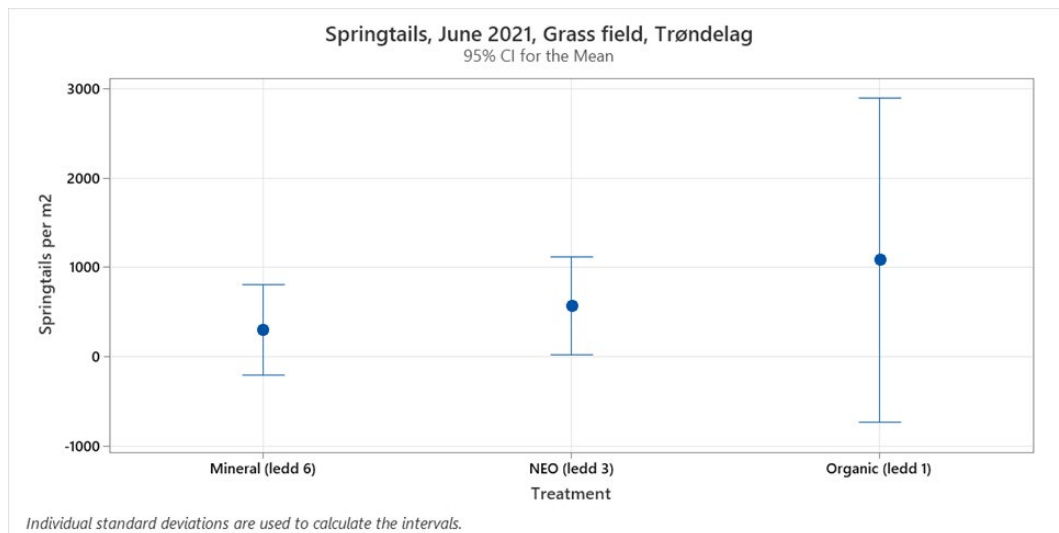
7.2.2 Resultater spretthaler



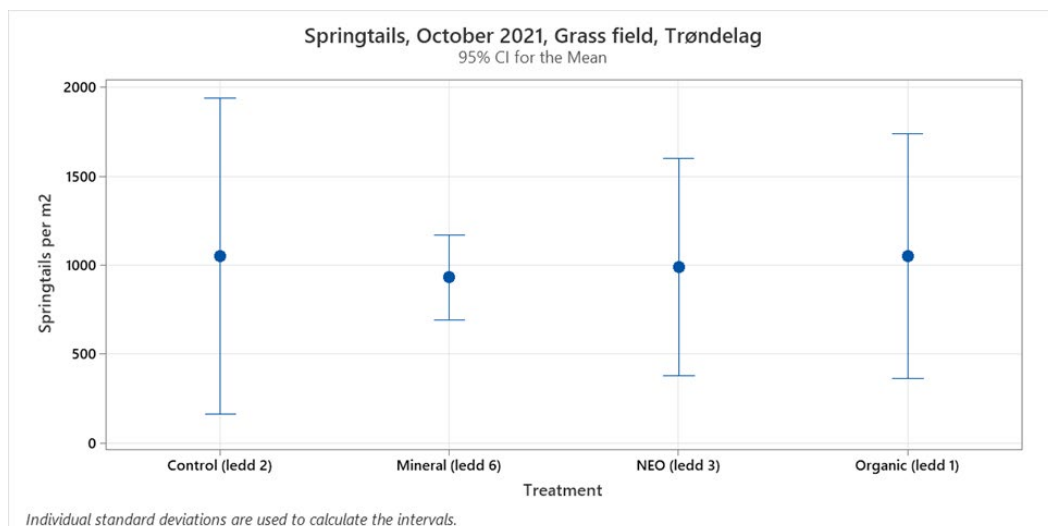
Figur 16 viser resultatene for antall spretthaler i jordprøvene tatt ut i juni 2021 fra hvete forsøket på Blæstad.



Figur 17 viser resultatene for antall spretthaler i jordprøvene tatt ut i oktober 2021 fra hvete forsøket på Blæstad.



Figur 18 viser resultatene for antall spretthaler i jordprøvene tatt ut i juni 2021 fra engforsøket på Kvithamar i Trøndelag.



Figur 19 viser resultatene for antall spretthaler i jordprøvene tatt ut i oktober 2021 fra engforsøket på Kvithamar i Trøndelag.

Oppsummering og vurdering:

Antall spretthaler er oppgitt pr kvadratmeter. Antall spretthaler er gjennomgående høyere i prøvene tatt ut om sommeren enn om høsten. Resultatene viser imidlertid ingen signifikant forskjell mellom de forskjellige gjødseltypene målt i antall spretthaler fra jordprøvene. Det er en tendens i resultatene for at det er flere spretthaler i jorda der det er gjødslet med NEO eller annen organisk gjødsel enn der det er brukt mineralgjødsel både en måned og 5 måneder etter gjødsling i korn og eng. Dette tyder på at NEO ikke skader indikatorarten spretthaler i jord.

7.3 Spiseaktivitet hos jordfauna målt med Bait lamina test

7.3.1 Metodikk

Jordfaunaens spiseaktivitet ble vurdert ved hjelp av Bait-lamina strips (Terra Protecta GmbH, Berlin, Tyskland)(TerraProtecta 2020). (Kratz 1998, Hamel, Schellenberg et al. 2007, Jänsch, Scheffczyk et al. 2017). Kjernen i metoden er perforerte PVC-strimler (1 mm × 6 mm × 120 mm) med 16 hull med 1,5 mm diameter med 5 mm avstand, fylt med et fôrsubstrat til jordfauna (hvirvelløse dyr). Fôrsubstratet består av 70% cellulosepulver, 25% hvetekli og 5% aktivert karbon(ISO18311(E) 2015). Tapet av substrat etter en viss periode indikerer jordfaunaens spiseaktivitet og man kan ressonere til at et der det er spist mye fôrsubstrat er det mer jordfauna enn der det er spist lite substrat. På grunn av fôrsubstratets sammensetning forventes at bakterier og sopp etc. spiller en mindre rolle (Gardi, Montanarella et al. 2009, Rozen, Sobczyk et al. 2010, Simpson, Slade et al. 2012).

Bait Lamina strips ble satt inn i pottene for de samme to vekstforsøkene som beskrevet under kapittel 5 Delmål 2 Vekstform. Her benevner vi de to forsøkene som A og B. Når vi satte inn stripsene ble disse satt ned i jorda tre stykk diagonalt i hver potte.

I forsøk 1 satte vi inn stripsene seks uker etter såing og gjødsling, for å vurdere de tidlige effektene av gjødseltypene på jordfaunaens spiseaktivitet (ISO18311(E) 2015). I tillegg ble et annet sett med strips satt inn 21 uker after såing og gjødsling for å bestemme langtidseffektene.

I forsøk 2 ble stripsene satt inn i jorda etter innhøstingen (åtte uker etter såing og gjødsling). Lys, temperatur og vanning ble videreført og vi fikk normal gjenvekst av raigras i pottene. Bait

Lamina stripsene ble i alle tilfellene værende i jorda syv uker før vi tok de ut og bedømte mengde gjenværende fôrsubstrat i hver strips (ISO18311(E) 2015). Mengde gjenværende fôrsubstrat pr hull hull i stripsene ble bedømt som tomt (1), delvis tomt (0,5) eller fylt (0) (Siebert, Sunnemann et al. 2019). Hvert tomt hull (skår 1) var lik 6,25% spiseaktivitet på en hvilken som helst definert dybde.

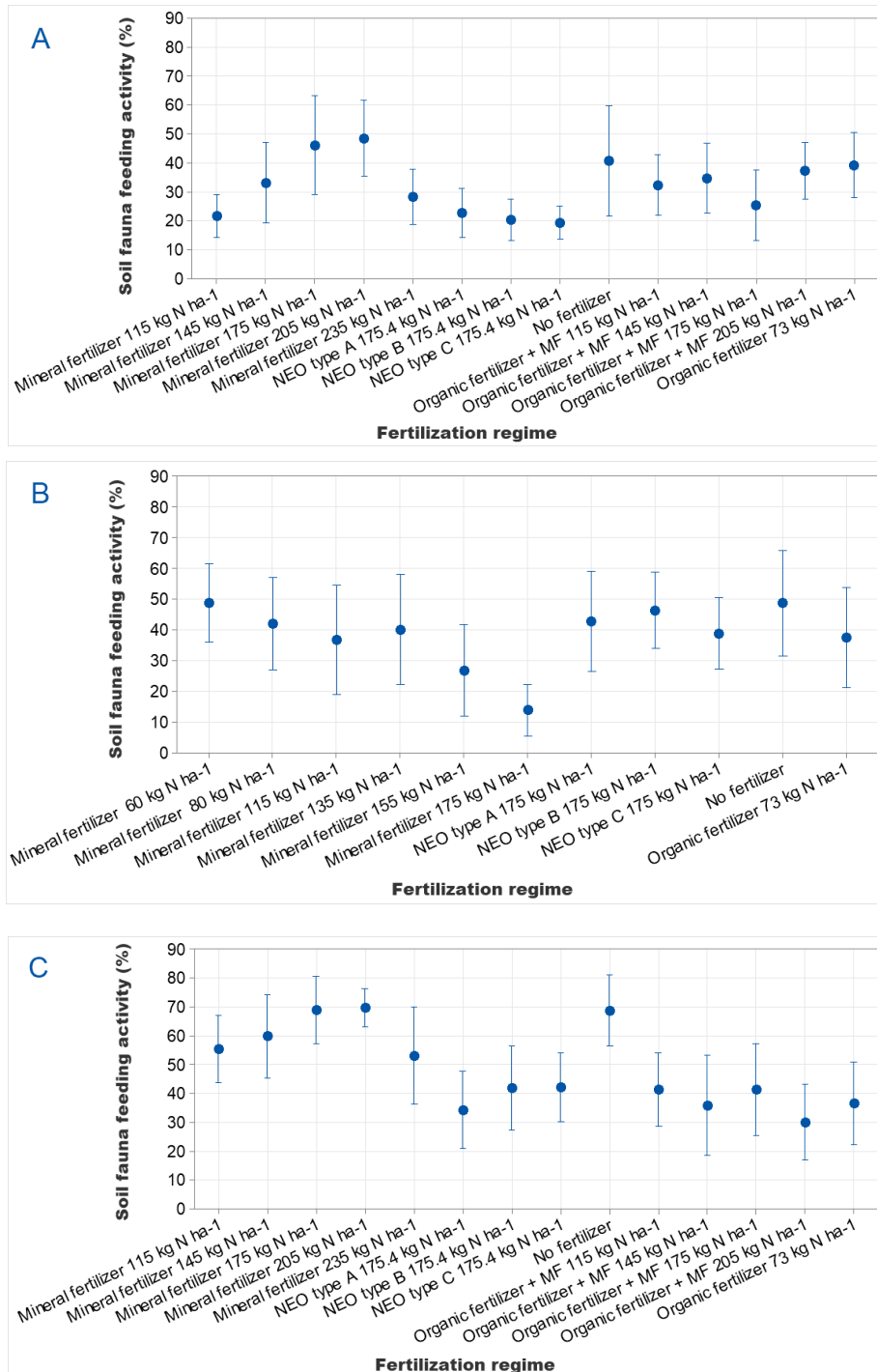
Jordfaunaens spiseaktivitet ble analysert ved hjelp av Minitab 20 statistisk programvare (© 2021 Minitab, LLC (State College, PA, USA)). En enveis ANOVA-test ble brukt til å evaluere forskjellene mellom gjødsling behandlinger. Games-Howell parvis sammenligning ble brukt til å sammenligne og gruppere forskjeller mellom behandlinger og plotte data med et 95% konfidensintervall for midlene. Individuelle standardavvik brukes til å estimere konfidensintervallene.

7.3.2 Resultater Bait Lamina

Resultatene er gjengitt i figur 20 og følgende oppsummering og vurdering kan gis:

I forsøk 1 ble jordfaunaens spiseaktivitet vurdert første gang en måned etter såing og gjødsling. NEO typene A, B og C – alle med 17,5 kg N pr dekar, hadde alle en tendens til lavere spiseaktivitet enn ingen gjødsling, ubehandlet bløtgjødsel og høyeste mengde mineralgjødsel. Noen av disse forskjellene var signifikante (figur 20A). Når vi satte inn Bait Lamina strips 5 måneder etter gjødsling i det samme forsøk 1 fikk i hovedsak det samme bildet som seks uker etter gjødsling. Fortsatt var det ingen gjødsling som hadde høyest spiseaktivitet, men NEO typene A, B og C var hadde nå omtrent lik spiseaktivitet som ubehandlet bløtgjødsel, men lavere enn de fleste mineralgjødselledene. Det var både signifikante og ikke signifikante forskjeller her. (Figur 20C)

I forsøk 2 satte vi bare inn Baiat Lamina stripsene 6 uker etter såing og gjødsling. I dette forsøket hadde vi litt andre ledd, men ellers var metodikken helt den samme som i forsøk 1. Vi ser av figur 20B at de tre NEO-typene A, B og C har gitt ganske så lik effekt som ubehandlet bløtgjødning. Ingen gjødsling har gitt høyest spiseaktivitet, men forskjellen er her mindre enn i forsøk 1, og forskjellen er ikke signifikant.



Figur 20. Effekter av ulike gjødsel-behandlinger på jord fauna sin spiseaktivitet (%) seks uker etter gjødsling i forsøk 1 (diagram A) og i forsøk 2 (diagram B), og 5 måneder etter gjødsling i forsøk 1 (diagram C). Individuelle standardavvik med 95 % konfidensintervall er lagt inn for leddene.

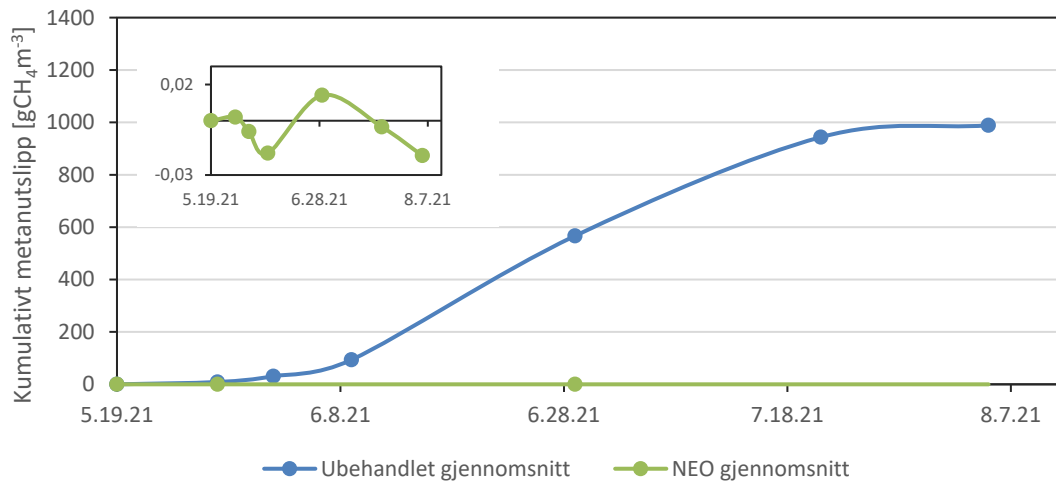
7.4 Måling av respirasjon og jordfysiske parametere

Det ble tatt ut jordprøver fra alle rutene i et av de treårige kornfeltene på Blæstad og det treårige grasfeltet i Trøndelag, sommeren 2021. Disse analyseres våren 2022 og resultatene vil bli presentert i prosjektets sluttrapport.

8. Forsøk for delmål 4 Utslipp av metan fra NEO og ubehandlet bløtgjødsel

For å svare på delmål 4 har NMBU konstruert seks overvåkningskummer mulighet for hyppige målinger av metankonsentrasjon i lagertank. Kummene er av hvit PVC, fylt med 2 m³ behandlet og ubehandlet møkk, og temperatur og pH overvåkes kontinuerlig. Oppsettet har ikke til formål å si noe om det generelle metanpotensialet i husdyrgjødsel, men heller bedømme ulike behandlings evne til å påvirke metanutslipp under like betingelser, i et utendørsscenario, med gjentak.

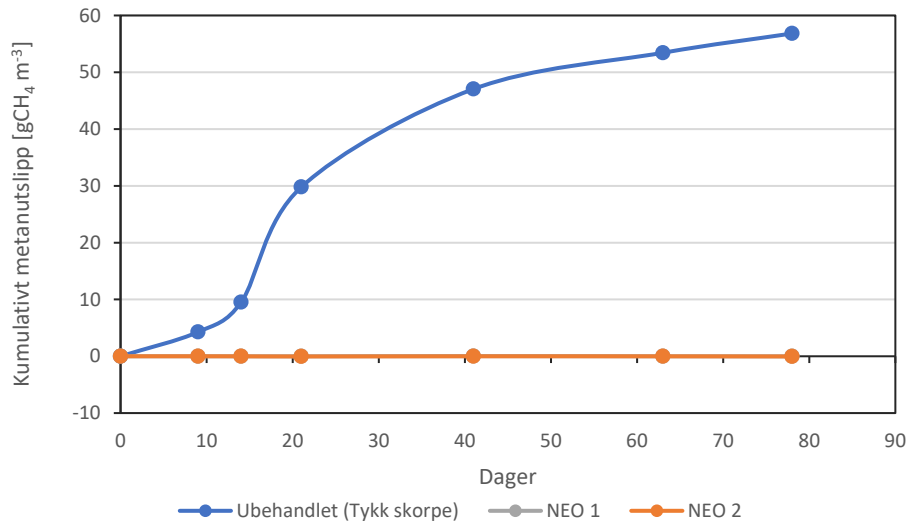
I forsøkets første del ble fire av kummene tatt i bruk: to kummer ble fylt med 2 m³ NEO og de resterende to med 2 m³ ubehandlet husdyrgjødsel. Over 78 dager ble det tatt jevnlig gassmålinger for å beregne metanfluksen fra de fire kummene og derigjennom det kumulative metanutslippet. Gjennomsnittsutslippet av metan fra de to behandlingene er vist i Figur 21.



Figur 21. Kumulativt metanutslipp fra ubehandlet bløtjødsel og NEO gjødsel.

Det er tydelig at plasmabehandlingen reduserer utslippet av metan fra lagret husdyrgjødsel. I dette forsøket kunne det ikke detekteres en positiv metanfluks fra de to kummene som inneholdt NEO, og reduksjonen i metanutslipp ligger på 100 %. Dette stemmer overens med tidligere gjennomførte laboratorieforsøk, samt utendørsforsøk gjennomført av RISE i Sverige.

Metanutslippet fra ubehandlet husdyrgjødsel er i dette forsøket svært høyt, spesielt under de varme juni/juli-dagene. Bak gjennomsnittsdatapunktene skjuler det seg en betydelig forskjell mellom de to kummene. Den trolige forklaringen på dette er forskjellen i skorpedannelse. Kummen med lavt metanutslipp hadde en svært tykk, nærmest forsteinet skorpe, mens den andre kummen hadde et tynnere skorpe lag. Det vil påvirke gasstransporten, i tillegg til at det i skorpe lag vil foregå en oksidasjon av metan som vil bidra til utslippsreduksjon. Det må også presiseres at samtlige målinger gjennomført på dagtid, når metanproduksjonen er forventet høyest på grunn av temperaturavhengighet. Likefullt: *reduksjonen* i metanutslipp som følge av plasmabehandlingen er 100 % uavhengig av hvilken kum det sammenliknes med. Figur 22 viser sammenlikningen mellom ubehandlet med tykk skorpe (lavere metandannelse) og NEO 1 og 2.



Figur 22. Kumulativt metanutslipp fra kummen med tykk skorpe sammenliknet med metanutslippet fra de to NEO-kummene.

Hovedformålet med dette oppsettet er ikke å bestemme metanutslipp fra ubehandlet husdyrgjødsel. Dette rammeverket er allerede satt opp av IPCC, og arbeidet til Morken et al. og Hansen et al. [1][2] har allerede undersøkt modellenes tilpasning til norske forhold. Forsøket demonstrerer derimot plasmabehandlingens potensial til å eliminere metanutslipp.

9. Litteratur

Cottis, T., et al. (2021). "Prosjekt FARGO år 2020: en oppsummering av Høgskolen i Innlandet sin forskning."

Gardi, C., et al. (2009). "Soil biodiversity monitoring in Europe: ongoing activities and challenges." European Journal of Soil Science **60**(5): 807-819.

Hamel, C., et al. (2007). "Evaluation of the "bait-lamina test" to assess soil microfauna feeding activity in mixed grassland." Applied Soil Ecology **36**(2-3): 199-204.

ISO18311(E) (2015). Soil quality – Method for testing effects of soil contaminants on the feeding activity of soil dwelling organisms in the field – Bait-lamina test" for approval for the next stage (FDIS) until 2015-04-17 (see Recommendation Paris-2). www.iso.org.

Jänsch, S., et al. (2017). "The bait-lamina earthworm test: a possible addition to the chronic earthworm toxicity test?" Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration **2**(1).

Kratz, W. (1998). "Bait-lamina test, general aspect, applications and perspectives." Environmental Science and Pollution Research **5**(2): 3.

Mousavi, H., et al. (2022). "Nitrogen Enriched Organic Fertilizer (NEO) and Its Effect on Ryegrass Yield and Soil Fauna Feeding Activity under Controlled Conditions." Sustainability **14**(4): 2005.

Rozen, A., et al. (2010). "Soil faunal activity as measured by the bait-lamina test in monocultures of 14 tree species in the Siemianice common-garden experiment, Poland." Applied Soil Ecology **45**(3): 160-167.

Siebert, J., et al. (2019). "The effects of drought and nutrient addition on soil organisms vary across taxonomic groups, but are constant across seasons." Sci Rep **9**(1): 639.

Simpson, J. E., et al. (2012). "Factors Affecting Soil Fauna Feeding Activity in a Fragmented Lowland Temperate Deciduous Woodland." PLoS One **7**(1): e29616.

TerraProtecta (2020, 2020). "The Bait-Lamina Test." 2021, from http://www.terra-protecta.de/en/bait_strips.html.

Litteratur for kapittel 7:

[1] J. Morken, S. Ayoub, and Z. Sapci, "Revision of the Norwegian model for estimating methane emission from manure management," *10*, Mar. 2015, Accessed: Apr. 13, 2022. [Online]. Available: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/278449>

[2] M. Ebbesvik, I. Kvande, L. Rodhe, and J. Morken, "Klimagassutslipp fra utendørslager for bløt gjødsel fra storfe," p. 74.

Høsten 2019 ble prosjektet Plasmabehandlet husdyrgjødsel – gjødselvirkning, miljøpåvirkning og klimagassutslipp (Fargo) innvilget finansiering fra Forskningsrådet. Prosjektet er i kategorien Innovasjonsprosjekt i næringslivet. Selskapet N2 Applied er prosjekteier og de går også inn med halvparten av prosjektets finansiering på til sammen 15 millioner kroner over prosjektets tre år: 2020-2022.

Denne rapporten gjennomgår opplegg og resultater for de 11 feltforsøkene i gras og korn, 2 forsøk i vekstroom og 4 forsøk for effekter på jordliv i 2021.

Høsten 2022 kommer prosjektets sluttrapport med resultatene for alle tre prosjektårene og samlede vurderinger og konklusjoner i henhold til prosjektenes mål og delmål.

In the autumn of 2019, the project Plasmabehandlet husdyrgjødsel – gjødselvirkning, miljøpåvirkning og klimagassutslipp (Fargo) was granted funding from the Research Council of Norway. The project is in the category Innovation Project in business sector. The company N2 Applied is the project owner and they are also entering with half of the project's funding of a total of NOK 15 million, over the three years of the project: 2020-2022.

This report reviews the methods and results for the 11 field trials in grass and grain, 2 experiments in growing chamber and 4 experiments for effects on soil life in 2021.

By the end of 2022, the project's final report will present the results for all three project years and overall assessments and conclusions in accordance with the projects' objectives and sub-goals.