

Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave våren 2024 30 stp

Institutt for plantevitenskap
Fakultet for biovitenskap

Måling av nitrogenmengde i jord for tilpassing av gjødselmengde for reduisert miljøbelastning og bedre lønnsomhet

Measurement of nitrogen content in soil for adaption
of fertilizer amount for reduced environmental
impact and better profitability

Ole Jakob Ulberg

Master i plantevitenskap

FORORD

Bakgrunn for att jeg valgte å gjøre dette forsøket og sette meg inn i måling av plantetilgjengelig nitrogen i jord, var fordi jeg ville forsøke å gjøre noe som kunne komme både gardbrukerne og miljøet til nytte. Ideen til forsøket kom under faget jordanalyse ved NMBU, hvor vi gjorde analyser av plantetilgjengelig nitrat og ammonium i jord med bruk av elektroder. Jeg syntes det var en rask metode som krevde enkelt utstyr og begynte å tenke på hvorfor gjøres ikke dette i praktisk dyrking på friland i dag, da potensialet er at den enkelte gårdbruker kan spare tusenlapper og hele næringen kan kanskje spare millioner. Det er også viktig å huske på at hvor det brukes mineralgjødning må det også brukes kalk før eller siden fordi plantenes opptak av næringsstoffer som kationer gir en svak forsuring. Med unntak av veldig kalkholdige jordarter, og/eller om det gjødsles med N-mineralgjødningstypen kalksalpeter. Kalk er en ekstra kostnad. En gjødsling med 15 kg N/daa fra mineralgjødning kan alene gi et kalkbehov på 11-15 kg CaO per dekar tilsvarende 22-30 kg/daa kalk hvert år. En reduksjon i mineralgjødningmengden vil redusere forsuringen fra mineralgjødning på dyrka mark. Husdyrgjødsling har en pH mellom 7,5-8,0 og har en nær nøytral totalvirkning på pH, men svenske resultater tyder på spredning av husdyrgjødsling motvirker forsuring og storfegjødsling motvirker mer enn grisejødsling (Nesheim, 2014). I Gudbrandsdalen er det lange tradisjoner med husdyrhold og da spesielt drøvtyggere, men også korndyrking. Det er store utmarksbeiteområder i fjellene på begge sider av dalen som blir utnyttet i beitesesongen. Vinterstid står dyrene oppstallet inne i fjøs og det blir oppsamling av husdyrgjødsling på et sted. Før det ble god transportkapasitet på husdyrgjødsling ble denne ofte brukt på jorder nærmest fjøset. Det ser vi igjen på jordprøveanalyser den dag i dag, med pH over 6 og høyt mold, fosfor og magnesiuminnhold på jorder nærme fjøs. Jeg mistenkte at disse jordene nærmest fjøset kunne frigi en del plantetilgjengelig N selv om det ikke vises direkte av jordprøveanalyser annet enn om man tar hensyn til at N mineraliseres i fra organisk materiale i jord. Jeg mener en mulig sjanse til å spare gjødning, penger, miljø og unngå forsuring, ikke blir utnyttet med dagens praksis. De kjente nitrogensensorene som er tilgjengelig for bruk i dag måler på plantefarge eller i selve plantene og man vet ikke hva jorda kan bidra med eller kommer til å frigi av plantetilgjengelig N de kommende ukene. For å få svar på det trengs det jordanalyser av mineraler, plantetilgjengelig N før og under vekstsesongen for å treffe bedre med N-gjødslingen.

En stor takk rettes til

- Hovedveileder for oppgaven Trine Aulstad Sogn Tomasgaard, Professor i naturmiljøkjemi ved NMBU
- Tilleggsveileder for oppgaven Tore Krogstad, Professor Emeritus i Jordfag ved NMBU.
- Tilleggsveileder for oppgaven Eivind Bergseth, rådgiver i Norsk Landbruksrådgivning, sivilagronom og tidligere gårdbruker.
- Stein Inge og Marianne Lillebråthen som forsøksvert på felt 3 Selsvollene.
- Ole Ulberg, sivilagronom, tidligere gårdbruker, som diskusjonspartner og hjelp til det praktiske arbeidet.
- De ansatte ved Jordlaben på NMBU.
- Oddbjørn Kval-Engstad for all kunnskap og diskusjonspartner, det var synd du måtte forlate oss så alt for tidlig.

SAMMENDRAG

Av alle grunnstoff er det nitrogen som oftest begrenser planters vekst, samtidig gir overskudd av nitrogen forsinket modning, reduserer blomstring og fruktsetting. Nitrogenmangel vises på gamle blad først deretter på nyere blad. Symptomer på overskudd fra nitrogen derimot er ikke så visuelle. I kornåker kan legde være et uttrykk for nitrogenoverskudd, men det er et veldig kraftig symptom og det krever et høyt overskudd av nitrogen. Mindre overskudd er i praksis vanskelig å oppdage. Nitrogensensorer i form av håndholdte, traktormonterte eller bruk av satellittbilder gir et bilde av plantes nitrogeninnhold. For å finne ut hva jorda kan gi av nitrogen må det tas jordprøver og måle ammonium nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$) og nitrat nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$). Standard jordprøver som tas i forbindelse med gjødselplanlegging viser moldinnhold i jorda, ikke mineralnitrogen. Nitrogeninnholdet i jorda beregnes ut ifra en tabell avhengig av prosent moldinnhold. Ifølge tabellen må moldinnholdet være over 12,5% for at jorda skal gi 1 kg plantetilgjengelig N per dekar. I denne oppgaven har jeg gjennomført et forsøk på tre forskjellige lokaliteter i Sel kommune, Gudbrandsdalen, Innlandet. Forsøket går ut på å måle plantetilgjengelig N i jord på våren og sammenligne 3 forskjellige gjødselstrategier; Null gjødsel på våren, tilpassa gjødsling til total plantetilgjengelig N ble 10 kg N/daa, flat gjødsling med tildeling av 10 kg N/daa uavhengig av nitrogeninnhold i jorda. Resultatene ga kun signifikant forskjell i høyere proteininnhold i kornet ved mer tilførsel av N for felt 1. Derimot ga laveste gjødselmengder signifikant høyere avlingsverdi (fratrasket gjødselkostnad) for felt 1. For det andre feltet var det ingen signifikante forskjeller. Felt 3 ble avsluttet etter nitrogenmålingen fordi det bare var mellom 0,52 og 0,67 kg N per dekar i jorda som betyr at det er lav sannsynlighet for å se noen forskjell mellom tilpassa gjødsling og flat gjødsling. Det var altså ingen signifikante forskjeller i avling, hektolitervekt, opptatt kg N i kornet. Oppgaven tar også for seg en enklere og raskere måte å måle nitrogen i jord på ved hjelp av elektroder, testet for første gang i 1969 av A. Øien og A. R. Selmer-Olsen. Konklusjonen deres var at måling av ammonium nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$) og nitrat nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) i jord med elektroder gå like pålitelige svar som dyrere og mer avanserte instrument.

Abstract

Of all the elements, it is nitrogen that most often limits plant growth, at the same time an excess of nitrogen delays ripening, reduces flowering and fruit set. Nitrogen deficiency appears on old leaves first, then on newer leaves. Symptoms of excess nitrogen, on the other hand, are not so visual. Lodged grainfields can be an expression of excess nitrogen, but it is a very strong symptom, and it requires a high excess of nitrogen. Smaller surpluses are difficult to detect. Nitrogen measuring devices in the form of hand-held, tractor-mounted or the use of satellite images provide a picture of the plant's nitrogen needs. To find out what nitrogen the soil can provide, soil samples must be taken, and ammonium nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$) and nitrate nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) measured. Standard mandatory soil samples measure organic matter content in the soil, not mineral nitrogen. The nitrogen content in the soil is calculated from a table depending on the percentage of organic matter in the soil. According to the table, organic matter content must be over 12.5% for the soil to provide 1 kg of plant available N per decare. In this thesis, I have carried out an experiment in three different localities in Sel municipality, Gudbrandsdalen, Innlandet. The experiment involves measuring plant available N in soil in the spring and comparing 3 different fertilizer strategies; Zero fertilizer in the spring, adapted fertilization to total amount of plant-available N was 10 kg N per decare, flat fertilization with allocation of 10 kg N per decare regardless of nitrogen content in the soil. The results only gave a significant difference in higher protein content in the grain with more input of N for field 1. On the contrary less allocation of N in the spring gave a significant higher yield value (minus fertilizer cost) for the same field. For the second field, there were no significant differences. Field 3 was closed after the nitrogen measurement because there was only between 0.52 and 0.67 kg N per decare in the soil, which means that there is a low probability of seeing any difference between adapted fertilization and flat fertilization. There were thus no significant differences in yield, hectoliter weight and absorbed kg of N in the grain. The assignment also deals with a simpler and faster way of measuring plant available nitrogen in soil using electrodes, tested for the first time in 1969 by A. Øien and A. R. Selmer-Olsen. Their conclusion was that measuring ammonium nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$) and nitrate nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) in soil with electrodes gives just as reliable answers as more expensive and more advanced instruments.

Innhold

| | |
|---|----|
| 1. INNLEDNING..... | 8 |
| 1.1. Innledning..... | 8 |
| 1.2 Problemstilling og mål..... | 11 |
| 1.3 Begrensninger..... | 12 |
| 2.MATERIALE OG METODE..... | 12 |
| 2.1. Feltbeskrivelse..... | 12 |
| 2.2 Forsøksplan..... | 13 |
| 2.3 Gjennomføring av forsøket..... | 18 |
| 2.4 Avslutning av forsøket..... | 22 |
| 2.5 Beregninger og statistisk metode..... | 23 |
| 3. RESULTATER..... | 23 |
| 3.1 Mengde nitrogen i rutene..... | 23 |
| 4. DISKUSJON..... | 36 |
| 4.1 Nitrogeninnhold i jorda..... | 36 |
| 4.2 Avling..... | 37 |
| 4.3 Hektolitervekt..... | 38 |
| 4.4 Proteininnhold..... | 38 |
| 4.5 Nitrogenopptak..... | 39 |
| 4.4 Økonomi..... | 39 |
| 4.4 Nitrogen hjelpemidler..... | 39 |
| 5. KONKLUSJON..... | 42 |
| 5.1 Konklusjon av forsøket..... | 42 |
| 5.2 Forslag til videre arbeid..... | 42 |

| | |
|-----------------------------|----|
| 6. LITTERATURLISTE..... | 43 |
| 7. VEDLEGG..... | 46 |
| <i>Vedlegg 1 og 2</i> | 46 |

1. Innledning

1.1. Innledning

Hensikten med gjødselplanlegging er sikre god avling, som vil si at plantenes næringsbehov dekkes, på en miljøvennlig driftsmåte. For å lykkes med dette er grunnlagsmaterialet for gjødselplanleggingen av stor betydning. Det er laget en egen forskrift for gjødselplanlegging (Kristoffersen, s.a).

For å vite hvor stort nitrogenbehovet er til forskjellige vekster er det utarbeidet normer for det. Til kornarten bygg er gjødslingsnormen for 600 kg/daa 12,7 kg /daa, ved 100 kg avlingsendring, er endringen 1,6 kg N per dekar (Kristoffersen, 2020). Verdien av en kilo gjødsel og verdien av en kg bygg vil variere fra år til år.

Avlingssøkningen er størst fra de første kiloene med gjødsel og kurven flater gradvis ut til det kommer til et punkt hvor verdien av en kilo gjødsel blir større enn verdien på avlingssøkningen (Eldhuset, Kvalbein, 2017).

I Norge fastsettes prisen på de fleste jordbruksprodukter i slutten av mai/starten av juni, det vil si etter at vårgjødslingen til de fleste vekster er gjort. Gårdbrukerne og rådgiverne må bruke sin erfaring og kunnskap og gjøre en risikovurdering med hensyn på hvilken gjødselmengde som skal tilføres om våren før prisen på produktet er satt. Tidligere års avling er kjent, men årets avlingspotensiale er ukjent og vil avhenge av vær og klima.

Nitrogen (N) er det næringsstoffet som oftest er begrensende for plantevekst. Alle planter, bortsett ifra dem som lever i symbiose med N-fikserende bakterier, kan ikke nyttiggjøre seg N direkte fra luften, men tar det opp igjennom røttene. Den naturlige hovedkilden for N i jord er det organiske materialet. I det organiske materialet foreligger N i organiske form, en form plantene ikke kan ta opp. Organisk N må omdannes til uorganiske former (mineralisering) som ammonium (NH_4^+) og nitrat (NO_3^-) for at plantene skal ta det opp. Mineraliseringen skjer ved hjelp av mikroorganismer. Denne mineraliseringen tar tid og mikroorganismene må ha gunstige forhold for vekst og aktivitet. Jordas innhold av plantetilgjengelig N vil derfor variere fra år til år. Faktorer som værforhold, jordtype og syre-/baseforhold (pH i jorda) vil påvirke jordas naturlige bidrag av plantetilgjengelig N. Et forsøk gjort ved Norges Landbrukshøyskole (NLH) på 70-tallet viste at pH er en sterk indikator til jordas evne til å frigjøre N. I et inkuberingsforsøk økte nitrifikasjonen med en faktor på fire når pH økte fra 4,9 til 7,4 (Lyngstad 1979).

Vanninnholdet i jorda har også en betydelig innvirkning på mineraliseringen.

Ammonifikasjonen regnes vanligvis som størst når jorda har en fuktighetsgrad på 50-75 % av feltkapasiteten avhengig av jordart (Alexander, 1977).

Vanninnhold i jorda kan påvirkes av kunstig vanning. Det er viktig å ikke vanne for mye slik at det blir utvasking av N. Hvor lett nitrogen (som nitrat) vaskes ut vil avhenge av jordart, plantevekst og vannmengde. Grove jordarter som sand, mellomsand og siltig finsand med lite moldinnhold har størst risiko for utvasking nedover i jordsjiktet, mens silt, leire og moldrik jord har mindre risiko for utvasking nedover i jordsjiktet. De finere jordartene som silt og leire er utsatt for jorderosjon ved store nedbørsmengder og snøsmelting.

Temperatur er den tredje faktoren som også påvirker betydelig. Mineraliseringen øker ved stigende temperatur. Ved 5° var mineraliseringen vel halvparten og ved 10° ca. to tredjedeler av mineraliseringen som skjedde på 20° (Lyngstad, 1979). I tillegg vil forgrøde og rester av tidligere tilført mineral- eller husdyrgjødsel også påvirke plantenes tilgang på N i jorda. Alt dette påvirker beslutningen om hva som er riktig gjødselmengde på din åker, samt tidspunkt og hvordan næringen tilføres.

I agronomisk sammenheng tas jordprøver vanligvis mellom hvert 5.år og 8 år. Jordprøvene analyseres, og hensikten er først og fremst å fremskaffe opplysninger om jordas næringsinnhold slik at behovet for gjødsling og kalking kan beregnes. Nitrogen er ikke en parameter som analyseres direkte i disse jordprøvene. Parameterne som analyseres er jordart, volumvekt, leirklasse, moldinnhold, pH, fosfor (P-AL), kalium (K-AL), magnesium (Mg-AL), kalsium (Ca-AL), natrium (Na-AL) og glødetap. Syreløslig kalium (K-HNO₃) kan velges som tilleggspakke. Da den naturlige hovedkilden for N i jord er i det organiske materialet, er det glødetapstallene, dvs. moldinnholdet, som kan fortelle noe om behovet for N-tilførsel.

Tabell 1. Forskjellige moldinnhold klasser med korrigering for N pr. daa. Tabellen er laget ut i fra verdier i gjødseplanprogrammet Skifteplan (Skifteplan 2022)

| Kl. | Moldinnhold % | Korreksjon % kg N pr. daa |
|-----|---------------|---------------------------|
| 1 | <3 | +2 |
| 2 | 3-4,5 | +1 |
| 3 | 4,5-12,5 | 0 |
| 4 | 12,5-20,5 | -1 |
| 5 | 20,5-40,5 | -2 |
| 6 | 40,5-75 | -3 |
| 7* | >75 | -3 |
| 8** | >75 | +1 |

*Klasse 7 er godt omdannet organisk jord

** Klasse 8 er lite omdannet organisk jord

Ingen av de ovennevnte analysene gir et direkte mål på plantetilgjengelig N i jorda. Den vanligste metoden for å måle plantetilgjengelig N i jorda på i dag er å sende inn en jordprøve til Eurofins hvor det gjøres en KCl-ekstraksjon og konsentrasjonen av ammonium og nitrat måles med en FIA (Flow Injection Analyser). Eurofins oppgir at svartiden er 10 dager fra mottaksdato, men de sender resultatene så fort de foreligger. Det må også beregnes noe tid i posten, som fører til at man risikerer fort 10-14 dager fra prøven er tatt til man får resultater. I Norge hvor vi har et kort våronnvindu blir dette for lenge å vente på. Skal måling av plantetilgjengelig N på våren før gjødsling bli en anvendt praksis må målingen skje raskere og billigere.

I 1969 gjorde forskerne A. Øien og A. R. Selmer-Olsen forsøk der de sammenlignet undersøkelse av nitratinnhold i jordekstrakt og jordløsning med en nitratelektrode og en Auto Analyser- metode (kolorimetrisk instrument). «Undersøkelsen viser at bestemmelse av nitrat innholdet med elektrode er en pålitelig metode både for jordekstrakt og jordløsning. Bestemmelsen er rask, og forstyrrelsene er ikke nevneverdige» (Øien, Selmer-Olsen, 1969). I tillegg skriver de at nitrat er mulig å måle ute på jordet, direkte i en løsning etter noen minutter med resting, siden instrumentet er portabelt og drives av batteri. Metoden måler ned til 0,5 kg N fra nitrat per daa, og deteksjonsgrensen er ofte enda lavere.

Professor Emeritus Tore Krogstad har i en årrekke lært bort på NMBU måling av ammonium (NH₄-N) i jord, også ved hjelp av en selektiv elektrode.

I Danmark på Sjælland anvendes noe uttak av N-min (mineralsk nitrogen) prøve i februar før vekstsesongen. Firmaet Vekst tilbyr prøvetaking og videreformidling hvis produsenten ønsker å ta jordprøven selv. De anbefaler å ta prøver på jord hvor det brukes husdyrgjødsel eller hvor forgrøden er noe annet enn korn. Årsaken til prøvene tas så tidlig er muligens at det tar tid å ta de ut, transport og analysing, gjennomsnittstemperaturen for Sjælland i mars er 3,3 grader og i april 7,6 grader. Høstkorn som det brukes mye av i Danmark vokser på lave temperaturer. De tar minst 16 delprøver for hver prøve og prisen er 1 650 kr per prøve og produsenten må fylle ut et skiftehistorikkskjema.

I Norge kan nitrogen i jordprøver analyseres hos analysefirmaet Eurofins. De har to alternativer: Mineralsk nitrogen (ammonium-nitrogen $\text{NH}_4\text{-N}$ og nitrat-nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) med KCI, koster 619 kr inkl. moms per prøve. Mengde som kreves er 0,5 l frossen jord. Det andre alternativet er Kjeldahl Nitrogen som koster 956 kr inkl. moms. Prøvemengden som kreves er 0,5 l jord. Svar på tørrstoffprosent i jorda er med i analyseresultatet som blir tilsendt på e-post, men ikke pH nivå. Innsendingsmateriell som prøveesker og innsendingsesker er gratis, men det koster et administrasjonsgebyr på 200 kr per oppdrag.

Begge ovennevnte metoder blir noe tidkrevende og delvis kostbar i praksis. Jo enklere og rimeligere praksisen er for måling av nitrogen i jord, desto mer kan det anvendes.

Plantetilgjengelig N målt som nitrat-N og ammonium-N er den løste fraksjonen av nitrogen i jorda. Den kan lett løses ut med en egnet saltløsning og innholdet i væskefasen kan måles med elektroder koblet til et pH-meter. Detaljert beskrivelse av den metoden er gitt i Krogstad (2009). Det er en metode som er rask og enkel, og dermed mindre kostnads- og tidssberegnet enn metodene som tilbys hos Eurofins.

1.2 Problemstilling og mål

På grunn av pandemi, krig i Ukraina og generell, ustabil kraftforsyning i Europa kom det i 2021 og 2022 en ekstrem økning av pris på gjødsel i Norge. Dette forsterket bondens behov for å vite nøyaktig hvor mye gjødsel det er behov for per arealenhet for å oppnå ønsket avling. Å tilføre mer N-gjødsel enn det er behov for er dårlig økonomi og det belaster miljøet. Nitrogen som plantene ikke tar opp vaskes lett ut ifra jorda og transporteres til sjø, vann og vassdrag hvor det gir eutrofiering. Alternativt vil N i overskudd kunne gi uønsket utslipp av klimagassen lystgass (N_2O). Det er behov for en god, enkel og gjennomførbar praksis for måling av plantetilgjengelig N i jord. For at N-gjødslingen kan tilpasses til fordel for miljøet

og bondens økonomi. Jeg vil undersøke hvor mange kilo plantetilgjengelig N det er i per dekar jord på våren før gjødsling og tilpasse gjødslingen til dette (tilpassa gjødsling). Avling oppnådd ved tilpassa gjødsling vil sammenlignes med avlingen oppnådd med en flat gjødslingsstrategi der det ikke er tatt hensyn til nitrogenmengden i jorda

1.3 Begrensninger

Det ble opprinnelig planlagt å utføre målinger av mineral-N v.hj.a. ioneselektiv elektrode. Det er ikke blitt gjort og mineral-N-innhold er her kun bestemt med KCl-ekstraksjon og FIA-bestemmelse som også er standard metode ved Eurofins.

Det ble dessverre ikke målt nitrogeninnhold i kantrutene, men det er grunn til å tro at nitrogennivået der er tilsvarende lik ruten som ligger nærmest kantruten.

2. Materiale og Metode

2.1. Feltbeskrivelse

Forsøket ble anlagt på tre jorder i Sel kommune. Planlegging av forsøket ble gjort i samarbeid med professor i jordkjemi og planteernæring ved NMBU Tore Krogstad, sivilagronom, rådgiver i Norsk Landbruksrådgivning (NLR) og gardbruker Eivind Bergseth, og min far sivilagronom og gardbruker Ole Ulberg. NLR Innlandet har vært behjelpelig med utstyr. Alle tre forsøksfelt ble anlagt våren 2022 og jordprøver for nitrogenanalyse ble tatt ut 25.04.2022. Forsøksfelt nr. 1, Fjosjordet, ble anlagt på gården Øvre Myrum i Ottadalen (kartreferanse Euref89 UTM33 6861937N 208055Ø, 350 m.o.h.). Forsøksfelt nr. 2, Eriklykkja, ble anlagt på et annet jorde 400 m unna og tilhørende samme gård (kartreferanse Euref89 UTM33 6861638N 208307Ø, 330 m.o.h.). Forsøksfelt nr. 3, Selsvollene, ble anlagt på et jorde på Selsvollene som lå 6,5 km unna de andre to feltene, 295 moh.

I 2021, året før forsøket ble anlagt, ble det på felt 1 og 2 dyrket bygg. På høsten 2021, 11. Oktober, ble det breispredd husdyrgjødsel av storfe på åkerstubb med en 6,5 m³ møkketank med bladspreder og pløyd i løpet av 2 timer etter spredning med en Kverneland 3 skjærs teigplog. På felt 1 var tilført mengde 3 tonn blautgjødsel fra mjølkeku per dekar. Mengden var basert på gjennomsnittstall for N-innhold (Tabell 2) og 8,7 kg (6,3–11.1 kg) totalnitrogen (5,1 kg ammonium og 3,6 kg nitrat) per dekar. Av andre næringsstoff gav 3 tonn blautgjødsel i gjennomsnitt 1,32 kg fosfor, 9,6 kg kalium, 2,58 kg kalsium, 1,2 kg magnesium og 0,87 kg

svovel per dekar. I felt 2 ble det tilført 5 tonn blautgjødning fra mjølkeku, som da ifølge det samme gjennomsnittstallet for N (Tabell 2) gav 14,5 kg (10,5-18,5 kg) totalnitrogen (8,5 kg ammonium og 6 kg nitrat) per dekar. Tilført mengde av andre makronæringsstoff var 2,2 kg fosfor, 16 kg kalium, 4,3 kg kalsium, 2 kg magnesium og 1,45 kg svovel per dekar.

I felt 3 var det 4 år gammel varig eng med to til tre slåtter hvert år avhengig av sesongen. Til de fleste gjødslingene var det brukt overflatespredd blautgjødning av mjølkeku sammen med mineralgjødning.

Så kort oppsummert:

Felt 1, Fjosjordet (Bilde 1), hadde godt oppgjødning, næringsrik jord og bra moldinnhold (Tabell 1). Høsten 2021 ble det tilført 3 tonn storfe gjødning (6% tørrstoff) per dekar. Veksten var Salome bygg.

Felt 2, Eriklykkja (Bilde 2), hadde næringssvak jord og lavt moldinnhold (Tabell 1). Høsten 2021, ble det tilført 5 tonn storfe gjødning (6% tørrstoff) per dekar. Veksten var Salome bygg.

Felt 3, Selsvollene (Bilde 3), hadde moderat oppgjødning og næringsrik jord og et lavt moldinnhold (Tabell 1). Veksten var fjerde års eng med timotei, engsvingel og engrapp.

2.2 Forsøksplan.

Forsøket ble anlagt og gjennomført i 2022. Det ble anlagt tre forsøksfelt. Hvert forsøksfelt var på 16 m x 8 m (128 m²) og hver rute 2 m x 8 m (16 m²). Det ble etablert 6 forsøksruter og 2 kantruter, totalt 8 ruter i hvert forsøksfelt. Forsøket hadde 2 behandlingsledd (tilpassa gjødsling og flat gjødsling) og tre gjentak (n=3) på hvert felt.

I hvert felt var det da 6 ruter og det ble tatt jordprøver for N-analyse (nitrat og ammonium), fra hver rute.

Alle rutene skal totalt ha 10 kg plantetilgjengelig nitrogen ved såing. I halvparten av rutene tilpasses gjødslingen etter hvor mye plantetilgjengelig N det er i jorda. Disse rutene får altså en tilpasset mengde mineral-N-gjødsel (tilpasset gjødsling). Den andre halvdel av rutene får tilført 10 kg nitrogen i form av mineralgjødning uavhengig av jordas innhold av N (flat gjødsling). Avlingsregistrering ble foretatt rutevis, for bygg på høsten, og etter hver slått for enga.

| Felt 1. Fjosjordet | | | | | | | |
|--------------------|----------|---|---|---|---|---|----------|
| Kantrute | Rutenr.1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Kantrute |
| | Ledd 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | |

Figur 1: Viser forsøksplan for felt 1 Fjosjordet. ledd 1 er tilpassa gjødsling og ledd 2 er «flat gjødsling» tilført 10 kg N med 27-0-0 (4S) Opti-NS. Laget av Ole Jakob Ulberg.

| Felt 2. Eriklykkja | | | | | | | |
|--------------------|----------|---|---|---|---|---|----------|
| Kantrute | Rutenr.1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Kantrute |
| | Ledd 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | |

Figur 2: Viser forsøksplan for felt 1 Fjosjordet. ledd 1 er tilpassa gjødsling og ledd 2 er «flat gjødsling» tilført 10 kg N med 27-0-0 (4S) Opti-NS. Forsøksplan laget av Ole Jakob Ulberg.

| Felt 3. Selsvollene | | | | | | | |
|---------------------|----------|---|---|---|---|---|----------|
| Kantrute | Rutenr.1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Kantrute |
| | Ledd 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | |

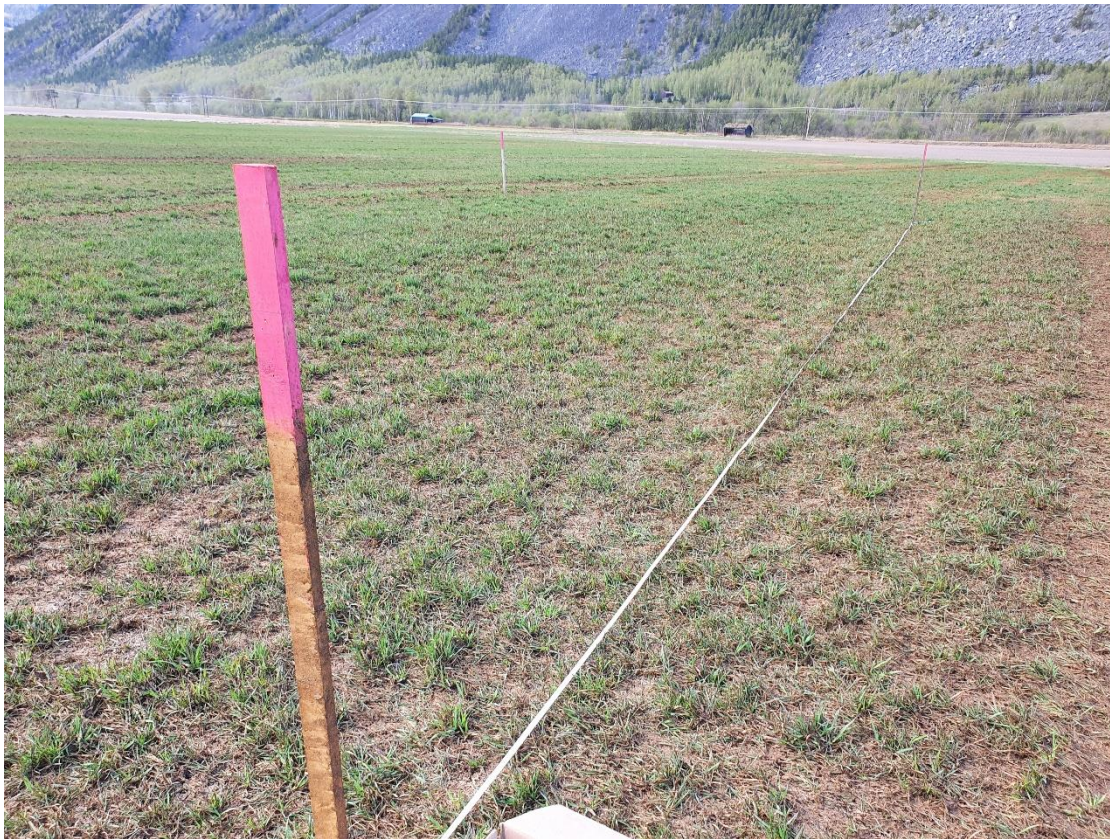
Figur 3: Viser forsøksplan for felt 1 Fjosjordet. ledd 1 er tilpassa gjødsling og ledd 2 er «flat gjødsling» tilført 10 kg N med 27-0-0 (4S) Opti-NS. Forsøksplan laget av Ole Jakob Ulberg.



Bilde 1. Viser forsøksfelt nr. 1. Fjosjordet som ligger vendt mot øst/nordøst. Bildet er tatt 14. mai 2022.



Bilde 2. Viser felt nr. 2. Eriklykkja, jordet er flatt og har ikke noen helling. Bildet er tatt 6.juni 2022.



Bilde 3. Viser felt nr. 3. Selsvollene som ligger flatt midt mellom dalsidene. Bildet er tatt 14. mai 2022.

Tabell 2. Jordanalyser fra de tre feltene med forklaring hentet fra Eurofins

| Felt nr. | Årstall | Jordart | Volumvekt | Leirklasse | Mold | pH | P-AL | K-AL | Mg-AL | Ca-AL | Na-AL | Glødetap | K-HNO3 |
|----------|---------|---------|-----------|------------|------|-----|------|------|-------|-------|-------|----------|--------|
| 1 | 2017 | 5 | 1,2 | 2 | 6,5 | 6,7 | 31 | 68 | 22 | 180 | <4 | 7,5 | 50 |
| 1 | 2023 | 6 | 1,2 | 2 | 7,2 | 6,3 | 24 | 37 | 22 | 177 | <4 | 8,2 | 50 |
| 2 | 2017 | 6 | 1,3 | 2 | 5,2 | 6,4 | 5 | 3 | 6 | 180 | <4 | 6,2 | 60 |
| 2 | 2023 | 6 | 1,3 | 2 | 5,7 | 6,3 | 5 | 6 | 8 | 162 | <4 | 6,7 | 60 |
| 3 | 2022 | 6 | 1,3 | 2 | 1,5 | 6,3 | 7 | 10 | 8 | 75 | <2 | 2,5 | 200 |

| Jordarter | Leirklasser | Moldklasser | Næringsinnhold | |
|---------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------|--------------|
| 1 Grovsand | 8 Silt | 1 Moldfattig 0 - 2,9% | Lavt | A 0 - 4 |
| 2 Mellomsand | 9 Lettleire | 2 Moldholdig 3 - 4,4% | Middels | B 5 - 7 |
| 3 Finsand | 10 Siltig lettleire | 3 Moldholdig 4,5 - 12,4% | Moderat høyt | C1 8 - 10 |
| 4 Siltig grovsand | 11 Mellomleire | 4 Moldholdig 12,5 - 20,4% | Høyt | C2 11 - 14 |
| 5 Siltig mellomsand | 12 Støv leire | 5 Mineralbl.mold 20,5 - 40,4% | Meget høyt | D >14 |
| 6 Siltig finsand | 13 Mineralblandet moldjord | 6 Organisk >40,4% | | K-AL 1 0 - 6 |
| 7 Sandig silt | 14 Organisk jord | | | 2 7 - 15 |

* Ved volumvekt over 1.00 blir benevningen mg/100g. Ved volumvekt mindre enn 1.00 blir benevningen mg/100ml. For mikronæringsstoffer er benevningen alltid mg/kg

Tabell 2. Gjennomsnittlige kjemiske sammensetningen av blautgjødsel fra mjølkeku i ulike regioner i Norge. Kolonne «N» angir hvor mange prøver som ligger bak gjennomsnittet. Gul linje er gjennomsnittsverdier for Innlandet

Tabell 1b. Blautgjødsel fra mjølkeku, gruppert etter region

Middelverdier for tørrstoffprosent og innhold av plantenæringsstoff, kg pr. tonn blautgjødsel. Variasjonen er minus/pluss standardavviket til gjennomsnittet. N = antall prøver

| Region | N | Tørrstoff % | Total N (kg/tonn) | | Amm.-N (kg/tonn) | | Fosfor (kg/tonn) | | Kalium (kg/tonn) | | Kalsium (kg/tonn) | | Magnesium (kg/tonn) | | Svovel (kg/tonn) | | pH | |
|------------------|-----------|-------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|------------------|
| | | | Mid-del | Varia-sjon | Mid-del | Varia-sjon | Mid-del | Varia-sjon | Mid-del | Varia-sjon | Mid-del | Varia-sjon | Mid-del | Varia-sjon | Mid-del | Varia-sjon | Mid-del | Varia-sjon |
| Sør-Norge | 23 | 6,0 | 3,4 | (2,4-4,4) | 2,1 | (1,1-3,1) | 0,53 | (0,4-0,6) | 4,2 | (2,6-5,7) | 1,32 | (0,2-2,4) | 0,46 | (0,4-0,5) | 0,34 | (0,3-0,4) | 7,52 | (7,2-7,8) |
| Innlandet | 50 | 6,0 | 2,9 | (2,1-3,7) | 1,7 | (0,9-2,5) | 0,44 | (0,3-0,5) | 3,2 | (1,7-4,7) | 0,86 | (0,7-1,1) | 0,40 | (0,3-0,5) | 0,29 | (0,2-0,3) | 7,67 | (6,9-8,4) |
| Vestlandet | 22 | 6,0 | 3,4 | (2,8-3,9) | 1,8 | (1,2-2,5) | 0,55 | (0,4-0,7) | 3,3 | (2,2-4,3) | 0,78 | (0,6-1,0) | 0,54 | (0,4-0,7) | - | - | 7,60 | (7-8,2) |
| Trøndelag | 18 | 6,0 | 3,2 | (2,2-4,2) | 1,6 | (1,2-2,0) | 0,43 | (0,3-0,5) | 3,4 | (2,6-4,2) | 0,98 | (0,6-1,3) | 0,43 | (0,3-0,5) | - | - | 7,55 | (7,1-8,0) |
| Nord-Norge | 9 | 6,0 | 2,9 | (2,3-3,5) | 1,7 | (1,1-2,4) | 0,46 | (0,4-0,6) | 3,0 | (1,7-4,3) | 0,57 | (0,4-0,8) | 0,34 | (0,3-0,4) | 0,31 | (0,3-0,4) | - | - |

2.3 Gjennomføring av forsøket

25 april 2022 ble forsøksfeltene med ruter målt opp. Forsøksfeltene ble lagt godt inne på jordene, godt unna vendeteigene, der jorda så jamn ut. Behandlingsrutene ble lagt på tvers av pløgsla. Forsøkskartet hadde jeg laget på forhånd. Etter at forsøksfeltet var anlagt og rutene merket opp tok vi fire jordprøvestikk fra hver enkelt rute på alle tre feltene samme dag. Jordprøveborret tok ut jord fra de øverste 20 cm. Jordprøvene ble frosset ned straks. Etersom det ble tilført husdyrgjødsl på felt 1 og 2, før telen kom høsten 2021, ville sannsynligvis noe av husdyrgjødsla komme med i jordprøvene tatt våren 2022.

Moldinnholdet i jorda, på hver rute, ble målt på jordfagslaboratoriet på NMBU.

På NMBU ble jordprøvene siktet med et 4 mm sikt. Deretter ble det tatt ut 10 gram jord fra hver prøve som ble overført i små reagensrør.

-Ragensrørene ble så tilsatt 30 ml 2M KCl og ristet i en time og så filtrert gjennom et Whatman filter. Ammonium- og nitratinnholdet i filtratet ble målt med Flow Injection Analysis (FIA) ref. 10,00 g jord tilsatt 30 ml 2M KCl, ristet 1 t, filtrert og målt på.

-Konsentrasjonen ble omregnet til mg/kg jord.

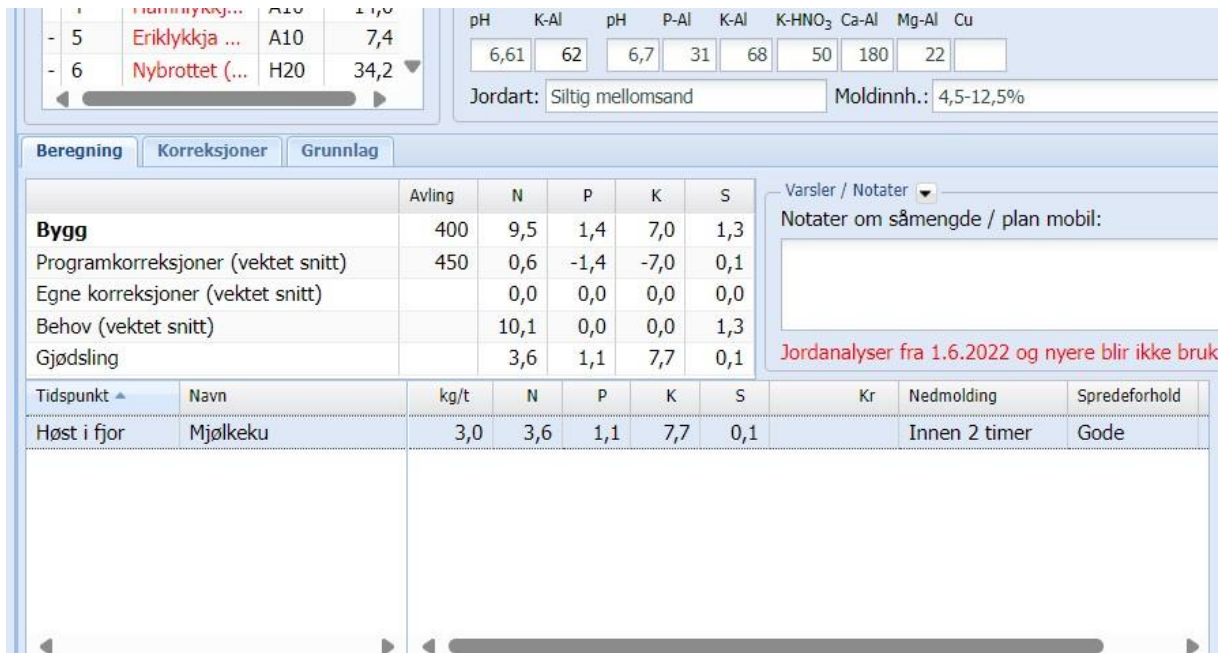
-For å måle tørrstoff % ble det for hver jordprøve veid inn mellom 4 og 5 gram i digler og tørket ved 105 grader C i 19 timer.

-Tørket jordprøve ble så satt i glødeovn på 550 grader i 21 timer og moldinnholdet ble beregnet i %, volumvekt (glødetap%).

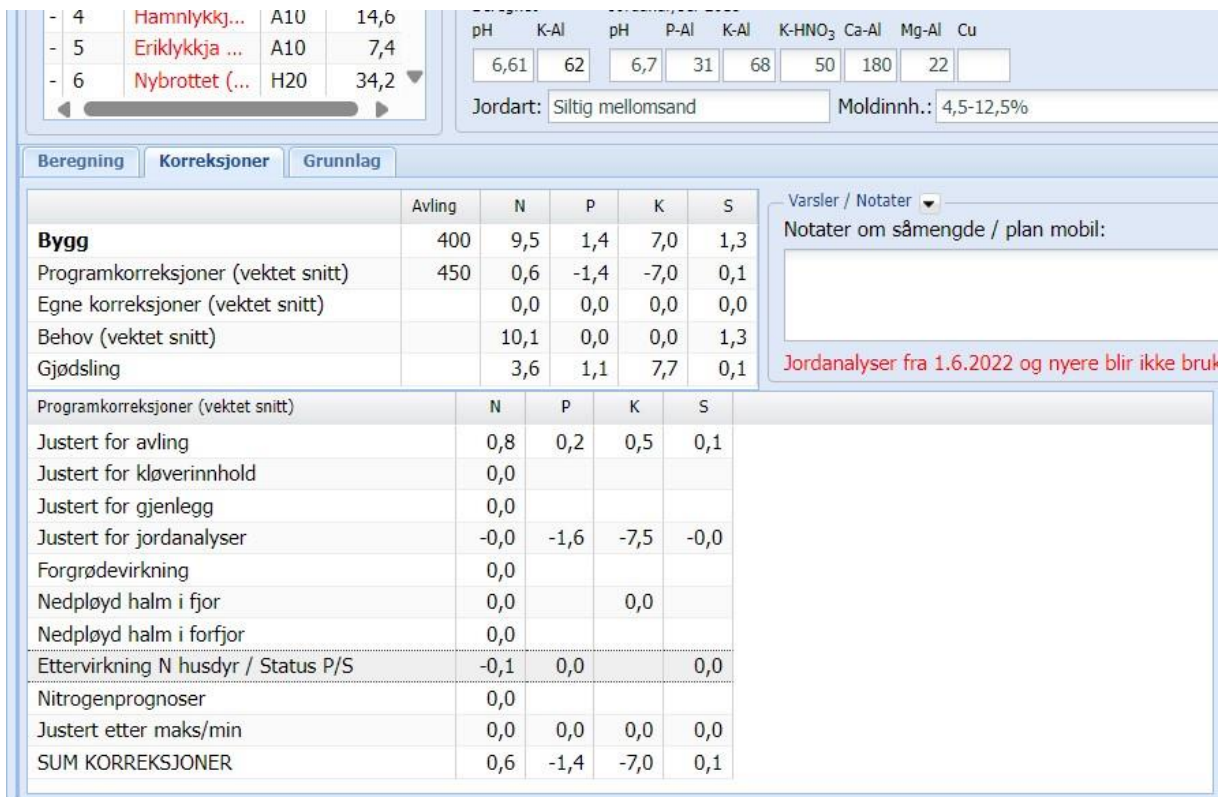
På grunnlag av disse målingene ble mengde plantetilgjengelig N (NH_4^+ + NO_3^-) for hver rute beregnet.

For forsøksleddet med tilpasset gjødsling ble det, basert på jordas innhold av plantetilgjengelig N (g N/kg), beregnet antall kg nitrogen som skulle tilføres med mineralgjødsel per rute. På felt 1 og 2 varierte mengden plantetilgjengelig nitrogen i jorda på rutene mellom 2 og 7 kg N per dekar, mens det på felt 3 kun varierte mellom 0,52 og 0,67 kg N per dekar. Siden variasjon innad i felt 3 bare var 150 gram (0,15kg) N per dekar mellom rutene, var det liten sannsynlighet for at vi ville se noen avlingsforskjell mellom tilpasset gjødsling og flat gjødsling. Med tilførsel av 10 kg nitrogen ville forskjellen kun være på 0,15%. Det ble derfor besluttet å utelate gjødslingsforsøket på felt 3. Dvs., engfeltet ble tatt ut av gjødslingsforsøket.

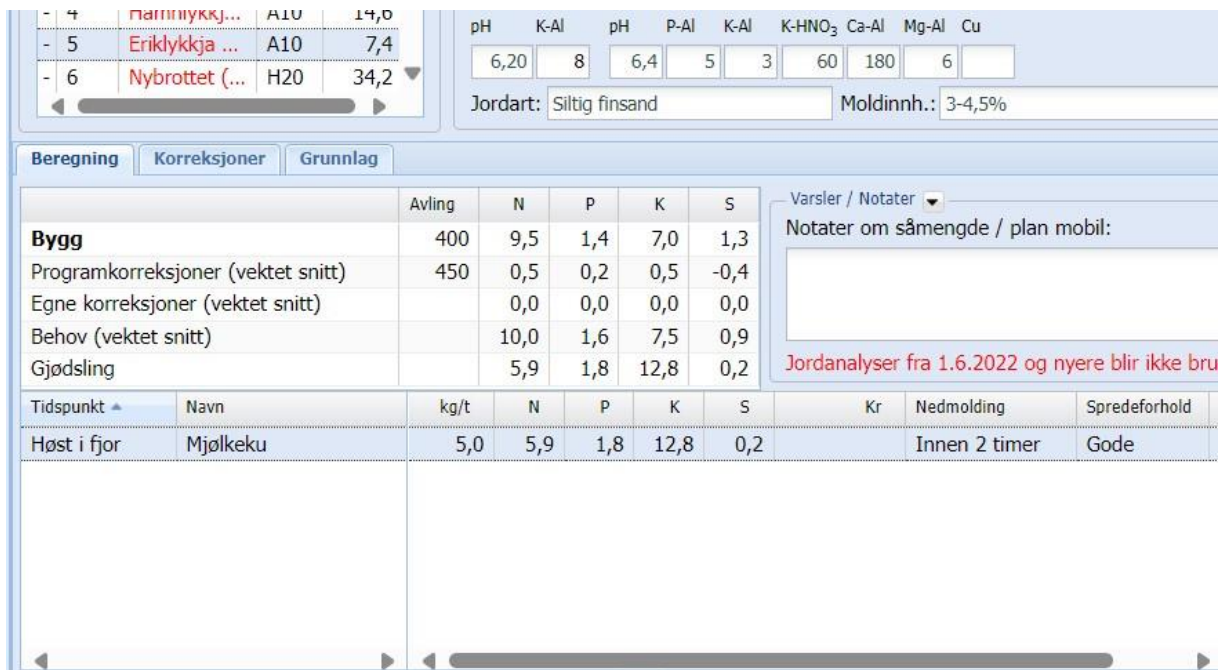
5.mai var jorda laglig på felt 1 og 2, og feltene ble da harvet (Kverneland lett skålharv). Den 13. mai ble feltene sådd v.h.j.a. en Nordsten Combi-matic såmaskin og med sorten Salome 2-radsbygg. Såkornmengden var 22 kg per dekar som skulle gi ca. 450 planter/m². 14. mai ble det veid opp og beregnet antall gram med gjødsel til hver behandlingsrute av typen 27-0-0 (4S) granulert mineralgjødsel, også kalt Opti-NS. Valget falt på denne gjødseltypen for det var brukt husdyrgjødsel året før og ifølge gjødselplanprogrammet Skiftplan var det tilført nok fosfor, kalium, magnesium og mikronæringsstoffer med husdyrgjødsel (Bilde 3-6).



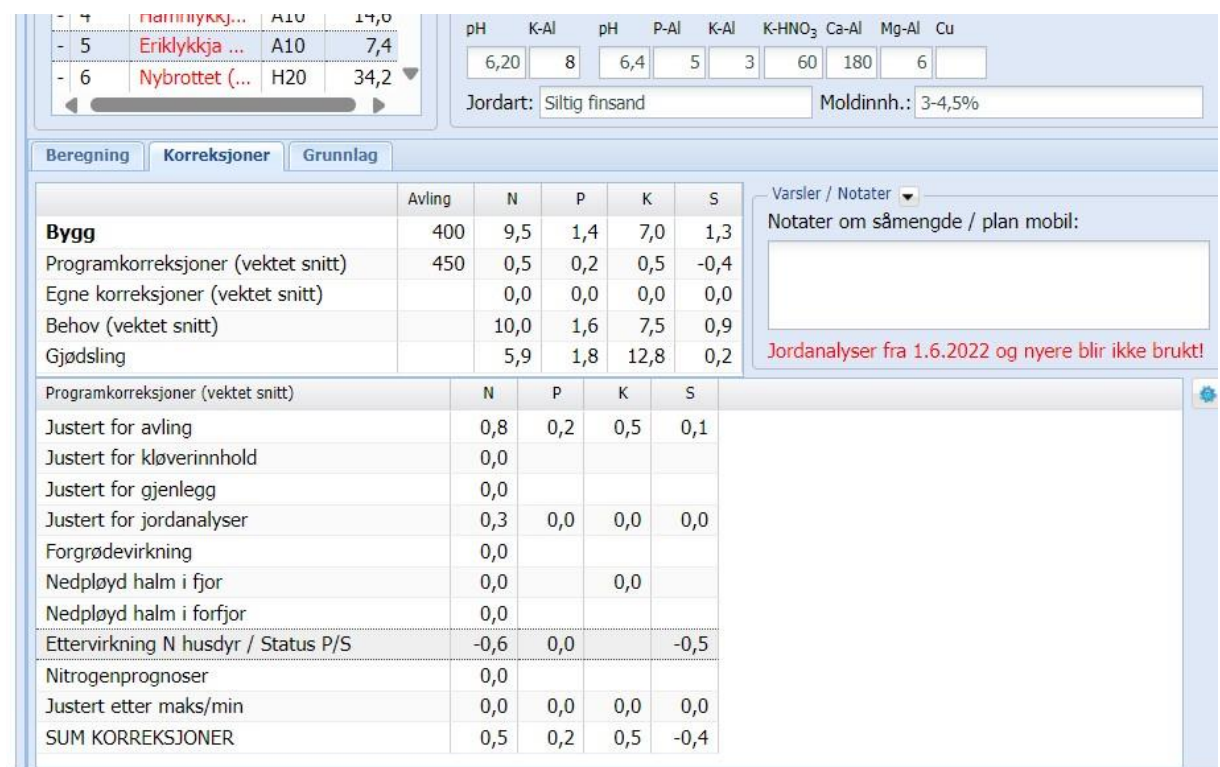
Bilde 3. Viser utregning av gjødselbehov (næringsstoffbehov) og tilført gjødsel/næringsstoff per dekar på Felt 1 Fjosjordet. Her er det naturligvis ikke lagt inn nitrogennivå i jorda fra hver rute.



Bilde 4. Viser i tillegg til bilde over korreksjoner gjort av Skifteplan programmet på Felt 1 Fjosjordet.



Bilde 5. Viser utregning av gjødselbehov (næringsstoffbehov) og tilført gjødsel/næringsstoff per dekar på Felt 2 Eriklykkja. Her er det naturligvis ikke lagt inn nitrogennivå i jorda fra hver rute.



Bilde 6. Viser i tillegg til bilde over korreksjoner gjort av Skifteplan programmet på Felt 2 Eriklykkja.

Rutene ble gjødslet for hånd. Gjødselmengdene per rute varierte mellom 210 gram (3,2 kg N pr daa) , ved tilpassa gjødsling, og 592 gram (37 kg N pr daa) for flat gjødsling. Kantrutene ble ikke gjødslet. 15. mai ble feltene rullet med en Cambrigde-rull på tvers av behandlingsrutene. All jordarbeiding, inkludert pløying året før, ble utført på tvers av behandlingsrutene. Alle redskapene ble dratt av en Massy Ferguson 675, med egenvekt på ca. 3700 kg.

Begge feltene hadde jamn og fin spiring. Feltene ble ugrasharvet 14. juni med en HE-VA seksjonsbygd ugrasharv med doble knekte tinder, tindeavstand 2,5 cm og en harvedybde på var 1-2 cm dyp. Utviklingstadiet på bygget var da i tidlig busking BBCH/Zadoks 21-23 (Zadoks skala) og ugrasplantene mellom 0-5 cm høye. Jorda var tørr i overflaten, av ugrasharvingen hadde god virkning og bygg plantene så ikke ut til å ta noe nevneverdig skade av ugrasharvingen. Ingen av feltene ble sprøytet av noe slag, hverken for ugras, sopp, eller stråforkortingsmiddel.

Feltene ble høstet 12. oktober. Det ble da registrert legdeprosent og tresket med en Wintersteiger forsøkestresker, med 1,5m bredt skjærebord. Høsteruta var på 1,5 m x 8 m. Siden rutene var 2 m brede ble det da igjen en 25 cm bred stripe på hver side av rutene. Kantrutene ble også høstet. Kornet på hver rute ble tresket i en egen høstepose, veid, og det ble deretter tatt ut ca. 1 kg korn fra hver høstepose for tørking som ble sendt til NIBIO Apelsvoll for analyse av protein prosent, vanninnhold og hektolitervekt. For analyse av proteininnholdet brukte NIBIO «NIT-Near infrared transmission» (Infratec™ NOVA).

2.4 Avslutning av forsøket

Etter at forsøket var høstet ble alle høsteprøvene sendt inn til NIBIO Apelsvoll for analyse. Det ble totalt 16 prøver siden kantprøver også ble tatt med. Siden kantrutene ikke ble gjødslet med mineralgjødsel på våren, men kun har fått husdyrgjødsel høsten før, var derfor en sammenligning interessant for å se på avling, proteininnhold og hektolitervekt også for disse prøvene.

2.5 Beregninger og statistisk metode

Dataene fra forsøket er statistisk analysert i Microsoft Excel for Microsoft 365 MSO (Version 2403 Build 16.0.17425.20124) 64-biters.

Avling, proteininnhold, nitrogenopptak, hektolitervekt, og avlingsverdi med fratrukket gjødselkostnad er presentert i grafer og det er beregnet standardavvik \pm SE.

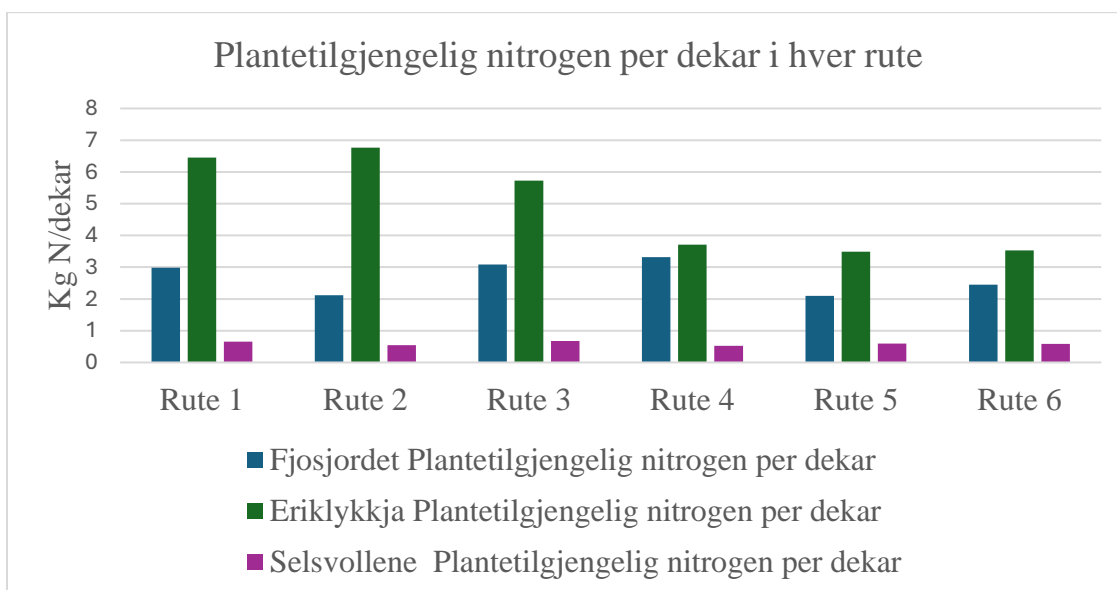
For å finne ut avlingen per dekar i hver rute er ruteavlinga (korrigert for vann %) dividert på rutestørrelsen. Leddvise avlinger er gjennomsnitt av tre ruter i hvert ledd. Det er viktig å presisere at sammenlagt kantavling er beregnet fra to ruter.

3. Resultater

3.1 Mengde nitrogen i rutene

I figur 1 vises variasjonen i jordas innhold av plantetilgjengelig N på feltene. Fjosjordet, Eriklykkja og Selsvollene. Alle felt var oppdelt i 6 ruter pluss kantruter. Y-aksen viser antall kg plantetilgjengelig N/dekar, og stolpene indikerer hvor mye nitrogen det var i hver rute for hvert felt. Innholdet av plantetilgjengelig N varierte innad i hvert felt, men var tydelig og generelt høyest på Eriklykkja og klart lavest i engfeltet på Selsvollene.

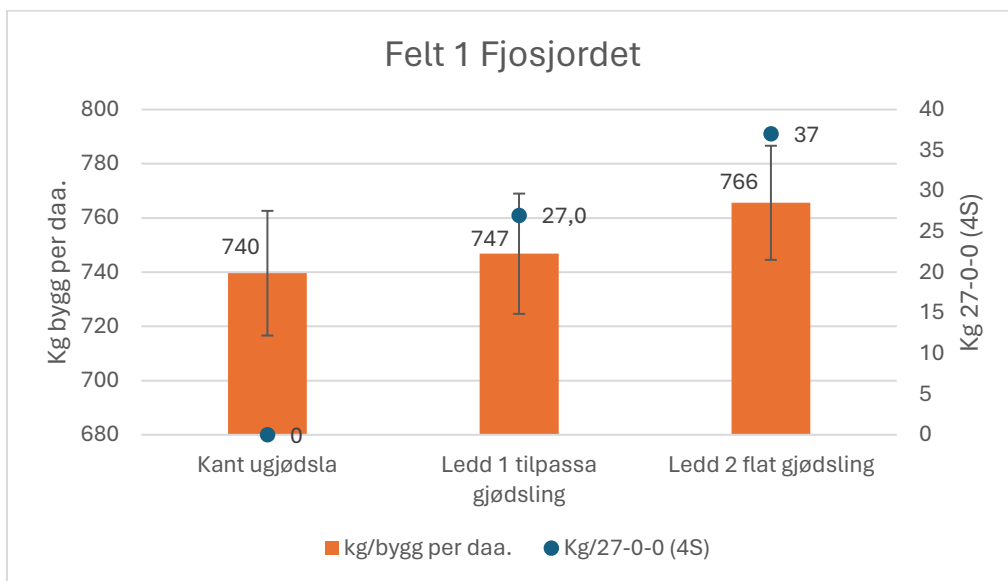
For Fjosjordet var N-nivået på 2-3 kg N/dekar. Eriklykkja hadde 3-7 kg N/daa, og Selsvollene 0,5-0,7 kg N/daa.



Figur 1: Plantetilgjengelig nitrogen ($NO_3-N + NH_4-N$) målt rutevis og omregnet til N per dekar for de tre forsøksfeltene.

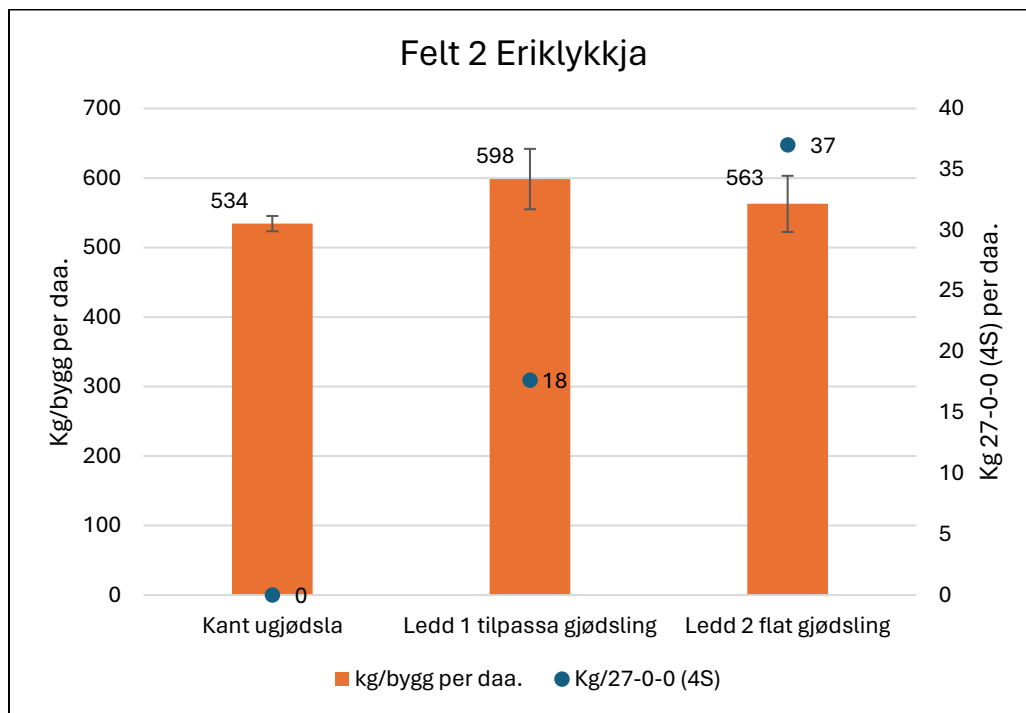
3.2 Avling

Felt 1, Fjosjordet, hadde en gjennomsnittlig avling i kantrutene på 740 kg/daa ($\pm 2SE$ 23,0) (Figur 2). I ledd 1 med tilpassa gjødsling, var gjennomsnittlig avling 747 kg/daa ($\pm 2SE$ 22,19). I ledd 2 med flat gjødsling, var gjennomsnittlig avling 766 kg/daa ($\pm 2SE$ 21,05). Ledd 1 tilpassa gjødsling med i snitt 7,3 kg N/daa og ledd 2 flat gjødsling 10 kg N/daa, tilført ved såing ga ikke signifikant høyere avling ($p < 0,321$) enn kantrutene som ikke fikk gjødsel på våren.



Figur 2. Gjennomsnittlig antall kg bygg per dekar ved ulike gjødslinger $\pm 2SE$. Det var ikke signifikante forskjeller mellom avlingene $p < 0,321$.

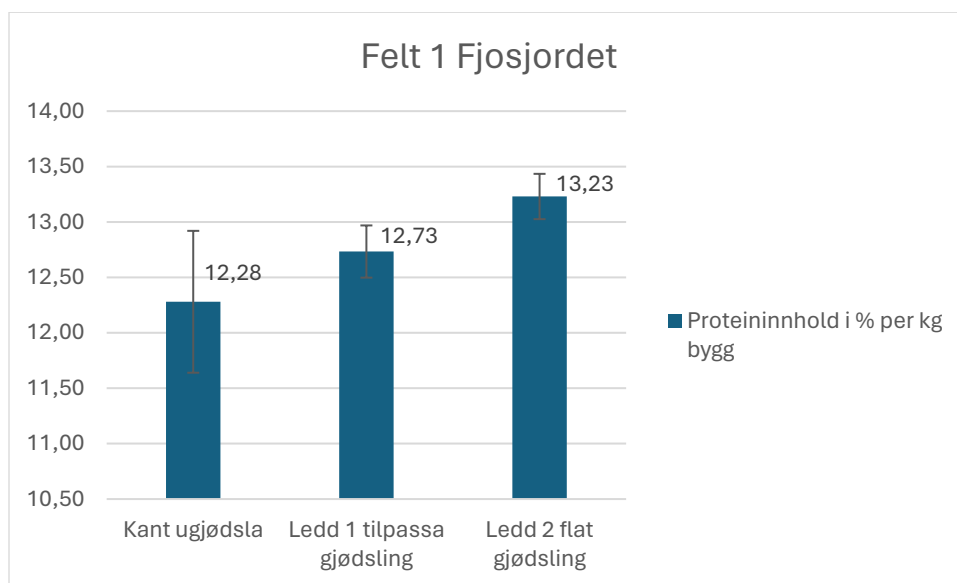
Felt 2, Eriklykkja, hadde en gjennomsnittlig avling i kantrutene på 534 kg/daa ($\pm 2SE$ 11,0). I ledd 1, tilpassa gjødsling, var gjennomsnittlig avling 598 kg/daa ($\pm 2SE$ 43,45). I ledd 2, flat gjødsling, var gjennomsnittlig avling 563 kg/daa ($\pm 2SE$ 40,41). Ledd 1 tilpassa gjødsling med i snitt 4,9 kg N/daa og ledd 2 flat gjødsling 10 kg N/daa, tilført ved såing ga ikke signifikant høyere avling ($p < 0,186$) enn kantrutene som ikke fikk gjødsel på våren.



Figur 3. Gjennomsnittlig antall kg bygg per dekar ved ulik gjødsling $\pm 2SE$. Det var ikke signifikante forskjeller mellom avlingene $p < 0,186$.

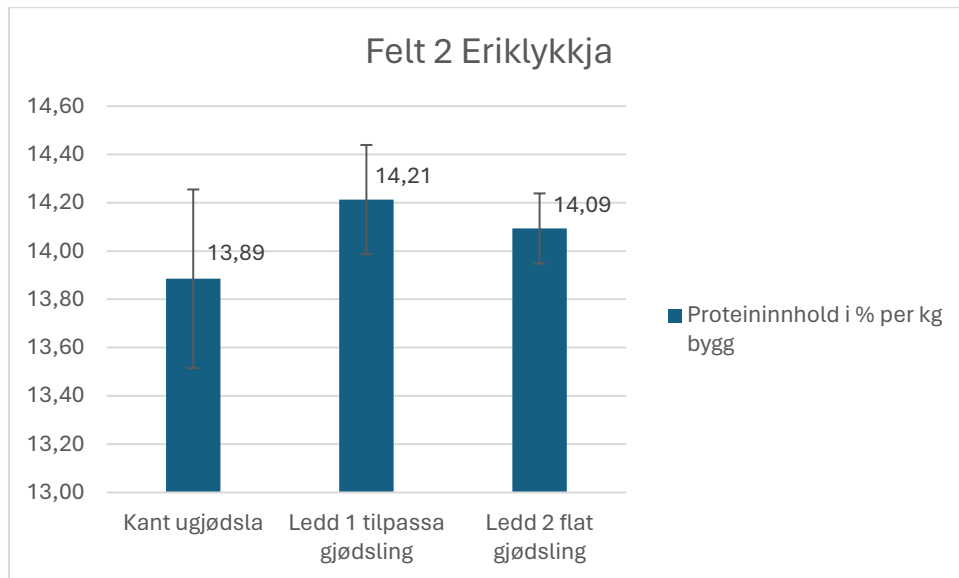
3.3 Proteininnhold

På felt 1, Fjosjordet, var proteininnholdet i bygget i gjennomsnitt 12,28 % protein ($\pm 2SE$ 0,64) for kantrutene, 12,73 % protein ($\pm 2SE$ 0,24) i ledd 1 tilpassa gjødsling, og 13,23 % protein ($\pm 2SE$ 0,20) i ledd 2 flat gjødsling. Det var signifikant høyere proteininnhold ved større gjødselmengde $p < 0,028$ (Figur 4).



Figur 4. Gjennomsnittlig proteinprosent i per kg bygg ved ulik gjødsling $\pm 2SE$. Forskjellig gjødsling viste seg å gi signifikant forskjell i proteininnhold i bygget $p < 0,028$.

På felt 2, Eriklykkja, var proteininnholdet i bygget i gjennomsnitt 13,89 % protein ($\pm 2SE$ 0,37) for kantrutene, 14,21 % protein ($\pm 2SE$ 0,23) i ledd 1 tilpassa gjødsling, og 14,09 % protein ($\pm 2SE$ 0,15) i ledd 2 flat gjødsling. Det var ikke signifikant høyere proteininnhold ved større gjødselmengde $p < 0,253$.

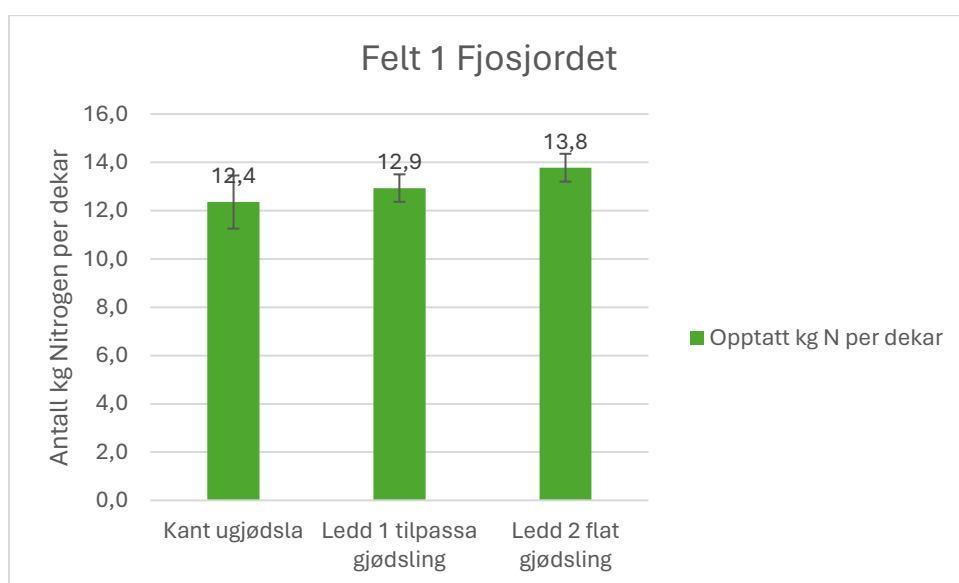


Figur 5. Gjennomsnittlig proteinprosent i per kg bygg ved ulike gjødslinger $\pm 2SE$. Forskjellige gjødslinger viste seg å ikke gi signifikant forskjell i proteininnhold i bygget $p < 0,253$.

3.5 Opptatt kg nitrogen i kornet

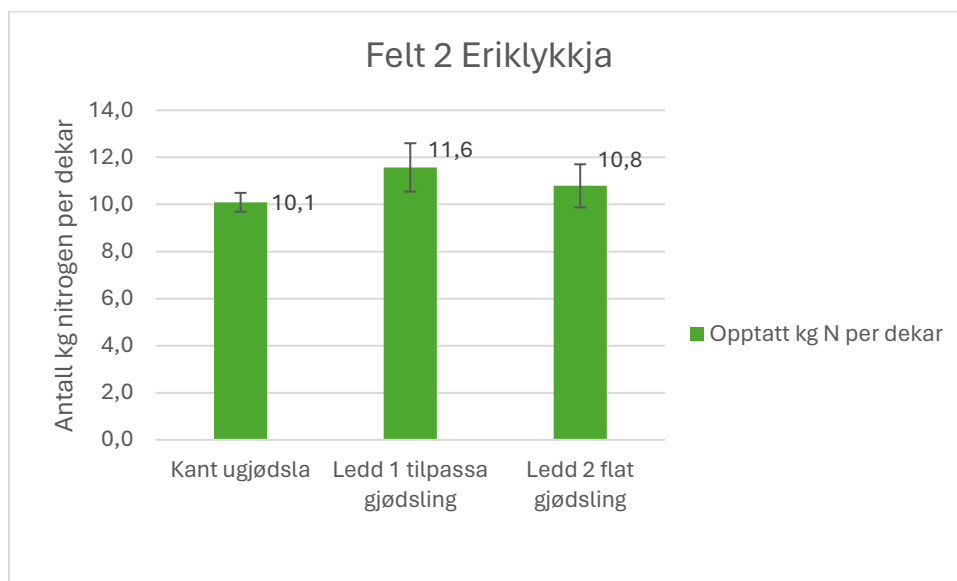
Nitrogenopptaket er beregnet ut ifra proteinprosenten ved å bruke formelen: Opptatt N = avling * 0,85 * protein % / 625. Denne metoden brukes i Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).

For felt 1 Fjosjordet var gjennomsnittlig nitrogenopptak i kantrutene er 12,4 kg/daa ($\pm 2SE$ 1,1). I ledd 1 tilpassa gjødsling var opptaket i snitt 12,9 ($\pm 2SE$ 0,57), og for ledd 2 flat gjødsling var opptaket i snitt 13,8 ($\pm 2SE$ 0,58). Forskjellig mengde gjødsel ga ikke signifikant forskjell i nitrogenopptak, men det var en tendens til økt opptak.



Figur 6. Gjennomsnittlig opptatt antall kg nitrogen per dekar ved ulik gjødsling $\pm 2SE$. Forskjellig gjødsling ga ikke signifikant forskjell i nitrogenopptak $p < 0,087$.

For felt 2 Eriklykkja, var gjennomsnittlig nitrogenopptak i kantrutene 10,1 kg/daa ($\pm 2SE$ 0,4). I ledd 1 tilpassa gjødsling, var opptaket i snitt 11,6 ($\pm 2SE$ 1,03), og for ledd 2 flat gjødsling var opptaket i snitt 10,8 ($\pm 2SE$ 0,92). Forskjellig mengde gjødsel ga ikke signifikant forskjell i nitrogenopptak.

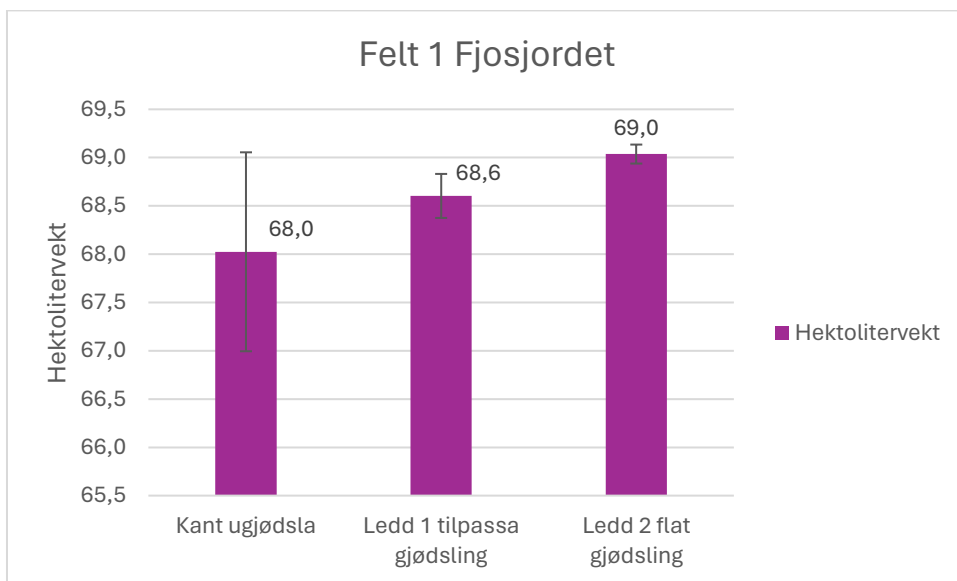


Figur 7. Gjennomsnittlig opptatt antall kg nitrogen per dekar ved ulik gjødsling $\pm 2SE$. De forskjellige gjødselmengdene ga ikke signifikant forskjell i nitrogenopptak $p < 0,188$.

3.6 Hektolitervekt

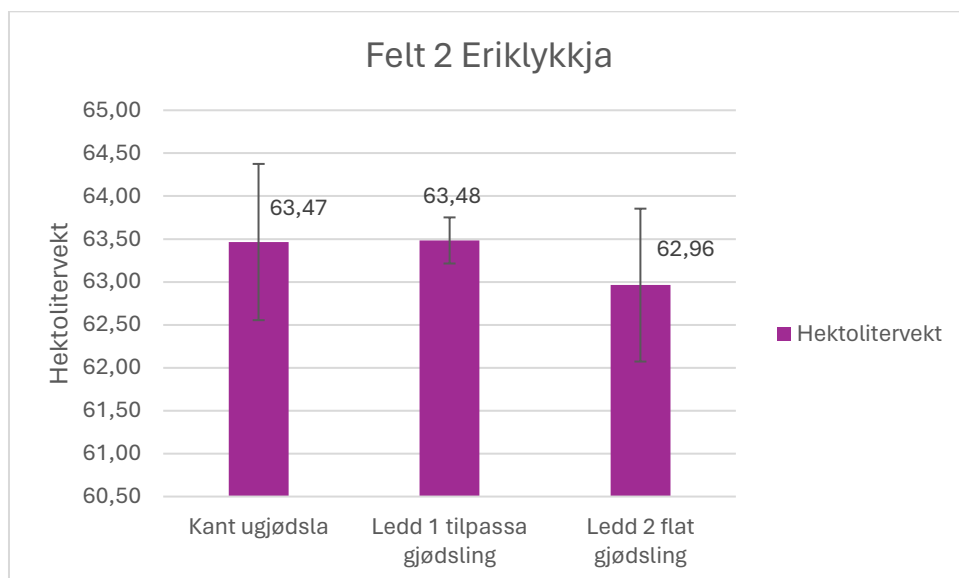
I felt 1 Fjosjordet, var gjennomsnittlig hektolitervekt for kantruter 68 ($\pm 2SE$ 1,03), for ledd 1 med tilpassa gjødsling var hektolitervekten 68,6 ($\pm 2SE$ 0,23), og for ledd 2 med flat gjødsling 69,0 ($\pm 2SE$ 0,09).

Det var ikke signifikant økning i hektolitervekt ved økt gjødselmengde, men en tendens til økning (Figur 8).



Figur 8. Gjennomsnittlig hektolitervekt ved ulik gjødsling $\pm 2SE$. Det var ikke signifikante forskjeller i hektolitervekt mellom behandlingene, men en tendens til økt hektolitervekt ved økt gjødselmengde $p < 0,065$.

I felt 2 Eriklykkja, var gjennomsnittlig hektolitervekt for kantruter 63,5 ($\pm 2SE$ 0,91), for ledd 1 med tilpassa gjødsling 63,5 ($\pm 2SE$ 0,27), og for ledd 2 med flat gjødsling 63,0 ($\pm 2SE$ 0,89). Det var ikke signifikant økning i hektolitervekt ved økt gjødsling, men en tendens til lavere hektolitervekt ved økt gjødsling (Figur 9).



Figur 9. Gjennomsnittlig hektolitervekt ved ulike gjødsling $\pm 2SE$. Det var ikke signifikante forskjeller i hektolitervekt mellom behandlingene $p < 0,0531$.

3.7 Legde

Legde ble registrert ved høsting 12. oktober. Det var ingen legde i felt 1 Fjosjordet ved registrering 22. september. Felt 2 Eriklykkja hadde noe stråknakk, og ikke like stående åker som felt 1 men ingen ruter hadde over 10 % legde/stråknakk på det tidspunktet. I felt 1 Fjosjordet var det mellom 0-10% legde og i felt 2 Eriklykkja var det mellom 30-50% legde ved høsting 12. oktober.

| Felt 1 Fjosjordet | | Felt 2 Eriklykkja | |
|-------------------|--------|-------------------|---------|
| Rutenr. | Legde% | Rutenr. | Legde % |
| Kant | 0 | Kant | 40 |
| 1 | 5 | 1 | 50 |
| 2 | 10 | 2 | 50 |
| 3 | 7 | 3 | 40 |
| 4 | 3 | 4 | 40 |
| 5 | 3 | 5 | 40 |
| 6 | 7 | 6 | 50 |
| Kant | 2 | Kant | 30 |

Tabell 1. Viser legde i prosent for hver rute registrert ved høsting 12. oktober.

3.4 Mold % per rute

Felt 1, Fjosjordet, hadde moldinnhold 6,9 - 8,6 prosent, i gjennomsnitt 7,7 % moldinnhold. I felt 2 Eriklykkja, var moldinnholdet 3,6 – 4,4 prosent, i gjennomsnitt 3,8 % moldinnhold. For kantrutene ble det ikke målt moldinnhold.

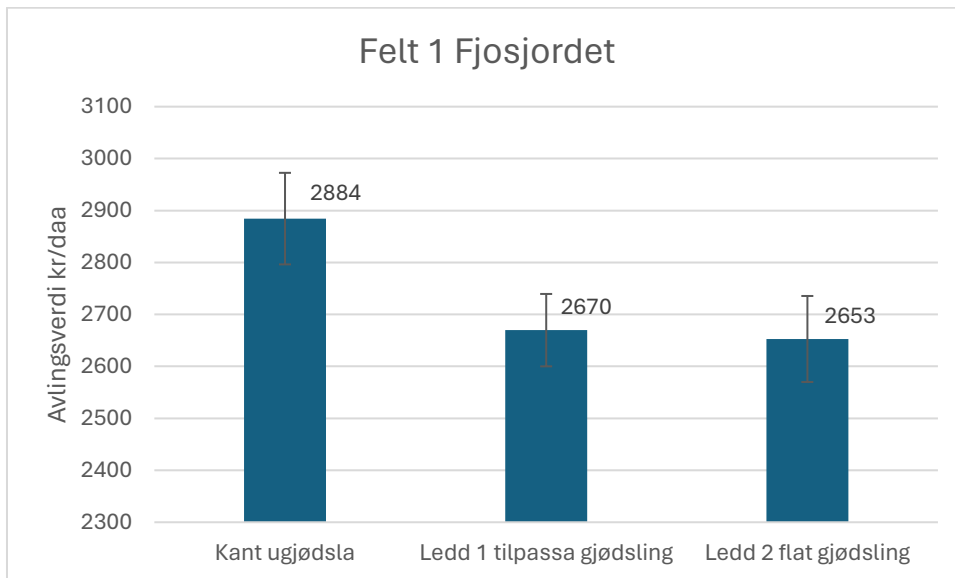
| Felt 1 Fjosjordet | | Felt 2 Eriklykkja | |
|-------------------|--------|-------------------|--------|
| Rutenr. | Mold % | Rutenr. | Mold % |
| Kant | | Kant | |
| 1 | 7,3 | 1 | 4,4 |
| 2 | 8 | 2 | 3,4 |
| 3 | 7,7 | 3 | 3,7 |
| 4 | 7,4 | 4 | 3,7 |
| 5 | 8,6 | 5 | 3,6 |
| 6 | 6,9 | 6 | 3,8 |
| Kant | | Kant | |

Tabell 2. Viser moldinnhold i prosent for hver rute.

3.5 Differansen mellom avlingsverdi og gjødselkostnad

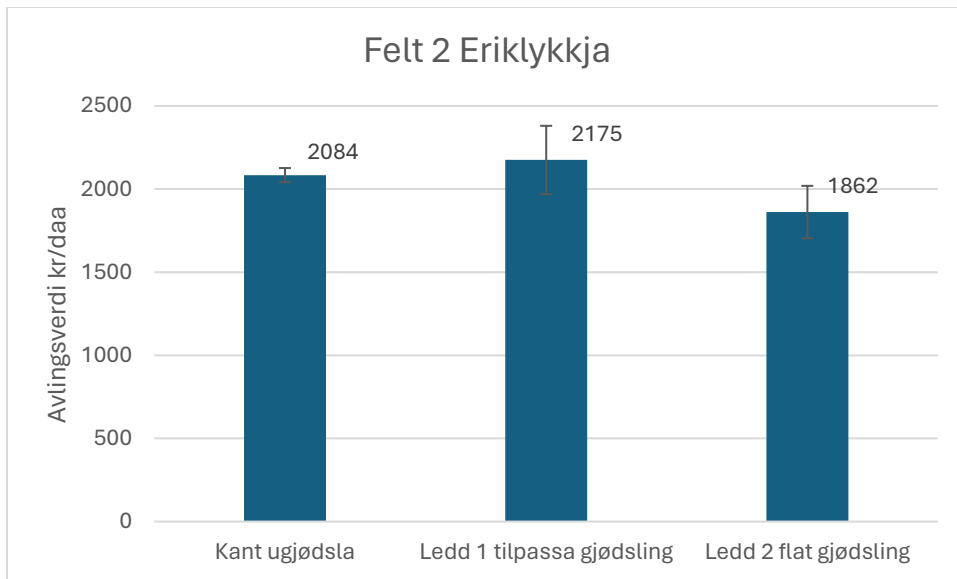
Stolpehøyde viser verdien av avlingen etter att gjødselkostnaden er trukket fra. Kilo prisen for bygg er satt til 3,9 kr/kg og gjødselprisen er 9 kr/kg (pris 2021).

I felt 1 Fjosjordet var gjennomsnittlig avlingsverdi for kantruter 2 884 kr ($\pm 2SE$ 88,1), for ledd 1 med tilpassa gjødsling 2 670 kr ($\pm 2SE$ 69,7), og for ledd 2 med flat gjødsling 2 653 kr ($\pm 2SE$ 82,2). Det var signifikant økning i avlingsverdi uten vårgjødsling med Opti-NS.



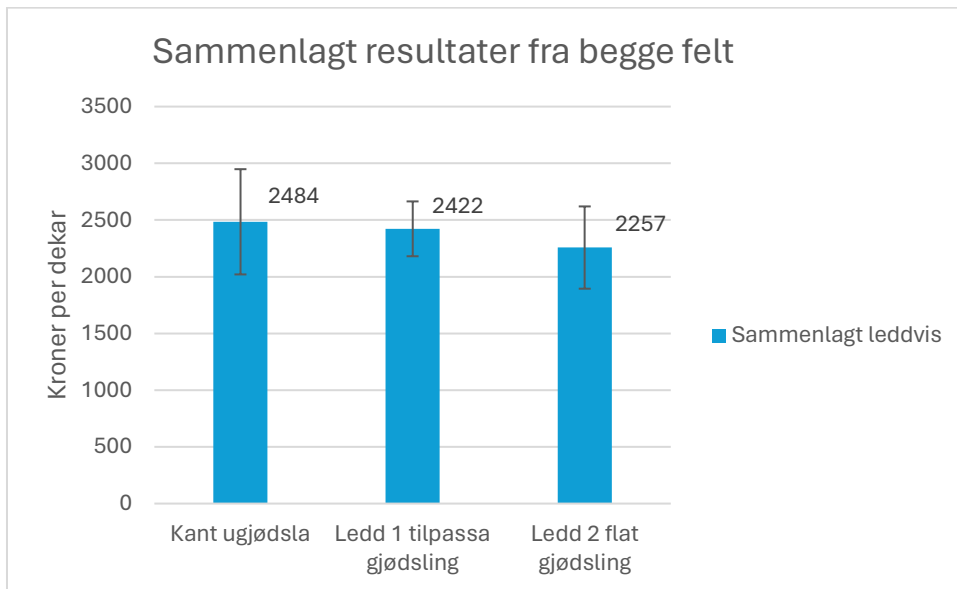
Figur 10. Gjennomsnittlig avlingsverdi ved ulik gjødsling fratrukket gjødselkostnad for hvert ledd $\pm 2SE$. Forskjellig gjødsling viste seg å gi signifikant forskjell i avlingsverdi per dekar $p < 0,023$.

I felt 2 Eriklykkja, var gjennomsnittlig avlingsverdi for kantruter 2 084 kr ($\pm 2SE$ 42,6), for ledd 1 med tilpassa gjødsling 2 175 kr ($\pm 2SE$ 205,7), og for ledd 2 med flat gjødsling 1 862 kr ($\pm 2SE$ 157,8). Forskjellig gjødsling ga ikke signifikante forskjeller i avlingsverdi.



Figur 11. Gjennomsnittlig avlingsverdi ved ulike gjødslinger fratrukket gjødselkostnad for hvert ledd $\pm 2SE$. Forskjellige gjødslinger viste seg å ikke gi signifikant forskjell i avlingsverdi per dekar $p < 0,100$.

I figur 12 er tallene fra de to feltene slått sammen. Gjødseleknaden er satt til 9 kr/kg gjødsele (som prisen var på sitt høyeste i 2021 når gjødsla ble kjøpt inn). De fire kantrutene har gjennomsnittlig avlingsverdi fratrukket gjødseleknad på 2 484 kr/daa. Ledd 1 tilpassa gjødsling har gjennomsnittlig avlingsverdi fratrukket gjødseleknad 2 422 kr/daa, og ledd 2 hadde gjennomsnittlig avlingsverdi på 2 257 kr/daa. Det var ingen signifikant forskjell i avlingsverdi mellom behandlingene.



Figur 12. Viser gjennomsnittlig avlingsverdi i kroner per dekar fra alle behandlingene sammenlagt. Det var ikke signifikant forskjell i avlingsverdi etter fratrukket gjødseleknad mellom de forskjellige gjødslingene $p < 0,645$.

4. Diskusjon

4.1 Nitrogeninnhold i jorda

Selv om felt 3, Sessvollene, ble tatt ut av selve gjødslingforsøket gav analysetallene for nitrogennivået svar på en del spørsmål. Som hva er nitrogeninnholdet i flerårig eng dyrket i moldfattig sandjord (siltig finsand med 1,9%-2,9% moldinnhold) der det brukes overflatespredd husdyrgjødsel to ganger i året. Resultatene indikerer at moldfattig sandjord (siltig finsand med mellom 1,9%-2,9% moldinnhold) med flerårig eng trenger full nitrogenmengde tilført som gjødsel selv om det overflategjødsles med husdyrgjødsel sammen med handelsgjødsel årlig. I gjødslingsnorm tabellen (tabell 1) står det også at det skal legges til 2 kg N/daa. ekstra på skifter med moldinnhold under 3%. Dette er bare resultater fra en vår, og det må tas prøver over flere år før man er helt sikker. Men det indikerer at det er lite å hente med å ta nitrogenprøver på slik type jord på flerårig eng i fjerde engår for å spare nitrogen.

Det var betraktelig mer plantetilgjengelig N i jorda på de fleste ruter på felt 2 enn på felt 1. En sannsynlig årsak er at det ble hatt på 2 tonn/dekar mer husdyrgjødsel på felt 2 enn på felt 1. Moldinnholdet er nesten dobbelt så høyt på felt 1 som på felt 2, men det ser ikke ut til å slå ut på mengde plantetilgjengelig N veldig tidlig på våren. Det hadde vært interessant å hatt flere N-min prøver utover i vekstsesongen når det er varmere i jorda og mineraliseringen skyter fart. Avlingsnivået var vesentlig høyere på felt 1 selv om felt 2 hadde mer plantetilgjengelig N på våren. Legden spiller en vesentlig rolle her, felt 1 hadde ingen ruter med over 10% legde. Mens i felt 2 hadde alle ruter mellom 30-50% legde. Siden felt 1 hadde høyest moldinnhold er det grunn til å tro at det feltet også hadde høyest lagringskapasitet av vann som er en viktig avlingsfaktor.

4.2 Avling

Selv om innholdet av plantetilgjengelig nitrogen i jorda var høyest i felt 2, Eriklykkja, var avlingene på felt 1, Fjosjordet, vesentlig høyere. Felt 1, Fjosjordet, har et nær dobbelt så høyt moldinnhold sammenlignet med felt 2. Moldinnholdet bidrar til å holde på fuktighet samt holde og frigi mer næring utover i vekstsesongen. Fosfor, kalium og magnesiuminnholdet er betydelig høyere på felt 1 Fjosjordet enn på felt 2 Eriklykkja.

Med P-AL tall over 14 anbefales det ikke tilført fosfor, og med K-AL tall over 30 kan tilførselen av kalium reduseres betydelig. Felt 1 Fjosjordet hadde 24 i P-AL, 37 i K-AL og 22 i Mg-AL som kategoriseres som veldig høyt. Felt 2 Eriklykkja derimot hadde P-AL 5 og K-AL 6 som kategoriseres mellom lavt og middels innhold. Magnesiuminnholdet på Mg-AL 8 kategoriseres som godt. Den store forskjellen i innholdet av fosfor, kalium og magnesium mellom disse to feltene, kan være noe av årsakene til avlingsforskjellene. Samtidig bør fosforinnholdet og kaliuminnholdet på felt 1 reduseres betydelig, lavere enn P-AL 14 og K-AL 30. Det er verdt å bemerke seg de har sunket betraktelig fra 2017. For å redusere fosforinnholdet er høye avlinger uten tildeling av fosfor den mest effektive måten å redusere P-innholdet (fosfor) i jorda på (Kristoffersen 2017). For å redusere kaliuminnholdet kan dyrking av vekster med luksusopptak av kalium som eng og raigras brukes om det skulle være aktuelt. Korndyrking uten kaliumtilførsel reduserer også K-innholdet i jorda.

pH er lik for begge felt og således skulle ikke gi noen avlingsforskjell.

Legdeprosenten har nok spilt en stor rolle i avlingsresultatet. Legden skyldes noe vind, regn og dyretråkk fra rådyr. Det var noe aks som lå igjen på bakken i rutene i felt 2, så det sanne avlingsresultatet var mest sannsynlig høyere enn det som kommer fram i resultatene for felt 2.

Kantrutene ga høye avlinger i dette forsøket selv om de ikke fikk tilført noe nitrogen fra mineralgjødsel på våren. Det er interessante resultater, som gir opphav til flere spørsmål. Sammenlagte resultater for alle felt gir kantrutene, dvs. de uten tilførsel av mineralgjødsel, høyest avlingsverdi. Det forklares av høy gjødselpris (9 kr/kg). Om gjødselprisen går ned og prisen for en kg bygg går opp vil avlingsverdien på kantrutene bli lik eller lavere enn avlingsverdien på de to andre leddene.

4.3 Hektolitervekt

Hektolitervekt resultatene gjenspeiler proteininnhold resultatene. På felt 1, Fjosjordet, var det en tendens til økt hektolitervekt ved økt gjødselmengde, mens i felt 2, Eriklykkja, var det en tendens til lavere hektolitervekt ved økt gjødselmengde. Rutene i felt 2 hadde mellom 30-50 % legde som gjør resultatene mindre pålitelige. Samtidig var det kun 10 % forskjell i legdeprosenten innad i feltet om man ikke tar med den ene kantruta med 30% legde.

4.4 Proteininnhold

Når det kommer til signifikante forskjeller var det kun i felt 1 Fjosjordet proteininnholdet var signifikant høyere ved flat gjødsling (større gjødselmengde) enn ved tilpasset ($p < 0,028$). I avlingsresultatene, i kilo per dekar, var det ingen signifikant forskjell mellom feltene. Det var imidlertid en tendens til lavere avling i felt 2 Erikslykkja, sammenlignet med felt 1. På felt 2, Erikslykkja, ble det imidlertid målt høyest proteinprosent i byggavlingen.. På felt 1 kan det da se ut som bygget hadde nok plantetilgjengelig N til busking og antall korn i akset. I felt 2, Erikslykkja, kan det ha vært en annen avlingsbegrensende faktor enn nitrogen.

Jordanalysene viser vesentlig lavere innhold av fosfor, kalium magnesium og moldinnhold på felt 2 Eriklykkja enn felt 1 Fjosjordet. Det kan være en av årsakene.

Proteininnholdet sammenlagt for begge felt ligger mellom 12,3-14,2 % som er høyt til å være bygg. I sammenlagte resultater fra forsøket «Arter og sorter av vårkorn, Østlandet 2014-2017» ligger salome på 10,5% proteininnhold og 559 kg/daa i avling (Russenes, Abrahamsen, Strand, 2020). Felt 2, Eriklykkja, har tilnærmet lik avling men har 3,4% høyere proteininnhold. Det er derfor grunn til å tro at det er der noe av det overflødig nitrogenet havner.

I forsøksserien «OPTIKORN- N-gjødsling til bygg» iverksatt av NIBIO, viste resultatene fra 2021 også en signifikant økning i proteininnholdet ved forskjellig gjødsling.

*«Proteininnholdet i *Thermus* responderte på økt N-gjødsling i alle tre avlingsgruppene. Det var signifikant økning i proteininnholdet fra 8 til 12 kg N/daa i alle tre gruppene, og også for 16 kg N/daa i gruppen med høyest avlingsnivå» (Kristoffersen 2022).*

4.5 Nitrogenopptak

For opptaket av nitrogen var det ingen signifikante forskjeller, men en tendens til økt opptakt på felt 1 Fjosjordet. På felt 2 Eriklykkja var det ingen tendens. At nitrogenopptak og proteininnhold henger sammen vises i resultatene.

4.4 Økonomi

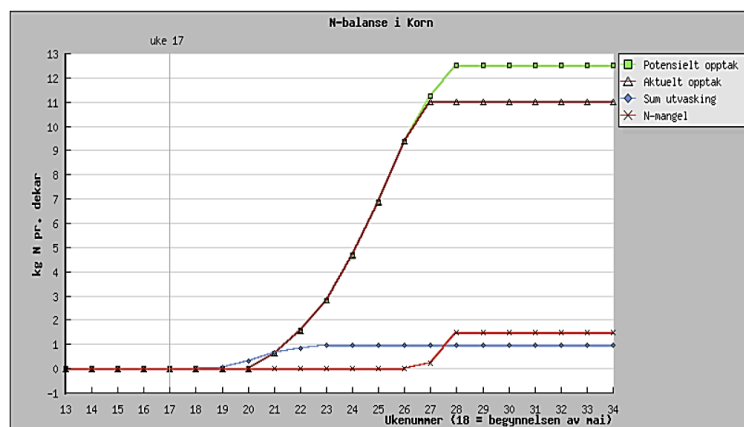
Avlingsverdien for Felt 1 Fjosjordet ga signifikant høyere verdi ved å ikke tildele nitrogen på våren. Dette feltet har meget god næringsstatus og skal man følge dette resultatet lønner det seg å gjødsle betraktelig svakere på jord med meget god næringstatus. Det vil også være bra for miljøet i form av mindre risiko for nitrogenutvasking, mindre CO₂ utslipp fra gjødselproduksjon og transport. Produsenten vil også spare tid i gjødselhåndtering og spredning i tillegg til selve gjødsla.

4.4 Nitrogen hjelpemidler

Det finnes forskjellige hjelpemidler som sier noe om nitrogenbehovet til plantene. NIBIO har utarbeidet tre typer nitrogenkalkulatorer basert på modellering. Kalkulatorene heter: N-status i vekstsesongen, optimal N-gjødsling til korn og husdyrgjødsel N-kalkulator. Disse er beslutningshjelpemiddel under gjødselplanlegging og justering av nitrogengjødslingen i sesong.

N-status i vekstsesong kalkulatoren gir en oversikt over tilgangen på nitrogen i jorda for engvekster, korn og potet på en enkel og rask måte basert på informasjon om værdata fra nærmeste klimastasjon, kulturvekst, sådato, gjødsling og forventet avling.

Nitrogenstatus for korn, klimastasjon Fåvang



- Potensielt opptak: Opptak ved optimale vekstforhold
- Aktuelt opptak: Beregnet opptak av nitrogen ved aktuelle værforhold
- Sum utvasking: Beregnet mengde nitrogen som er vasket ut
- N-mangel: Potensielt opptak minus Aktuelt opptak, dvs. det som mangler sett i forhold til et tenkt optimalt opptak. Sistnevnte er basert på forventet avlingsnivå.

Grafene viser utvikling av potensielt og aktuelt opptak av nitrogen, sum utvasking og eventuelt nitrogenmangel gjennom sesongen. Så lenge aktuelt opptak er lik potensielt opptak, er det ikke behov for tilleggsgjødsling for å oppnå forventet avlingsnivå. I motsatt fall vil det vises en kurve for beregnet nitrogenunderskudd. Utvasking av nitrogen fra jorda er avhengig av jordtype, vannbalansen og mengden nitrogen til stede ved start.

Figur 13. Viser NIBIOs nitrogenkalkulator for nitrogenstatus i korn. Det er lagt inn 2,5 kg N/daa kommer fra jorda. Veksten er bygg og avlingsnivå er satt til 500 kg/daa og gjødslingsmengde 10 kg N per dekar og jordarten er sandjord.

Grafen i figur 13 viser at det er en utvasking på 1 kg N per dekar og et potensielt opptak på 1,5 kg N over den nitrogenmengden som er tilgjengelig. Det er viktig å huske på at dette kun er en modellering, men sammen med en nitrogenmåling i jorda vil den modellere bedre.

Optimal N-gjødsling til korn kalkulatoren er rettet mot å finne økonomisk og miljømessig optimal N-gjødsling til korn. Bakgrunnstallene i kalkulatoren er 300 gjødslingsforsøk fra perioden 1991-2014. I kalkulatoren legger man inn kornslag og estimert avlingsnivå. Gjeldende korn og gjødslingspriser ligger inne i kalkulatoren, disse kan endres av brukeren. Når parameterne er lagt inn beregner kalkulatoren opptak av N og proteininnhold.

Husdyrgjødsel N-kalkulatoren brukes til beregning av opptak av nitrogen i forskjellige kulturvekster ved ulike spredemetoder og spredningsforhold samt tap av nitrogen til omgivelsene. Resultatene er basert på tørrstoffprosent og nitrogeninnhold i gjødsla, spredemåte, værforhold etter spredning og risiko for utvasking av nitrogen etter gasstap.

Nitrogensensorer brukes også for å anslå nitrogenbehovet i vekster, de finnes som håndholdte og traktormonterte sensorer eller via satellittbilder. Disse baserer seg på å finne nitrogenbehovet via planta og berører ikke nitrogeninnholdet og nitrogenfrigjøringen i jorda. For å få et bilde av hva jorda frigir av plantetilgjengelig N anbefales å anlegge nullruter ute på

jordet som ikke får gjødsel. Samt maksruter som får noe mer nitrogengjødsel enn resten av åkeren for å vise hvordan en sterkere nitrogengjødsling påvirker plantene. Planter som har fått for lite nitrogen viser tegn til lysfarge, mens planter som har fått mer nitrogen enn det planten avgir som avkastning i avling kan vise seg i sterkere grønnfarge. Ellers vises det ikke før den legger seg eller etter høsting om proteininnholdet måles. Således er det lett å se når plantene har fått for lite N men vanskelig å se når plantene har fått mer N enn de har behov for.

En enkel og hurtig prøvetaking med N-min prøver i jorda ved hjelp av elektroder samtidig med prøvetaking på plantene med N-sensor vil gi et bedre beslutningsgrunnlag for N-behovet til åkeren. Som videre gir bedre økonomisk lønnsomhet og redusert miljøbelastning. Selskapet Thermo Fisher Scientific selger nitrat og ammonium elektroder med display, sammenlagt kostnad for alle tre ligger på rundt 40 000,-. Etter rundt 65 prøver vil apparatet være tjent inn. Uttak av prøvene og sending kan enklest og rimeligst tas av produsenten selv. Produsenten vil trenge jordprøvebokser, jordprøvespyd og enkel beskrivelse av hvordan prøveuttaket og innsending skal skje. Prøven bør fryses før den sendes og sendes tidlig i uka så den ikke risikerer å ligge i varmen på et postlager i helgen.

5. Konklusjon

5.1 Konklusjon av forsøket

Resultatene fra dette forsøket er ikke klare og entydige. Det var signifikant forskjell mellom gjødselbehandlingene kun for proteininnhold og avlingsverdi for et av forsøksfeltene (felt 1, Fjosjordet). På Fjosjordet gav flat gjødsling, altså et gjødslingsnivå som ikke er nedjustert mhp. jordas innhold av plantetilgjengelig nitrogen, det høyeste proteininnholdet. Ut i fra dette resultatet, og også mhp. avling (ikke signifikante forskjeller) er det derfor usikkert om jordprøve og mineral-N-analyse på våren før gjødsling kan anbefales. På grunn av de høye prisene på mineralgjødsel var avlingsverdien størst for kantrutene der det ikke var tilført gjødsel.

5.2 Forslag til videre arbeid

Videre arbeid på dette feltet kan være å ta nitrogenprøver for hvert femte dekar på et større jorde, analysere disse ved hjelp av elektroder. Deretter lage en tildelings fil i et gjødselplanprogram for vårgjødsling til en passende vekst, gjerne hvete. En geosread kunstgjødselspreder som kan anvende tildelingsfiler bør brukes til vårgjødslingen. Når det er tid for å delgjødsle hveten, kan skifte kjøres i Attfarm og lage en ny tildelingsfil for gjødsling. Denne tildelingsfilen kan sammenlignes med tildelingsfilen laget på våren fra nitrogenprøver for å se om nitrogenbehovet har blitt jevnere for hele åkeren.

6. Litteraturliste

Alexander, M. (1977) *Introduction to Soil Microbiology*. 2nd Edition, John Wiley Eastern Limited, New Delhi, 467.

Drabløs Eldhuset, T. Kvalbein, A. NIBIO (2017) *Optimal gjødsling av planter*.
https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmloi/bitstream/handle/11250/2457376/NIBIO_BOK_2017_3_7.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kristoffersen Øverli, A. NIBIO (s.a) *Gjødselplanlegging*.
<https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok>

Kristoffersen Øverli, A. *Nitrogengjødsling til bygg. Jord og plantekultur 2020*. NIBIO BOK 6 (1):120-125.

Kristoffersen Øverli, A. A. *Nitrogengjødsling til bygg. Jord og plantekultur 2022*. NIBIO BOK 8 (2):108.

Kristoffersen, A. Ø. & Ødegaard A. F. *Fosforgjødsling på jord med høyt fosforinnhold. Jord og plantekultur 2017/* NIBIO BOK 3 (1): 120-123.

Krogstad, T og Øien, A. (1989) *Jordanalyser - teori om metoder og apparatur*. Ås: Institutt for jordfag, NLH

Krogstad, T. (2009) *Laboratoriemetoder til emnet JORD 212. Jordanalyse*. Ås: Institutt for plante- og miljøvitenskap, UMB.

Lundon Russenes, A. Abrahamsen, U. Strand, E. (2020) *Kornarter og sorter (KornFUTH)*. https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmloi/bitstream/handle/11250/2732304/005_KornarterOgSorterKornFUTH.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Lyngstad, I. Institutt for jordkultur, Norges Landbrukshøyskole (1979) *Virkingen av noen fysiske og kjemiske faktorer på ammonifisering og nitrifisering i jord.*

[https://nibio.brage.unit.no/nibio-](https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2487683/425_008_Virkingen%20av%20noen%20fysiske%20og%20kjemiske%20faktorer%20p%C3%A5%20ammonifisering%20og%20nitrifisering%20i%20jord.pdf?sequence=1)

[xmlui/bitstream/handle/11250/2487683/425_008_Virkingen%20av%20noen%20fysiske%20og%20kjemiske%20faktorer%20p%C3%A5%20ammonifisering%20og%20nitrifisering%20i%20jord.pdf?sequence=1](https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2487683/425_008_Virkingen%20av%20noen%20fysiske%20og%20kjemiske%20faktorer%20p%C3%A5%20ammonifisering%20og%20nitrifisering%20i%20jord.pdf?sequence=1)

Nesheim, Lars. Bioforsk Midt-Norge. *Kalking til gras og korn.* Tema Nr. 23

September 2014. <https://core.ac.uk/download/pdf/285987505.pdf>

Daugstad, K. Kristoffersen, A. Nesheim, Lars. (2012). *Næringsinnhold i*

husdyrgjødsel Analyser av husdyrgjødsel frå storfe, sau, svin og fjørfe 2006-2011

(Rapport;7(24)) Bioforsk.

<https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok/husdyrgjodsel/1.naeringsinnhold-i-husdyrgjodsel-tabeller>

Department of Primary Industries and Regional Development. (2018, januar 18).

Zadoks growth scale.

Department of Primary Industries and Regional Development.

<https://www.agric.wa.gov.au/grains/zadoks-growth-scale>

Skifteplan (2022) Skifteplan gjødslingsprogram. Agromatic AS. www.skifteplan.no

(1. januar 2024).

Universitetet i Oslo (2023) *Nitrogen* Universitet i Oslo;

<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/n/nitrogen.html>

Vkst (2022) Vkst rådgivning og service. Forening. <https://vkst.dk/n-min-proever-2022/>

Øien, A. & Selmer-Olsen, A. R. (1969) Nitrate Determination in Soil Extracts with the Nitrate Electrode.

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/1969/an/an9699400888>

Øien A. & Selmer-Olsen A. R. (1980) *A Laboratory Method for Evaluation of Available Nitrogen in Soil,*

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00015128009435259>

7. Vedlegg

Vedlegg 1

Analyseverktøy korn

https://www.fossanalytics.com/en/products/infratec-nova?utm_source=Google_Adwords&utm_medium=Adwords&utm_campaign=Grain_SSS&utm_term=grain%20analyser&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwte-vBhBFEiwAQSv_xQR3-36e9CKBQ-hHGK2gZmvVMvG1e7DHepEoThVIW8B4K2KW3eoVchoCxFMQAvD_BwE

Vedlegg 2

BESTEMMELSE AV PLANTETILGJENGELIG

NITROGEN (NITRAT OG AMMONIUM) av Professor Tore Krogstad

9.1 Bestemmelse av nitrat i jord med selektiv elektrode

Da anionbyttekapasiteten for jordpartiklene er meget liten, og da nitrat ikke danner tungtoppløselige salter, vil praktisk talt hele nitratinholdet lett løses i vann eller fortynnete saltoppløsninger. For denne metoden er 0,01 M kopparsulfat valgt som ekstraksjonsmiddel fordi kopparsulfat bl.a. motvirker tap av nitrat som følge av biologiske omsetninger.

Prinsipp

3NO⁻-N i oppløsning bestemmes elektrometrisk ved hjelp av en selektiv elektrode.

Ekstraksjonsoppløsning

4 4 20,01 M CuSO₄ · 5,00 g CuSO₄ · 5H₂O oppløses i vann og fortynnes til 2000 ml i en målekolbe.

Stamoppløsning

3 31000 mg NO⁻-N/l. 7,218 g KNO₃ løses i deionisert vann og fortynnes til 1 liter.

Standardoppløsninger

30, 0,5, 1, 2, 3, 5, 10, 20 og 50 mg NO⁻-N/l lages ut fra stamoppløsningen.

4 Standardoppløsningene skal samtidig være 0,01 M med hensyn på CuSO₄.

Framgangsmåte

10 g lufttørr jord rystes i 15 minutter med 50 ml ekstraksjonsoppløsning. La ekstraksjonsflaska stå et par minutter til mesteparten av jorda har bunnfelt. Dekanter av væska over bunnfallet i 3et begerglass. NO⁻-N-innholdet i jordsuspensjonen måles ved hjelp av elektroder etter at

apparatet er innstilt ved hjelp av standardoppløsningene. En grafisk kurve tegnes med 3konsentrasjonene (mg NO⁻-N/l) som ordinator og avlesningene (millivolt) som abcisser på et 3semilogaritmeblad. Kurven er lineær ned til ca. 2 mg NO⁻-N pr. liter. Ved lavere konsentrasjoner må krumme kurver brukes fordi utslagene da ikke er proporsjonale med konsentrasjonene.

Beregninger.

Innholdet av nitrat oppgis som mg NO⁻-N/100 g jord.

Litteratur

Øien, A. og Selmer-Olsen, A.R. 1969. Nitrate determination in soil extracts with the nitrate electrode. *Anlyst* 94, 888-894.

Borggaard, O.K. et al. 1982. Øvelsesvejledning til geologi og jordbundslære, 8-1 - 8-4.

Skoog, D.A. & West, D.M. 1976. *Fundamentals of analytical chemistry*, 392-400.

30