

Fakultet for anvendt økologi, landbruksfag og bioteknologi

Gerbrand Vink

Bacheloroppgave

Ressurseffektiv gjødselstrategi i grovfôrproduksjon

Resource efficient fertilization of forage grass

Bachelor i agronomi

2021

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet ved Høgskolen i Innlandet ved Fakultetet for anvendt økologi, landbruksfag og bioteknologi. Denne oppgaven markerer avslutningen på tre lærerike, spennende og inspirerende år her på Hedmarken.

Agronomi-utdanningen har bydd på et variert innhold med innblikk inn i mange forskjellige og komplekse fagfelt. Ikke minst har også samtaler og diskusjoner med mine medelever vært givende. At vi er så mange kunnskapsrike og motiverte unge mennesker som ønsker seg inn i landbruket er inspirerende.

I en tid med bondeopprør, nedlagte gårdsbruk, klimaendringer og pandemier kan framtiden se mørk ut, ikke bare for oss i landbruket. Samtidig er det møter med mennesker som brenner for interessene sine og sitt fagfelt som gir framtidstro. Slike møter har man mange av gjennom tre år på Blæstad.

God agronomi, klimatilpassning og en praktisk tilnærming har vært fokus både direkte og indirekte i samtlige fag her gjennom de tre årene med undervisning og danner dermed også grunnlaget for valgt problemstilling for denne Bachelor-oppgaven.

En takk må rettes til Thomas Cottis, lærer i faget «Landbruk, Miljø og Samfunn» og min veileder gjennom denne Bachelor-oppgaven. Også ansatte ved NLR Lofoten, Are Johansen og Gustav Karlsen, fortjener en takk for inspirasjon og oppfølging rundt problemstillingen.

Den siste takken må rettes for mine samboere i studentkollektivet «Biolaben», samt andre klassekamerater og medstudenter for ei tid her på Blæstad som jeg aldri vil glemme.

Høyvang, 1.juni 2021

Gerbrand Vink

Innhold

Innhold

FORORD	2
INNHold	3
NORSK SAMMENDRAG	5
ENGELSK SAMMENDRAG (ABSTRACT)	6
1. INNLEDNING	7
2. GRUNNLAG FOR GROVFORDYRKNING	10
2.1 VEKSTFAKTORER	11
2.2 PLANTEERNÆRING OG GJØDELSE	12
2.2.1 <i>Plantenæringsstoffene</i>	12
2.3 NÆRINGSBEHOV OG GJØDELSEBEHOV	14
2.3.1 <i>Jordprøver</i>	17
2.4 GJØDELSEPLANLEGGING	22
3. GROVFÔRDYRKNING	23
3.1 HVA ER GODT GROVFÔR?	25
3.2 VANLIG PRAKSIS VED GROVFÔRDYRKNING	26
3.3 SORTER	27
3.4 SLÅTTESTRATEGI	29
3.5 GJØDSLING AV ENG	31
3.5.1 <i>«Å gjødsle er å gjøre jorda god»</i>	31
3.5.2 <i>Husdyrgjødsel</i>	34
3.5.3 <i>Nitrogen</i>	36
3.5.4 <i>Forsfor</i>	37
3.5.5 <i>Kalium</i>	37

3.5.6	<i>Svovel</i>	37
3.6	KOSTNADER VED GROVFÔRDYRKNING	40
4.	KLIMAGASSUTSLIPP FRA GROVFÔRPRODUKSJON	42
5.	FELTFORSØK «N-STIGE I PRAKTISK OPPLÈGG MED HUSDYRGJØDSEL»	45
5.1	BAKGRUNN OG MÅL	45
5.1.1	<i>Bakgrunn til lokalisering, engtype, engalder og høstesystem</i>	45
5.1.2	<i>Planlagt forsøksledd, faltplan og rutestørrelse</i>	46
5.2	FELTRAPPORT – NLR LOFOTEN	48
6.	DISKUSJON	50
7.	KONKLUSJON	54
	LITTERATURLISTE	55

Norsk sammendrag

Verdens matproduksjon har økt betydelig de siste 60 årene. Vi regner med at vi produserer 30% mer mat pr innbygger globalt sett enn på 60-tallet. Denne økningen av matproduksjonen har kommet som konsekvens av en enorm økning i ressursforbruket vårt. Globalt bruker vi 800% mer mineralgjødning i dag enn på 1960-tallet.

I Norge ser vi lignende trender, hvor kvaliteten og mengden på grovfôret ikke har økt betraktelig de siste årene, til tross for store mengder husdyrgjødsel tilgjengelig, samt et jevnt nivå i bruket av mineralgjødning.

Det er bekymringsverdig når vi vet store mengder av metan- og lystgassutslippene fra jordbruket kommer fra husdyrholdet. Tar vi med at norske drøvtyggere, og da spesielt melkekyr, spiser betydelige mengder importert kraftfôrråvare, må vi gjøre tiltak for å øke grovfôravlingene våre på en effektiv måte.

Gjennom å se på litteratur og aktuelle feltforsøk kommer denne oppgaven fram til følgende tiltak vil øke ressurseffektiviteten i gjødselhåndteringen vår.

For å få til en ressurseffektiv utnyttelse av næringsstoffene og en bærekraftig gjødselstrategi må:

- Ikke mer gjødsel tilført enn nødvendig grunnet avtagende effekt ved økt gjødselmengde.
- Det brukes metoder for spredning av husdyrgjødsel og mineralgjødsel som sikrer minst mulig forurensning og best mulig utnyttelse av næringsstoffene.
- Husdyrgjødsel må ta til mål å dekke fosfor- og kaliumbehovet i jord og planter
- Ved ytterligere tilført nitrogen må N/S-forholdet følges opp i gjødselplanleggingen

Det vil ikke bare ha en positiv effekt på for en balansert og effektiv gjødselstrategi, men også på bondens økonomi, kvaliteten og kvantiteten på grovfôret, samt en lavere negativ klimapåvirkning.

Engelsk sammendrag (abstract)

World food production has increased significantly over the last 60 years. We estimate that we produce 30% more food per capita globally than in the 1960s. This increase in food production has come as a consequence of a huge increase in our resource consumption. Globally, we use 800% more mineral fertilizer today than in the 1960s.

In Norway, we see similar trends, where the quality and quantity of roughage has not increased significantly in recent years, despite large amounts of livestock manure available, as well as a steady level in the use of mineral fertilizers.

This is worrying when we know large amounts of methane and nitrous oxide emissions from agriculture come from livestock farming. If we take into account that Norwegian ruminants, and especially dairy cows, eat significant amounts of imported concentrates, we must take measures to increase our roughage yields in an efficient manner.

By looking at literature and current field trials, this thesis concludes that the following measures will increase resource efficiency in our manure and fertilizer management.

In order to achieve a resource-efficient utilization of the nutrients and a sustainable fertilizer strategy:

- No more fertilizer applied than necessary due to decreasing effect with increased amount of fertilizer.
- Methods are used for spreading livestock manure and mineral fertilizer that ensure the least possible pollution and the best possible utilization of the nutrients.
- Livestock manure must aim to cover the phosphorus and potassium requirements in soil and plants
- In the case of additional nitrogen, the N / S ratio must be followed up in the fertilizer planning

This will have positive effects not only for an balanced and effective fertilizer management, but also for the economy of farmers, the quality and quantity of forage and reduced negative climate impact.

1. Innledning

Kalenderen har nettopp gått fra desember 2020 til januar 2021. Verden er enda midt i en pandemi, klimakrisa pågår for fullt og det hvite hus stormes av illsinnte demonstranter. Vi kan enkelt si at verdenssamfunnet er i ubalanse. Det er mye som uroer en enkel student om framtiden. Hvordan kommer situasjonen til å være om tyve eller tretti år, men en sannsynlig eskalering av klimaendring, og de følgene det vil gi (Cottis, 2015)?

Vi vet i dag at vi kommer til å bli flere mennesker på kloden vår, og at mulighetene for å produsere nok mat til alle bare kommer til å bli vanskeligere som følge av klimaendringene. (Cottis, 2015) Flere internasjonale forskningsrapporter slår fast at vi kommer til å slite med å fø framtidens befolkning. Dette både direkte gjennom reduserte avlingsnivå grunnet endret vekstforhold, samt indirekte gjennom klimaendringenes påvirkning på tilgang til vann, og forekomst av plantesykdommer og skadegjørere (Barioni et al., 2019)

Allerede i dag er verdens matsituasjon tvilsom. FNs klimapanel IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) anslår at rundt 812 millioner mennesker i dag er underernærte, 151 millioner barn under 5 år har hemmet vekst, 613 millioner kvinner og jenter mellom 15 og 19 år lider av jern-mangel og nesten 2 billioner mennesker sliter med overvekt og feilernæring. Til tross for at verdens matproduksjon siden 1961 har økt med 30% per capita klarer vi altså ikke brødfø klodens befolkning. (Barioni et al., 2019). Den økte matproduksjonen kommer trolig som følge av at bruken av mineralgjødsel har økt globalt med 800% og bruken av vann til vanningsanlegg med mer enn 100%. ((Barioni et al., 2019). Dette innebærer da at ressursbruken pr produsert enhet mat har altså økt betraktelig de siste 60 årene.

Også på min hjemplass, Lofoten. Har mye endret seg i jordbruket de siste 60 årene. Som ellers i Norge, har det vært fokus på strukturrasjonalisering, effektivisering og i å ta i bruk stadig nye både teknologiske og kjemiske løsninger. Til tross for at vi i Nord-Norge har ideelle muligheter til å produsere melk og kjøtt på grovfôrressursene våre, legges stadig bruk ned i rekordfart, husdyra våre eter soya importert fra andre verdensdeler og store områder med fulldyrka mark og beiteområder ligger ubrukt. Dette til tross for at vi aldri har hatt bedre genetiske, kjemiske og teknologiske muligheter til å utøve god agronomi og produsere nok mat til oss i Norge er selvforsyningsgraden bare under 40%. (Kildahl, u.å.).

Oppgvens problemstilling

- Hvordan en kan oppnå en mest mulig ressurseffektiv gjødselstrategi i kombinasjon med husdyrgjødsel.

For å oppnå god ressurseffektivitet vil jeg da se om vi kan:

- Kan man unnlate fosfor og kalium i mineralgjødsel ved god håndtering av husdyrgjødsel?
- Faktorer som ligger til grunne for en høy utnyttelse av tilført nitrogen.

Dette er av flere grunner.

- Å produsere mat slipper ut klimagasser, men hvor mye av disse som slippes ut kan reduseres gjennom bedre agronomi og ressurseffektivitet. Bedre effektivitet vil også virke positivt inn på bondens økonomi og på lang sikt bidra til å øke selvforsyningsgraden, noe som er både et godt klimatilak gjennom mindre transport, sikrer matvaretilgangen og en del av landbrukets samfunnsoppdrag.
- I tillegg er det et tankekors at vi i den vestlige, rike verden ikke skal kunne klare å brødfø vår egen befolkning, og indirekte ta mat fra utviklingsland, hvor det er sult.
- At vi klarer kutte klimagassutslippene, øke matproduksjonen på en bærekraftig måte og redusere behovet for import. Vil være avgjørende for å klare oss i den framtiden som kommer.

Grunnen til at jeg fant interesse for akkurat denne problemstillingen var gjennom samtaler med NLR-ansatte ved kontorstedet deres i Lofoten. De var da i gang med å gjennomføre feltforsøk på vegne av Yara og NIBIO. Det er dette feltforsøket som nå utgjør en del av denne bachelor-oppgaven. Med bakgrunn fra økologisk melkebruk er også tankegangen rundt best mulig N-effektivitet, god agronomi og godt grovfôr noe som er interessant å se i en «konvensjonell» sammenheng.

Gjennom feltforsøket, som vil bli presentert i løpet av oppgaven i en større helhet, tok i korte trekk for seg ulike gjødselmengder med nitrogen og svovel i kombinasjon med husdyrgjødsel. For oppgaven har jeg valgt bruke FEM pr kg tilført N som måleenhet for ressurseffektiviteten. Man kunne brukt FEM pr daa, slik fokuset ofte er. Men i denne oppgaven ønsket jeg spesifikt å se på hvilke faktorer som ligger til grunne for best mulig utnyttelse av næringsstoffene i husdyr- og mineralgjødsel.

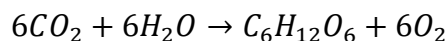
Oppgavens metode

Oppgaven vil ta for seg relevant teori og presentere forsøksresultater fra feltforsøket «N-stige i praktisk opplegg med husdyrgjødsel» i teoridelen. I Diskusjonen vil gjøres ved at tar et egne funn fra eget forsøk vil bli drøftet opp mot andres forsøk og andre fakta i teoridelen.

2. Grunnlag for grovfordyrkning

Fotosyntesen er grunnlaget for all plantevekst og matproduksjon, og videre og alt liv på jorda. Et effektivt landbruk handler derfor om å effektivisere fotosyntesen best mulig. Fotosyntesen stammer fra de greske ordene *photos* – lys; *syn* – sammen + *tilhenei* – å plassere) og beskriver den prosessen hvor planter benytter solenergi for å danne kjemisk energi (*Fotosyntese - Institutt for biovitenskap, 2011*).

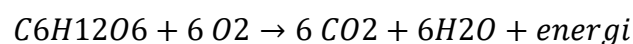
Vi kan enkelt si at fotosyntesen går ut på at solenergi blir brukt til å lage energirike organiske forbindelser fra karbondioksid og vann. Samtidig blir det produsert oksygen som biprodukt (Sirevåg & Ransedokken, 1998). Formelen for denne prosessen blir ofte framstilt slikt:



Karbondioksid + vann → Sukker + oksygen

Fotosyntesen foregår i kloroplasten, som vi finner i alle grønne plantedeler, men mest i bladene. Her blir solenergi fanget, som formelen over viser, brukt til å omdanne glukose og oksygen fra karbondioksid og vann. Energien som blir dannet under fotosyntesen blir fanget i ATP-monekyler. (Fritsvold & Bø, 2000)

Enkelt kan man si at gjennom fotosyntesen skapes det energi, og gjennom celleåndinga blir denne energien frigitt når plantene trenger det. Planter trenger energi både til vekst og andre livsprosesser, som opptak og transport av næringsstoff. (Fritsvold & Bø, 2000). Celleånding blir ofte framstilt med følgende formel:



Sukker + Øksygen → Karbondioksid + vann + energi

Denne reaksjonen skjer ved at et ATP-molekyl gir fra seg en eller to fosfatgrupper. Når molekylet gir fra seg ei fosfatgruppe, blir det frigitt en porsjon energi. Dette kaller vi for ADP. ADP er tilsvarende ATP men minus to fosfatgrupper. Når ATP kun har ei fosfatgruppe igjen, og er helt utladd, kaller vi det for AMP. Denne forbruken av energi er det vi kaller for celleånding. (Fritsvold & Bø, 2000)

2.1 Vekstfaktorer

Gjennom formelen for fotosyntesen vet vi at plantene trenger vann, solenergi og karbondioksid for å vokse. Men planter, og alle andre levende organismer, er en del av et økosystem som spiller inn på hvordan plantene trives. I tillegg spiller næringstilgang, som vi kommer inn på senere, en viktig rolle. Vi kaller gjerne de andre vekstfaktorene for miljøfaktorer. Disse deler vi typisk inn i faktorer knyttet til klima, jordsmonn, topografi og driftsopplegg

Tabell 1: Vekstfaktorer for planteproduksjon (Fritsvold & Bø, 2000):

Klimatiske faktorer	Lengde på vekstsesong Temperatur i vekstsesong og hvileperioder for plantene Tilgang til sollys Nedbørsmengden og fordeling av nedbør gjennom året Vindforhold Snøforhold Forurensing i luft, vann og jord
Jordsmonn	Jordråme Oksygenforhold i jorda Mekaniske sammensetning i jorda Tilgang til organisk materiale Mengden av og type liv i jorda, både mikroliv og større jorddyr pH-verdi Jordtemperatur
Topografiske faktorer	Høyde over havet Hellingsgrad og retning til sola Landskapsform
Driftsfaktorer	Kulturteknisk tilstand (grøfting, planering og nydyrking) Gjødsling Kalking Antall høstinger Høstetidspunkt Pakking Annet

De ulike påvirkningene disse faktorene har for grovfôrproduksjon varierer stort mellom ulike landsdeler, og produksjon. Også mellom ulike skifter på gården kan disse faktorene spille inn ulikt.

Å ha en helhetlig tilnærming til hva som påvirker planteproduksjonen på gården er derfor viktig for gårdbrukerne.

2.2 Planteernæring og gjødsel

2.2.1 Plantenæringsstoffene

Når fotosyntesen er i gang, trenger planter en rekke næringsstoffer for å vokse. God plantevekst er helt grunnleggende for matforsyningen vår. Og plantenes vekst og utvikling er på sin side avhengig av mineralske næringsstoffer (Bøckman et al., 1991).

På slutten av 1800-tallet ble kunnskapen om grunnstoffene og deres effekt på plantevekst samlet og systematisert. Dette ble i stor grad gjort av den tyske kjemikeren Justus von Liebig (1803 – 1873) (Pedersen, 2020).

Med plantenes næringsstoffer mener vi de grunnstoffer som er nødvendige for plantenes vekst og utvikling (Uhlen & Bærug, 1984). Tidligere tiders forskning fokuserte på en lære som bygde på 10 grunnstoffer. Disse var: Karbon (C), Oksygen (O), Hydrogen (H), Nitrogen (N), Fosfor (P), Svovel (S), Kalium (K), Kalsium (Ca) og Magnesium (Mg) og Jern (Fe). I dag bruker vi tre kriterier for å bestemme om et stoff er et plantenæringsstoff eller ikke:

1. Mangelen på vedkommende stoff gjør det umulig for planten å fullføre den vegetative eller generative livssyklus.
2. Mangelen kan bare rettes opp ved å tilføre det bestemte grunnstoff
3. Vedkommende stoff tar direkte del i plantenes ernæring. Altså at de inngår som byggeelementer eller har katalytiske eller andre oppgaver.

((Uhlen & Bærug, 1984)

Hovedsakelig skiller vi mellom mikro og makronæringsstoffene. Makronæringsstoffene kalles også for «hovedæringsstoffer», og inngår i mange forbindelser i plantene som proteiner, nukleinsyrer og klorofyll. Disse stoffene er også nødvendige i prosesser som energioverføring., opprettholdelse av cellens indre trykk, enzymfunksjoner og reaksjoner. Mikronæringsstoffene blir også kalt for «sporstoffer» og har en rekke viktige funksjoner i plantenes stoffomsetning. (Bøckman et al., 1991)

Tabell 2: Oversikt over de ulike plantenæringsstoffene (Plantenæringsstoffene, 2009) :

Plantenæringsstoffer i jord			
Makronæringsstoffer		Mikronæringsstoffer	
N	Nitrogen	B	Bor
P	Fosfor	Cu	Kopper
K	Kalium	Fe	Jern
S	Svovel	Mn	Mangan
Ca	Kalsium	Zn	Sink
Mg	Magnesium	Mo	Molybden
		Cl	Klor

I tillegg til stoffene som nevnes over, er det enkelte planter som har behov for de andre grunnstoffene natrium, kobolt, vanadium, silisium og nikkel (Bøckman et al., 1991)

Hvordan tar så planten opp de ulike næringsstoffene? For best mulig plantevekst må næringsstoffene være plantetilgjengelig. Dette er de når:

- De er oppløst i jordvæsken
- I riktig mengde og riktig forhold
- På rett tidspunkt.

(Bøckman et al., 1991)

Plantene får i seg disse næringsstoffene gjennom:

- Frigjøring fra reservene i jorden
- Ved nedbrytning av planterester (røtter, strå)
- Fra organisk gjødsel
- Fra mineralgjødsel
- Ved biologisk fiksering av nitrogen
- Ved avsetning fra luften

(Bøckman et al., 1991)

I hvilken form de ulike plantenæringsstoffene blir tatt opp varierer også mye. Spesielt stoffer som nitrogen og svovel blir tatt opp i ulike former. For en grunnforståelse kan vi si at Karbon, hydrogen og oksygen blir tatt fra karbondioksid i luft og vann jorda gjennom fotosyntesen. Resten av grunnstoffene plantene trenger tas opp som ioner (anioner og kationer) fra jorda (Phone & fax, 2019).

2.3 Næringsbehov og gjødselbehov

Plantenes næringsbehov er det behovet planten har for å gi en ønsket avling av en viss størrelse. Man kan også si at plantens næringsbehov er det behovet planten må få dekt for å fungere normalt. I tillegg ønsker vi et innhold av stoffer som gir planten den kvaliteten vi ønsker (Bøckman et al., 1991).

Plantens gjødselbehov er det som må tilføres eksternt av de forskjellige stoffer for å oppnå ønsket avling og kvalitet. Plantens gjødselbehov samsvarer ikke med plantens næringsbehov, siden jorda i stor grad også fungerer som en kilde for næringsstoff. Vi behøver altså ikke tilføre alt av plantens næringsbehov. Hvor mye næring vi er nødt til å tilføre vil i stor grad avhenge av jordbunnsforhold, klima og planteslag (Uhlen & Bærug, 1984).

Samtidig er den store utfordringen at mye av de store reservene av planteernæring som vi finner i jorda, av ulike årsaker ikke er plantetilgjengelig. (Bøckman et al., 1991). I tillegg vil økte avlinger kreve en økt næringsbehov ((Uhlen & Bærug, 1984).

For å finne plantens, og jordas gjødselbehov er det vanlig ta utgangspunkt i jordprøver. De jordprøvene som er vanligst her i Norge, analyserer jordas surhet (pH), lettløselig fosfor (P-AL), kalium (K-AL) og Kalsium (Ca-AL). Jordprøver analyserer typisk ikke for Nitrogen. Dette siden nitrogen opptrer i så mange ulike former både i luft, vann og jord, avhengig av temperatur og nedbør. I tillegg vil innholdet i jorda mellom årtistider, som fra høst til vår. (*Jordprøver og jordanalyser*, 2017).

Behovet for tilført nitrogen bestemmes først og fremst ut fra forventet avlingsnivå, men også jordas moldinnhold, forgrødeeffekt og hvilke vekster som dyrkes (*Jordprøver og jordanalyser*, 2017).

Når man planlegger ulike gjødselstrategier må man ta hensyn til at ulike kulturer og planter har ulik evne til å ta til seg næringsstoff. Dette gjelder både plantenæring i jorda og tilførte næringsstoffer. Dette kan vi forklare ved at:

1. Rotsystemet er kraftigere eller svakere utviklet hos forskjellige planteslag
2. Pflanzenæring kan tas opp gjennom kortere eller lengre tid. Dersom næringsopptaket skal foregå innen et kort tidsrom, i første del av vekstperioden, vil utnyttelsen av jordas ressurser bli mindre, og tilførselen i gjødsel må under eller like forhold være rikeligere. (Uhlen & Bærug, 1984)

Generelt i gjødselplanlegging gir økt næringstilgang innen en viss grense, kraftigere vekst og større avling. Samtidig spiller de andre vekstfaktorene, som vann, varme og lys m.fl. inn. (Uhlen & Bærug, 1990)

Samtidig kan mangel på et eller flere plantenæringsstoffer gi utslag i lavere avlinger, denne teorien ble først kalt for minimumsloven. Denne loven ble oppdaget allerede på 1800-tallet av den tyske kjemikeren Justus von Liebig. Han forklarte minimumsloven på følgende måte:

«Det næringsstoffet som er til stede i minimum i forhold til behovet, bestemmer hvor stor avlinga blir».

Samtidig vet vi også i dag, at for stort innhold av enkelte næringsstoffer, eller andre vekstfaktorer kan sette begrensninger på planteveksten.

Da vet at vi trenger vann, lys, karbondioksid og oksygen samt plantenæringsstoffer for å oppnå god plantevekst. Samtidig setter mangel eller fravær av et eller flere av de ulike næringsstoffene ulike begrensninger, dette er siden disse utfyller ulike oppgaver i planteveksten. Disse mangelsykdommene, samt funksjon, og i hvilken form disse tas opp i planten skildres i tabellen under.

Tabell 3: Næringsstoff og funksjon (Fritsvold & Bø, 2000)

Næringsstoff	Oppgave	Mangelsykdom	Opptak
Nitrogen (N)	Oppbygging av celler, spesielt aminosyrer og protein	Forkrøplede planter Nedre blad visner og gulner Rødfargede stengler	Enkle aminosyrer Ammonium (NH ₄ ⁺) Nitrat (NO ₃ ⁻)
Fosfor (P)	Oppbygging av plantefett, kromosom og fosfoprotein – ATP	Unge blader blir mørkegrønne, og blada visner i kanten	Som ulike fosfation, oftest H ₂ PO ₄ ⁻
Kalium (K)	Som K ⁺ i cytoplasma og regulerer trykkforholdene i cellene. Går inn i ulike enzym.	Eldre blader får gule bladkanter og blad som etter hvert dør og blir brune.	K ⁺
Magnesium (Mg)	Atom i klorofyllmolekyl i kloroplasma. Videre lignende oppgaver som Kalium.	Lyse flekker eller striper i eldre blad.	Mg ²⁺
Kalsium (Ca)	Blir brukt til å produsere pektin. Lignende oppgaver som Kalium	Veksthemming og forkrøplede planter siden vektpunkt dør.	Ca ²⁺
Svovel (S)	Oppbygging av viktige aminosyrer, svovelprotein og B1-vitamin	Spesielt eldre blad blir gule, bare klorofyll rundt bladnervene	Ulike, mest vanlig som SO ₄ ²⁻
Jern (Fe)	Inngår i mange viktige enzym i celleåndinga, fotosyntesen og proteinsyntesen.	Mangelsymptom som på S. Men også lyse gule flekker på yngre blad.	Ved pH over 6: Fe ²⁺ Ved pH under 6: Fe ³⁺
Mangan (Mn)	Inngår i mange enzym i celleåndinga, fotosyntesen og proteinsyntesen.	Først gulbrune flekker på bladene.	Mn ²⁺
Kopper (Cu)	Virker inn på elektrontransporten i fotosyntesen	Ofte visne bladspisser.	Cu ²⁺
Molybden (Mo)	Viktig i proteinsyntesen	Gir brune bladrender, og blomstene faller av. Blada kan ofte krølle seg	MoO ₄ ²⁻

2.3.1 Jordprøver

Hvordan den mineralske sammensetninga er i jorda, og hvor tilgjengelig disse mineralene er for plantene, er grunnleggende for en helhetlig gjødselplanlegging.

Ifølge forskrift om gjødselplanlegging, som ble fastsatt av Landbruksdepartementet 1. Juli 1999, finner vi under paragraf 3, Gjødselplanlegging, punkt C at det skal tas jordprøver vært 4-8 år (Løes, 2016).

Jordprøver består typisk av ca. ti stikk med et jordprøvebor ned til 10-15 cm dybde, «stikkene» samles og blandes opp i en bøtte, før de fylles i en eske og sendes til laboratorium. Fra et skifte anbefales det at det tas flere representative jordprøver (Hydro agri Norge, 2000).

Eurofins, som analyserer jordprøver, og ofte blir benyttet av blant annet NLR og NIBIO for dette formålet, anbefaler jordprøver på intervaller på 4-5 år for best agronomiske effekt. (*Analyse av jord*, u.å.)

Tabell 4: Oversikt over de vanlige kjemiske analyser av jord og tilhørende klasser (Jordprøver og jordanalyser, 2017).

P-AL, K-AL, K-HNO ₃ , Mg-AL og Ca-AL angis i mg pr. 100 gram tørr mineraljord. Cu angis i mg pr. kg tørr mineraljord		Klasse			
		1 Lite	2 Middels	3 God	4 Meget god
P-AL	Lettløselig fosfor	0 – 4	5 – 7	8 – 10, 11 – 14	>14
K-AL	Lettløselig Kalium	0 – 6	7 – 15	16 – 30	>30
K-HNO ₃	Syreløselig kalium	< 30	30 – 79	80 – 119	>119
Mg-AL	Lettløselig magnesium	0 – 2	3 – 5	6 – 9	>9
Ca-AL	Lettløselig kalsium	<50	50 – 99	100 – 199	>199
Cu	Kobber	0 – 1	1,1 – 2	2,1 – 5,0	>5,0

Innsendte jordprøver blir sendt inn til laboratorium. Her blir de varmet opp til 40 grader Celsius og siktet til under 2 mm kornstørrelse for analyse. Typiske jordprøver for grovfôr tar for seg moldinnhold, pH, samt innhold av lettopløselig fosfor- og kalium. Jordprøver anbefales å ta om høsten, på rundt 0-20 cm dybde, og tørkes i romtemperatur etter uttak. (*Analyse av jord*, u.å.)

Jordprøver analyserer vanligvis ikke for Nitrogen, til tross for det er et sterkt fokus på N-tilførsel i gjødselplanlegginga. Nitrogen opptrer i mange former, både i luft, vann og jord. Helt avhengig av blant annet temperatur og nedbør. Nitrogengjødsling bestemmes typisk ut fra forventet avlingsstørrelse, jordas moldinnhold, prognoser for nitrogen i jorda, forgrødeeffekt og hvilke vekster som dyrkes. Også svovel opptrer i mange ulike former, og er derfor ikke vanlig å analysere. (*Jordprøver og jordanalyser*, 2017)

pH

pH er et uttrykk for surhetsgrad, og dermed også behovet for kalking. Hvilken pH som er gunstig, er helt avhengig av type jord, og hvilken vekst vi skal ha på skiftet. Typisk sies det at torvjord kan klare seg med lavere pH enn mineraljord. Også de ulike plantekulturene våre tåler sur jord på ulik måte. (*Veiledning til jordanalyser*, 2016). pH-en i jorda regulerer tilgjengeligheten og opptaket av næringsstoffer for planten, i tillegg påvirker ionetransporten innad i cellemembranen (Shabala, 2017). Under norske forhold er ofte lav pH en utfordring for mange. Ved lav pH skjer det flere uheldige reaksjoner som hindrer plantetrivselen og veksten:

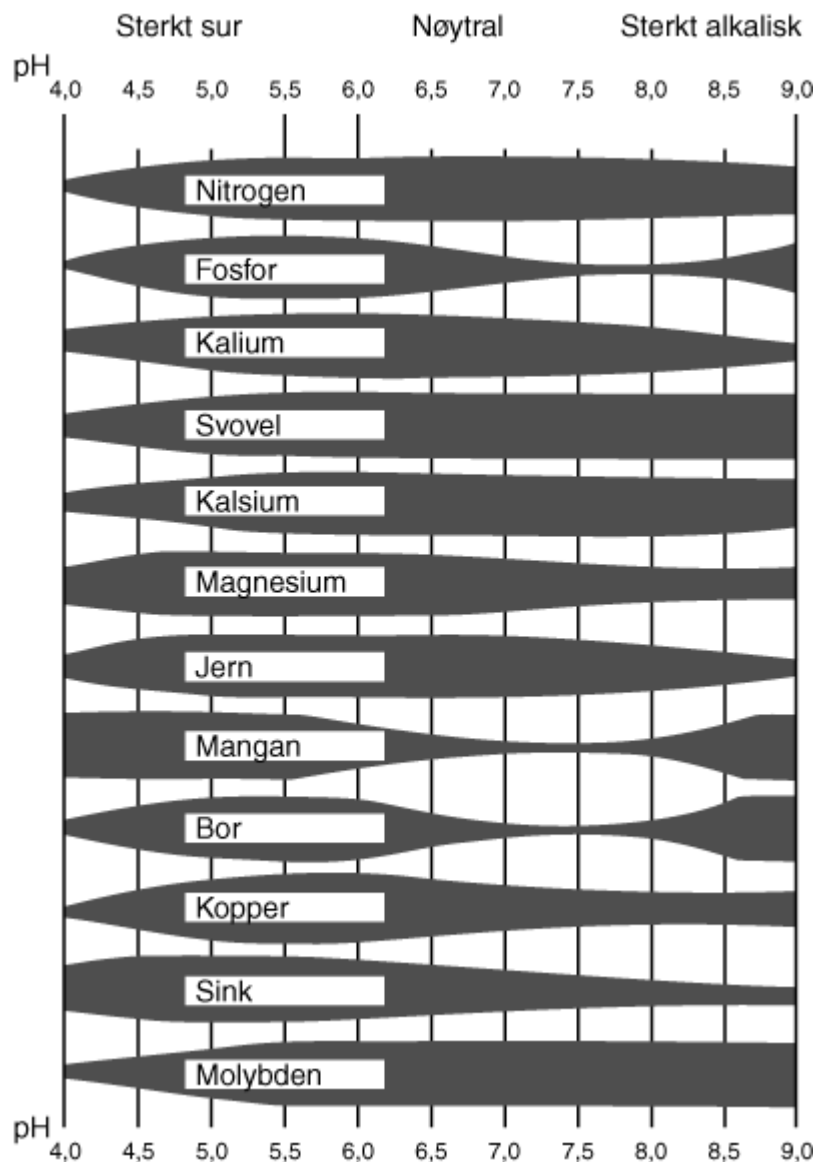
- Tilgjengeligheten på plantenæringsstoffer, spesielt fosfor, kalsium, magnesium og molybden blir dårligere
- Rotveksten reduseres grunnet forgiftning.
- Omsetning av organisk materiale reduseres sterkt
- Jorda får dårligere struktur
- Utvasking av blant annet kalsium og magnesium øker
- Nitrogenfiksering reduseres.

(McKinnon & Hansen, 2016)

For korn regner man at havre tåler lav pH bedre enn hvete og bygg. De fleste grasarter trives best med en pH mellom 5,8 og 6,5. Noen grasarter, som raigras, luserne og rødkløver stiller høyere krav til surhetsgraden. (Nesheim, 2014)

En høyere pH øker tilgjengeligheten av de fleste plantenæringsstoffer. Den optimale pH-en ligger mellom 5,5-6,5, avhengig av jordtype og kulturplante (Nesheim, 2014). En annen kilde fastslår at med en pH mellom 6 og 6,5 er plantenæringsstoffene best tilgjengelig. (Reiersen, 2021).

En for høy pH på over 6,5 -7,0 kan også gi mangel på ulike næringsstoff. I slike tilfeller er det spesielt mangel på fosfor, mangan, bor og sink som er problemet. (Nesheim, 2014)



Figur 1: Virkning av pH på tilgjengeligheten i organisk jord. Bredden på de mørke diagrammene angir tilgjengeligheten. (Skøien, 2003).

Spesiell ved bruk av mineralgjødning, synker pH-en betraktelig over tid. Dette er siden nitrogenet i de typene av mineralgjødning som er mest vanlig i Norge (Fullgjødning, OPTI-KAS og OPTI-NS) er bundet 50/50 som ammoniumnitrogen (NH_4^+) og Nitratnitrogen (NO_3^-). I prosessen hvor ammonium-N blir omdannet til nitrat-N blir det skilt ut H^+ ioner som gir lavere pH. Ei gjødsling med 15 kg N pr daa mineralgjødning vil dermed gi et kalkingsbehov på 11-15 CaO-ekvivalenter pr daa. (Nesheim, 2014)

*Tabell 5: Optimal pH for bygg avhengig av jordart og humusinnhold.
(Veiledning til jordanalyser, 2016)*

Jordart	Humusinnhold, %			
	<12	12-20	20-40	>40
Sand	5,8	5,6		
Siltig sand og silt	6,0	5,8		
Leirjord	6,2	6,0		
Mineralblandet mold			5,8	
Organisk jord (myr)				5,5

Plantetilgjengelig fosfor

Innhold for plantetilgjengelig fosfor uttrykkes som kjent som P-AL (Veiledning til jordanalyser, 2016). Fosfor (P), er et viktig næringsstoff, i planteproduksjon er fosfor et makronæringsstoff som er helt nødvendig for god plantevekst. Plantens mulighet til å muliggjøre seg av fosfor styres i stor grad av blant annet pH og jordtemperatur. Fosfor er mest tilgjengelig for plantene ved en pH over 6 og ved stigende temperatur fram mot 20 C°. Om våren er jordtemperaturen typisk lav og lite fosfor er tilgjengelig (Daugstad & Lunnan, 2016).

Store deler av landbruksjorda inneholder store mengder fosfor. Dette er siden fosfor binder seg sterkt i mineraljord og er lite bevegelig. Det er typisk også mye fosfor i Husdyrgjødsel. I gjødsel fra storfe er normverdiene på mellom 0,6 og 0,3 kg P pr tonn for blautgjødning og gylle fra Storfe. (Daugstad et al., 2012) For gras regnes gjødslingsnormen for 470 kg TS/daa som 1,6 kg P/daa. (Kristoffersen & Øgaard, u.å.).

Tabell 6: Fosforbehov angis i følgende klasser. (Veiledning til jordanalyser, 2016)

Kl.	P-AL (mg/100g)	Gjødslingsbehov
A	0-4 Lite	Sterkere gjødsling enn middels, slik at fosfortilstanden forbedres.
B	5-7 Middels/ optimalt	Balansegjødsling sikrer tilstrekkelig tilførsel til plantene, slik at nærings-tilstanden holdes ved like.
C1 C2	8-10 11-14 Godt	Gjødslingen kan reduseres noe, spesielt til mindre fosforkrevende vekster.
D	>14 Meget godt	Det anbefales ikke tilført fosfor til korn, oljevekster, eng og beite. Gjødslingen bør ikke sløyfes helt til vekster med stort fosforbehov, for eksempel poteter og rotvekster.

Jord med høye verdier av fosfor utgjør en betydelig forurensningskilde for vann og vassdrag. P-AL 5-7 anses som ideelt når man tar hensyn til plantedyrking og miljø. Ved dette nivået anbefales det å gjødsle etter balanse (altså like mye fosfor som det tas bort). Ved høyere fosforinnhold, som eksempelvis P-AL 7-14, kan jorda dekke en del av plantens fosforbehov. Ved P-AL som er høyere enn dette kan jorda dekke hele fosforbehovet. (Kristoffersen & Øgaard, u.å.)

Plantetilgjengelig kalium.

Innholdet av plantetilgjengelig kalium uttrykkes som K-AL. Kaliumbehovet angis i følgende klasser:

Tabell 7: De ulike klassene for kaliumbehov i jord. (Veiledning til jordanalyser, 2016):

Kl.	K-AL (mg/100g)	Gjødslingsbehov
1	0-6 Lite	Sterkere gjødsling enn middels, særlig til vekster med stort kaliumbehov. Store mengder kalium som forrådgjødsling kan derimot ikke anbefales.
2	7-15 Middels/ optimalt	Middels gjødsling, slik at kaliumtilstanden holdes ved like eller gradvis forbedres (se også syreløselig kalium).
3	16-30 Godt	Gjødslingen kan reduseres noe, spesielt til mindre gjødselkrevende vekster (se også syreløselig kalium).
4	>30 Meget godt	Gjødslingen kan som regel reduseres betydelig, men bør ikke sløyfes helt til vekster med stort kaliumbehov, for eksempel poteter og rotvekster.

Ei god grasavling fører bort betydelig mengder kalium. God kaliumforsyning er derfor viktig for å ta ut store avlinger. Til tross for dette er behovet for ei hard kaliumgjødning unødvendig siden gras kan ta opp mye kalium fra jorda. (*Kaliumgjødning til eng*, 2017)

2.4 Gjødningplanlegging

SSB regnet i 2013 med at 125 000 tonn nitrogen ble kjørt ut på norsk åker og eng. Alt dette inngår i nøye planlagte, regulerte og vurderte gjødningplaner. Rundt 32 prosent av nitrogenet blir tilført fra husdyrgjødsel. I snitt kjøres rundt 17,7 kg N pr daa i Norge vært år. Selv om tilførselen av næringsstoffer er nødvendig for gode stabile avlinger, kan disse næringsstoffene på avveie være et miljøproblem. Derfor er man pliktig til å ha en gjødningplan for disponering av husdyrgjødsel og mineralgjødning. (*Bonden sprer 125 000 tonn nitrogen på åker og eng*, u.å.). Grunnlaget for en god gjødningplan er en god skifteinndeling og notater fra tidligere år (Hydro agri Norge, 2000). Planleggingen bør starte med å svare på følgende spørsmål:

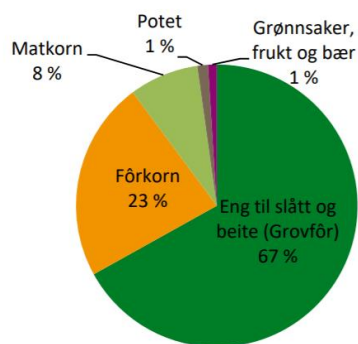
- Hva sier jordanalyser og jordarten om plantetilgjengelig næring i jorda?
- Er det behov for kalking for å bedre tilgjengeligheten på næringsstoffer?
- Hvilket avlingsnivå forventes?
- Tilbakeføres næring i form av halm, belgvekster eller annen organisk materiale?
- Hvilke mengder og næringsinnhold i husdyrgjødsel e.l. kan påregnes?
- Hvor stor ettervirkning av forkultur eller husdyrgjødsel?
- Er det spesielle behov for andre næringsstoffer enn N, P og K?
- Hvilken gjødningpraksis legges det opp til?

(Hydro agri Norge, 2000)

3. Grovfôrdyrking

Grovfôr er den planteproduksjonen som tar opp desidert mest av arealbruken i norsk landbruk. Dette har sin naturlige forklaring. Store deler av landet har dårlige forutsetninger for annen planteproduksjon, både grunnet dårlig arrondering, vanskelig terreng, men også kort vekstsesong og uforutsigbart klima. Gjennom kanaliseringspolitikken, som ble vedtatt å åra etter første verdenskrig for å øke selvforsyningsgraden. Er korn og grønnsaksproduksjonen er hovedsakelig konsentrert til Trøndelag og Østlandet, mens man på Vestlandet, Fjellbygdene og Nord-Norge har grovfôrproduksjon. (Bunger & Tufte, 2016)

Norges jordbruksareal er kartlagt til å være på 11,3 millioner dyrket mark, av dette var 9,8 millioner daa i drift i 2016. I tillegg er 137 millioner daa av utmark tilgjengelig av god, og svært god kvalitet. Matproduksjon basert på grovfôr og beite må derfor anses på som arealeffektiv i et land med topografi og vekstforhold som Norge.



Figur 2: Bruk av norsk jordbruksareal (Thuen & Tufte, 2017).

Enkelt sagt er grovfôr ensilert gras (surfôr), gras (beite), og tørt stråfôr (høy og halm). Surfôr er det dominerende typen grovfôr her i landet, og brukes derfor synonymt med surfôr. (Thuen & Tufte, 2017)

Energiinntaket til melkekyr består typisk an andel grovfôr og en andel kraftfôr. Kraftfôret består av både norske og importerte kraftfôrråvarer. På energibasis besto fôret til norske melkekyr av grassurfôr (45%), beite (10%) og kraftfôr (43%) (Thuen & Eldby, 2015).

Kraftfôret besto i 2016 ifølge AgriAnalyse av 45% inporterte råvarer, og 55% norske råvarer. Denne fordelinga varierer fra år til år, ofte avhengig av hvor gode kornavlinger vi tar i Norge.

Norske melkekyr har større potensiale til å ta opp mer grovfôr. Da må i midlertidig grovfôr kvaliteten opp i forhold til utviklingen de siste årene. Ved å øke grovfôr kvaliteten kan man opprettholde en melkeytelse med mindre bruk av kraftfôr (Thuen & Fjellhammer, 2016).

Også Tine var økte mål om større norskandel i fôrandelen. I 2012 gikk Tine ut med en målsetning om at den norske fôrenergien til melkekyr skulle være 85%. Da var gjennomsnittsavdrått på 7509 kg EKM. I 2015 hadde gjennomsnittsavdrått økt til 8 147 kg EKM, mens norskandelen hadde sunket til 82%. Vi ser da at vi dessverre har hatt en negativ utvikling i forhold til norskandelen i fôret til norske melkekyr (Volden, 2016).

Økt grovfôrkonsentrasjon (FEm kg/TS) og økt grovfôropptak regnes som beste mulighet for å øke norskandelen i fôrrasjonen og få bedre ressursutnytting i melkeproduksjonen. Dette siden bedre grovfôr kvalitet og gir bedre bruk av norske jordbruksarealer, samtidig som muligheten for å bruke mer norsk korn, og mindre importert soya øker. Dette er positivt for selvforsyningsgraden og klimautslippet (Aass et al., 2016).

En undersøkelse om ble gjort an Agrianalyse i 2017 skulle finne ut av de de største utfordringene i forhold til grovfôr kvalitet og engdyrking blant norske melkeprodusenter. Gjennom Tine og Q-meieriene sine systemer ble det sendt ut spørreundersøkelser. Undersøkelsen kom fram til følgende momenter.

- De fleste bønder har motivasjon og målsetninger i forhold til grovfôr kvalitet og avling
- Været pekes på som største utfordring for bedre grovfôr kvalitet.
- Leiekontrakter og tilgang til areal er en utfordring.
- Nær 35% av alle bønder usikre på eget avlingsnivå.
- Fôrprøver betegnes som dyrt og tidskrevende.

(Thuen & Tufte, 2017)

For å øke selvforsyningsgraden, ressursutnyttelsen og redusere klimagassutslippet må bedre og mer grovfôr anses som et godt tiltak får å nå disse målene. Hvordan når vi disse målene da?

For å få en forståelse for hvordan vi kan vi skal forbedre grovfôrproduksjonen kan vi gå gjennom den vanlige praksisen for grovfôrdyrkning.

3.1 Hva er godt grovfôr?

For å vite hvilke målsetninger for grovfôrdyrkingen man skal sette seg, kan det være greit stille seg spørsmål rundt hva som er godt grovfôr? Det er en rekke begreper det er greit ha kontroll på når man snakker om grovfôr og grovfôrkvalitet:

Tabell 8: Forkortinger brukt om kvalitet på grovfôr (Ebbesvik, 2017):

Begrep	Forklaring
Energi	Fôrets energiinnhold blir målt i megajoule (MJ). Også FEm (forenhet melk) brukt som mål på energiinnholdet i fôret til drøvtyggere. 1 FEm er det samme som 6,9 MJ eller nettoenergi i 1 kg bygg med 87% tørrstoff.
AAT	Står for «Aminosyrer absorbert i tarmen» og er et mål for proteinbehovet til drøvtyggeren
PBV	«Proteinbalansen i vom». PBV viser balansen mellom protein i fôret som kan brytest ned og mikrobeprotein bygd opp i vomma.
NDF	Er nøytral løselig fiber og et uttrykk for fibermengde i fôret.
iNDF	Ufordøyelig NDF
Tørrstoff (TS)	Den delen av fôret som ikke er vann
FEm/kg TS	Er fôrenhetskonsentrasjonen til fôrmiddelet

Et godt grovfôr måles etter energi og protein i form av fôrenheter, og gram AAT og PBN pr kg tørrstoff. Dette kalles vi ernæringsmessige kvaliteter. I tillegg får resultatet av fermenteringsprosessen, hvor graset er omdannet til surfôr (Mo, 2005).

Ved grovfôr er det sterk sammenheng mellom fordøyeligheten av plantemateriale og energiverdi, da fordøyeligheten er det som bestemmer den potensielle energiverdien. Fordøyeligheten bestemmes av cellevegginnhold og fordøyelighet av dette. Hvordan mengde og innholdet i celleveggene virker på fordøyeligheten av plantematerialet, påvirkes av faktorer som forhold blad/stengel, alder på plantebestanden samt ytre faktorer som daglengde, lysintensitet og temperatur (Todmed & Lunnan, 2017). Generelt er den en regel at blad har høyere fordøyelighet enn stengel, og at økt alder medfører lavere fordøyelighet av stengel (Mo, 2005).

Tabell 9: Viktige parametere og nøkkeltall for optimal kvalitet av surfôr (Analyse av grovfôr til drøvtyggere, 2012):

Protein g pr.kg TS	NDF g pr. kg TS	Ufordøyelig NDF g pr. kg NDF	Fyllverdi laktasjon pr. kg TS	NELp20MJ pr. kg TS	FEm pr. kg TS (gammel fôrvurdering)
140- 160	480- 520	80-120	0,47- 0,50	>6,3	>8,85

3.2 Vanlig praksis ved Grovfôrdyrking

Ved engdyrking er det flere faktorer man må ta hensyn til. Klima og driftsforhold setter begrensninger og gir muligheter, samtidig kan bonden selv ha stor innvirkning på både kvalitet og mengden grovfôr som høstes.

En stor del av planlegginga av grovfôrproduksjonen vil være knyttet til hvilken produksjon og dyreslag grovfôret skal benyttes til. Typisk trenger sau, ammeku og sinkyr fôr med lavere forenhetskonsentrasjon (FEm) enn melkeproduserende kyr.

Typisk regner man avling ved FEm/daa. Under spørreundersøkelsen «Engdyrking og grovfôr kvalitet» oppga rundt 30% av respondentene at de hadde et avlingsnivå på rundt 400 – 599 FEm pr daa. (Thuen & Tuft, 2017) Gjennomsnittet for alle bruk med melke- og storfeproduksjon for hele landet var på 366 FEm pr daa i 2015. (NIBIO, 2016).

For å kunne ta store avlinger av høy kvalitet kreves det at forholdene er godt tilrettelagt for plantevekst. God grøfting og kalking, yterike arter, slått til rett tid og optimal gjødsling med en balansert tilførsel av makro- og mikronæringsstoffer. (Hydro agri Norge, 2000)

3.2.1 Sorter

Typisk består enga av flerårige grasarter. Ulike grasarter utgjør, som nevnt, størstedelen av planteproduksjonen i Norge. Grasartene omfatter mange arter, og vokser så å si over alt. Gras er typisk av forskjellig slag, og har tilpasset seg mange ulike vekstforhold.

Gras kjennetegnes slik: «Gras har hule, leddete strå, med blad i to rekker». Videre hører gras til enfrøbladete planter og har trevlerøtter, linjeformede blad og tre-talls blomster (Grønnerød, 1969).

Den vanlige botaniske inndeling av grasfamilien er vesentlig etter blomsterbygning og slektskap i grupper, slekter og arter. For å se på praktiske bruksegenskaper i grovfôrdyrking kan vi dele inn grasartene på følgende måte:

- **Buskingstypen:** Tuedannende gras eller utløpergras. Vi har også gras med overjordiske utløpere og underjordiske utløpere.
- **Skuddtypen:** Etter skuddtypen kan vi dele grasartene inn i to grupper, nemlig bladgras og strågras. Denne inndelinga er det viktig kjenne forskjellen på ved for den praktiske grasdyrkinga. Bladgras er typisk mer bladrike og har raskere gjenvekst enn strågras.
- **Varigheten:** Her skiller vi typisk mellom ettårige, vinterrettårige og flerårige gras.
(Grønnerød, 1969)

Sortsvalget vil ha stor virkning på avlingsnivå og forenhetskonsentrasjon, i tillegg til smakelighet, bruksområde og varighet av enga. Ved slåttesystemer med flere intensive slåtter, samt gode forhold for overvintring, er bladgras mer vanlig enn ved mer ekstensiv drift mer vanskeligere forhold for overvintring (Mo, 2005).

De vanligste engfrø-blandingene i som forhandles i Norge inneholder jevnt over en betydelig mengde timotei, samt noen engsvingel, raigras, kvit- og rødkløver avhengig av varighetsgrad, bruksområde og herdighet. Valg av slåttetidspunkt tas ofte etter utviklingsstadiet på den dominerende grasarten i enga. Derfor snakker vi ofte om begynnende skyting på timotei som ideelt slåttetidspunkt ved grovfôrproduksjon. Ved feltforsøk beskrevet senere i oppgaven ble de tre følgende engfrøblandingene brukt:

Tabell 10: Oversikt over aktuelle engfrøblandinger i ulike deler av Norge (Grovfôr 2020-2021, 2020):

Engfrøblanding	Sorter		Bruksområder
Spire Vintersterk	Timotei Lidar Timotei Grindstad Engsvingel Norild	40 % 40 % 20 %	Vintersterk surfôrblanding. Passer langs kysten i Nordland og i høgtliggende områder i Midt- og Sør-Norge. Egnet for to slåtter. Grindstad og Lidar timotei i blanding med engsvingel uten kløver.
Spire Surfôr pluss 10	Timotei Grindstad Engsvingel Minto Fl. Raigras Figgjo Rødkløver Lea	65% 15% 10% 10%	Surfôrblanding for steder med mild vinter, kyststripa nord til Trøndelag – Helgelandskysten. Flere slåtter, høgt avlingspotensiale. Timotei, engsvingel, raigras og kløver
Spire Surfôr/beite Vestland	Timotei Liljeros Engsvingel Vinjar Engrapp Knut Hundegras Laban Fl. Raigras Figgjo Raisvingel Hykor Strandsvingel Swaj Kvitkløver Litago	35% 10% 15% 7% 10% 8% 10% 5%	Allsidig blanding som egner seg til slått og beiting. Sørlig timotei sammen med flere grasarter bl.a raisvingel og strandsvingel.

Egenskaper ved ulike engvekster:

Timotei er den dominerende grasarten i norsk grovfôr dyrking. Timotei er en tuedannende flerårig strågras (Grønnerød, 1969). Generelt har timotei rask etablering etter såing, god vinterherdighet og stort avlingspotensiale og fôr kvalitet – spesielt ved førsteslått. Endringer i driftsopplegg med tidligere slått, flere slåtter pr år, sterkere nitrogengjødsling og lignende har gjort at timoteien har blitt mindre varig i enga. Timotei er til tross for dette enda dominerende, men komplimenteres gjerne med andre grasarter for å oppnå varige, årssikre avlinger. (Todnmed & Lunnan, 2017).

De er flere sorter timotei, gjerne med flere bruksegenskaper. De nordnorske-sortene har typisk stor avling ved førsteslått, god vinterherdighet, men dårlig evne til gjenvekst til andreslått (Grønnerød, 1969). De senere år har Timoteisorten Lidar vist seg å gjøre det bra i nordnorske sortsforsøk og har blitt aktuell i mange engfrøblandinger (Renna, 2021).

Engsvingel er en bladgras som ofte velges sammen med timotei i flere engblandinger. Engsvingel hadde meget god fôrkvalitet i både første- og andreslått, og innblanding av denne grasarten hever fôrkvaliteten i både bladfaks- og timoteibaserte flerartsenger (Todnmed & Lunnan, 2017).

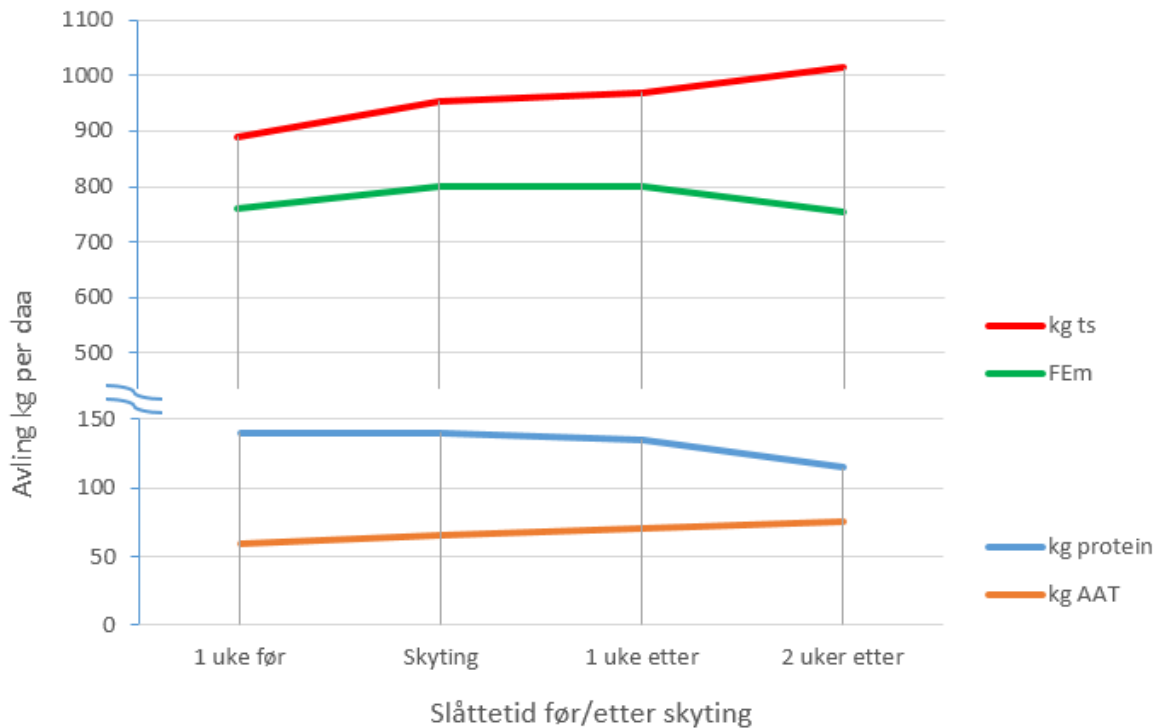
Raigras er et bladgras som passer godt i eng som høstes hyppig for å gi et lettfordøyelig fôr. Den går i midlertidig lett ut om vinteren og dyrkes kun langs kysten nord til ytre Helgeland og de beste områdene i Trøndelag og Østlandet (Bakken & Langelund, 2018).

I tillegg er det flere positive følger av å inkludere engbelgvekster i enga. Proteininnholdet i kløver er mye høyere enn i gras, spesielt ved økologisk drift er dette tilfelle. I tillegg bidrar kløveren til nitrogen-fiksering. Rød- og kvitkløver de vanligste kløvertyperne i norsk eng (Tor Lunnan, 2003). Man regner med at man realistisk etter norske forsøk kan binde mellom 4 til 18 kg N pr daa og år avhengig av forskjellige faktorer (Serikstad et al., 2013). Bruk av kløver i engblandinga gir positiv effekt på avling, protein- og mineralinnhold og lavere fiberinnhold i fôret (Tor Lunnan et al., 2017).

Rødkløver er mer langvoksende av utseende. Og gir ofte større avling og proteininnhold enn hvitkløver. Den er dog kortvarig. Hvitkløver er krypende, og er mer langvarig og tåler hyppigere slått (Røthe et al., 2007).

3.2.2 Slåttestrategi

For å oppnå høy grovfôrandel må en sikre seg energirikt grovfôr. Dette betyr i mange tilfeller tidlig høsta eng. (Kval-Engstad, 2017). Spesielt med varmere høster de siste sesongene anbefales det at man revurderer tidspunkt for førsteslått. Men mer fokus på tilpasset grovfôrproduksjon kan man også tenke mer differensiert dyrking, med ulike kvaliteter på ulike skifter. Da må man vurdere agronomiske momenter som arrondering, avstand, bæreevne, og lagelighet. Tidligere, og flere slåtter, gir mer stress på jord og planter, og øker generelt behovet for fornying. Dette er imidlertid avhengig av lokale forhold. I noen tilfeller kan man erfare at tidligere 1.slått gir bedre forhold for gjenvekst og vekstavslutning, og dermed og varigheten. (Kval-Engstad, 2017).



Figur 3: Effekt av utviklingstrinnet ved førsteslåt på ulike mål for avlingsmengde (Mo, 2005).

Ved planlegging av vekstsesongen må slåttestrategien være klar før 1. slått. Med de engblandingene som er vanlig i de fleste deler av Norge med betydelige mengder timotei i engfrøblandingene, før vi typisk størst avling i 1. slått. Derfor må vi ha klare kvalitetsmål klar til da (Kval-Engstad, 2017).

Å øke grovfôrandelen til norsk melk- og kjøttproduksjon har lenge vært tema. I rapport gitt ut i 2009 ble det sett på hvordan man kunne finne ut hvordan en kunne oppnå god energienhetskonsentrasjon og avling, med spesielt fokus på slåttetidspunkt (Bakken et al., 2009).

I dette forsøket ble slåttetidspunkt bestemt av ønsket energienhetskonsentrasjon. Ønsket energikonsentrasjon ble på 0,90 FEm og 0,85 FEm ved alle slåtter. I tillegg ble det satt to gjødselregimer med nitrogennivå på 12 kg N pr daa og 24 kg N pr daa. Gjødsel ble gitt som Fullgjødsel 18-3-15 på forsøksfeltet på Løken og som Fullgjødsel 18-3-15 og Fullgjødsel 22-2-12 ved forsøksfeltet på Særheim. Forsøksserien viste at målet om å oppnå et energiinnhold på førsteslått på over 0,90 FEm pr kg TS ble nådd ble alle forsøksfeltene så lenge man slo ved begynnende skyting på timotei.

Grovforkvaliteten på førsteslåttan var da god, med Fordøyelighet på rundt 80%, NDF-innhold under 50% og råproteininnhold på 15-20% av TS avhengig av N-gjødselnivå. Ved andreslåttan så man tydeligere forskjell mellom de ulike gjødselstrategiene, der man jevnt over fikk høyere FEm kg TS på andre og tredjeslåttan ved sterkere gjødsling. Begge de målsatte målene for FEm pr kg TS ble nådd, uavhengig av slått og gjødselstrategi (Bakken et al., 2009).

3.3 Gjødsling av eng

I denne oppgaven ligger fokuset på hvilke faktorer som ligger til grunne for best mulig utnyttelse av husdyr og mineralgjødsel. I vurdering og planlegging legger vi ofte grunnlag i næringsstoffet Nitrogen.

Utnyttelsen av nitrogen regnes som en av hovedfaktorene for en miljømessig og økonomisk bærekraftig landbruk (Ryan et al., 2011). Nitrogen finnes i store mengder i naturen, problemet er at nitrogenet oftest forekommer i en form de fleste levende organismer ikke kan nyttegjøre seg av. Vi sier da at nitrogenet er innaktivt som N₂-gass i atmosfæren. For at organismer skal kunne nyttegjøre seg av næringsstoffet må det opptre i en biologisk tilgjengelig form. Dette er da som nitrat, ammoniakk, lystgass eller ulike NO_x-forbindelser (Serikstad et al., 2013).

«Å gjødsle er å gjøre jorda god»

Dette uttrykket finner vi i boka «Økologisk jordkultur» utgitt av Norsk senter for økologisk landbruk. Gjennom blant annet en rett gjødselstrategi tilfører vi de næringsstoffene som gjør jorda fruktbar, slik at vi videre kan få fotosyntesen, og dermed planteproduksjonen, til å fungere best mulig.

Når det kommer til gjødsling av eng, velger jeg å begynne med en overskrift Fiskå Mølle brukte i en fagartikkel rundt grovfôrproduksjon. «Store avlinger handler ikke om tilfeldigheter». Det kreves en helhetlig planlegging, oppfølging og vurdering for å ta gode grovfôravlinger

Kvalbein og Eldhuset (Kvalbein & Eldhuset, 2017) konkluderte med at følgende strategi måtte til for den optimale gjødselstrategien:

Alle planter har behov for næringsstoffene i omtrent samme forhold. Ved å ta utgangspunkt i dette forholdet kan man lage en gjødsel der nitrogen er det vekstbegrensende eller styrende næringsstoffet (minimumsfaktoren). Ved å bruke denne gjødselblandingen kan man styre planteveksten og, om ønskelig, utnytte plantas vekstpotensial fullt ut. Dersom jorda eller vekstmediet allerede inneholder mye av enkelte næringsstoffer, bør man ta hensyn til det, slik at plantenes næringsforsyning blir balansert. Næringsrik og godt drenert jord kan frigjøre mye næring til plantevekst når temperatur øker om sommeren. Gjødslingen må ta hensyn også til dette for å gjøre næringstapet til naturmiljøet mindre.

Gjødsling, særlig med nitrogen, er et meget sterkt verktøy som kan gi mer mat til en økende befolkning. De andre næringsstoffene må være tilgjengelige i passende mengder i forhold til nitrogen. Riktig gjødsling vil utnytte ressursene godt, gi store avlinger og bedre plantekvalitet.

Normavling og Gjødselnormer

Typisk fører ei grasavling på 750 kg tørrstoff med 90% gras og 10% rødkløver bort 15 kg N, 2,5 kg P og 17 kg K. Dette kan variere etter jordart, gjødsling og andre agronomiske forhold (Hydro agri Norge, 2000)

Tabell 11: Anbefalt gjødsling til eng og beite. (Hydro agri Norge, 2000):

Eng, med lite kløver*	Normal- avling i kg tørrstoff per dekar	Gjødslingsnorm i kg per dekar			Tillegg/reduksjon i kg per dekar per 100 kg tørrstoff avlingsendr.		
		N	P	K	N	P	K
Flatbygder Østlandet og Trøndelag							
2 høstinger	700	22 (18-24)	3 (2-4)	16 (10-18)	2,0	0,3	2,0
3 høstinger	850	25 (22-30)	3,5 (2-5)	20 (12-22)	2,0	0,3	2,0
Fjellbygder og Nord-Norge							
1 høsting	500	12 (10-14)	2,5 (2-4)	10 (8-14)	2,0	0,3	2,0
2 høstinger	700	20 (16-22)	3 (2-5)	15 (10-16)	2,0	0,3	2,0
Kyst- og fjordbygder							
2 høstinger	750	22 (18-24)	2,5 (2-4)	17 (14-20)	2,0	0,3	2,0
3 høstinger	850	25 (22-30)	3 (2-5)	20 (16-24)	2,0	0,3	2,0
Beite							
2 avbeitinger	350	16 (12-16)	2 (2-4)	10 (8-12)	2,0	0,3	2,0
3 avbeitinger	450	20 (16-22)	2,5 (2-4)	12 (10-16)	2,0	0,3	2,0

Også NIBIO har gjennom Gjødselhandboka laget tabeller for normgjødsling. Ved gjødsling for eng skilles det mellom intensiv og ekstensiv(normal) drift. For slåttetundspunkt brukes verdiene for 0,90 FEm ved tidlig slått (intensiv drift), mens 0,85 ved vanlig siloslått (ekstensiv drift). Se tabeller for normavling og normgjødsling ved intensiv drift under.

Tabell 12: Normbehov, normavling og endring i gjødsling ved 2 slåtter og 2 gjødslinger ved intensiv drift (6. Eng og førvekster, u.å.)

	Normbehov			Lineær korreksjon		
	N	P	K	N	P	K
	kg/daa ved 400 FEm			kg/100 FEm		
Eng, intensiv drift:						
- ei høsting	11,0	1,6	7,0	2,0	0,3	1,5
- to høstinger (evt. beiting)	15,0	1,6	8,5	2,0	0,3	1,5

Tabell 13: Normbehov, normavling og endring i gjødsling ved 2 slåtter og 2 gjødslinger ved ekstensiv drift (6. Eng og førvekster, u.å.)

Eng, normal drift:						
- ei høsting	10,0	1,6	6,5	2,0	0,3	1,5
- to høstinger (evt. beiting)	13,0	1,6	7,5	2,0	0,3	1,5

Mye hardere gjødsling enn hva gjødselplan anbefaler, har i mange forsøk vist seg ikke gi noen form for avlingsutslag. I en forsøksserie fra hele landet gjennomført i 2018 og 2019, gav resultatene fra Nordland lavere avling ved 8 kg N ekstra per daa en felt som fulgte normgjødslingene fra gjødselplanen (910 kg TS/daa mot 910 kg TS/daa). Råproteinet økte noe, men ikke betraktelig ved hardere gjødsling. I 2019 gav samme gjødselstrategi en noe høyere avling (1096 kg TS/daa mot 1085 kg TS/daa), uten at det rettferdiggjorde den hardere gjødslinga (Dyrhaug, 2020).

Nibios Gjødselhandbok anbefaler ved toslåttssystem at det gis 15 kg N til de første 400 FEm, med en økning på 2 kg N per 100 FEm utover de første 400 FEm (Jørgensen et al., 2020).

3.3.2 Husdyrgjødsel

Mye av grunnlaget for gode grovfôravlinger legges ved tilførsel av husdyrgjødsel, eller «bondens gull» som det heter fra gammelt av. Husdyrgjødsel er viktig for planteproduksjon på flere måter, både som kilde for plantenæringsstoff, men også som jordforbedrer og stimulanse for organismene i jorda (Hansen & McKinnon, 1999).

Mengden tilførte husdyrgjødsel på eng er ofte betydelig. Virkningsgraden av den, og næringsinnhold varierer betydelig mellom hvilket gjødselslag det er snakk om, tørrstoffprosent og metode for utkjøring. (Uhlen & Bærug, 1990). Spredning i kjølig, stille og fuktig vær regnes som gunstig, mens varmt og tørt vær med vind er ugunstig. (2. *Tabeller over virkningsgrad av husdyrgjødsel*, u.å.)

Som nevnt varierer næringsinnholdet i husdyrgjødsel en del mellom dyreslag, samt innenfor de enkelte dyreslaga. Dette kommer av ulike fôring, oppstalling samt tørrstoffinnhold og mekaniseringslinje. En praksis kjennskap til hvordan innholdet av de ulike næringsstoffene varierer i husdyrgjødsel, samt analyseprøver av både jord og møkk er en viktig forutsetning for gjødselplanlegginga. (*Husdyrgjødsel*, 2017)

Nitrogenet i husdyrgjødsel består av organisk og uorganisk nitrogen. Uorganisk nitrogen kan lett tapes gjennom fordampning til luft. Hvor mye en taper avhenger mye av spredemetode og tidspunkt. Det organiske nitrogenet er ikke direkte plantetilgjengelig, men vil frigjøres over tid. For god utnyttelse av fosforet i husdyrgjødsel er også optimalt spredetidspunkt kritisk. Forholdet mellom nitrogen og fosfor samsvarer ikke med plantenes behov for disse næringsstoffene. Gjødsler vi etter nitrogenbehovet i plantene vil fosfortilførselen bli for høy. (Skøien et al., 2011)

Utnyttelsesgraden av Nitrogenet i husdyrgjødsel øker ved lavere tørrstoffprosent. (2. *Tabeller over virkningsgrad av husdyrgjødsel*, u.å.). For å mikse tørrstoffprosenten, tilsetter vi ofte vann. Vi kaller da gjerne denne gjødsel for Gylle.

De ulike næringsstoffene finner vi, i varierende grad, i den faste delen og vannfasen i husdyrgjødsel. De ulike næringsstoffene er bundet ulikt i husdyrgjødsel. Kalium, og om lag halvparten av nitrogenet finnes i vannfasen, mens fosfor og svovel i stor grad er bundet til tørrstoffet (Borchsenius, 2020).

Mengden husdyrgjødsel som kjøres ut påvirker utnyttelsesgraden av næringsstoffene i husdyrgjødsel. Flere forsøk viser at utnyttelsesgraden av husdyrgjødsel går ned ved bruk av store mengder. Dette grunnet sammenheng mellom faktorer som spirehemming, uheldige omsetningsforhold i jorda, tilgrising av bladverk, tiltetting av porer i tillegg til en dårligere utnyttelse av næringsstoffet i plantene når det tilføres mer næring enn det er behov for. (2. *Tabeller over virkningsgrad av husdyrgjødsel, u.å.*).

Spredemetoder

En best mulig utnyttelse av husdyrmøkka oppnår en med spredning tidlig i vekstsesongen. Høstspredning gir større fare for avrenning og derfor større tap av næringsstoff sammenlignet med spredning i sesong. (Skøien et al., 2011).

I vekstsesong skiller vi også mellom vår- og sommerspredning. Ved vår og sommerspredning regner vi med full utnyttelse av fosfor og kalium. I tillegg er det liten sjanse for avrenning av organisk nitrogen i vekstsesongen. Det er derimot stor fare for gasstap. (2. *Tabeller over virkningsgrad av husdyrgjødsel, u.å.*).

De vanlige spredemetodene for blautgjødsel i Norge er følgende:

- **Breispreder (bladspreder eller fanespreder) for spredning av blautgjødsel, med eller uten vogn.**

Tradisjonelt mest vanlige metode for spredning av bløtgjødsel, med eller uten vanntilførsel. Spreder monteres på vogn eller på traktor med slepeslange. Spredningen foregår med lavt trykk. Betydelig eksponering til luft.

- **Stripespreder, med eller uten vogn**

Gjødsel legges i striper oppå bakken med rundt 5-8 cm bredde med 20-40 cm radavstand.

- **Nedfeller, med eller uten vogn**

Gjødsel blir plassert i bakken gjennom ulike metoder. Lite eksponering mot luft

- **Tankvogn med kanon**

Gjødsel blir kastet ut i lufta med høyt trykk. Stor eksponering mot luft og fare for NH₃-tap.

(Koesling et al., 2009)

3.3.3 Nitrogen

Virkingseffekten av nitrogen er avhengig av hvor mye av dette som er omdannet til mineralsk nitrogen, samt andre faktorer som nevnt tidligere, som spredemetode, tørrstoffinnhold og tid fram til nedmolding. (*Husdyrgjødsel*, 2017). Nitrogen er det næringsstoffet vi oftest legger fokus på i gjødselplanlegginga, siden dette normalt er det mest kritiske næringsstoffet med tanke på avlingseffekt.

Tørrstoffavlinga av gras er sterk avhengig av nitrogenforsyningen. Hva som er optimal tilføring av N-mengde, er det gjort flere forsøk på. Anbefalt mengde tilført nitrogen øker med antall slåtter. Typisk er anbefalt N-gjødsling pr slått slik:

Tabell 14: Typisk anbefalt N-gjødsling pr slått (Uhlen & Bærug, 1990):

Antall høstinger	1	2	3
Kg N/da årlig	8-12	16-24	22-28

De høyeste N-mengdene anbefales til intensiv drift med kravstore grasarter, og tidlig slått, samt mål om store avlinger. De lavere N-mengdene anbefales ved mer ekstensiv drift, kløvemengde, samt økonomi og kostnader på handelsgjødsel. En regner med at en kan spare inn 5-10 kg N/daa ved høyere kløverandel i eng med to til tre høstinger. Gjødsling over 10-15 kg N/daa reduserer rast kløvermengden til mellom 15-0 %.. (Uhlen & Bærug, 1990).

Ved en gjødsling over 12 kg/daa går også N-effektiviteten betraktelig ned. Gjødsselforsøk gjennomført i Norge i to-slått system viser at 24 kg N/daa/år er mer en tilstrekkelig, og at N-effektiviten er betydelig høyere for de første 12 kg N som ble tilført enn de siste 12 kg N (Tor Lunnan & Nesheim, 2002).

Videre har Nitrogen den effekten at:

- Proteininnholdet øker
- Ved for hard N-gjødsling kan grønne blad ha for stort nitratinhold og kan forårsake forgiftning
- Vil øke innholdet av Ca, P og K i plantene
- Påvirker den vegetative veksten, noe som gir økt tørrstoffavling i gras
- Mindre kløverinnhold (spesielt rødkløver).

(Grønnerød, 1969).

3.3.4 Forsfor

Gjødselvirkningen av fosfor fra storfemøkk er tilsvarende den fra mineralgjødning. Fosfor fra hønsemøkk har typisk lavere virkningsgrad. (*Husdyrgjødsel*, 2017). Fosforet, finner vi som nevnt tidligere, først og fremst i tørrstoffet i husdyrgjødsel. Plantenes fosforbehov dekkes i stor grad av små mengder tilført husdyrgjødsel (Borchsenius, 2020).

I stor grad vil det være hensiktsmessig ta hensyn til P-AL tallene fra jordanalyse ved gjødselplanlegging. Høye P-AL tall finner vi ofte ved bruk med husdyrproduksjon. For høye fosforkonsentrasjoner fører lett til avrenning og forurensning (Fystro et al., 2012).

3.3.5 Kalium

For Kalium regner man og at husdyrgjødsel fra alle dyreslag har tilsvarende gjødslingseffekt som ved mineralgjødning. (*Husdyrgjødsel*, 2017). Ved siden av N, er K det næringsstoffet vi tar bort mest av gjennom ei grovfôravling. Mengden K som tilføres gjennom mineralgjødning vil variere mye mellom de ulike typene som blir valgt. Det er sjeldent det er behov for å tilføre store mengder K i engdyrkinga, dette av flere grunner. (Uhlen & Bærug, 1990).

1. Jorda har store lagre av K. Et overskudd av K vil gi redusert opptak av Mg, Ca og Na.
2. Gårder som produserer grovfôr, har ofte store mengder husdyrgjødsel tilgjengelig og K-behovet blir gjerne dekt her. (Uhlen & Bærug, 1990)

Kalium har i tillegg innvirkning på overvintringsevnen til graset (Renna, 2018). Overskudd av K kan gi redusert forklighet, og jordas K-AL verdier burde tas i betraktning ved gjødselplanlegging (T. Lunnan et al., 2018).

3.3.6 Svovel

Virkningsgraden av svovel er lav i husdyrgjødsel sammenlignet med mineralgjødning. (*Husdyrgjødsel*, 2017). Svovel er et kritisk næringsstoff for all plantevekst. Vi regner typisk et behov for ca. 3 kg svovel per daa og år. Ved nydyrka jord, og sandjord, vil behovet for svovel øke. Svovelmangel kan forekomme ved følgende forhold:

- Sur jord
- Skarpe, lette jordarter (utvasking)
- Lavt moldinnhold
- Dårlig drenert (vassjuk) jord
- Områder med lite svoveltilførsel via tørravsetning og nedbør.

(*Svovelmangel - Eng og fôrvekster*, 2018)

Svovel er viktig for klorofylldannelse og effektiv nitrogenutnyttelse og er en komponent i co-enzymmer og andre proteiner. (*Svovelmangel - Eng og fôrvekster*, 2018) Videre regner vi Svovel som kritisk for proteindannelsen i gras (Renna, 2018).

Lett sandjord er utsatt for mangel på svovel, spesielt da i nedbørrike strøk. Svovel blir tilgjengelig gjennom mineralisering av organisk materiale i jorda, og ved kjølige forhold vil denne mineraliseringen senke opp. Svovel i blautgjødning mineraliseres fra sulfid til sulfat for å være plantetilgjengelig, denne prosessen påvirkes av jordtemperatur og andre omsetningsforhold. Ved kalde jordarter der mineralisering går seint, kan det være hensiktsmessig med gjødning med Sulfan (Renna, 2018).

Ved økologiske gårder viste undersøkelser gjennomført i 2001 og 2002 at økt tilførsel av svovel kun økte avlingene signifikant ved svært lave S-tall i jordsmonnet. Behovet for Svovel regnes derfor mindre der siden det tilføres mindre lettløselig gjødning. (Hansen & Bakken, 2006). Et annet forsøk med tema økt svoveltilførsel ved økologisk grovfôr ble det anbefalt S-tilførsel, men da fra et fôringsperspektiv (Arstein, 2004).

At svovel øker nitrogenutnyttelsen i planter, og at svovel derfor er kritisk å tilføre, har større fokus i konvensjonell drift. Vanlige normer for svovel-tilførsel baseres på karbon/svovel-forhold og nitrogen/svovel-forhold. For disse forholdene er verdiene henholdsvis 200/1 (c/s) og 15-17/1 (n/s) (*Temperatur og tilgjengelighet av næringsstoff til eng*, 2020). C/S -forholdet påvirkes ved økt bruk av husdyrgjødsel. Yara, som produserer en betydelig andel av mineralgjødning som brukes under norske forhold. Anbefaler YaraBela Sulfan 24-0-0 (6S) hvor det tilføres mye husdyrgjødsel pr daa, og det er god nitrogenforsyning gjennom husdyrgjødsel (*Temperatur og tilgjengelighet av næringsstoff til eng*, 2020).

N/S – forhold.

Tilgjengeligheten av nitrogen er sterk knyttet opp mot nitrogen/svovel forholdet. Spesielt ved etfrøblada planter som gras gir et dårlig N/S-forhold reduserte avlinger og redusert innhold av protein. Spesielt ved kombinert bruk av mineralgjødsel og husdyrgjødsel spiller rett mengde svovel inn. Dette er siden et høyt innhold av karbon vil stjele tilgjengelig svovel, noe som dermed endrer N/S forholdet. Akseptabelt N/S-forhold regner enn med ligger på 12/1 (*Temperatur og tilgjengelighet av næringsstoff til eng*, 2020).

Under feltforsøk i Nordlige USA viste seg at man oppnådde størst tørrstoffavlinger av timotei ved en balansert gjødsling med N og S. Her så man at opptaket av N, P og S var størst i planten ved kombinert gjødsling av NS, dette medførte også av akkumuleringen av nitrat i jorda var minst ved NS-gjødsling. Forsøket observerte i tillegg mindre forurensning av lettopløselig P i felt med NS-gjødsling (Malhi et al., 2009). Også (Mosier et al., 2013) bemerker at rett N/S-forhold øker effektiviteten av flere av de andre næringsstoffene.

For en stabil og jevn plantevekst, samt innhold av oljer, fett og proteiner er rett oppfølging av N/S-forholdet kritisk konkluderer i tillegg også Mosier (Mosier et al., 2013). Også under hvete-dyrking ble lignende resultat funnet. Planter med lav tilførsel av S produserte 10,8 kg hvete pr tilført kg N. Med en tilfredsstillende S-tilførsel økte produksjonen med 51% (Salvagiotti & Miralles, 2008).

Danske anbefalinger for N/S-forhold ved dyrking av gras på 6-10/1 (Øverland, 2010). Samme kilde konkluderte med at man ikke kan regne med svovel- effekt fra husdyrgjødsel. Også forsøk gjennomført i Norge av Yara viser at N/S-forholdet har effekt på avling og utnyttelsen av nitrogentilførselen (*Husk svovel til hver slått, enda viktigere ved bruk av husdyrgjødsel?*, 2020).

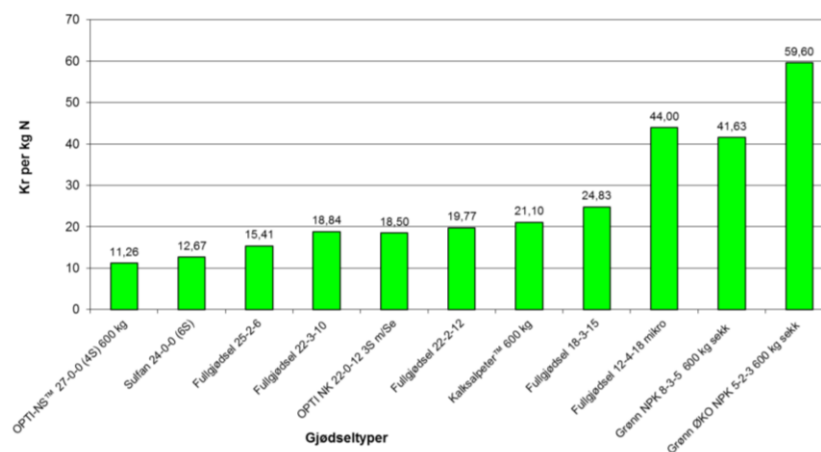
Ved Amerikanske undersøkelser var N-effektiviteten høyest ved en kombinert bruk av moderate mengder husdyrgjødsel og noe mineralgjødsel (Webb et al., 2013)

3.4 Kostnader ved grovfôrdyrkning

Kostnadene ved grovfôrproduksjonen på de ulike brukene varierer betydelig mellom ulike gårdsbruk. Under prosjektet Grovfôr 2020 ble rundt 2000 melkebruk undersøkt for avlingsnivå, kostnader og klimautslipp fra grovfôrproduksjonen. Undersøkelsene viste at kostnadene pr FEm produsert varierte fra 0,37 til 3,11 kr (Gjefsen et al., 2018).

Generelt synker kostnadene pr produsert enhet ved økende avlingsnivå. Likevel er det mye som tilsier at det er flere faktorer som ytterligere kan dra ned kostnadene i grovfôrproduksjonen. Blandingsseng med gras og rødkløver enn ren timoteieng. Ved eldre enger kan ulike engfrøblandinger gi store utslag på avling. Nitrogengjødsling er til den grad avlingsdrivende at det bidrar til å senke grovfôrkostnadene mer enn å økte utgifter (Steinshamn et al., 2020).

Samtidig er det mulig å utnytte mineralgjødsel bedre i samsvar med husdyrgjødsel. Mineralgjødsel er den største variable kostnaden i grovfôrdyrkning (Steinshamn et al., 2020) og å utnytte denne bedre i kombinasjon med husdyrgjødsel burde gi en god økonomisk og ressurseffektiv effekt. I forhold til en effektiv metode for husdyrspredning, både med tanke på å senke kostnadsnivåer og sikre god utnyttelse av næringsstoff var stripespredning med slangespreder i sameie den billigste og med lavest arbeidsforbruk (Steinshamn et al., 2020).



Figur 4: Gjødseltyper presentert etter pris per kg N inklusive frakt februar 2018 (Renna, 2018).

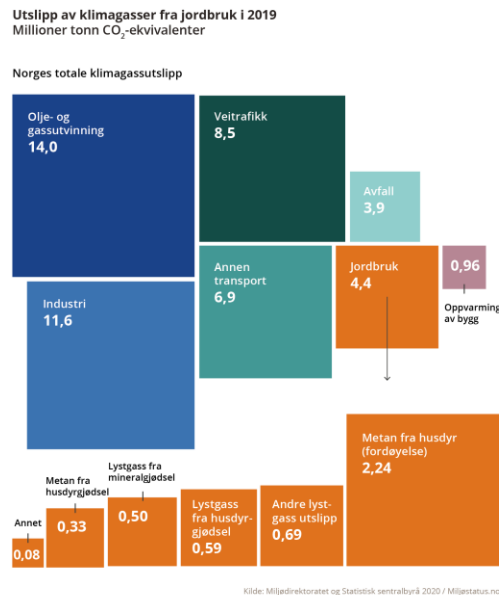
Som vi ser er mineralgjødning som inneholder kun nitrogen og svovel betydelig billigere enn mineralgjødning som inneholder kalium og fosfor. Målet for gjødselstrategien anbefales å dekke behovet for P og K med husdyrgjødsel, og supplere med N og S gjennom mineralgjødning.

I et eksempel vist i NLR Agder for å illustrere gjødselkostnadene ble det på to ulike måter tilført 24 kg N, 2,8 kg P, 14, kg K og 3 kg S pr daa over to slåtter. Ved kun bruk av Fullgjødning 22-2-12 ble kostnadene på 528 kr pr daa. Ved effektiv håndtering av husdyrgjødsel og tilpasset gjødsling av mineralgjødning (OPTI-NS 27-0-0) kom mineralgjødselkostnadene på 198 kr/daa. Da må selvfølgelig enda spredninga av husdyrgjødsel regnes med. Men dette viser at det er mulig ta gode agronomiske og økonomiske vurderinger i gjødselstrategien (Torp, 2016).

Denne gjødselstrategien, men effektiv håndtering av husdyrgjødsel, kombinert med nitrogen og svoveltilførsel gjennom OPTI-NS 27-0-0 gav avlinger på full høyde med en typiske gjødselstrategi med bruk av Fullgjødning 22-2-6 gjennom et 6-år langt forsøk i Sogn og Fjordane(Eide, 2016).

4. Klimagassutslipp fra grovfôrproduksjon

Klimagassutslippet fra landbruket 9% av det samlede utslippet fra Norge (*Klimagassutslipp fra jordbruk, 2020*).



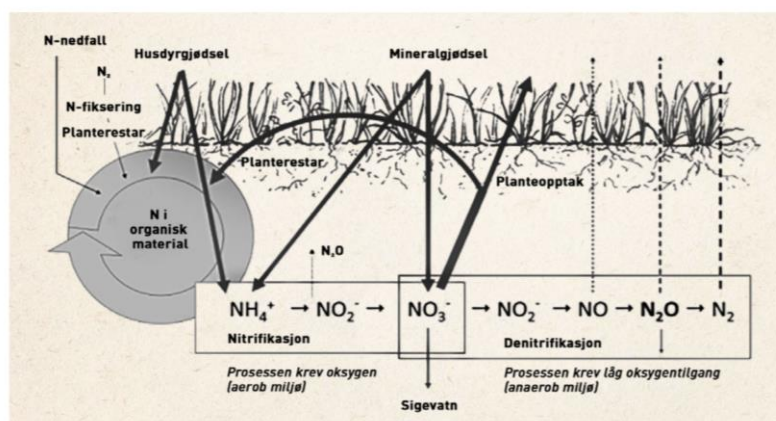
Figur 5: Klimagassutslipp fra jordbruk, sammenlignet med de totale klimagassutslippene i 2019 (*Klimagassutslipp fra jordbruk, 2020*).

Av dette stammer rundt 60% fra husdyra våre. Den største bidragsyteren til utslippene er Metan (CH₄). Metan blir enkelt sagt til av fermenteringen av fôr i fordøyelsen til drøvtyggerne. Også lystgass, som, i stor grad kommer fra omdanning av husdyrgjødsel i jord og bruk av mineralgjødsel utgjør en betydelig andel av utslippene. (Volden & Harstad, 2009).

Ved er forsøk ved NMNU i 2008 fant man ut at utviklingstrinnet av gras høstet til ensilering påvirket metanutslippet fra melkekyr. Fôring med svært tidlig høstet grovfôr gav et redusert metanutslipp på 25-30 lavere metanutslipp uttrykt i forhold til grovfôr høstet på et senere utviklingsstudium (Nes et al., 2011). Også et lignende tidligere forsøk sammenlignet metanutslipp ved fôring av surfôr av variabel kvalitet. Her kom det fram at surfôr-kvalitet hadde større innvirkning enn mengde kraftfôr som ble gitt for metanutslippet (Garmo et al., 2009).

Selv om nitrogenet i husdyr og mineralgjødsla er biologisk tilgjengelig, er et bare en del av det som går videre i næringskjeden som byggestein i plante- og husdyrprodukter. Gjennomsnittlig nitrogener effektivitet er lav, rundt 50%, i EU-landene regnes n-effektiviteten som 36%. N-effektiviteten regnes som netto produsert mengde delt på netto tilført mengde. Biologisk aktivt nitrogen gir mange miljømessige utfordringer. Blant annet forsures jord og vann, man får økte ozonmengder, global oppvarming, redusert biodiversitet, eutrofiering av innsjøer og elver og økning av nitratinnhold i grunn- og overflatevann. Spesielt utslippet av lystgass har alvorlige konsekvenser for global oppvarming, siden oppvarmingseffekten av gassen regnes som 300 ganger sterkere enn CO₂ (Serikstad et al., 2013).

Utslipp av lystgass har alvorlige konsekvenser for global oppvarming, hvor oppvarmingseffekten av gassen er omtrent 300 ganger sterkere enn CO₂ per kg gass. Reaktivt nitrogen kan spres på ulike måter, også indirekte, i form av nedbør. Et enkelt molekyl av reaktivt nitrogen kan gi ulike miljøproblemer fordi det veldig lett kan veksle mellom å være i jord, luft eller vann og kan inngå i mange reaksjoner som gir en kaskade av effekter. Dette gjør nitrogen til et mer komplekst miljøproblem enn mange andre forurensningskilder (Serikstad et al., 2013).



Figur 6: Produksjon og utslipp av lystgass i jord (Rivedal et al., 2020).

Utslipp av lystgass er større fra mineralgjødsla enn fra husdyrgjødsla siden nitrogenet ligger lagret som nitrat og ikke bare ammonium. Fra husdyrgjødsla får vi utslipp, som fra mineralgjødsla, fra spredning, samt fra lagring. De største tiltakene for å redusere nitrogentap er å utnytte den tilførte nitrogenet, slik at totalt N-bruk går ned. (Klimagassutslipp, u.å.).

Gjennom en undersøkelse blant seks eksempelbruk kom man fram til at følgende tiltak reduserte klimagassutslippene mest:

- Underoptimal gjødsling med nitrogengjødsel/bruk belgvekster
- Presisjonsgjødsling ved spredning av gjødsel
- Tidlig høstet grovfôr av god kvalitet
- Mer beiting på bekostning av innkjøpt kraftfôr.
- Minst mulig gjødsel på lager om sommeren når det er varmt
- Tilfør ny bløtgjødsel i bunn av gjødselkum og ikke på toppen
- Tak over husdyrgjødsellager
- Unngå sur jord (pH over 6)

(Hansen et al., 2018).

I tillegg viste Grovfôr 2020 at gode avlinger var et godt klimatiltak. Hvor de med avlinger under 700 FEm pr daa hadde i snitt et utslipp på 62 kg CO₂-ekvivalenter pr 1000 FEm. For de med avlinger over 700 FEm pr daa landet på et utslipp på 36 kg CO₂-ekvivalenter pr 1000 FEm. (Gjefsen et al., 2018)

5. Feltforsøk «N-stige i praktisk opplegg med husdyrgjødsel»

5.1 Bakgrunn og mål

Med bakgrunn for det vi vet om praktiske gjødslingsopplegg ved konvensjonell engdyrking ønsket Yara i samarbeid med NIBIO og lokale NLR-avdelinger å teste ut de vanlige gjødslingsnormene for nitrogen og svovel i et praktisk opplegg med husdyrgjødsel.

Tidligere forsøk med N-stige ved tre forskjellige NIBIO – enheter viste det seg at spesielt gjenveksten etter 1.slåtten responderte godt på mer nitrogengjødsel. Disse forsøkene ble midlertidig kun utført med mineralgjødsel, uten husdyrgjødsel, noe som ikke samsvarer med normal praksis i grovfôrdyrkinga. I forsøksserien brukte man også ekstra svovel, noe som gav meravling på jord med lavt innhold av organisk materiale. Resultatene fra forsøksserien var så interessante at man ønsket videreføre det i et praktisk opplegg med husdyrgjødsel.

På bakgrunn av dette ble det i samarbeid mellom NIBIO, Yara og NLR anlagt fire forsøksfelt i 2020, med tanke på videreføring i 2021. Forsøksfeltene befant seg i Lofoten (Nordland), Levanger (Trøndelag) og Fjaler (Vestlandet). Målet ble konkretisert til å undersøke effekten av stigene N-gjødsling i et praktisk system med husdyrgjødsel i ung graseng med hyppig slått.

5.1.1 Bakgrunn til lokalisering, engtype, engalder og høstesystem

For å ha driftsopplegg som kunne være sammenligningsbare ble det stilt flere krav til forsøksfeltene. Man ønsket ei ung, velpleid eng, med hovedsakelig timotei og engsvingel (1-2 år gammel) med et forventet høyt avlingspotensiale med en energikonsentrasjon på over 0,85 Fem/kg TS i alle slåtter. I tillegg burde de ikke være mer enn 10% kløver i enga.

I tillegg måtte det praktiske opplegget for håndtering av husdyrgjødsel på det aktuelle skiftet foregå med stripespredning av blautgjødsel av storfe.

5.1.2 Planlagt forsøksledd, faltplan og rutestørrelse

Gjødselmengden skulle tilsvare tre tonn spredt om våren, og to tonn spredt etter førsteslått med 6% TS. Det skulle tas prøve av husdyrgjødsel som skulle bli sendt for analyse ved Eurofins.

For et system med to slåtter, som forsøksfeltet i Lofoten praktiserte; ble planlagt gjødselplan slik:

Tabell 15: Planlagt innhold i husdyrgjødsel, samt planlagt mengde gjødsel pr daa:

	Vår 3 tonn				Etter 1. slått 2 tonn				Totalt			
	N	P	K	S	N	P	K	S	N	P	K	S
Estimert innhold i Husdyrgjødsel	3.2	1.4	10.2	0.99	2.2	1.0	6.8	0.66	5.4	2.4	17	1.65

Tabell 16: Planlagt tildeling av type og mengde mineralgjødsel pr daa:

Vårgjødsling	Etter 1. slått	Tilført med mineralgjødsel											
		Vår				Etter 1. slått				Totalt			
		N	P	K	S	N	P	K	S	N	P	K	S
3 tonn HG	2 tonn HG												
3 t HG + 20.4 kg SULFAN	2 t HG + 15.3 kg SULFAN	4.89			1.22	3.67			0.92	8.6	0	0	2.14
3 t HG + 31.5 kg SULFAN	2 t HG + 23.6 kg SULFAN	7.56			1.89	5.67			1.42	13.2	0	0	3.31
3 t HG + 42.5kg SULFAN	2 t HG + 32 kg SULFAN	10.2			2.55	7.67			1.92	17.9	0	0	4.47
3 t HG + 18.1 kg OPTI-NS™	2 t HG + 13.6 kg OPTI-NS™	4.89			0.67	3.67			0.50	8.6	0	0	1.17
3 t HG + 28 kg OPTI-NS™	2 t HG + 21 kg OPTI-NS™	7.56			1.04	5.67			0.78	13.2	0	0	1.82
3 t HG + 37.8 kg OPTI-NS™	2t HG + 28.4kg OPTI-NS™	10.2			1.40	7.67			1.05	17.9	0	0	2.45
3 t HG + 46.4 kg Opti-NK	2 t HG + 34.9 kg Opti-NK	10.2		5.38	1.39	7.67		4.04	1.05	17.9	0	9.4	2.44
3 t HG + 37.8 kg CAN 27-0-0	2 t HG + 28.4 kg CAN 27-0-0	10.2			0	7.67			0	17.9	0	0.0	0.0

Forsøket skulle legges ut som blokkforsøk med tre gjentak og med kantruter. Vær rutebredde skulle være på en knivbrede + halv knivbredde på vær side (eks: 1,4 m + 0,7 m + 0,7 m).

Planlagt oppfølging gjennom sesong

Første besøk – Etablering av felt.

Prøver av husdyrgjødsel må tas ved alle gjødslinger (vår og etter 1. slått). Husdyrgjødsel fryses straks, og prøvene sendes samlet fra hvert felt til analyse hos Eurofins. Feltet skulle om våren merkes om tydelig og gjenkjennbart straks etter spredning av husdyrgjødsel. Mineralgjødsla skulle veies opp på forhånd og strøs for hånd. Deretter skulle den botaniske sammensetninga i ruta noteres.

Andre besøk – Høsting av forsøksfelt

Straks før førsteslått ble tatt på skiftet skulle alle rutene høstes med tohjulsslåmaskin etter at legde og botanikk var notert. Råavling fra nettoruta skulle veies, og det skulle tas ut en tørkeprøve på rundt 1 kg som veies og tørkes ved 60°C umiddelbart etter slått. Tørrvekt skulle noteres.

Tredje besøk – Gjødsling

Rett etter påkjørt husdyrgjødsel etter slått skulle mineralgjødsla tilføres etter plan.

Fjerde besøk – Høsting av forsøksfelt

Straks før bondens andreslått, høstes alle ruter med tohjulsslåmaskin etter at legde og botanikk er notert. Råavling fra nettoruta veies, og det tas ut en tørkeprøve på ca. 1 kg som veies og tørkes ved 60°C umiddelbart etter slått. Tørrvekt noteres. Dersom gårdbruker gjødsler resten av enga med husdyrgjødsel, må feltet skjermes.

Fjerde besøk- Behandling og innsending av prøver:

Tørkeprøvene for alle slåtter ble sendet til NIBIO Særheim for videre behandling og ekspedering til kjemisk analyse i Hanninghof og NIRS-analyse på NIBIO Særheim.

5.2 Feltrapport – NLR Lofoten

Feltet som ble etablert på Leknes i Lofoten ble lagt til ei relativ ung eng. Det aktuelle skiftet ble lagt om i 2019. Under etableringa ble det benyttet bygg som dekkvekst sammen med frøblandinga FK Surfôr Vintersterk.

Ellers ble det observert lite ugras i enga. Ved slått var kun 3% av den botaniske sammensetninga ved 1. slått ugras. Jordarten på feltet er klassifisert som moldholdig siltig finsand, med 5-10% leire. pH var på 5,7 med høyt fosfor og kaliuminnhold (P-AL 14, K-AL 23).

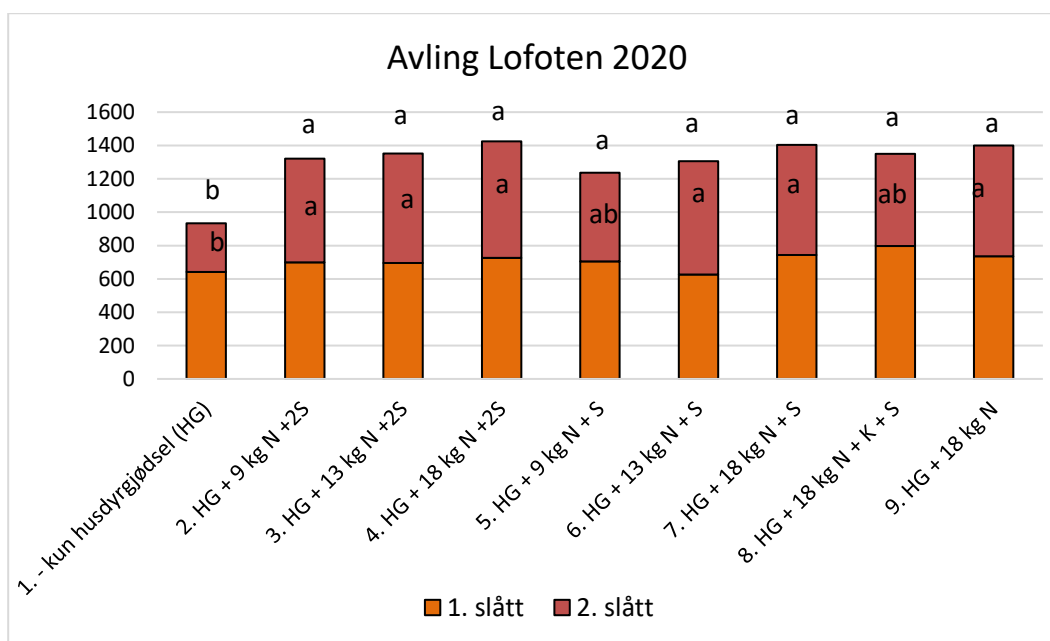
Oppfølging gjennom sesong ble fulgt som planlagt. For feltet var det jevnt over gode avlinger. Førsteslått ble tatt ved fullskyting. Dette gjelder for alle forsøksrutene.

Det var jevnt over høye avlinger på feltet på Leknes. Førsteslått ble tatt ved MSC - 3.29 i gjennomsnitt for timotei, dvs. full skyting, og det var ingen forskjeller mellom forsøksleddene ved 1. slått. Tørrstoffprosenten i 1. slått var imidlertid høyere i leddet som kun fikk husdyrgjødsel enn i de andre leddene. Gjenveksten i 2. slått var betydelig lavere i ledd 1 enn i de andre leddene. Det var en tendens til lavere gjenvekst også i ledd 5 som fikk 9 kg N og 1.17 kg S per daa, samt ledd 8 som fikk ekstra kalium, men dette var ikke statistisk signifikant. Totalavlinga var signifikant lavest i leddet som kun fikk husdyrgjødsel.

Tabell 17: Avling Leknes, Lofoten 2020, kg tørrstoff per daa. Ulike bokstaver etter snitt innen kolonne indikerer statistisk sikker forskjell (Tukey). 1. slått 6. juli og 2. slått 2. september.

Forsøksledd – totalmengder ved to slåtter	1. slått kg ts daa ⁻¹	2. slått kg ts daa ⁻¹	Totalt kg ts daa ⁻¹	Ts 1 %	Ts 2 %
1. - kun husdyrgjødsel (HG)	641 a	292 b	933 b	36,1a	20,1 a
2. HG + 9 kg N +2S	699 a	622 a	1321 a	31,9b	20,2 a
3. HG + 13 kg N +2S	696 a	655 a	1351 a	31,4 b	20,7 a
4. HG + 18 kg N +2S	727 a	698 a	1425 a	30,6 b	21,2 a
5. HG + 9 kg N + S	705 a	531 ab	1236 a	29,6 b	20,9 a
6. HG + 13 kg N + S	627 a	679 a	1306 a	30,6 b	21,4 a
7. HG + 18 kg N + S	744 a	661 a	1405 a	29,9 b	18,6 a
8. HG + 18 kg N + K + S	797 a	553 ab	1349 a	29,3 b	20,1 a
9. HG + 18 kg N	735 a	665 a	1400 a	31,4 b	21,7 a
Signifikans	ns	P=0,006	P=0,001	P=0,001	ns

Tabell 18: Tabell over presentert i grafisk form. Ulike bokstaver over søylene betegner statistisk forskjellige (Tukey) i totalavling. Ulike bokstaver inne i søylene betegner forskjellig avling i 2. slått.



6. Diskusjon

Utfordringen til dagens grovfôrprodusenter er da klar: Vi må kutte utslippa våre, samt produsere bedre og mer grovfôr for å øke selvforsyningsgraden og minske behovet for importerte kraftfôrråvarer. Alt dette mens den økonomiske hverdagen for de fleste bønder er en stor utfordring.

For å møte denne utfordringen må vi bli mer ressurseffektive, vi må få mer ut av mindre. Da kommer vi til denne oppgavens aktuelle problemstilling

- Hvordan en kan oppnå en mest mulig ressurseffektiv gjødselstrategi (FEm pr kg tilført N) i kombinasjon med husdyrgjødsel

Hva innebærer sågar begrepet «ressurseffektivt»? Begrepet kan brukes i sammenheng med mange forskjellige tema og, men i den siste tiden er ressurseffektiv gjerne et begrep som knyttes opp mot klimatilpassning og hvordan vi utnytter ressursene våre.

I denne sammenhengen vil jeg bruke begrepet ressurseffektiv om hvor godt vi benytter oss av de næringsstoffene vi har tilgjengelige for å oppnå en god avling. For å illustrere og måle denne effektiviteten ønsker jeg å se på N-effektiviteten (FEm pr kg N). I tillegg vil en forutsetning være at man klarer å utnytte husdyrgjødsel, som de fleste husdyrprodusenter har tilgjengelig uansett, best mulig.

Som nevnt tidligere i oppgaven er det flere strategier og metoder som kommer inn i håndteringa av husdyrgjødsel. Rett håndtering av husdyrgjødsel lå også til grunne ved etablering av forsøksfelt i Lofoten med kriteria om at husdyrgjødsel skulle håndteres med slange- og striperspreder.

(Mosier et al., 2013) kommer i «Agriculture and the Nitrogen cycle: Assessing the impact of fertilizer use on food production and the environment» med følgende påstand:

“Balanced and judicious use of fertilizer is the key to efficient nutrient use and for maintaining soil productivity”.

Dette er kritisk ved gjødselplanleggingen. Som vi vet utnyttes næringsstoffene best når de kommer i rett forhold til hverandre, samt i rett mengde. I gjødselplanlegging for grovfôrproduksjon vil spesielt C/S og N/S spille inn i tillegg til mengden P og K i jord og husdyrgjødsel.

Kombinerer man husdyrgjødsel med mineralgjødsel må man ha kontroll på disse forholdstallene. Dette viste resultatene fra feltforsøk, hvor felt med økt svoveltilførsel hadde større avling og n-effektivitet enn felt med redusert mengde S.

(Mosier et al., 2013) bemerker at rett N/S-forhold øker effektiviteten av flere av de andre næringsstoffene. Var positivt for en stabil og jevn plantevekst, samt innhold av oljer, fett og proteiner. Også Malhi et al., 2009 bekrefter dette gjennom en forsøksserie hvor tørrstoffavlingene ble klart størst ved en balansert gjødsling med N og S.

Dette forsøket observerte i tillegg en lavere forurensing av lettoppløselig P (Malhi et al., 2009). Forurensing av P av en stor utfordring i strøk med mye husdyr. Plantenes fosforbehov dekkes i stor grad av små mengder tilført husdyrgjødsel (Borchsenius, 2020). Dette gjelder i stor grad også for kalium (Uhlen & Bærug, 1990). I stor grad vil det være hensiktsmessig ta hensyn til P-AL og K-AL tallene fra jordanalyse ved gjødselplanlegging. For høye fosforkonsentrasjoner fører lett til avrenning og forurensning (Fystro et al., 2012).

Husdyrgjødsel er viktig for planteproduksjon på flere måter, både som kilde for plantenæringsstoff, men også som jordforbedrer og stimulans for organismene i jorda (Hansen & McKinnon, 1999). Mengden husdyrgjødsel som kjøres ut påvirker utnyttelsesgraden av næringsstoffene i husdyrgjødsel. Flere forsøk viser at utnyttelsesgraden av husdyrgjødsel går ned ved bruk av store mengder. (2. *Tabeller over virkningsgrad av husdyrgjødsel*, u.å.). Gjødsler vi etter nitrogenbehovet i plantene med husdyrgjødsel vil fosfortilførselen bli for høy. (Skøien et al., 2011) Derfor tilrådes det å gjødsle etter P-AL verdien.

Ved Amerikanske undersøkelser var N-effektiviteten høyest ved en kombinert bruk av moderate mengder husdyrgjødsel og noe mineralgjødsel (Webb et al., 2013).

Spørreundersøkelsen «Engdyrking og grovfôrkvalitet» oppga et flertall av respondentene at de hadde et avlingsnivå på rundt 400 – 599 FEm pr daa (Thuen & Tufte, 2017). Gjennomsnittet for alle bruk med melke- og storfeproduksjon for hele landet var på 366 FEm pr daa i 2015. (NIBIO, 2016). Nibios Gjødsehandbok anbefaler ved toslåttssystem at det gis 15 kg N til de første 400 FEm, med en økning på 2 kg N per 100 FEm utover de første 400 FEm (Jørgensen et al., 2020).

Skal man sammenligne resultatene fra forsøksfelt i Lofoten med snitt i landet og normavlinger og gjødslinger tar ser vi at man i gjennomsnitt fikk 64 FEm pr kg tilført N. følger man gjødselnormene til Nibio skal 1 kg N gi 37 FEm. Dette vitner om en betydelig økt ressurseffektivitet. At man jevnt over tar over 1000 FEm pr daa ved felt med husdyrgjødsel og mineralgjødsel vitner også om avlinger som er betydelig over snittet. Mest N-effektiv var feltet som kun ble gjødslet med husdyrgjødsel. Her gav 1 kg N 166 FEm. Feltene med ekstra svovel hadde jevnt over høyere avling uten at det var signifikant. Proteininnholdet var og høyere her enn andre felt. Noe som støttes av presenterer litteratur. At avlingen ikke øker med økt tilført N kan enkelt forklares ved at utnyttelsen av næringsstoffene minsker ved økt tilført mengde. Dette viser også praktiske forsøk gjennomført i Nordland, hvor man testet hardere gjødselnormer uten positivt resultat (Dyrhaug, 2020).

Spessielt ved førseslåttan var N-effektiviteten lav. Og det var ikke signifikant forskjell på avlingsnivået. Ved andreslåttan var det statistisk signifikant forskjell mellom feltene med husdyrgjødsel og resterende felt. N-effektiviteten økte også betraktelig, med et gjennomsnitt på 88 Fem pr kg N. ved andreslåttan var også proteininnholdet signifikant høyere ved felt med mineralgjødsel enn felt menn husdyrgjødsel. Feltet med 8 kg N og 3 kg S totalt hadde et signifikant høyere proteininnhold til tross for at den ikke fikk høyest mengde N, og kan vitne om et ideelt C/S og N/S forhold.

At man oppnår en så stor avling uten P og K som man gjorde i feltforsøket i Lofoten er positivt, og vitner om at en slik gjødselstrategi kan være å anbefale i framtiden også. Denne gjødselstrategien, men effektiv håndtering av husdyrgjødsel, kombinert med nitrogen og svoveltilførsel gjennom OPTI-NS 27-0-0 gav avlinger på full høyde med en typiske gjødselstrategi med bruk av Fullgjødsel 22-2-6 gjennom et 6-år langt forsøk i Sogn og Fjordane(Eide, 2016).

Siden N-effektiviteten minsker ved økt tilført N, burde videre forsøk eventuelt se på effekten av økt kløverbestand i grovfôret (felt hadde ikke kløver). I tillegg til å ha en positiv effekt på avling, protein- og mineralinnhold og lavere fiberinnhold i fôret (Lunnan et al., 2017). Kan kløver binde mellom 4 til 18 kg N pr daa og år avhengig av forskjellige faktorer (Serikstad et al., 2013)

En regner med at en kan spare inn 5-10 kg N/daa ved høyere kløverandel i eng med to til tre høstinger. Gjødsling over 10-15 kg N/daa reduserer rast kløvermengden til mellom 15-0 %.. (Uhlen & Bærug, 1990). Disse tallene burde være til interesse hvis man vil øke N-effektiviteten ytterligere.

Også for økonomi og klima vil en effektiv gjødselstrategi gi flere positive bivirkninger. Undersøkelsene viste at kostnadene pr FEm produsert varierte fra 0,37 til 3,11 kr (Gjefsen et al., 2018). For de med avlinger under 700 FEm pr daa hadde i snitt et utslipp på 62 kg CO₂-ekvivalenter pr 1000 FEm. For de med avlinger over 700 FEm pr daa landet på et utslipp på 36 kg CO₂-ekvivalenter pr 1000 FEm. (Gjefsen et al., 2018)

Å ha lavere kostnader pr produsert FEm og i tillegg ta store avlinger må regnes som å være den mest bærekraftige gjødselstrategien.

7. Konklusjon

For å få til en ressurseffektiv utnyttelse av næringsstoffene og en bærekraftig gjødselstrategi må:

- Ikke mer gjødsel tilført enn nødvendig grunnet avtagende effekt ved økt gjødselmengde.
- Det brukes metoder for spredning av husdyrgjødsel og mineralgjødsel som sikrer minst mulig forurensning og best mulig utnyttelse av næringsstoffene.
- Husdyrgjødsel må ta til mål å dekke fosfor- og kaliumbehovet i jord og planter
- Ved ytterligere tilført nitrogen må N/S-forholdet følges opp i gjødselplanleggingen

Legger man dette til rette kan man få en særdeles høy N-effektivitet, høge avlinger pr daa og droppe fosfor og kalsiumgjødsling i mineralgjødsel.

Dette gir flere positive effekter:

- Mindre forurensning til vann og luft fra gjødsel fra gjødselhåndteringa.
- Mindre totalt forbruk av mineralgjødsel samt pr produsert FEm, noe som er positivt for både bondens økonomi og klimautslippene.
- Gode avlinger og godt grovfôr, noe som kan gi lavere metan-utslipp fra drøvtyggere.
- Øke selvforsyningsgraden og minske behovet for importert fôr, blant annet kraftfôråvarer.

Samtidig burde videre gjødselsforsøk se på avlingseffekt ved mer bruk av biologisk nitrogenfiksering for å ytterligere øke N-effektivitet.

Litteraturliste

2. *Tabeller over virkningsgrad av husdyrgjødsel.* (u.å.). Nibio. Hentet 26. april 2021, fra <https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok/husdyrgjodsel/2.tabeller-over-virkningsgrad-av-husdyrgjodsel>
6. *Eng og fôrvekster.* (u.å.). Nibio. Hentet 24. mai 2021, fra <https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok/gjodslingsnormer/6.eng-og-forvekster>
- Analyse av grovfôr til drøvtyggere.* (2012). Eurofins Scientific. [https://www.eurofins.no/agro-testing/analysetjenester/analyse-av-grovfôr-til-droevtyggere/](https://www.eurofins.no/agro-testing/analysetjenester/analyse-av-grovfor-til-droevtyggere/)
- Analyse av jord.* (u.å.). Eurofins Scientific. Hentet 15. mai 2021, fra <https://www.eurofins.no/agro-testing/analysetjenester/analyse-av-jord/>
- Arstein, A. (2004). *Verknad av svovel på avling og kvalitet i økologisk eng.* <https://docplayer.me/55947015-Verknad-av-svovel-pa-avling-og-kvalitet-i-okologisk-eng.html>
- Bakken, A. K., & Langelund, A. (2018). *Hundegras og flerårig raigras i blandinger til hyppig høsting.* 4.
- Bakken, A. K., Lunnan, T., Harbo, O., Høglind, M., Langelund, A., Rogne, T. E., & Ekker, A. S. (2009). *Mer og bedre grovfôr som basis for norsk kjøtt og mjølkeproduksjon— Resultater fra fleråige høstetidspunktforsøk i blandingseng med timotei, engsvingel og rødkløver.* (Nr. 38/2009).
- Barioni, : Luis G, Benton, T. G., Mario, H., Krishnapillai, M., Liwenga, E., Pradhan, P., Rivera-Ferre, M. G., Sapkota, T., Tubiello, F. N., Xu, Y., Mbow, C., & Rosenzweig, C. (2019). *Chapter 5: Food Security — Special Report on Climate Change and Land.* IPCC SRCCL. <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-5/>

- Bonden sprer 125 000 tonn nitrogen på åker og eng.* (u.å.). ssb.no. Hentet 25. mai 2021, fra <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/bonden-sprer-125-000-tonn-nitrogen-pa-aker-og-eng>
- Borchsenius, R. (2020). Usikre verdier for nærings-inn-hold i husdyrgjødsel | Buskap. *Buskap*. https://www.buskap.no/journal/2020/2/m-262/Usikre_verdier_for_nærings-inn-hold_i_husdyrgjødsel
- Bunger, A., & Tufte, T. (2016). *Den norske landbruksmodellen* (Nr. 6; s. 47). Agri Analyse.
- Bøckman, O. Chr., Kaarstad, O., Lie, O. H., & Richards, I. (1991). *Landbruk og Gjødsling*. Landbruksdivisjonen, Norsk Hydro.
- Cottis, T. (2015). *En framtid du ikke vil ha—Global oppvarming: Forutsetninger, risiko og sannsynlige konsekvenser* (Nr. 9/2015). *Framtiden i våre hender*. <https://www.framtiden.no/rapporter-klima/774-en-framtid-du-ikke-vil-ha/file.html>
- Daugstad, K., Kristoffersen, A. Ø., & Nesheim, L. (2012). *Næringsinnhold i husdyrgjødsel—Analyser av husdyrgjødsel frå storfe, sau, svin og fjørfe 2006—2011*. (Nr. 7/2012). Bioforsk Midt-Norge, Bioforsk Grovfôr og kulturlandskap. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2447504/Bioforsk-Rapport-2012-07-24.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Daugstad, K., & Lunnan, T. (2016). *Redusert fosforgjødsling til eng—Effekt på avling og fosforstatus i jord*. Nibio.
- Dyrhaug, M. (2020, november 16). *Gjødsle etter gjødslingsplanen, eller gjødsle sterkere?* NLR Nord Norge. <https://nordnorge.nlr.no/fagartikler/grovfor/gjodsel-og-kalk/nordNorge/gjodse-etter-gjodslingsplanen-eller-gjodse-sterkere>
- Ebbesvik, M. (2017, mars 7). *Definisjonar og forklaringar på fôrqualität*. Agropub. <https://www.agropub.no/fagartikler/definisjonar-og-forklaringar-pa-forkvalitet>

-
- Eide, D.-A. (2016). Store mengder husdyrgjødsel i kombinasjon med mineralgjødsel. I *Husdyrgjødsel på Vestlandet—Nye utfordringer*. Norsk Landbruksrådgivning, Fylkesmannen i Møre og Romsdal.
- Fotosyntese—Institutt for biovitenskap. (2011, februar 4). <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/f/fotosyntese.html>
- Fritsvold, B., & Bø, O. A. (2000). *Økologisk plantekultur 1*. Fagbokforlaget.
- Fystro, G., Kristoffersen, A. Ø., Krogstad, T., Løes, A.-K., & Lunnan, T. (2012). *Differensiert fosforgjødsling – betydning for avling og miljø* (7(165)2012). Bioforsk. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2449373/Bioforsk-Rapport-2012-07-165.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Garmo, T., Thuen, E., Nes, S., Krizsan, S., Volden, H., Harstad, O. M., & Ollila, V. (2009). *Effekt av grovfôr kvalitet og kraftfôrnivå på metanemisjon hos mjølkeku*.
- Gjefsen, T., Klette, P., & Oddbjørn, K.-E. (2018). *Økt avling reduserer kostnader og utslipp av klimagasser / Buskap*. https://www.buskap.no/journal/2018/3/m-2583/Økt_avling_reduserer_kostnader_og_utslipp_av_klimagasser
- Grovfôr 2020-2021*. (2020). Felleskjøpet. <https://ipaper.ipapercms.dk/TidRom/felleskjopet/grovfor/?page=6>
- Grønnerød, B. (1969). Grasarter—Notateter til forelesning om eng og beitedyrking i PPL230/231. I *Grovfôr dyrking—Kompendium nr. 2*. Institutt for plantekultur.
- Hansen, S., & Bakken, A. K. (2006). Svovel—En minimumsfaktor i grovfôrbasert, økologisk husdyrproduksjon. *Plantemøtet Østlandet 2006 - Plantevern, Jord og miljø, Økologisk landbruk, Korn, Potet, Grovfôr, Kulturlandska, Grønnsaker*.
- Hansen, S., Haavik, T. B., Kristine, I., Elvatun, H., van, B., Lunnan, T., Røthe, G., & Walland, F. (2018). *Miljø- og klimavennlig melkeproduksjon Inspirasjon fra seks melkeproduksjonsbruk* (s. 60). Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).

- Hansen, S., & McKinnon, K. (1999). *Økologisk Jordkultur*. Landbruksforlaget.
- Husdyrgjødsel*. (2017, oktober 23). Nibio. <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/husdyrgjodsel>
- Husk svovel til hver slått, enda viktigere ved bruk av husdyrgjødsel?* (2020, mars 30). Yara Norge. <https://www.yara.no/gjoedsel/eng-og-forvekster/husk-svovel-til-hver-slatt/>
- Hydro agri Norge. (2000). *Gjødslingsråd for jordbruksvekster: Korn, oljevekster, grasfrø, erter til modning, potet, grovfôr, grønnfôrvekster, rotvekster*. Hydro agri Norge. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2013022838123
- Jordprøver og jordanalyser*. (2017, desember 13). Yara Norge. <https://www.yara.no/gjoedsel/gjodslingsraad/jordprover/>
- Jørgensen, M., Bakken, A. K., & Svoldal, B. T. (2020). *Avlingsrespons i gras ved stigende mengder nitrogen og svovel | Buskap*. Buskap – storfebondens viktigste fagblad. https://www.buskap.no/journal/2020/2/m-1373/Avlingsrespons_i_gras_ved_stigende_mengder_nitrogen_og_svovel
- Kaliumgjødsling til eng*. (2017, mars 14). Fagforum Grovfôr. <https://grovfornett.nlr.no/fagartikler/grovfor/gjodsel-og-kalk/grovfor/kaliumgjoedsling-til-eng>
- Kildahl, P. 15 05 2020 A. K. (u.å.). *Ferske tal om norsk sjølvforsyning*. Nibio. Hentet 21. februar 2021, fra <https://www.nibio.no/nyheter/ferske-tal-om-norsk-sjolvforsyning>
- Klimagassutslipp*. (u.å.). Nibio. Hentet 28. mai 2021, fra <https://www.nibio.no/tema/miljo/tiltaksveileder-for-landbruket/tiltak-mot-klimagassutslipp-fra-landbruket>
- Klimagassutslipp fra jordbruk*. (2020). Miljøstatus. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-jordbruk/>

-
- Koesling, M., Hansen, S., Morken, J., Nesheim, L., & Fystro, G. (2009). *Reduserte nitrogenutslipp gjennom bedre spredningsrutiner for husdyrgjødsel* (s. 48). Bioforsk.
- Kristoffersen, A. Ø., & Øgaard, A. F. (u.å.). *Fosforgjødsling bestemt av P-AL*. 5.
- Kvalbein, A., & Eldhuset, T. D. (2017). *Optimal gjødsling av planter—Om sammenhenger mellom næringstilgang, vekst og kvalitet*. Nibio.
- Kval-Engstad, O. (2017, juni 8). *Treffer du ønska fôrkvalitet?* Fagforum Grovfôr. <https://grovfornett.nlr.no/fagartikler/grovfor/forkvalitet-og-foring/grovfor/forkvalitet>
- Livsløpsanalyse av mineralgjødsel*. (2017, desember 13). Yara Norge. <https://www.yara.no/gjoedsel/klima-og-miljo/livslopsanalyse-av-mineralgjoedsel/>
- Lunnan, T., Øgaard, A. F., & Krogstad, T. (2018). Potassium fertilization of timothy-based cut grassland—Effects on herbage yield, mineral composition and critical K concentration on soils with different K status. *Grass and Forage Science*, 73(2), 500–509. <https://doi.org/10.1111/gfs.12341>
- Lunnan, Tor. (2003). *Engdrift og fôrkvalitet i økologisk drift*. Planteforsk.
- Lunnan, Tor, & Nesheim, L. (2002). Response to Different Nitrogen Application Patterns on Grassland in a Two-cut System. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 52(1), 1–7. <https://doi.org/10.1080/090647102320259983>
- Lunnan, Tor, Rivedal, S., & Sturite, I. (2017). *Effektar av traktorkøyring, gjødsling og frøblanding på avling, botanisk samansetjing, fôrkvalitet, nitrogen- opptak og nitrogenfiksering i eng* (Nr. 3/81/2017; s. 28). Nibio.
- Løes, A.-K. (2016, desember 2). *Jordprøver og jordanalyser*. Agropub. <https://www.agropub.no/fagartikler/jordprover-og-jordanalyser>
- Malhi, S. S., Coulman, B., & Schoenau, J. J. (2009). Maximizing Timothy Forage Yield and Quality by Balanced Nitrogen, Phosphorus, and Sulfur Fertilization. *Agronomy Journal*, 101(5), 1182–1189. <https://doi.org/10.2134/agronj2009.0051>

- McKinnon, K., & Hansen, S. (2016, november 22). *PH - kalk og kalking*. Agropub.
<https://www.agropub.no/fagartikler/ph-kalk-og-kalking>
- Mineralgjødning og klimaavtrykk*. (2017, desember 13). Yara Norge.
<https://www.yara.no/gjoedsel/klima-og-miljo/mineralgjodning-og-klimaavtrykk/>
- Mo, M. (2005). *Surfôrboka*. Landbruksforlaget.
- Mosier, A., Syers, J. K., & Freney, J. R. (2013). *Agriculture and the Nitrogen Cycle: Assessing the Impacts of Fertilizer Use on Food Production and the Environment*. Island Press.
- Nes, S. K., Garmo, T., Chaves, A. V., Harstad, M., Krizsan, S. J., Beauchemin, K. A., McALLISTER, T. A., Norell, L., Thuen, E., & Volden, H. (2011). *Effekt av høstetid av grassurfôr på metanemisjon fra melkekyr*. 4.
- Nesheim, L. (2014). *Kalking til gras og korn* (Nr. 23; s. 8). Bioforsk Midt-Norge.
<https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2443591/Bioforsk-TEMA-2014-09-23.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NIBIO. (2016). *Driftsgranskingar i jord- og skogbruk. Rekneskapsresultat 2015*. Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).
- Pedersen, B. (2020). Justus von Liebig. I *Store norske leksikon*.
http://snl.no/Justus_von_Liebig
- Phone, B. K. B. husBlindernvn 31 0371 O. N. P. P. 1066 B. 0316 O. N. & fax. (2019, mars 8). *Mineralnæring og vekst av planter—Institutt for biovitenskap*.
<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/m/mineralnering-og-vekst-av-planter.html>
- Plantenæringsstoffene*. (2009, oktober 13). NLR Nord Norge.
<https://nordnorge.nlr.no/publikasjoner/grovforskolen/5-plantenaeringsstoffene-gjoedsling-og-kalking/plantenaeringsstoffene/>

-
- Reiersen, E. (2021, april 27). *Kalking lønner seg*. NLR Nord Norge.
<https://nordnorge.nlr.no/fagartikler/grovfor/kalking/nordNorge/kalking-lonner-seg>
- Renna, R. (2018). *Gjødselvalg for eng i 2018*. 3.
- Renna, R. (2021, april 27). *Arter og sorter i såvare til eng og beite*. NLR Nord Norge.
<https://nordnorge.nlr.no/fagartikler/okologisk/grovfor/nordNorge/arter-og-sorter-i-savare-til-eng-og-beite>
- Rivedal, S., Hansen, S., & Peter, D. (2020). Klimagassutslepp frå jordbruket. I *Jord, drenering, klimagassutslepp—Effekt av ulike agronomiske tiltak*.
- Ryan, W., Hennessy, D., Murphy, J. J., Boland, T. M., & Shalloo, L. (2011). A model of nitrogen efficiency in contrasting grass-based dairy systems. *Journal of Dairy Science*, 94(2), 1032–1044. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3294>
- Røthe, G., Adler, S., & Steinshamn, H. (2007). *Hvitkløver og rødkløver i blanding med grasarter ved ulike høsteregimer i økologisk landbruk*.
- Salvagiotti, F., & Miralles, D. J. (2008). Radiation interception, biomass production and grain yield as affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilization in wheat. *European Journal of Agronomy*, 28(3), 282–290.
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.08.002>
- Serikstad, G. L., Hansen, S., & de Boer, A. (2013). *Biologisk nitrogenbinding—Belgvekster som kilde til nitrogen* (Vol 8 nr. 3 2013; Bioforsk Fokus). Bioforsk Økologisk.
- Shabala, S. (2017). *Plant Stress Physiology, 2nd Edition*. CABI.
- Sirevåg, R., & Ransedokken, O. (1998). *Biologi 3BI* (1. utg.). J.W Cappelens Forlag A.S.
- Skøien, S. (2003). *Jordlære*. GAN Forlaget AS.
- Skøien, S., Øgaard, A. F., & Nesheim, L. (2011). *Miljøriktig bruk av husdyrgjødsel* (s. 4). Bioforsk.

- Steinshamn, H., Ystad, E., & Henriksen, J. K. (2020). *Grovfôrkostnader i norsk husdyrproduksjon - effekter av ulike valg i dyrking, høsting, konservering og utfôring av grovfôr* (s. 102). Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).
- Svovelmangel—Eng og fôrvekster*. (2018, februar 22). Yara Norge.
<https://www.yara.no/gjoedsel/eng-og-forvekster/mangler---eng-og-forvekster/svovelmangel---eng-og-forvekster/>
- Temperatur og tilgjengelighet av næringsstoff til eng*. (2020, mai 29). Yara Norge.
<https://www.yara.no/gjoedsel/nyheter-og-arrangementer/nyheter/temperatur-og-tilgjengelighet-av-naringsstoff-til-eng/>
- Thuen, A. E., & Eldby, H. (2015). *Korn og Konjunktur 2015. Gode avlinger nasjonalt og globalt. Usikre utsikter* (Rapport 1). Agri Analyse.
- Thuen, A. E., & Fjellhammer, E. (2016). *Samfunnsøkonomiske beregninger av klimagasstiltak i melkeproduksjonen*. Miljødirektoratet.
- Thuen, A. E., & Tufte, T. (2017). *Engdyrking og grovfôrkvalitet. En spørreundersøkelse blant melkeprodusenter—2017* (Nr. 11; s. 65). Agri Analyse.
<https://www.agrianalyse.no/getfile.php/13589-1513245045/Dokumenter/Dokumenter%202017/Rapport%2011%20-%202017Engdyrking%20og%20grovf%C3%B4rkvalitet%20%28web%29.pdf>
- Todnmed, J., & Lunnan, T. (2017). *Fôrkvalitet i typiske enger i fjell- og dalbygder—Undersøkte grasarter bladfaks, engrapp, engsvingel, hundegras, kveke og timotei*. (Nr. 3/73/2017; s. 20). Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).
- Torp, J. A. (2016, august 31). *Framgangsmåte ved gjødselplanlegging*.
<https://www.statsforvalteren.no/contentassets/aced2f26d44149e48ea19b1b61dc239d/framgangsmate-ved-gjodselplanlegging-nlr-agder.pdf>
- Uhlen, G., & Bærug, R. (1984). *Planeernæring og gjødsling—Del 1*. Institutt for jordkultur.

-
- Uhlen, G., & Bærug, R. (1990). *Gjødselplanlegging*. Institutt for jordkultur.
- Veiledning til jordanalyser*. (2016). Eurofins Agro Testing Norway AS, Avdeling jord og planter. <https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/356784/veiledning-jord.pdf>
- Volden, H. (2016, april 20). *Melkekuas bestilling i resturanten. Er melkeproduksjon legitimitet avhengig av hva kua spiser og hvor melka er produsert*. Norske Felleskjøp Temaseminar, Oslo.
- Volden, H., & Harstad, O. M. (2009). *Klimagasser fra husdyrbruket. Muligheter og begrensinger for å redusere utslippene*.
- Webb, J., Sørensen, P., Velthof, G., Amon, B., Pinto, M., Rodhe, L., Salomon, E., Hutchings, N., Burczyk, P., & Reid, J. (2013). Chapter Seven—An Assessment of the Variation of Manure Nitrogen Efficiency throughout Europe and an Appraisal of Means to Increase Manure-N Efficiency. I D. L. Sparks (Red.), *Advances in Agronomy* (Bd. 119, s. 371–442). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407247-3.00007-X>
- Øverland, J. I. (2010, desember 1). *Er det behov for ekstra svoveltilførsel når det benyttes husdyrgjødsel?*
- Aass, L., Åby, B. A., & Harstad, O. M. (2016, april 20). *Kornets plass i storfekjøtt- og melkeproduksjon og klimaeffekten av ulike strategier*. NFK's Temaseminar, Oslo.