



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Sterk nitrogengjødsling til eng

NIBIO RAPPORT | VOL. 7 | NR. 133 | 2021



Tor Lunnan

Divisjon for matproduksjon og samfunn

TITTEL/TITLE

Sterk nitrogengjødsling til eng

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Tor Lunnan

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
28.06.2021	7/133/2021	Åpen	120040/135	21/00994
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02888-8	2464-1162	19		

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

LMD - rettleingsprøving

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Tor Lunnan

STIKKORD/KEYWORDS:

Eng, nitrogen, gjødslingsplan, protein

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Fôr og husdyr

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Gjødsling av eng er av dei tiltaka som har størst effekt på avlingsnivå og økonomi i engdyrkinga. Mange bønder er i tvil om nitrogennivået i gjødslingsplanen sin, og derfor er det utført ein forsøksserie med tilleggsgjødsling utover gjødslingsplan med nitrogen i form av Opti-NS-gjødsel eller kalksalpeter. I alt 18 feltforsøk spreidd over landet er utført i regi av Norsk Landbruksrådgjeving. På ni felt vart etterverknad målt året etter.

I middel for felta var det ikkje statistisk sikker meiravling for tilleggsgjødsling. I førsteslåtten var det ingen utslag, medan det var ein tendens til meiravling for tilleggsgjødsling med 4 kg N i andre- og tredjeslåtten sjølv om utslaga ikkje var statistisk sikre. Sterk gjødsling gav negativ etterverknad året etter. Sterkare gjødsling gav høgare proteininnhald i fôret, medan det var små utslag på energiverdien og nedgang i tørrstoffinnhald og innhald av vassløseleg karbohydrat. Nitrogenopptaket auka med stigande N-gjødsling, men nitrogenutnyttinga ved gjødsling ut over gjødslingsplan var dårleg ved at under 50 % av tilført nitrogen vart ført bort med avlinga. Kalksalpeter og Opti-NS-gjødsel var likeverdige som tilleggsgjødsel.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Innlandet

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Øystre Slidre

STED/LOKALITET:

Løken



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

GODKJENT /APPROVED

Mats Höglind

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Tor Lunnan

NAVN/NAME



Forord

Bakgrunnen for dette prosjektet har vore å få fram meir kunnskap om sterk nitrogengjødsling til eng. Mange bønder er i tvil om nitrogennivået i gjødslingsplanen sin. Prosjektet har vært et samarbeid mellom NIBIO og NLR med forsøksfelt i ulike NLR-einingar, og finansiert av midlar frå rettleiingsprøvinga. Prosjektet vart starta opp frå NIBIO Kvithamar ved Anne Langerud og Lars Nesheim og ferdigstilt og publisert av Tor Lunnan ved NIBIO Løken. Vi takkar alle involverte i prosjektet for godt samarbeid.

Løken, 20.6.2021

Tor Lunnan

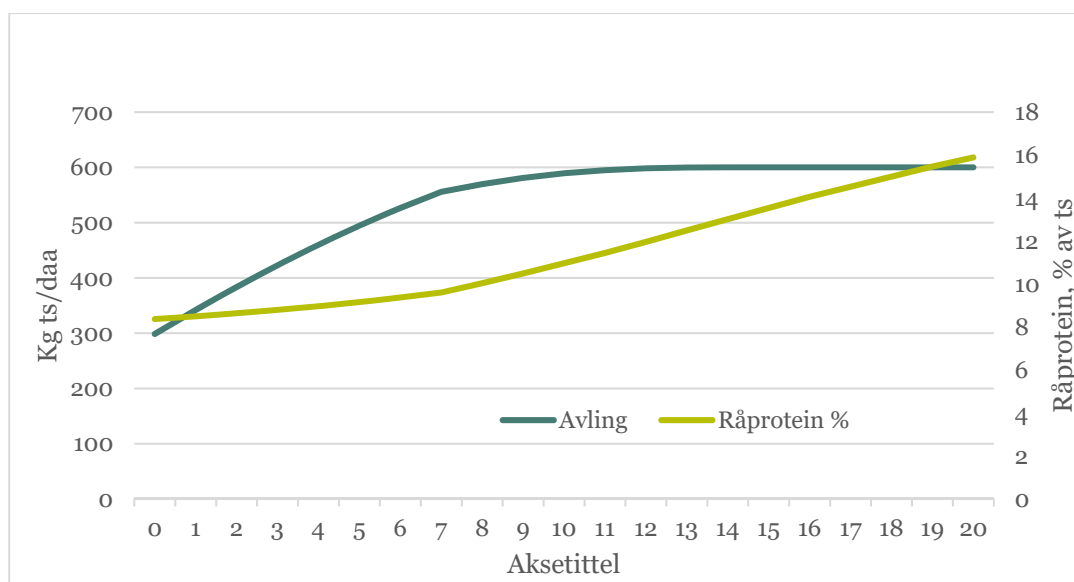
Innhold

1	Innleiing	6
2	Materiale og metode	8
2.1	Feltforsøk.....	8
2.1.1	Forsøksplan og forsøksbehandlingar	8
2.1.2	Statistisk analyse	9
2.1.3	Vêret i forsøksperioden.....	9
3	Resultat.....	10
3.1	Tilleggsgjødsling med nitrogen.....	10
3.1.1	Botanisk samansetnad	10
3.1.2	Avling i forsøksåret.....	10
3.1.3	Avling i etterverknadsåret.....	11
3.1.4	Innhald av råprotein.....	11
3.1.5	Nitrogenopptak og nitrogenernyttning.....	12
3.1.6	Avlingsutslag i forhold til kritisk N-verdi	12
3.1.7	Fôrkvalitet og tørrstoffinnhald.....	13
3.2	Effekt av gjødselslag	14
3.2.1	Avling.....	14
3.2.2	Fôrkvalitet	15
4	Diskusjon og konklusjon	16
	Referansar	18

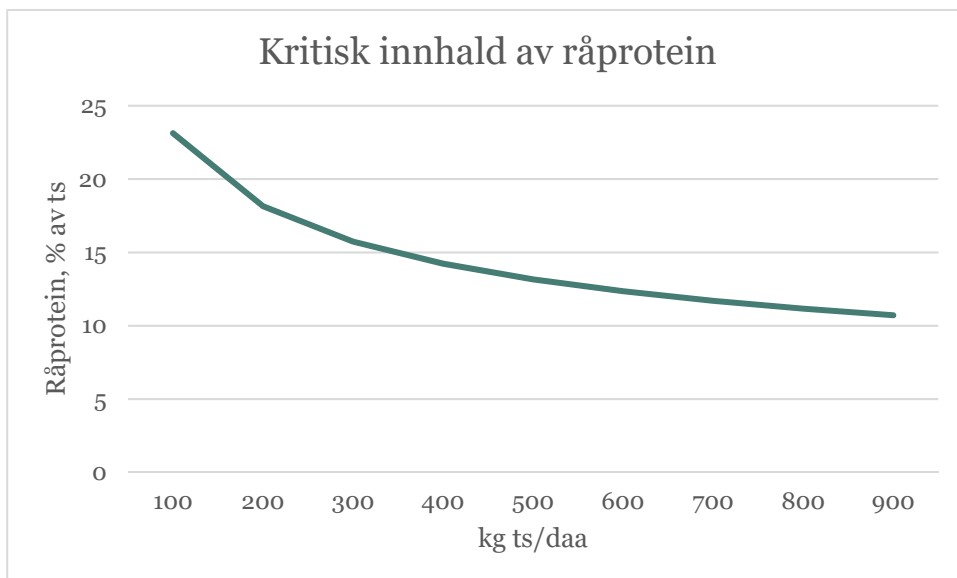
1 Innleiing

Gjødsling av eng er av dei tiltaka som har størst effekt på avlingsnivå og økonomi i engdyrkinga. Gardbrukarane skal ha ein gjødslingsplan der både gjødslingsmengd og gjødselslag blir tilpassa jordanalysar og avlingsnivå. Likevel er det mange, både rådgjevarar og bønder, som lurar på om gjødslingsmengdene er optimale, spesielt for nitrogen (N). Det er vanskeleg å sjå på enga om det hadde vore respons for sterkare gjødsling enn gjødslingsplanen. I korn kan legde vera eit godt teikn på om N-gjødslinga er for sterk. I eng har ein også ofte noko legde, men ein haustar som regel før legde blir noko problem, og legde kan like godt komme av mykje nedbør som av sterk gjødsling. Lite nitrogen gjev lys grønfarge på graset, men med normgjødsling vil som regel fargen vera mørkare, og det vil vera vanskeleg å sjå om ein hadde hatt respons for sterkare gjødsling.

Mange forsøk har vist at avlingskurva flatar ut med stigande gjødsling, medan proteininnhaldet stig vidare for høgare N-mengder (Fig. 1). Høgare nitrogenopptak enn det som er nødvendig for å få full avling kan ein rekne som luksusopptak, og det er ein samanheng mellom avlingsnivå og nødvendig N-innhald for å få full avling, såkalla kritisk N-innhald (Lemaire og Salette 1984, Greenwood m. fl. 1990, Bélanger og Ziadi 2008). Kritisk N-innhald går mykje ned med stigande avling. For full produksjon treng graset høgt N-innhald i bladmassen for å få maksimal lysutnytting i fotosyntesen, medan N-innhaldet i andre plantedelar (strå, stubb, bladslirer, røter) ikkje treng vera så høgt. Med aukande avling utgjer unge blad stadig mindre del av den totale avlinga, og dette forklarar at N-innhaldet ikkje treng vera så høgt i eldre planter. Proteininnhaldet sett i forhold til avlingsnivået er derfor ein god peikepinn på nitrogenstatus i enga. Er graset hausta på eit tidleg utviklingssteg med lågt avlingsnivå, krevst det høgt N-innhald i avlinga, medan sein slått med stor avling kan greie seg med mykje lågare N-innhald, jamfør Fig. 2. Likninga som er brukt i figuren er teken frå Bélanger og Ziadi (2008): Kritisk N % = $3,7 * \text{avling (tonn/ha)}^{-0,35}$. Etter denne kurva er kritisk råproteininnhald rundt 18 % av tørrstoff ved avling 200 kg ts/daa, medan kritisk innhald går ned til rundt 12 % av tørrstoff ved avling 600 kg ts/daa.



Figur 1. Eksempel på kurve over avling (venstre akse, kg ts/daa) i førsteslåtten og proteininnhald (høgre akse, % av tørrstoff) med stigande N-gjødsling (x-akse, kg N/daa)



Figur 2. Kurve over kritisk proteininnhald med stigande avlingsnivå ståande masse (kg ts/daa) (etter Bélanger og Ziadi 2008)

I tillegg til nitrogen, er også svovelforsyninga til graset viktig både for avling og for behovet hos husdyra. Husdyrgjødsel inneheld ein del svovel, men det er bunde mest i organisk form og må omdannast til sulfid før plantane kan nytte seg av det. Svovelmangel ved bruk av rein N-gjødsel i tillegg til husdyrgjødsel er ikkje uvanleg, og dette har ført til at tilleggsgjødsling med nitrogen no i stor grad blir gjort med kalkammonsalpeter tilsett svovel (Opti-NS-gjødsel med 27% N og 3,7% S).

I gjødslingsplanlegging blir N-nivået sett på grunnlag av gjødslingsnormer for distriktet ved ulike avlingsnivå og kløverinnhald. Vi veit at N-forsyninga i jorda kan variere mykje ut frå moldinnhald og moldkvalitet, husdyrgjødselbruk over tid, jordart og mengd mineralsk nitrogen i jorda om våren. Som ein del av rettleingsprøvinga vart det derfor i 2017 starta ein serie med tilleggsgjødsling utover gjødslingsplanen i mange einingar i Norsk Landbruksrådgjeving. I tillegg til ulike nitrogenmengder vart gjødseltypane kalksalpeter og Opti-NS testa som tilleggsgjødsling for å sjå kva effektar dette har på avling og fôr kvalitet.

2 Materiale og metode

2.1 Feltforsøk

I alt 19 eittårige feltforsøk er utførte i ulike einingar av Norsk Landbruksrådgjeving i åra 2017 og 2018 (Tabell 1). Felta vart grunn gjødsling etter gjødslingsplan for skiftet, gjødselslag og mengder er gjeve i tabellen. På åtte av felta vart det målt etterverknad av gjødslinga året etter (lik gjødsling).

Tabell 1. Plassering av felt og grunn gjødsling på felta. HG = husdyrgjødsel, NS = NS-gjødsel (27N + 3,7S), AN = ammoniumnitrat (34,4 % N).

Felt	NLR-eining	År	Grunn gjødsling vår	Etter 1. sl	Etter 2. sl	Etterv.år
1	Agder	2017	3 t HG +40 kg NS	2 t HG + 20 kg NS	20 kg NS	2018
2	Øst	2017	5 t Biorest +20 kg NS	20 kg NS	15 kg NS	2018
3	Innlandet	2017	2,5 t HG +42 kg NS	40 kg NS		2018
4	Innlandet	2017	2 t HG +40 kg 25-2-6	2 t HG + 25 kg 25-2-6		2018
5	Østafjells	2018	35 kg 25-2-6	30 kg NS		
6	Østafjells	2017	3 t HG + 20 kg 22-2-12	25 kg sulfan		2018
7	Rogaland	2017	5 t HG + 45 kg NS	3 t HG + 25 kg AN	10 kg AN	2018
8	Rogaland	2017	4 t HG + 40 kg 22-0-12	4 t HG + 20 kg AN		
9	Trøndelag	2017	65 kg 18-3-15	40 kg 22-3-10		
10	Trøndelag	2017	3 t HG + 16 kg sulfan + 20 kg 25-2-6	2,8 t HG + 24 kg AN		
11	Nord-Norge	2018	3,7 t HG +40 kg 22-2-12	40 kg 22-2-12		
12	Øst	2018	5 t HG +15kg NS	?	?	
13	Øst	2018	37 kg 22-3-10	?		
14	Innlandet	2018	45 kg NS	30 kg NS	20 kg NS	
15	Innlandet	2018	45 kg 22-3-10	3 t HG + 28 kg NS	20 kg NS	
16	Innlandet	2018	?			
17	Viken	2018	55 kg 22-3-10	?		2019
19	Trøndelag	2018	54 kg 22-3-10	35 kg 22-3-10		

2.1.1 Forsøksplan og forsøksbehandlingar

Forsøksplanen var lagt som blokkforsøk med to gjentak og to faktorar:

- A. Tilleggsgjødsling med nitrogen
 1. 4 kg N/daa
 2. 6 kg N/daa
 3. 8 kg N/daa

- B. Gjødselslag tilleggsgjødsel
 1. N som kalksalpeter (0 kg S/daa, N som CaNO₃)
 2. N som Opti-NS (3,7 % svovel, N som NH₄NO₃)

I tillegg var det med eitt ledd utan tilleggsgjødsling, slik at det i alt var sju ledd per gjentak. Gjødselslaga vart lagt på småruter innanfor kvar N-mengde som eit split-plot-forsøk. Alle felt vart lagt

ut etter lik plan, og dei ubehandla rutene låg mot kantrute på alle felt. Svovelføring med NS-gjødsel var etter tur 0,55 kg S ved 4 kg N, 0,82 kg S ved 6 kg N og 1,10 kg S ved 8 kg N.

Tilleggsgjødslinga vart delt i to porsjonar med halvparten som vårgjødsling og den andre halvparten etter førsteslåtten. På felt 7 vart all tilleggsgjødsling gjeve på våren ved eit mistak.

Felta er avlingsregistrerte på vanleg måte med veving av avling og uttak av tørkeprøver. Tørkeprøvene er tørka ned ved 60°C, og prøvene er vidare brukte til kvalitetsanalyse ved NIR-laboratoriet på Løken (Fystro og Lunnan 2006). Råprotein er her kalibrert på Kjeldahl-N-analysar, og ein har multiplisert N-verdien med ein faktor på 6,25. Nitrat-N er ikkje med i Kjeldahl-analysen, slik at totalt N-innhald kan vera litt høgare, særleg for ungt, sterkt gjødsla gras.

2.1.2 Statistisk analyse

Felta er analyserte med variansanalyse ved hjelp av prosedyren mixed models i MINITAB ver. 19 med gjentak som tilfeldig variabel og gjødsling som fast variabel. Nitrogenmengd er analysert med fire ledd - 0, 4, 6 og 8 kg N/daa - utan å ta gjødselslag inn i modellen. Tilleggsgjødsling med svovel og samspel nitrogenmengd x gjødselslag er analysert som split-plotforsøk med N-mengd på storroute og gjødselslag på småroute. Her er nullrutene utelatne frå modellen.

Ved samla analyse over heile forsøksserien er felt rekna som tilfeldig variabel og alle faktorar er testa mot sitt samspel med felt.

2.1.3 Vêret i forsøksperioden

Med felt plasserte over store delar av Noreg var det store variasjonar i vêret mellom stader og år. Tabell 2 viser nokre tal for sommartemperatur og nedbør frå utvalde klimastasjonar. Sommaren 2018 var uvanleg varm og tørr i Sør-Noreg som gav stor tørkeskade på gras og fôrangel, særleg på Austlandet. Dette pregar resultatane frå mange av felta dette året.

Tabell 2. Vêrdata frå Kvithamar (Stjørdal), Apelsvoll (Vestre Toten) og Særheim (Klepp) i forsøksåra 2017-2019 samt i normalperioden 1991-2020. Gjennomsnittleg temperatur (°C) og sum nedbør (mm) for månadene mai-august.

	2017	2018	2019	1991-2020
Kvithamar:				
Temperatur	12,5	14,1	13,1	12,9
Nedbør	392	269	343	320
Apelsvoll:				
Temperatur	13,1	16,6	13,7	13,5
Nedbør	321	165	296	279
Særheim:				
Temperatur	12,8	14,4	12,9	12,9
Nedbør	474	360	483	395

3 Resultat

3.1 Tilleggsgjødsling med nitrogen

3.1.1 Botanisk samansetnad

Det var ingen utslag av gjødsling på botanisk samansetnad i felta. Det var registrert under 10 % kløver på alle felt med tre unntak – felt 9 der det var rundt 10 % kløver i førsteslått og 15 % i andreslått. På felt 17 var det meir kløver – i middel 7 % i førsteslått, 13 % i andreslått og 30 % i tredjeslått, men det var ikkje forskjell mellom gjødslingar. Felt 19 hadde mellom 10 og 15 % kløver i begge slåttar.

3.1.2 Avling i forsøksåret

Avlingsresultat (sum kg ts/daa) for sesongen for ulike felt er gjeve i Tabell 3. Berre eitt av felta hadde statistisk sikker meiravling ($p < 0,05$) for tilleggsgjødsling, felt 15, der det var størst utslag i tredjeslått. Felt 16 vart hausta berre ein gong på grunn av tørkeskade sommaren 2018 og har derfor utslag berre for vårgjødslinga. Vi ser elles at forsøksfeilen (standardavviket, SE) er relativt stor i forhold til avlingsforskjellane mellom gjødslingar, og dette gjer at det blir vanskeleg å få statistisk sikre utslag sjølv om det er tendensar til forskjellar i mange felt.

Tabell 3. Sumavling i forsøksåret (kg tørrstoff/daa) med standardavvik (SE) og p-verdi for enkeltfelta.

Felt	NLR-eining	Tal slåttar	Tilleggsgjødsel kg N/daa				SE	p-verdi
			0	4	6	8		
1	Agder	2	872	923	991	965	27	0,13
2	Øst	3	1241	1334	1292	1343	26	0,17
3	Innlandet	2	1009	973	955	968	35	0,85
4	Innlandet	2	1077	1112	1002	972	46	0,20
5	Østafjells	2	825	894	880	847	36	0,66
6	Østafjells	2	1051	1106	1163	1066	35	0,21
7	Rogaland	2	1115	1139	1116	1108	30	0,89
8	Rogaland	2	1022	1099	1076	1057	27	0,42
9	Trøndelag	2	1844	1741	1726	1707	63	0,66
10	Trøndelag	3	1244	1214	1195	1236	26	0,63
11	Nord-Norge	2	1247	1252	1276	1192	46	0,64
12	Øst	3	951	921	964	992	29	0,42
13	Øst	2	665	735	727	713	28	0,56
14	Innlandet	3	1485	1540	1590	1579	49	0,62
15	Innlandet	3	530	589	669	618	19	0,01
16	Innlandet	1	252	214	202	201	12	0,16
17	Viken	3	830	817	841	821	17	0,78
19	Trøndelag	2	1228	1205	1180	1179	59	0,96

Middelavling for alle felt viser ikkje statistisk sikker meiravling for tilleggsgjødsling (Tabell 4). I førsteslått var det ingen utslag, medan det var ein tendens til meiravling for tilleggsgjødsling med 4 kg N i andre- og tredjeslått sjølv om utslaga ikkje var statistisk sikre. I sumavling var det heller ikkje sikre utslag.

Tabell 4. Middelvling for alle felt i forsøksåret.

	1. slått	2. slått	3. slått	Sum
Tal felt	18	17	6	17
Gjødslingsplan	509	437	315	1073
GP + 4 kg N	504	457	330	1094
GP + 6 kg N	511	450	333	1097
GP + 8 kg N	499	445	337	1080
SE	9,8	9,6	8,3	14,8
p-verdi	0,61	0,38	0,18	0,46

3.1.3 Avling i etterverknadsåret

Avlingsutslag i etterverknadsåret vart målt på åtte felt (Tabell 5). I førsteslåttan var det statistisk sikker forskjell ($p=0,05$) mellom gjødslingsledda ved at tilleggsgjødslinga gav mindre avling enn gjødslingsplanleddet. Også i andreslåttan var det klar tendens til høgast avling på gjødslingsplanleddet ($p=0,09$), medan det var ingen utslag i tredjeslåttan. I sumavling var det statistisk sikre forskjellar, og 4 kg tilleggsgjødsling gav ein avlingsnedgang på 55 kg tørrstoff i etterverknadsåret. Denne nedgangen er større enn meiravlinga i forsøksåret.

Tabell 5. Middelvling for alle felt i etterverknadsåret.

	1. slått	2. slått	3. slått	Sum
Tal felt	8	8	5	8
Gjødslingsplan	493	391	341	1096
GP + 4 kg N	464	366	339	1041
GP + 6 kg N	458	352	332	1018
GP + 8 kg N	453	370	333	1031
SE	11,6	12,5	10,1	18,9
p-verdi	0,05	0,09	0,85	0,01

3.1.4 Innhald av råprotein

Stigande N-gjødsling gav aukande proteininnhald i alle slåttar (Tabell 6). Utslaget var størst i dei to første slåttane. Trass i lik gjødsling til tredjeslåttan var det auke også her, noko som viser etterverknad frå gjødsling tidlegare i sesongen.

Tabell 6. Råprotein, % av tørrstoff i forsøksåret. Middel av alle felt.

	1. slått	2. slått	3. slått
Tal felt	16	13	6
Gjødslingsplan	12,4	11,7	16,2
GP + 4 kg N	13,3	12,4	16,3
GP + 6 kg N	13,8	12,6	16,9
GP + 8 kg N	14,3	13,0	17,1
SE	0,18	0,20	0,28
p-verdi	<0,001	<0,001	0,009

3.1.5 Nitrogenopptak og nitrogenutnytting

Det var statistisk sikkert høgare nitrogenopptak for aukande gjødslingsstyrke i alle slåttar i forsøksåret (Tabell 7). Proteinanalysen i NIRS er kalibrert på Kjeldahl-N-analyse, og i denne analysen er ikkje nitrat-nitrogen teke med. Ser ein på forholdet mellom N i gjødsel og N i avling, kan ein rekne ut utnyttingsgraden for tilleggsgjødsling utover gjødslingsplan. Utnyttingsgraden blir da etter tur 0,49, 0,47 og 0,40 for etter tur 4, 6 og 8 kg N tilleggsgjødsling. Det vil seie at under halvparten av nitrogenet tilført med gjødsel ut over gjødslingsplan vart ført bort med avlinga.

Tabell 7. Nitrogenopptak (kg N/daa) i forsøksåret rekna ut frå avling og proteininnhald. Middel av alle felt.

	1. slått	2. slått	3. slått	Sum
Tal felt	16	13	6	13
Gjødslingsplan	9,56	8,21	7,75	21,16
GP + 4 kg N	10,05	9,31	8,24	23,10
GP + 6 kg N	10,60	9,43	8,64	23,97
GP + 8 kg N	10,85	9,54	8,83	24,33
SE	0,23	0,26	0,22	0,39
p-verdi	<0,001	<0,001	0,001	<0,001

3.1.6 Avlingsutslag i forhold til kritisk N-verdi

Det var ikkje god samanheng mellom avlingsutslag og nitrogenstatus målt som avvik mellom kritisk proteininnhald og målt proteininnhald (Tabell 8). Kritisk proteininnhald er rekna ut i samsvar med Bélanger & Ziadi (2008) etter formelen: Kritisk N % = $3,7 * \text{avling (tonn/ha)}^{-0,35}$. I førsteslåttan var det ingen statistisk sikre avlingsutslag for gjødsling på felta til trass for låg N-status på fleire felt (spesielt felt 6 og 16). I andreslåttan var det sikker avlingsauke for gjødsling på to felt (felt 2 og 6), begge med rundt 4 %-einingar lågare proteininnhald enn predikert kritisk verdi. På fleire andre felt var det like låg N-status utan at det gav seg utslag på avlinga, til dømes felt 9 og felt 11. I tredjeslåttan var det statistisk sikkert avlingsutslag på felt 15 til tross for rimeleg høgt proteininnhald. Dette kan skuldast underskot i startveksten etter andreslåttan (sterk tørke) medan N-tilgangen betra seg utover ettersommaren.

På fleire av felta i 2018 med tørkeskade og låge avlingar, ser det ut til at avlingane var lite avgrensa av nitrogen til trass for lågt proteininnhald i forhold til avlinga. Felt 12, 15, 16, og 17 var utsett for tørke,

og her var proteininnhaldet ofte svært lågt i forhold til avlingsnivået. Disse resultatene tyder på at ein kan greie seg med noko lågare proteininnhald i grasen under tørke enn ved betre vassforsyning.

Tabell 8. Avling og nitrogenstatus ved gjødsling etter plan på felta. Avling (kg ts/daa) med avvik mellom utrekna kritisk proteininnhald og målt proteininnhald i parentes. Til høgre avlingsutslag målt som middel av tilleggsgjødsle ledd minus avling ved gjødslingsplan. Stjerner markerer statistisk sikre avlingsutslag (* p<0,05, ** p<0,01).

Felt	NLR-eining	Slått			Avlingsutslag		
		1	2	3	1	2	3
1	Agder	470 (-0,3)	400 (-2,1)		42	45	
2	Øst	410 (+1,6)	450 (-3,9)	380 (-2,6)	3	54*	24
3	Innlandet	540 (-0,4)	470 (+2,7)		-50	6	
4	Innlandet	480 (+1,2)	600 (+1,0)		-42	-7	
6	Østafjells	520 (-5,1)	530 (-4,1)		-68	130**	
7	Rogaland	540 (+2,7)	570 (-1,5)		-13	19	
8	Rogaland	580 (-0,7)	450 (0,0)		20	36	
9	Trøndelag	1080 (-2,2)	770 (-3,5)		-43	-76	
10	Trøndelag	530 (-0,3)	500 (-3,4)	210 (+1,2)	-8	-32	10
11	Nord-Norge	680 (-1,9)	570 (-4,5)		27	-34	
12	Øst	390 (-0,9)	220 (-4,9)	350 (-2,3)	-12	6	13
14	Innlandet	450 (-1,3)	620 (-3,3)	420 (-2,2)	33	34	19
15	Innlandet	188 (-1,1)	60 (-18,7)	282 (-1,0)	28	16	52**
16	Innlandet	250 (-7,0)			-46		
17	Viken	320 (-1,8)		250 (+4,5)	10		-7
19	Trøndelag	670 (-0,9)			-11		

3.1.7 Fôrkvalitet og tørrstoffinnhald

Tilleggsgjødsling med nitrogen utover gjødslingsplan gav klar auke i proteininnhaldet som vist i kapittel 1.3. Tilleggsgjødslinga gav derimot ingen sikre utslag for fordøyelegheit, og innhaldet av fiber (NDF) var heller ikkje påverka av gjødslinga (Tabell 9). Heller ikkje for andre parametrar som energiverdi (FEm/kg tørrstoff) og aske var det utslag (data ikkje vist).

Tabell 9. Fordøyelegheit (% av tørrstoff) og NDF (% av tørrstoff) i forsøksåret. Middel av 17 felt i førsteslåtten, 14 felt i andreslåt og 7 felt i tredjeslåt.

	Fordøyelegheit			NDF		
	1. sl	2. sl	3. sl	1. sl	2. sl	3. sl
Gjødslingsplan	67,9	68,9	72,7	61,7	58,3	53,5
GP + 4 kg N	67,9	68,6	72,7	61,3	58,2	53,0
GP + 6 kg N	67,7	68,4	72,6	61,2	58,6	53,0
GP + 8 kg N	67,7	68,4	72,9	61,1	58,4	52,2
SE	0,22	0,27	0,34	0,28	0,34	0,49
p-verdi	0,85	0,53	0,77	0,36	0,67	0,19

Tilleggsgjødslinga senka innhaldet av vassløyseleg karbohydrat i dei to første slåttane i forsøksåret. Det var også nedgang i tørrstoffinnhaldet i graset med stigande gjødsling i førsteslåttan, og tendens til nedgang også i andreslåttan (Tabell 10). Høgare proteininnhald, lågare innhald av vassløyseleg karbohydrat og lågare tørrstoffinnhald verkar negativt inn på ensileringseigenskapane til graset med aukande gjødslingsstyrke, men utslaga er ikkje store.

Tabell 10. Vassløyseleg karbohydrat (% av tørrstoff) og tørrstoffinnhald (%) i graset ved ulike gjødsling. Middell av alle felt i forsøksåret.

	Vassløyseleg karbohydrat			Tørrstoff		
	1. sl	2. sl	3. sl	1. sl	2. sl	3. sl
Gjødslingsplan	13,5	17,3	15,1	24,1	23,4	21,3
GP + 4 kg N	13,5	16,8	15,1	23,6	23,3	21,7
GP + 6 kg N	13,0	16,3	14,8	23,6	23,0	21,1
GP + 8 kg N	12,7	16,0	15,0	23,1	23,0	21,3
SE	0,26	0,37	0,41	0,29	0,31	0,31
p-verdi	0,009	0,02	0,88	0,04	0,51	0,40

3.2 Effekt av gjødselslag

3.2.1 Avling

Tilleggsgjødsling med kalksalpeter eller Opti-NS-gjødsel hadde ingen effektar på botanisk samansetnad av avlinga. Det var ikkje statistisk sikre utslag av gjødselslag på avlingsmengda (Tabell 11), og det var ikkje samspel mellom gjødselslag og gjødselmengd. Det var heller ingen sikre utslag av gjødselslag på avling i etterverknadsåret (Tabell 12).

Tabell 11. Middellavling for alle felt for bruk av kalksalpeter eller Opti-NS i forsøksåret.

	1. sl	2. sl	3. sl	Sum
Tal felt	18	17	6	17
Kalksalpeter	509	445	329	1088
Opti-NS	500	456	338	1093
SE	8,2	7,5	6,5	11,7
p-verdi	0,29	0,12	0,14	0,66

Tabell 12. Middellavling for alle felt for bruk av kalksalpeter eller Opti-NS i etterverknadsåret.

	1. sl	2. sl	3. sl	Sum
Tal felt	8	8	5	8
Kalksalpeter	465	359	330	1031
Opti-NS	451	366	340	1029
SE	9,1	10,0	7,7	14,7
p-verdi	0,12	0,52	0,19	0,92

3.2.2 Fôrkvalitet

Det var små utslag mellom gjødselslag på fôrkvalitet (Tabell 13, 14). I førsteslåtten var det likevel statistisk sikre forskjellar ved at Opti-NS gav høgast innhald av råprotein og svovel, medan kalksalpeter gav høgast innhald av vassløseleg karbohydrat. I andre- og tredjeslåtten vart det ikkje funne sikre forskjellar mellom gjødselslaga.

Tabell 13. Råprotein (% av tørrstoff) og fordøyelegheit (% av tørrstoff) i graset ved ulik gjødsling. Middel av alle felt i forsøksåret.

	Råprotein			Fordøyelegheit		
	1. sl	2. sl	3. sl	1. sl	2. sl	3. sl
Kalksalpeter	13,6	12,6	16,7	67,9	68,4	72,8
Opti-NS	13,9	12,7	16,9	67,7	68,5	72,7
SE	0,13	0,16	0,22	0,18	0,22	0,27
p-verdi	0,03	0,58	0,51	0,29	0,61	0,74

Tabell 14. Vassløseleg karbohydrat (% av tørrstoff) og svovel (% av tørrstoff) i graset ved ulik gjødsling. Middel av alle felt i forsøksåret.

	Vassløseleg karbohydrat			Svovel		
	1. sl	2. sl	3. sl	1. sl	2. sl	3. sl
Kalksalpeter	13,3	16,2	15,0	0,214	0,214	0,256
Opti-NS	12,8	16,5	14,9	0,218	0,214	0,255
SE	0,21	0,30	0,35	0,0017	0,0023	0,0028
p-verdi	0,02	0,33	0,79	0,06	0,97	0,71

4 Diskusjon og konklusjon

Forsøksplanen var ikkje den beste for å finne utslag for gjødslingsmengder. Hovudspørsmålet i forsøket var om det var effektar av tilleggsgjødsling i forhold til gjødslingsplanen. Da burde avlinga utan tilleggsgjødsling vore like godt bestemt som avlinga etter tilleggsgjødsling med to nullruter i kvart gjentak. I ettertid ser vi også at det var små utslag av gjødselslag slik at det hadde vore betre å plassere felta med fire gjentak og fire gjødselmengder og brukt berre eitt gjødselslag for å få redusert forsøksfeilen og få sikrere utslag. Kvart felt burde også vore randomisert individuelt og ikkje lagt ut etter same plan slik det vart gjort i denne serien. Likevel gir middeltala over felt greie haldepunkt både når det gjeld tilleggsgjødsling og bruk av gjødselslag på grunn av at ein har så mange felt i serien.

Det var ikkje utslag av gjødsling på botanisk samansetjing av enga. Det er heller ikkje å vente i eit eittårig forsøk med normal grunnjødsling etter gjødselplan. N-gjødsling verkar på innhaldet av kløver i enga, men med lite kløver i utgangspunktet og sterk grunnjødsling, var det ikkje utslag i dette forsøket.

Forsøksserien viser at nivået på gjødslingsplanane jamt over er høgt nok ved at ein ikkje fekk særleg utslag for tilleggsgjødsling. Dersom ein tek omsyn til etterverknadsåret, var det i middel negativt avlingsutslag for gjødsling sterkare enn gjødslingsplanen. Det var små utslag for gjødsling ut over gjødslingsplanen også i eldre forsøk (Lunnan og Fystro 2002). Dette seier likevel ikkje at gjødslingsplanen var optimal på alle felt. Variasjonar i jord, plantebestand og avlingsnivå tilseier at optimal gjødsling kan variere mykje mellom ulike skifte i ulike distrikt, og nokre felt i serien hadde sikkert optimal gjødsling svakare enn gjødslingsplanen, medan andre felt svarte for litt sterkare gjødsling. Denne variasjonen prøver ein å utnytte i konseptet presisjonslandbruk der gjødslinga kan varierast sterkare både innanfor og mellom ulike skifte ut frå målte observasjonar over plantebestand, nitrogenstatus i graset og jordvariasjonar. Dette kan gjerast ut frå målingar med spektroskopisensorar målt frå lufta eller bakkenivå (Schut m. fl. 2006, Geipel og Korsæth 2017). Yara N-sensor er ein type som er mest brukt traktormontert for sein delgjødsling i korn, men er også prøvd med lovande resultat i eng i Nord-Sverige (Zhou m. fl. 2018). I eng er det enklast å utnytte denne kunnskapen ved å korrigere gjødsling etter slått ut frå status i slåttan for avlingsnivå, nitrogenopptak og kløverinnhald. Fleire gjødslingar til same slått gjev mykje køyring og er neppe lønsamt med unntak for ulikt tidspunkt for tildeling av husdyrgjødsel og mineralgjødsel. Kunnskap om kor stort N-opptaket er utan gjødsling er også nyttig informasjon som kan brukast til å korrigere gjødslinga, og dette gjer ein enkelt ved å dekkje ei rute med ein presenning før gjødsling.

Det er vanskeleg å seie kva som er optimal gjødsling på kvart enkelt felt ut frå denne forsøksserien. Til det er avlingskurva altfor flat i det området vi har målt her, og forsøksfeilen blir stor i forhold til små avlingsforskjellar mellom ulike gjødslingar. Dersom ein ville finne optimalt gjødslingsnivå i feltforsøk, bør ha med ei nullrute utan gjødsling og eitt eller to punkt med svakare gjødsling enn gjødslingsplan for å kunne bestemme forma på kurva.

Forholdet mellom avlingsnivå og N-innhald i avlinga kan gje ein god peikepinn på korleis N-status i graset er og om det er behov for sterkare gjødsling. Såkalla kritisk N-innhald, som viser kor lågt N-innhaldet kan vera før det går ut over avlinga, er eit mykje brukt konsept for å studere dette sambandet. Det er foreslått fleire likningar for kritisk N-innhald i gras (Lemaire og Salette 1984, Greenwood et al. 1990, Bélanger og Ziadi 2008), i denne granskninga har vi sett nærmare på ei likning hos Bélanger og Ziadi (2008). I førsteslåttan ser det ut til at vi under norske forhold kan gå langt ned i N-innhald før vi får avlingsutslag av betydning, særleg ved store avlingar. Også andre forsøk har vist liten avlingsrespons ved store avlingar til tross for lågt proteininnhald (Lunnan og Fystro 2002, Lunnan og Nesheim 2002, Volden 1996 a,b). Etter svak vårgjødsling vil det vera små reservar att i jord, stubb og røter til startvekst i neste slått. Sterkare gjødsling om våren vil vera ein fordel ved at graset har større N-reservar etter slått og får raskare tilvekst etter slåttan. Fordelinga av nitrogen

mellom slåttar ved same totalmengd i sesongen, har lite å seie for totalavlinga (Lunnan og Nesheim 2002). Denne granskinga tyder på at ein kan klare seg med lågt proteinnivå i graset under tørkestress, som var tydeleg på mange felt sommaren 2018. Årsaka til dette er truleg at tørke er meir avgrensande for veksten enn nitrogen.

Gjødsling utover avlingsrespons gjev høgare proteininnhald i graset, men negativ etterverknad på avlinga året etter, redusert sukkerinnhald og høgare bufferkapasitet som gjev dårlegare ensileringseigenskapar. Verdien av høgare proteininnhald frå gjødsling er ofte liten og verkar i liten grad inn på AAT-innhaldet i fôret, men dersom fôrrasjonen har underskot på PBV, vil det vera positivt med meir protein ved at ein kan nytte kraftfôr med lågare proteininnhald. Denne granskinga viser at gjødselnormene er høge nok. Utfordringa for N-gjødsling i eng er å utnytte variasjonar i plantebestand, jordkvalitet og nitrogenstatus for å optimalisere gjødslinga. Her kan presisjonsdyrking med hjelp av sensortechnologi gje oss betre verktøy framover.

Effekten av gjødseltype for tilførsel av ekstra nitrogen gav små og ubetydelege utslag i dette forsøket. Opti-NS-gjødsel vil verke positivt der det er låg svoveltilførsel, men det var i liten grad tilfelle her. Kalksalpeter gjev raskare nitrogenopptak etter slått ved at all nitrogen er i form av nitrat, men dette hadde heller ingen effekt. Også i eldre forsøk var det små utslag for ulike gjødselslag for gjødsling etter førsteslått (Lunnan 1996).

Referansar

- Bélangier G. og Ziadi N. 2008. Phosphorus and Nitrogen Relationships during Spring Growth of an Aging Timothy Sward. *Agronomy Journal* 100: 1757-1762.
- Fystro G. og Lunnan T. 2006. Analyser av grovfôrkvalitet på NIRS. *Bioforsk Fokus* 1 (3); 180-181.
- Geipel J. og Korsæth A. 2017. Hyperspectral Aerial Imaging for Grassland Yield Estimation. *Advances in Animal Biosciences* 8: 770-775.
- Greenwood, D. J., Lemaire, G., Gosse, G., Cruz, P., Draycott, A., & Neeteson, J. J. (1990). Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. *Annals of Botany*, 66, 425– 436.
- Lemaire G. and Salette J. (1984). Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Etude de l'effet du milieu. *Agronomie*, 4, 423– 430.
- Lunnan T. 1996. Verknad av fullgjødning, kalkkammonsalpeter og kalksalpeter på avling og mineralsamansetjing I eng. *Norsk landbruksforskning* 10: 35-48.
- Lunnan T. og Fystro G. 2002. Nitrogengjødsling til eng – bruk av mineralsk N på våren, glødetap og gjødsling ruter som korreksjonsfaktorar. *Grønn Forskning* 2002 (2): 193-200.
- Lunnan T. og Nesheim L. 2002. Response to different nitrogen application patterns on grassland in a two-cut system. *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Science* 52: 1-7.
- Schut A.G.T., van der Heijden G.W.A.M., Hoving I., Stienezen M.W.J., van Evert F.K. og Meuleman J. 2006. Imaging Spectroscopy for On-Farm Measurement of Grassland Yield and Quality. *Agronomy Journal* 98: 1318-1325.
- Volden B. 1996a. Nitrogen og kalium til eng i Nordland. 1. Avlinger og jordanalyser. *Norsk landbruksforskning* 10: 282-300.
- Volden B. 1996b. Nitrogen og kalium til eng i Nordland. 2. Kjemiske og in vitro analyser av avlingen og jordanalyser. *Norsk landbruksforskning* 10: 301-314.
- Zhou Z., Hetta M. og Parsons D. 2018. Uppskatta vallens avkastning och näringsinnehåll genom spektral teknik. SLU, slutrapport ref https://www.slu.se/globalassets/ew/org/andra-enh/vh/rjn/slutrapporter/slutrapport_rjn-3_2018-uppskatta-vallens-avkastning-och-naringsinnehall-genom-spectral-teknik.pdf

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.