

OVERSIGT OVER LANDSFORSØGENE 2020

Forsøg og undersøgelser i
Dansk Landbrugsrådgivning

Samlet og udarbejdet af
LANDBRUG & FØDEVARER, PLANTEPRODUKTION
ved chefkonsulent Jon Birger Pedersen

Aktiviteterne er blandt andet støttet af:

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Froafgiftsfonden

Fonden for **økologisk** landbrug

Kartoffelafgiftsfonden

Innovationsfonden



The project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 727284



The project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 727672



The project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 774340



The project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 727230

lidt indenfor marken, og kan ikke forudsige variationen i udbyttet indenfor marken. Se også figur 14.

Der arbejdes videre med udbytteprognosen i vinterhvede i 2021.

Bestemmelse af kvælstofbehov

> LEIF KNUDSEN, SEGES

Bestemmelse af kvælstofbehov ud fra biomassemålinger i vinterhvede

I 2019 blev igangsat en udvikling af et værktøj kaldet N-Tool-Precise, der kan bestemme restbehovet for kvælstof ud fra satellitmålinger kombineret med jord- og dyrkningsdata. Projektet er støttet af GUDP-midler og af Promilleafgiftsfonden og løber fra 2019 til og med 2022. I projektet skal der gennemføres over 100 markforsøg i vinterhvede og vårbyg for at udvikle og afprøve modellen.

Grundtanken i modellen er, at landmanden til vinterhvede tilfører 50 kg kvælstof pr. ha mindre end det forventede kvælstofbehov ved første og anden kvælstoftildeling i marts og april. Hvor meget kvælstof, der yderligere skal tilføres, afgøres af satellitmålinger i stadium

37 medio maj kombineret med jord- og dyrkningsdata. Landmanden skal løbende kunne se restbehovet i de enkelte marker online i sit gødningsplanlægningsprogram. Ud over at virke på markniveau skal modellen også virke på positionsniveau, så den kan anvendes til at graduere kvælstof indenfor marken.

I forsøgene måles vegetationsindeks med drone, fordi satellitter ikke måler med en tilstrækkelig opløsning til at kunne skelne mellem parcellerne. Senere oversættes dronemålinger til satellitmålinger.

I 2019 blev gennemført 20 forsøg i vinterhvede og 10 forsøg i vårbyg, mens der i 2020 er gennemført 19 forsøg i vinterhvede og seks forsøg i vårbyg. Forsøgene er gennemført med stigende mængder kvælstof og er målt med drone fra to til seks gange i vækstsæsonen. Ud fra dronemålinger er beregnet to forskellige vegetationsindeks – NDVI og NDRE. I resultatopgørelsen er kun anvendt NDRE, fordi sammenhængen til kvælstofoptagelsen i litteraturen angives at være mest præcist for dette indeks.

Resultaterne af forsøgene med stigende mængder kvælstof er omtalt i afsnittet om stigende mængder kvælstof. Forskellige strategier for deling af kvælstof er omtalt i afsnittet "Strategier for delt tilførsel af kvælstof". Sammenhængen mellem NDRE og kvælstofoptagelse i vinterhve-

TABEL 16. Udbytte og NDRE målinger i 20 forsøg i vinterhvede med droneoverflyvninger. (N14)

Kvælstof, medio marts, kg N/ha	Kvælstof, medio april, kg N/ha	Kvælstof, st. 37, kg N/ha	Kvælstof tildelt min. 3 uger før måling i april	NDRE april	Kvælstof tildelt min. 3 uger før måling i april	NDRE medio maj	NDRE ca. 1. juni	Kar. for lejesæd ved høst ¹⁾	Pct. råprotein i kernetørstof	Udbytte kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb. hkg kerne pr. ha
2020. 19 forsøg i vinterhvede											
0	0	0	0	0,29	0	0,33	0,34	0	8,4	55	44,3
50	0	0	50	0,37	50	0,46	0,47	0	8,1	82	23,4
50	50	0	50	0,38	100	0,52	0,54	0	8,8	114	42,2
50	100	0	50	0,39	150	0,53	0,57	0	9,8	140	51,4
50	100	50	50		150			0	10,8	162	56,5
50	150	50	50	0,38	200	0,55	0,59	0	11,6	180	60,0
50	200	50	50	0,39	250	0,55	0,59	0	12,1	188	60,0
100	200	0	100	0,41	300	0,57	0,61	0	11,9	188	61,3
LSD										8	4,1
2019. 20 forsøg i vinterhvede											
0	0	0	0	0,37	0	0,46	0,46	0	8,3	70	56,4
50	0	0	50	0,43	50	0,55	0,55	1	8,3	95	20,4
50	50	0	50	0,44	100	0,60	0,61	1	9,1	119	31,8
50	100	0	50	0,44	150	0,62	0,64	1	10,2	143	38,1
50	100	50	50	0,44	150	0,62	0,65	2	11,2	162	40,5
50	150	50	50	0,44	200	0,63	0,66	3	11,9	172	40,2
50	200	50	50	0,44	250	0,64	0,66	3	12,6	175	37,2
100	200	0	100	0,49	300	0,65	0,67				
LSD										7	3,8

TABEL 17. Kvælstofbehov i 2019 og 2020.

	Nmin, forår, kg N/ha	NDVI efterår	NDRE 37, ved 150 kg N/ha	Optimal kvælstof- mængde, kg N/ha ¹⁾	Kg N optaget i kerne, grundgødet kg N/ha	Udbytte i grundgødet forsøgsled, hkg/ha	Udbytte ved optimum, hkg/ha
<i>Høst 2019.</i>	<i>20 fs.</i>	<i>20 fs.</i>	<i>20 fs.</i>	<i>20 fs.</i>	<i>20 fs.</i>	<i>20 fs.</i>	<i>20 fs.</i>
Gennemsnit	40	0,69	0,62	164	70	56,4	96,8
Spredning	21	0,15	0,06	35	15	12,2	11,8
Minimum	12	0,45	0,52	95	46	35,0	77,5
Maksimum	100	0,85	0,75	228	96	74,4	117,7
<i>Høst 2020.</i>	<i>19 fs.</i>	<i>15 fs.</i>	<i>18 fs.</i>	<i>19 fs.</i>	<i>19 fs.</i>	<i>19 fs.</i>	<i>19 fs.</i>
Gennemsnit	28	0,43	0,54	215	55	44,3	104,0
Spredning	25	0,24	0,09	17	17	13,1	18,8
Minimum	8	0,00	0,41	177	31	29,1	100,0
Maksimum	100	0,80	0,68	239	99	84,7	140,9

¹⁾ Optimal kvælstofmængde er beregnet uden hensyntagen til protein.

de og vårbyg er omtalt i afsnittet "Multispektrale billeder og kvælstofoptagelse". I dette afsnit omtales alene fastsættelse af kvælstofbehovet ud fra dronemålinger.

I tabel 16 fremgår resultatet af de 20 forsøg i vinterhvede i 2019 og 19 forsøg i 2020.

Kvælstof er tilført på tre tidspunkter, første tilførsel gennemsnit 21. marts i 2019 og 19. marts i 2020, anden tilførsel i stadium 29-31 15. april begge år og 3. tilførsel i stadium 37 (i gennemsnit 14. maj i 2019 og 15. maj i 2020 med en variation fra 6. til 25. maj). Mellem 2. og 3. gødningstilførsel er der i gennemsnit gået 30 dage, hvorfor gødningsvirkningen af 2. kvælstoftilførsel forventes at være slået fuldt igennem ved dronemålinger før 3. kvælstoftilførsel. Antallet af dage mellem 2. og 3. tilførsel varierer fra 21 til 40.

Variation i kvælstofbehov mellem forsøgene

Variationen i kvælstofbehov mellem forsøgene og mellem årene fremgår af tabel 17. Kvælstofbehovet er 51 kg pr. ha større i 2020 end i 2019. Det større kvælstofbehov kan skyldes et mindre indhold af N-min i 2020 på 12 kg kvælstof pr. ha i forhold til 2019. Samtidig var vinterhveden betydeligt mere udviklet i efteråret 2018 end i 2019, den nåede en NDVI på 0,62 i efteråret 2018, men kun en NDVI på 0,43 i efteråret 2019 på grund af det våde og kolde efterår. Også i stadium 37 var vinterhveden kraftigere i 2019 end i 2020, hvilket fremgår af NDRE-værdien.

Udbyttet af kvælstof i kerne og kerneudbyttet i det ugedede forsøgsled var betydeligt højere i 2019 end i 2020, fordi jorden stillede mere kvælstof til rådighed for afgrø-



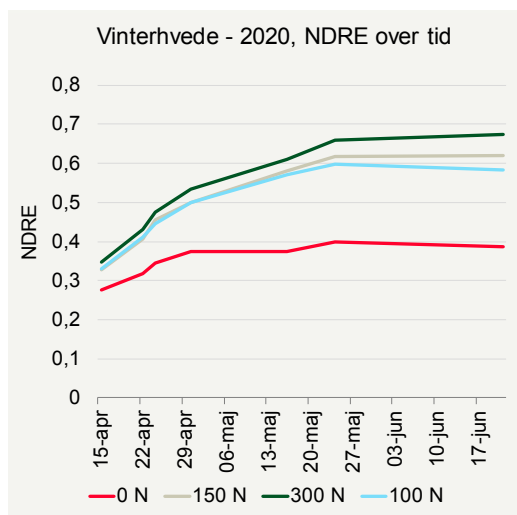
FIGUR 15. Variation i kvælstofbehov i 39 forsøg i vinterhvede 2019 og 2020.

den. Udbyttet ved optimal kvælstoftilførsel er derimod større i 2020 end i 2019 på grund af bedre klimatiske betingelser i vækstsæsonen. Således er merudbyttet for tilførsel af kvælstof i 2020 59,7 hkg pr. ha, mens det kun var 40,4 hkg pr. ha i 2019.

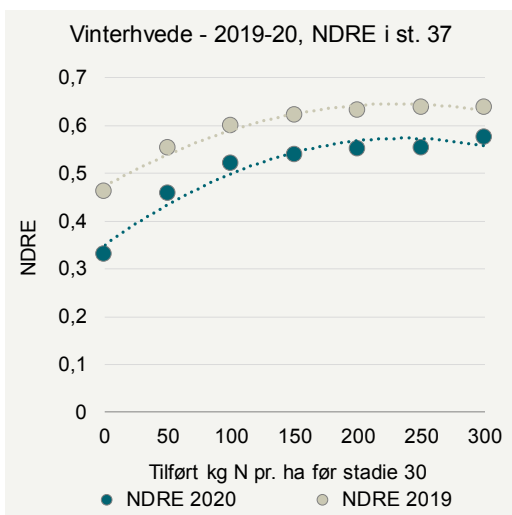
Variationen i den optimale kvælstofmængde mellem de enkelte forsøg var stor i 2019, og betydelig mindre i 2020. Samlet set over de to år har spredningen i den optimale kvælstofmængde været 38 kg kvælstof pr. ha (se figur 15).

NDRE-målinger

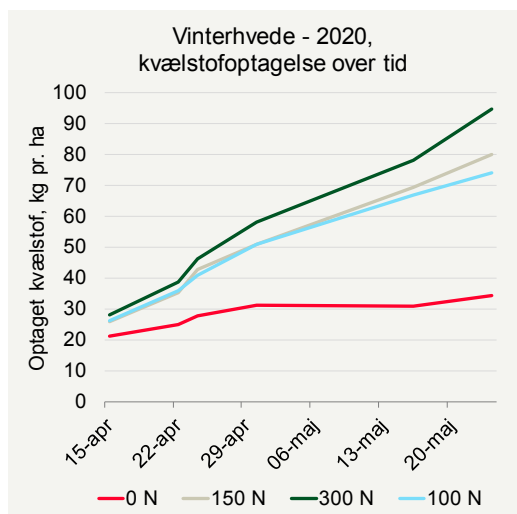
I tre forsøg er gennemført dronemålinger syv gange fra medio april til slutningen af juni. Ved målingen midt i



FIGUR 16. NDRE som funktion af tid for 0, 100, 150 og 300 kg kvælstof pr. ha tildelt senest medio april.



FIGUR 18. NDRE som funktion af tilførsel af stigende kvælstofmængder senest medio april.



FIGUR 17. Beregnet optagelse af kvælstof i afgrøden frem til skridning.

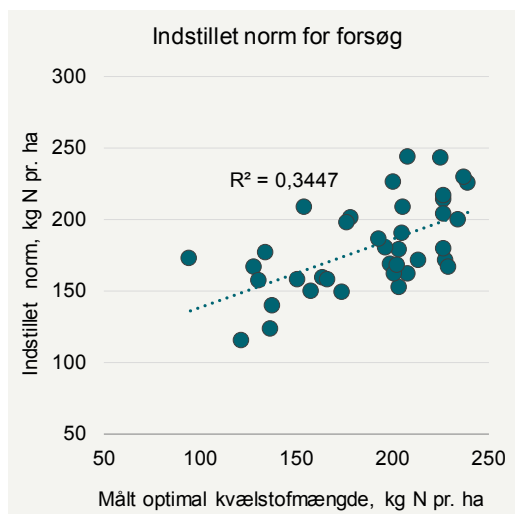
april ses en tydelig forskel mellem det grundgødte forsøgsled og tilførsel af 50 kg kvælstof pr. ha medio marts. Se figur 16 og 17. Effekten af en yderligere tilførsel af kvælstof på dette tidspunkt er beskeden. I stadium 37 midt i maj, 30 dage efter gødningstilførsel medio april, kan måles forskel på 0, 100, 150 og 300 kg kvælstof pr. ha. Forskellen mellem forsøgsled tilført 100 eller 150 kg kvælstof pr. ha er dog beskeden, men alligevel signifikant i to ud af de tre forsøg. Forskellen forøges frem til først i juni, hvorefter NDRE er relativt konstant.

Udviklingen i kvælstofoptagelse kan beregnes ud fra sammenhængen mellem NDRE og kvælstofoptagelse fundet i forsøgene. Kvælstofoptagelsen fra midt i april til sidst i maj er næsten lineær med en optagelse på 1,22 kg kvælstof pr. dag.

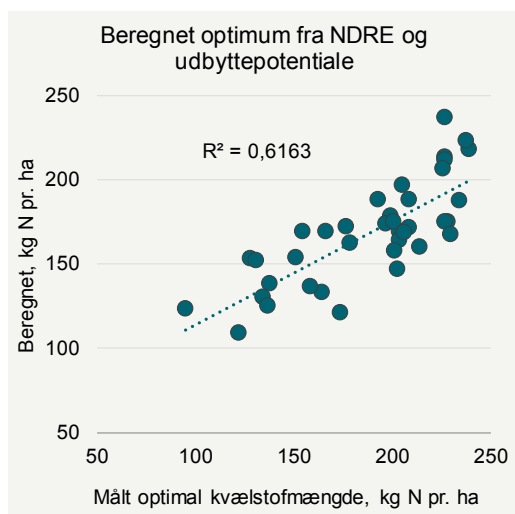
Bestemmelse af kvælstofbehovet forventes at skulle foretages ud fra NDRE i stadium 37. Af figur 18 fremgår NDRE for forskellige kvælstofniveauer tilført senest medio april. NDRE stiger med stigende kvælstofmængde. Ved en tilførsel på over 200 kg kvælstof pr. ha kan der ikke ses stigning i NDRE. NDRE-værdierne i 2020 har ligget markant under værdierne for 2019.

Kvælstofbehov beregnet ud fra kvælstofnormer

For hvert enkelt forsøg er beregnet den gældende kvælstofnorm. Normen er beregnet ud fra Landbrugsstyrelsens normer for 2020/2021. I beregningen indgår effekt af forfrugt, eftervirkning af husdyrgødning og efterafgrøder samt kvælstofprognosen. Beregningen er foretaget ved de aktuelt opnåede udbytter. I figur 19 fremgår det, at der er en relativ god sammenhæng mellem det beregnede behov ud fra normerne og det målte kvælstofbehov, selvom spredningen er stor (standardfejlen (RMSE) på sammenhængen er 25 kg pr. ha). Sammenhængen er stærkt signifikant (99,9 procent niveau).



FIGUR 19. Sammenhæng mellem kvælstofbehov ved beregningsmetoden til indstilling af kvælstofnormer og det målte kvælstofbehov.



FIGUR 20. Sammenhæng mellem kvælstofbehov beregnet ud fra NDRE og udbytte og det målte kvælstofbehov.

NDRE og kvælstofbehov

Idéen i N-Tool-Precise er, at NDRE målt i stadium 37 før tredje tildeling af kvælstof skal indgå i bestemmelsen af restbehovet for kvælstof. Den statistiske analyser viser, at der er en stærk signifikant sammenhæng mellem NDRE, udbyttet og den optimale kvælstofmængde. Både NDRE og udbyttet er stærkt signifikante parametre (99,9 procent). Der er anvendt det aktuelt opnåede udbytte, der er opnået ved tilførsel af den optimale kvælstofmængde

i hvert forsøg. Hver gang udbyttet forøges med 1 hkg pr. ha, forøges kvælstofbehovet med 1,24 kg kvælstof pr. ha. Det er en lidt mindre udbyttekorrektion end de 1,5 kg kvælstof pr. hkg, der anvendes ved indstilling af kvælstofnormerne. Tilsvarende falder kvælstofbehovet 29,7 kg kvælstof pr. ha ved en stigning i NDRE på 0,1 enhed i stadium 37. Den optimale kvælstofmængde forklares langt bedre ved at inddrage både det forventede udbytte og NDRE ved bestemmelsen end ved kun at anvende den ene af de to parametre.

Ved bestemmelse af kvælstofbehovet i stadium 37 er det vigtigt, at udbyttet kan forudsiges relativt præcist. I udviklingen af N-Tool-Precise forventes det at anvende den udbytteprognose, der er omtalt i afsnittet "Test af udbytteprognoser".

Variationen i kvælstofudbyttet i kerne ved høst i det grundgødede forsøgsled er signifikant korreleret til NDRE værdien for forsøgsleddet både i stadium 32 og 37. Det bekræfter, at NDRE-målingen kan anvendes til at bestemme, hvor meget kvælstof jorden stiller til rådighed for afgrøden (data ikke vist).

Sammenhæng mellem NDRE, udbytte og proteinindhold

Variationen i udbytte og proteinindhold mellem 19 forsøg i vinterhvede i 2020 kan ikke forklares ud fra NDRE. Indenfor det enkelte forsøg er der en meget stærk sammenhæng mellem NDRE i stadium 75 sidst i juni og udbyttet. Det samme er tilfældet for proteinindholdet (data er ikke vist).

Storskalaforsøg med kvælstof til maltbyg

> **LEIF KNUDSEN, SEGES**

To storskalaforsøg med kvælstof til maltbyg viser, at omfordeling af kvælstof i stadium 32 – for at gøre proteinindholdet mere ensartet – kan ske ud fra måling af biomasseindekset NDRE. Kvælstof tildelt før såning er mere effektivt end kvælstof tildelt i stadium 32. NDRE målt i stadium 75 har en god korrelation til proteinindholdet i kerne ved høst.

I regi af GUDP-projektet N-Tool-Precise er der i 2019 og 2020 gennemført to storskalaforsøg i maltbyg for at udvikle metoder til ud fra afgrødens vegetationsindeks