

LANDSFORSØGENE 2021

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

Frøafgiftsfonden

Fonden for **økologisk** landbrug

Kartoffelafgiftsfonden



Innovationsfonden



LANDSFORSØGENE 2021

Forsøg og undersøgelser i Dansk Landbrugsrådgivning

Landsforsøgene 2021 er samlet og udarbejdet af Landbrug & Fødevarer, Planteproduktion ved chefkonsulent Jon Birger Pedersen.

Udgivet

December 2021

Trykkeri

Stibo Complete

Udgiver

Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.

SEGES

Plante- & MiljøInnovation

Agro Food Park 15

8200 Aarhus N

T +45 8740 5000

E info@seges.dk

Omslag

Foto: Torkild Birkmose, SEGES

Køb

Bogen kan købes i SEGES Netbutik: www.netbutikken.seges.dk.

Pdf-udgaven af bogen samt tabeller og figurer i bogen kan hentes på www.landbrugsinfo.dk/oversigten.

Resultaterne i bogen kan frit gengives med tydelig kildeangivelse inkl. side-tal. F.eks. „Kilde: Landsforsøgene 2021, tabel xx, side yy.“

ISBN 978-87-93051-10-2

ISSN 0900-5293

TABEL 10. Stigende mængder kvælstof til vinterhvede på humusjord. (N10)

Vinterhvede	Kvælstoftildeling, kg N pr. ha			Kar. for leje-sæd ved høst ¹⁾	Pct. rå- protein i kerne- tørstof	Udbytte kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb. hkg kerne pr. ha	Nettomerdub. uden protein- korr., hkg kerne pr. ha	Nettomerdub. med protein- korr., hkg kerne pr. ha ²⁾
	Midt i marts	Midt i april	St. 37						
2021. 4 forsøg									
1. 0 N	0	0	0	0	10,0	127	85,0 b	-	-
2. 50 N	50	0	0	0	10,5	146	7,8 a	5,1	6,2
3. 100 N	50	50	0	1	11,2	158	10,2 a	4,8	7,5
4. 150 N	50	100	0	2	11,7	166	10,2 a	2,6	6,3
5. 200 N	50	100	50	2	12,1	172	10,2 a	-0,1	4,7
6. 250 N	50	150	50	3	12,4	177	11,1 a	-1,3	4,1
7. 300 N	50	200	50	3	12,9	183	10,3 a	-4,3	2,1
LSD					ns	10	3,4		
Gns. opt. N-mængder, kg N pr. ha							79 (11-172)		
Gns. merudb. ved opt., hkg pr. ha							10,7 (1,0-24,7)		
Proteinkorrigeret optimum, kg N/ha							103 (45-205)		
Proteinindhold ved ikke proteinkorrigeret optimum, pct.							11,0 (9,4-12,1)		
Proteinindhold ved proteinkorrigeret optimum, pct.							11,3 (9,8-12,4)		
Kvælstofnorm, ikke udbyttekorrigeret							127 (120-129)		

¹⁾ Skala 0-10, 0 = ingen lejesæd.

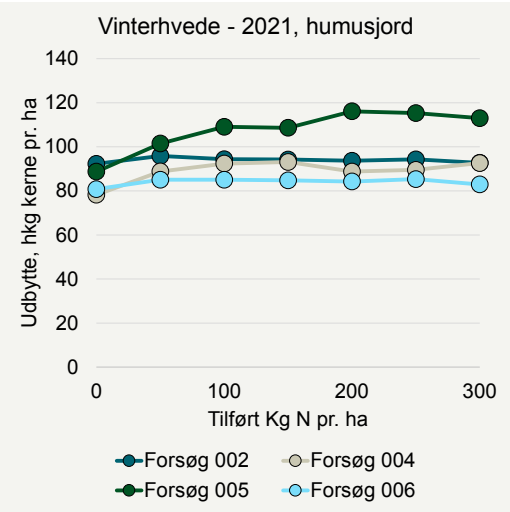
²⁾ Proteinkorrekturen er foretaget med en pris på protein på 3,50 kr. pr. procentenhed protein pr. hkg.

kvælstof er 79 kg kvælstof pr. ha, hvilket er væsentligt lavere end den ikke udbyttekorrigerede kvælstofnorm for forsøgene, som er på 127 kg kvælstof pr. ha. Merudbyttet ved optimal kvælstoftildeling er 10,7 hkg pr. ha. Kvælstofudbyttet er stigende med stigende tilførsel af kvælstof. Ydermere er der en tendens til, at proteinprocenten stiger desto større tilførsel af kvælstof, dog uden at det er signifikant.

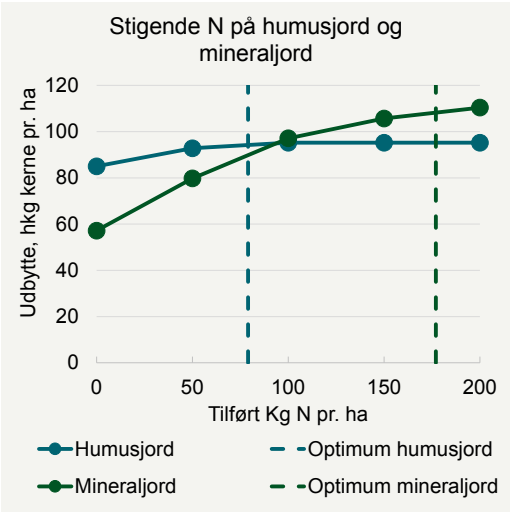
I enkeltforsøgene ses der generelt beskedne merudbytter ved stigende kvælstofmængder (se figur 7). I et for-

søg med en relativ lav humusprocent på 9,7 (forsøg 005) ses er en større positiv respons for stigende mængder kvælstof end i de andre forsøg med vinterhvede. Det er på baggrund af de fire forsøg ikke muligt at observere sammenhænge mellem udbytterespons og jordens C/N-forhold.

Sammenlignes udbytteresponsen for stigende mængder kvælstof på humusjord med responsen på mineraljord (gennemsnit af alle forsøg på mineraljord i 2021), ses der en tydelig forskel (se figur 8). Uden tildeling af kvælstof



FIGUR 7. Udbytter ved stigende kvælstoftilførsel til vinterhvede.



FIGUR 8. Udbytter ved stigende kvælstoftilførsel til vinterhvede på humusjord og mineraljord.

TABEL 11. Stigende mængder kvælstof i 2021 sammenlignet med 2020.

Afgroede	2021							2020						
	Antal forsøg	N-min, kg /ha	Udbytte, ugødet, hkg pr. ha	Mer-udbytte v. optimum, hkg/ha	Protein i kerne ved optimum, pct.	Optimum, uden protein-korrektion, kg N/ha	Optimum m. protein-korrektion, kg N/ha	Antal forsøg	N-min, kg /ha	Udbytte, ugødet, hkg pr. ha	Mer-udbytte v. optimum, hkg/ha	Protein i kerne ved optimum, pct.	Optimum, uden protein-korrektion, kg N/ha	Optimum, med protein-korrektion, kg N/ha
2020-2021.														
Vårbyg	8	57	53,4	30,5	10,2	142	152	4	62	42,6	33,5	11,5	161	175
Havre	4	53	60,7	18,2	11,9	102	117	5	67	53,2	30,1	10,8	120	125
Vinterbyg	5	48	50,2	45,9	11,2	174	188	5	17	28,9	45,1	11,0	165	192
Vinterhvede	19	41	52,7	36,7	10,5	177	208	20	27	43,0	59,7	11,0	219	229
Vinterrug	4	31	54,0	43,1	8,9	153	169	4	9	50,0	45,1	9,2	144	159
Vinterraps	8	46	36,6	13,9	-	149	-	4	37	31,6	19,5	-	174	-

er udbyttet på humusjord 28 hkg kerne pr. ha større end på mineraljord. Kvælstofresponsen på mineraljord er større end på humusjord, hvilket også medfører en stor forskel på den økonomisk optimale kvælstoftildeling på de to jordtyper. Optimum på mineraljord er næsten 100 kg kvælstof pr. ha højere end på humusjord.

Forsøgene på husmusjord fortsætter.

Sammendrag af forsøg med stigende mængder kvælstof

Generelt viser forsøgene med stigende mængder kvælstof i 2021 et betydeligt mindre kvælstofbehov end i 2020, hvor behovet var større end normalt. N-min-indholdet i 2021 er i vinterhvede større end året før, hvilket bekræfter, at kvælstofprognosen har været retvisende. I de andre afgrøder er der for få forsøg til at foretage sammenligningen. Udbyttet i de grundgødede forsøgsled ligger betydeligt over året før, mens merudbytteerne for kvælstoftilførsel er mindre.

Oversigt over forsøg med stigende mængder kvælstof

I tabel 12 ses et sammendrag af flere års forsøg med kvælstof til forskellige afgrøder. For alle år er kvælstofbehovet beregnet ved de priser for afgrøder og kvælstof, som er angivet sidst i LANDSFORSØGENE 2021. Hvis prisrelationerne ændres, så der skal avles 1 kg korn mere for at "betale" 1 kg kvælstof, falder den økonomisk optimale kvælstofmængde med 5-6 kg kvælstof pr. ha. For grovfoder er værdien af protein generelt indregnet i kvælstofbehovet, mens det ikke er relevant i vinterraps, frøgræs, kartofler og sukkerroer. Hvis protein i korn har en værdi svarende til 3,50 kr. pr. procentenhed protein

pr. hkg, stiger den optimale kvælstofmængde i vinterhvede med 25-30 kg kvælstof pr. ha i forhold til ingen korrektion for proteinindhold.

For afgrøder, hvor der er tilstrækkeligt mange forsøg, er der anvendt de seneste ti års forsøg, mens der for andre afgrøder er anvendt forsøg fra en længere årrække.

Hvor der er tilstrækkeligt mange forsøg, er de opdelt efter forfrugt, jordtype og tilførsel af husdyrgødning til forsøgsarealet de foregående år. Der har ikke været tilført husdyrgødning til forsøgsafgrøden bortset fra vinterraps, hvor der kan være tilført en vis mængde om efteråret. Der kan også være tilført op til 20 kg kvælstof pr. ha om efteråret i vintersæd.

Jordtypen har stor indflydelse på udbyttet, men i langt mindre grad på kvælstofbehovet. Det skyldes, at det generelt større udbytte på lerjorde modsvarer af et mindre kvælstoftab i løbet af vinteren og dermed højere N-min indhold i jorden ved begyndende vækst om foråret. Generelt er kvælstofbehovet fra 10 til 30 kg pr. ha lavere, hvor der er tilført husdyrgødning i årene forud. Der kan også iagttages en forfrugtsvirkning af bredbladede afgrøder bortset fra kartofler. Især virkningen af kløvergræs er betydelig.

Mange års forsøg med stigende mængder kvælstof har vist, at behovet varierer meget fra mark til mark. De vigtigste faktorer ved fastsættelse af kvælstofbehovet er forfrugt, dyrkningshistorie inklusive tilførslen af husdyrgødning i de tidligere år, udbytteneiveauet og jordtypen. En mere præcis fastsættelse af kvælstofbehovet kan i forårssæde afgrøder og i vintersæd, hvor kvælstofoptagel-

TABEL 12. Optimale kvælstofmængder med og uden hensyntagen til proteinindholdet.

Afgrøde	Periode for forsøg	Forfrugt	JB nr.	Husdyr-gødning i sæd-skiftet	Antal forsøg	N-min kg N pr. ha	Udb. og merudb., hkg pr. ha						Øko-nomisk optimalt udbytte hkg pr. ha	Økonomisk optimal N-tilførsel uden protein-korrektion kg N pr. ha	Økonomisk optimal N-tilførsel med protein-korrektion kg N pr. ha	
							handelsgødning, kg N pr. ha									
							0	40	80	120	160	200				
Vårbyg	2012-2021	Korn	1-4	Nej	9	48	43,3	13,8	21,5	25,6	28,0	29,0	73,2	144	165	
Vårbyg	2012-2021	Korn	1-4	Ja	11	44	35,0	11,9	18,8	25,2	26,3	27,6	63,3	141	161	
Vårbyg	2012-2021	Korn	5-6	Nej	13	69	41,7	11,5	19,3	22,2	24,0	23,9	66,5	136	150	
Vårbyg	2012-2021	Korn	5-6	Ja	15	58	39,2	14,8	23,1	27,6	29,6	29,5	69,8	132	150	
Vårbyg	2012-2021	Korn	7-9	Nej	7	55	40,1	15,6	26,7	33,1	36,8	35,9	77,1	145	155	
Vårbyg	2012-2021	Sukkerroer	5-9	Nej	7	58	39,3	17,3	30,5	35,9	38,4	38,3	78,0	144	166	
Vårbyg	2012-2021	Sukkerroer	7-9	Nej	10	49	47,1	15,5	25,3	29,6	32,7	32,8	79,6	138	153	
Vårbyg	2000-2021	Kartofler	1-4	Nej	17	27	32,4	13,7	21,5	25,8	28,1	26,9	63,6	127	147	
Vårbyg	2000-2021	Majshelsæd	1-4	Nej	10	42	45,1	12,0	20,6	25,5	31,3	-	79,0	174	-	
Vårbyg	2000-2021	Kløvergræs	1-4	Nej	12	48	50,7	1,5	0,6	0,3	-1,7	-	53,7	30	41	
Havre	2000-2021	Korn	Alle	Ja/nej	14	59	48,1	11,8	17,9	22,1	22,1		71,2	115	122	
Vinterrug	2012-2021	Korn	Alle	Ja/nej	24	26	47,6	16,6	29,4	36,2	38,7	39,2	87,7	148	164	
							Handelsgødning, kg N pr. ha									
							0	50	100	150	200	250				
Vinterhvede	2012-2021	Korn	1-4	Nej	30	32	38,7	18,1	33,6	40,5	40,9	40,1	81,5	170	189	
Vinterhvede	2012-2021	Korn	1-4	Ja	9	31	36,6	17,7	34,0	41,1	45,2	45,3	83,5	186	208	
Vinterhvede	2012-2021	Korn	5-6	Nej	28	43	46,1	22,3	37,8	46,7	52,1	52,3	99,4	208	229	
Vinterhvede	2012-2021	Korn	5-6	Ja	30	32	43,9	18,2	33,3	41,6	46,1	48,1	92,6	212	233	
Vinterhvede	2012-2021	Korn	7-9	Nej	25	36	44,8	20,4	37,4	47,5	52,9	54,8	99,6	215	234	
Vinterhvede	2012-2021	Korn	7-9	Ja	12	36	46,5	19,9	33,4	40,2	41,8	43,3	89,9	187	219	
Vinterhvede	2012-2021	Raps	1-4	Ja/nej	36	26	45,7	18,7	32,9	38,2	38,7	36,4	86,5	161	180	
Vinterhvede	2012-2021	Raps	5-9	Nej	15	42	54,7	22,2	36,2	43,9	47,0	47,5	103,1	189	225	
Vinterhvede	2012-2021	Raps	5-9	Ja	14	44	56,9	19,1	31,5	40,0	41,7	42,3	101,1	190	216	
Vinterhvede	2012-2021	Bælgsæd	5-9	Ja/nej	14	41	56,5	19,3	33,6	40,9	43,7	43,7	102,7	189	216	
Vinterbyg	2012-2021	Korn	1-4	Ja/nej	17	29	36,1	18,0	30,5	36,4	37,6		74,7	150	167	
Vinterbyg	2012-2021	Korn	5-9	Ja/nej	25	37	34,6	18,6	33,0	39,4	42,7		77,4	166	182	
Triticale	1995-2021	Korn	1-4	Nej	30	28	24,3	14,6	24,0	27,2	27,2	28,0	54,1	164	193	
Vinterraps ¹⁾	2012-2021	Korn	1-4	Ja	12	37	31,2	4,3	8,1	10,5	11,7	12,1	43,4	172		
Vinterraps ¹⁾	2012-2021	Korn	5-9	Ja	16	35	35,5	6,9	10,9	13,6	14,5	14,5	50,6	162		
							Udb. og merudb., kg frø pr. ha						kg frø pr. ha			
							0	50	100	150	200	250				
Alm. rajgræs	2018-2020	Korn	Alle	Alle	10	-	873	638	1186	1475	1550	1662	2.348	206	-	
							0	20	40	60						
Rødsvingel ^{2),3)}	Alle	1-9	Ja/nej	19			1.040	86	137	181						
							100	130	160	190						
Engrapgræs ²⁾	Alle	1-9	Ja/nej	10			1.129	110	140	113						
							Udb. og merudb., hkg sukker pr. ha						hkg sukker pr. ha			
Sukkerroer ²⁾	Alle	4-7	Ja/nej	12			97,5	23,4	31,9	34,4	33,2					
							Udb. og merudb., hkg stivelse pr. ha						hkg knolde pr. ha			
							0	50	100	150	200	250				
Kartofler ²⁾	2011-2020	Korn	1-4	Nej	16	39	77,2	17,6	30,8	39,4	43,6	43,3	122			
							Udbytte og merudb., afgrødeenh. pr. ha						Afgrøde- enh. pr. ha			
							0	50	100	150	200	250				
Majshelsæd ⁴⁾	2011-2020	Korn	1-3	Ja	17	41	107,6	12,3	19,3	22,6	21,6	22,5	130,4			
Majshelsæd ⁴⁾	2011-2020	Korn	4-9	Ja	6	47	91,0	11,7	15,9	16,5	17,5	12,7	108,8			

¹⁾ Vinterraps: Efterårstilførsel af kvælstof ikke medregnet.

²⁾ Kopi fra Oversigt over Landsforsøgene 2013.

³⁾ Rødsvingel er tildelt cirka 60 kg kvælstof pr. ha om efteråret.

⁴⁾ Inklusive 20 kg N pr. ha i startgødning. Proteinkorrektion foretaget med 2,64 kr. pr. procentenhed protein.

sen om efteråret er beskeden, ske ud fra en bestemmelse af jordens N-min-indhold i det tidlige forår. Desuden kan forskellige plantesensorer give en indikation af behovet i den enkelte mark.

Prisrelationernes betydning for kvælstofbehovet

Kraftigt stigende gødningspriser og stigende afgrødepriser har udløst spørgsmål om, hvor meget kvælstoftilførslen skal ændres for at ramme det økonomisk optimale niveau. Den optimale kvælstofmængde påvirkes af forholdet mellem afgrøde- og kvælstofpris. Dette forhold kan udtrykkes som bytteforholdet, der udtrykker, hvor mange kg korn eller anden afgrøde, der skal avles for at betale 1 kg kvælstof. Eller med andre ord forholdet mellem kvælstofprisen og kornprisen pr. kg. Hvis priserne på afgrøde og kvælstof stiger proportionalt, ændres den optimale kvælstofmængde ikke.

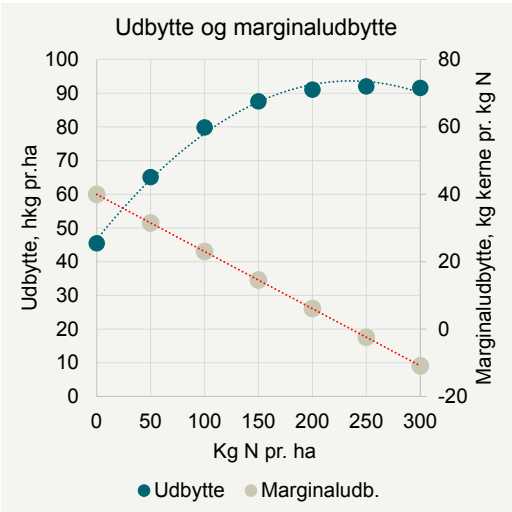
I de senere år har bytteforholdet mellem korn og kvælstof været cirka 6,3. Det betyder, at der skal avles 6,3 kg korn for at betale 1 kg kvælstof. For raps har bytteforholdet typisk ligget på 2,5. Det er også det prisniveau, som har været anvendt ved indstilling af kvælstofnormer.

I nedenstående tabel er vist, hvad forskellige prisrelationer mellem kvælstof og korn betyder for bytteforholdet. Forholdet er eksemplificeret med prisen på NS 28-5.

Hvad bytteforholdet betyder for den optimale kvælstofmængde er illustreret i figur 9. Her er for gennemsnittet af 60 vinterhvedeforsøg med forfrugt korn vist udbyttet ved stigende mængder kvælstof fra 0 til 300 kg pr. ha. Udbyttet stiger fra 45 hkg pr. ha uden tilførsel af kvælstof til 92 hkg pr. ha ved tilførsel af 250 kg kvælstof pr. ha.

TABEL 13. Ændring i prisrelationernes betydning for den optimale kvælstofmængde.

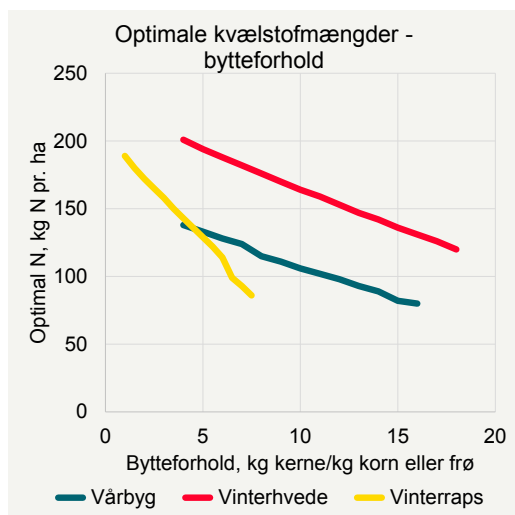
Pris på NS 28-5, kr. pr. 100 kg	Pris pr. kg kvælstof	Kornpris, kr. pr. hkg	Bytteforhold, korn	Rapspris, kr. pr. hkg	Bytteforhold, raps	Ændring N-optimum, kg pr. ha		
						Vårbyg	Vinterhvede	Vinterraps
200	6,88	120	5,7	250	2,8	0	0	0
400	14,13	120	11,8	250	5,7	-30	-35	-45
600	21,38	120	17,8	250	8,6	-59	-69	-90
200	6,88	150	4,6	375	1,8	6	7	14
400	14,13	150	9,4	375	3,8	-18	-21	-16
600	21,38	150	14,3	375	5,7	-42	-49	-46
200	6,88	180	3,8	500	1,4	9	11	21
400	14,13	180	7,9	500	2,8	-10	-12	-1
600	21,38	180	11,9	500	4,3	-30	-35	-24



FIGUR 9. Udbytte og marginaludbytte i vinterhvede. Baseret på 60 forsøg med forfrugt korn 2012-2021.

Merudbyttet for ekstra kvælstof aftager med stigende mængde kvælstof. Det er i figuren udtrykt med den røde kurve, der viser, hvor mange kg kerne, som opnås ved at tilføre ét kg kvælstof ekstra. For det første kg kvælstof fås et merudbytte på 40 kg kerne pr. kg kvælstof. Det betyder, at kvælstof skal være mere end 40 gange så dyrt som korn for, at det ikke kan betale sig at tilføre mere kvælstof. Ved 250 kg kvælstof får man ikke et merudbytte for at tilføre ekstra kvælstof. Her er opnået det maksimal udbytte. Hvis prisrelationen er, at kvælstof koster 6 gange mere end korn, kan optimum aflæses, hvor 6 kg kerne krydser den røde kurve. Her er optimum 200 kg kvælstof pr. ha. Hvis kvælstof derimod koster 11 gange mere end korn, kan optimum aflæses, hvor 11 kg kerne pr. kg kvælstof krydser den røde kurve. Her er optimum 170 kg kvælstof pr. ha. Ændring af bytteforholdet fra seks kg kerne til at betale ét kg kvælstof til 11 kg kerne betyder et fald i den optimale kvælstofmængde på 30 kg kvælstof pr. ha.

I figur 10 er vist, hvad bytteforholdet betyder for den optimale kvælstofmængde i vårbyg, vinterhvede og vinterraps. For vårbyg vil den optimale kvælstofmængde falde med 5,0 kg, hver gang, der skal 1 kg korn mere til at betale 1 kg kvælstof. Tilsvarende for vinterhvede reduceres optimum med 5,7 kg kvælstof. For vinterraps skal kvælstofmængden reduceres med 16 kg kvælstof for hver gang bytteforholdet ændrer sig ét kg frø mere til at betale for ét kg kvælstof.



FIGUR 10. Betydning af bytteforholdet mellem kvælstof og korn for optimal kvælstofmængde i vårbyg, vinterhvede og vinterraps. Vårbyg er baseret på 58 forsøg 2012-2021, vinterhvede 60 forsøg 2012-2021 og vinterraps 23 forsøg 2012-2020.

Kvælstofprognosen

> CAMILLA LEMMING, SEGES

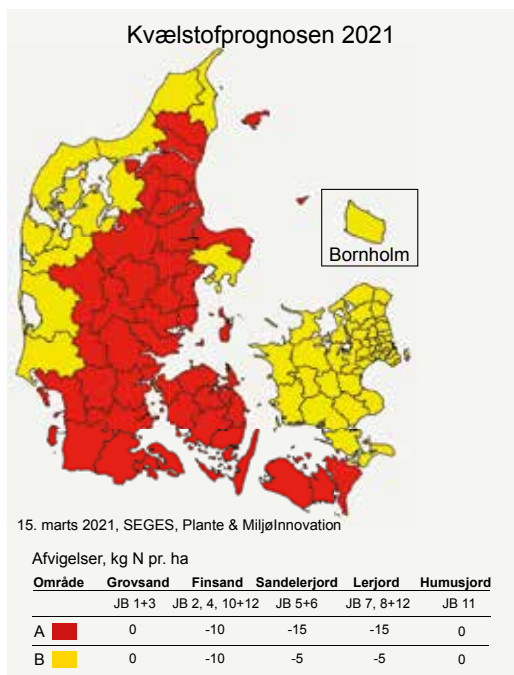
Kvælstofprognosen 2021 er baseret på målinger af N-min-indholdet i jorden på 105 marker i Kvadrantnettet i februar 2021. Målingerne er sammenholdt med det gennemsnitlige N-min-indhold i jorden, målt i Kvadrantnettet i perioden 2010 til 2020.

Kvælstofprognosen har i 2021 vist et lavere kvælstofbehov end normalt. På finsandet jord har behovet været 10 kg kvælstof pr. ha lavere end normalt og på lerjord 5-15 kg pr. ha lavere end normalt, afhængigt af kommune. På grovsandet jord og humusjord har behovet været det samme som normalt. Se tabel 14 og figur 11. På landsplan resulterede kvælstofprognosen i et behov, der var ca. 12.500 tons eller 5 kg kvælstof pr. ha lavere end normalt. Det lavere kvælstofbehov skyldes, at nedbøren fra september 2020 til februar 2021 var mindre end normalt.

Figur 12 viser kvælstofprognoser fra 1995 til 2021 samt gennemsnittet af alle kvælstofprognoser i samme periode. I 16 af årene har kvælstofprognosen været større end normalt (defineret som gennemsnit af de foregående 11 år). I ni af årene har den været mindre end normalt, mens den i to år har været det samme som normalt. I gennem-

TABEL 14. Kvælstofprognosen 2021. Prognosen angiver afvigelser fra det normale behov for tilførsel af kvælstof (kg kvælstof pr. ha). Områdeindelingen fremgår af figur 11.

Område	Grovsand	Finsand	Sandblandet lerjord	Lerjord	Humusjord
	JB 1 og 3	JB 2 og 4	JB 5 og 6	JB 7-9	JB 11
Område A	0	-10	-15	-15	0
Område B	0	-10	-5	-5	0



FIGUR 11. Områdeinddeling til kvælstofprognosen 2021. Inddelingen af landet i to områder er foretaget på grundlag af afvigelsen i nedbøren i perioden september 2020 til februar 2021 i forhold til perioden 2010 til 2020.

snit af de 28 år har prognosen angivet et merbehov på 1.163 tons pr. år, hvilket svarer til ca. 0,5 kg kvælstof pr. ha landbrugsareal pr. år.

Kvælstofprognose for efterafgrøder og vinterraps

Den årlige kvælstofprognose baseres på N-min-målinger foretaget i marker med begrænset optagelse af kvælstof i vinterhalvåret. Dette er i praksis ubevoksede marker og marker bevokset med vintersæd. Lovgivningsmæssigt gælder kvælstofprognosen dog også for marker, hvor der har været efterafgrøder. Efterafgrøder vil imidlertid ofte have en betydelig optagelse af kvælstof i efteråret, som kunne forventes at give et generelt lavt N-min-niveau i