

PILOTPROJEKT OM BIOMASSE OG EFTERAFGRØDER

Forfatter(e): Nanna Hellum Kristensen og Leif Knudsen, SEGES
Organisation: SEGES Innovation P/S

Konklusion

Pilotlandmændene har afprøvet biomasseordningen i 2020 og i 2021. Landmændene har i begge år afprøvet forskellige tiltag herunder forskellige såtidspunkter af vintersæd og efterafgrøder samt effekt af spildkorn. I 2020 var en stor del af markerne vintersæd som blev sået tidligt, og der blev opnået et NDVI på 0,68. Til sammenligning blev der i 2021 opnået et NDVI på 0,57 i samme periode. På landsplan ses ikke samme forskel, og forskellen på biomassen målt med satellit mellem 2020 og 2021 var på landsplan kun marginal. Derfor afspejler den lave NDVI hos pilotlandmændene i 2021 sandsynligvis mest af alt en meget tidlig etablering af vintersæd og efterafgrøder i 2020.

Forskellen på pilotlandmændenes opnåede NDVI mellem 2020 og 2021 tydeliggør, at det også i en biomasseordning er nødvendigt at så både efterafgrøder og vintersæd tidligt for at opnå en høj biomasse i efteråret. Resultaterne viser, at der er en tydelig sammenhæng mellem sådato i efteråret og opnået NDVI. Dog er der stor variation, og i nogle marker opnås lave NDVI-værdier på trods af en tidlig etablering. Der kan altså være andre forhold, som for eksempel våde forhold i marken, som medvirker til en lav biomasse.

Resultatet indikerer også, at der er god sammenhæng mellem den målte kvælstofoptagelse og NDVI målt med satellit i perioden 16.-31. oktober, hvilket er en forudsætning for biomasseordningen. Også i notatet "Analyser i pilotprojekt om biomasse på baggrund af data fra forsøgsår 2020" af Aarhus Universitet konkluderes det, at NDVI giver et estimat for kvælstofoptagelsen i afgrøderne, og at der med et stigende kvælstofoptag i afgrøder kan forventes et lavere udvaskningspotentiale på en given lokalitet.

Således indikerer resultatet fra projektet, at NDVI afspejler kvælstofoptagelsen i efteråret.

Alle otte landmænd og deres konsulenter har været engagerede og meget opsatte på at bidrage til en forenkling af efterafgrødereglene. Oplevelsen har været, at ordningen fordrer godt landmandskab, og der opleves en større frihed og motivation til at opfylde et biomassekrav på den mest optimale måde. I modsætning opleves de nuværende regler som rigide, komplicerede og fordrer "pisk fremfor gulerod". Spildkorn er et af de tiltag, som har fyldt i debatten, og en af de positive ting ved biomasseordningen er, at spildkorn tæller på lige fod med de andre efterårsdækker. De forskellige tiltag er i det hele taget brugt aktivt og kloget til at reducere udvaskningspotentialet på den mest økonomiske måde.

Der er flere udfordringer i en biomasseordning. En af de store udfordringer er, hvordan det sikres, at der ikke gødskes i efteråret for blot at opnå et højere NDVI. Herudover er majs svær at håndtere, fordi den høstes senere end NDVI-målingen laves.

SEGES har i bilag 1 udarbejdet et forslag til, hvordan nogle af disse udfordringerne kan håndteres. Forslaget blev diskuteret med Landbrugsstyrelsen og Aarhus Universitet på en workshop. På baggrund heraf undersøger Landbrugsstyrelsen mulighederne for at arbejde videre med forslaget om et differentieret NDVI-krav.

Introduktion

Baggrunden for projektet er et ønske om at gøre op med de ufleksible og udviklede efterafgrøderegler, der findes i dag. Projektets formål er at afprøve en ny efterafgrødeordning, som er fleksibel og enkel. Ordningen tager udgangspunkt i kontrol med satellit, og ideen er, at alle landmænd skal opnå et biomassekrav i efteråret, som måles med satellit. Visionen er, at biomassekravet er et samlet krav for alle bedriftens marker, og at der ikke er krav til hverken afgrødetyper eller såtidspunkter.

Otte landmænd har meldt sig til at afprøve ordningen gennem to år. I pilotordningen skal landmændene opfylde kravet på udvalgte marker, og der er i pilotordningen begrænsninger på, hvilke afgrøder der må etableres. Biomassekravet er i pilotordningen fastsat til en NDVI på minimum 0,5, som skal opfyldes mellem den 15. til den 31. oktober.

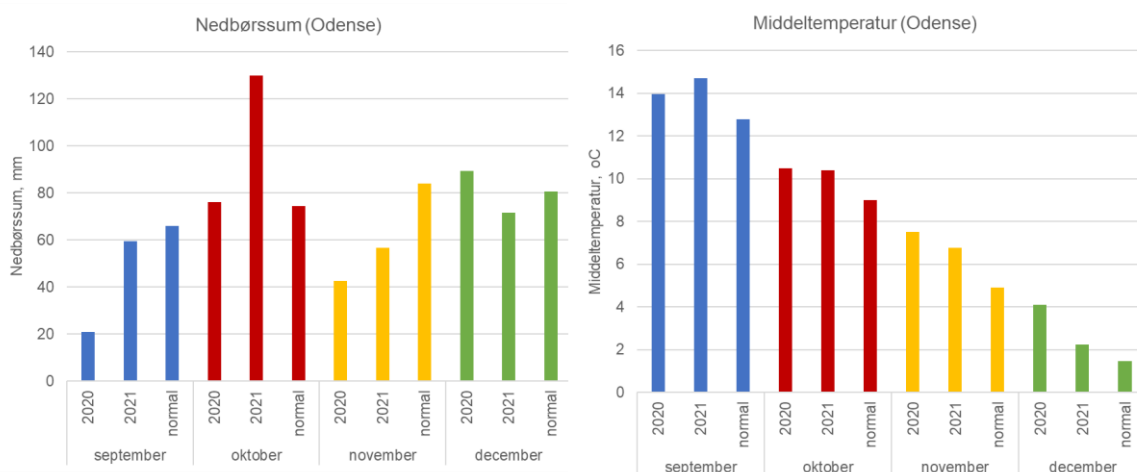
[Reglerne for pilotordningen kan læses her.](#)

Pilotprojektordningen om biomasse og efterafgrøder er finansieret af Landbrugsstyrelsen. SEGES udfører målinger og databehandling, og denne rapport er udarbejdet af SEGES og leveret som en del af projektafrapporteringen.

Denne rapporten fokuserer på resultaterne fra efteråret 2021, samt at opsummere de samlede konklusioner fra projektet.

Vejrforhold i projektperioden

I figur 1 fremgår temperatur og nedbørsforhold for slutningen af 2020 og 2021, samt klimanormaler for perioden.



Figur 1. Middeltemperatur og nedbør (DMI-data for Odense).

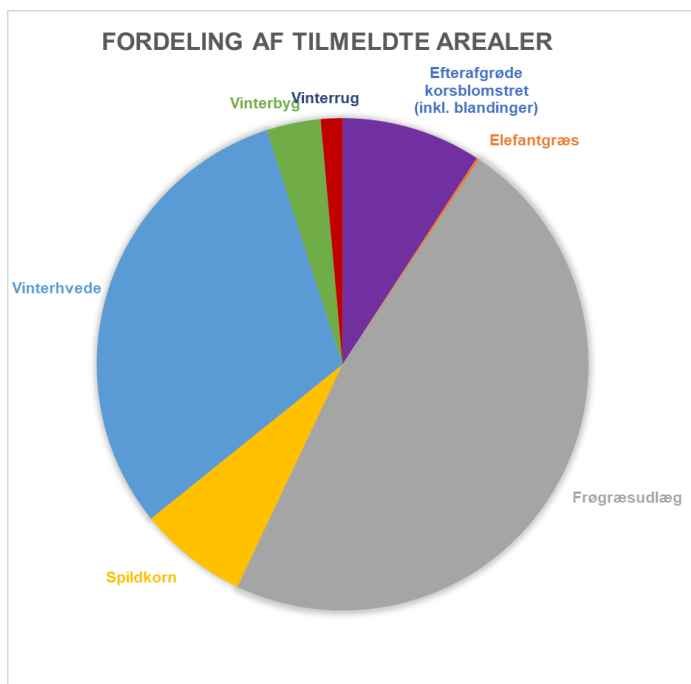
Temperaturen i efteråret 2020 fra september til 1. januar 2021 har været betydelig højere end normalen. De høje temperaturer og gode forhold omkring etablering har medført, at vintersæd og efterafgrøder i efteråret 2020 har været relativt veludviklede. Efteråret 2021 har været mere våd, men nedbørsmængden i september lå kun lidt under normalen og temperaturen lå lidt over normalen.

NDVI fra satellit på de otte bedrifter, tilmeldte arealer

Tilmeldte arealer og dækning af satellitdata

I 2021 er der tilmeldt 112 marker. Foruden de tilmeldte arealer er der gennemført forskellige målinger i 12 vinterrapsmarker.

I 2021 etablerede de otte landmænd forskellige afgrøder på arealerne for at opnå NDVI-kravet på minimum 0,5. Fordelingen af afgrøder på tilmeldte arealer i 2021 ses af figur 2. Fordelingen er sammenlignelig med 2020, men der indgår flere spildkornsmarker i 2021, og en lidt større del af arealet udgøres af frøgræs i 2021.



Figur 2. Fordeling af afgrøder til opfyldelse af NDVI-kravet i 2021. I alt indgik 122 marker. Fordelingen er arealbaseret.

Billederne fra satellitterne frasorteres, hvis der er skydække på det tidspunkt billedet bliver taget, hvilket gør at man i efteråret typisk vil opleve at en vis procentdel af marker uden NDVI-værdier. Der er opnået NDVI-data i perioden 16. oktober-31. oktober 2021 for 105 af de 112 marker, svarende til 93 % af det tilmeldte areal.

Sammenlignet med 2020 var der en dækning på 83% af det samlede areali 2020

Opfyldelse af NDVI-krav på de tilmeldte arealer

Opfyldelse af kravet er beregnet med udgangspunkt i den maksimale NDVI-værdi opnået for den enkelte mark mellem 16. og 31. oktober 2021. Det samlede NDVI for bedriften er beregnet som et gennemsnit af de maksimale opnåede NDVI for bedriftens tilmeldte marker, men vægtet på areal. På den måde tæller de største marker relativt mere end de mindre. De opnåede NDVI-værdier er markant mindre end sidste 2020. Det lavere NDVI i 2021 forklares med et lavere NDVI for vintersæd og

efterafgrøder. Specielt vintersæden blev sået markant tidligere i 2020, hvilket har været medvirkende til de høje NDVI-værdier i 2020.

Tabel 1. Opnået NDVI som et vægtet gennemsnit af bedriftens tilmeldte marker i 2021.

LOKALITET	AREAL MED OPNÅET NDVI, HA	OPNÅET NDVI
Silkeborg1	41	0,65
Vestsjælland	132	0,52
Holstebro	133	0,50
Bornholm	35	0,52
Horsens	216	0,64
Fyn	739	0,72
Silkeborg2	56	0,57
Skive	23	0,45
I alt	893	0,57

En enkelt bedrift opfylder ikke kravet om på 0,5, og her var det opnåede NDVI 0,45. På bedriften var størstedelen af arealet vintersæd. Derudover indgik en mark med mellemafgrøder. Den ekstra kvælstofoptagelse, som opnås med mellemafgrøden afspejles ikke i NDVI i oktober tæller derfor ikke i biomassen.

Man kan altså ikke bruge mellemafgrøder til at opnå et højere NDVI i den biomasseordning der er afprøvet som pilotordning. Hvis mellemafgrøder skal indgå kræver det biomassemålinger tidligere og en indberetning, hvilket vil komplicere ordningen. Det vurderes dog at være nødvendigt, at mellemafgrøder kan indgå.

Flere landmand har benyttet spildkorn og vintersæd til at opfylde kravet i 2021. Det sammen med et svært efterår har medført de lavere NDVI-værdier.

Afgrødernes betydning for NDVI

NDVI for de forskellige afgrødetyper fremgår af tabel 2. Vinterraps opnår de højeste NDVI-værdier. Vinterraps har ikke været med i pilotordningen. Derudover ligger frøgræsudlæg og frøgræsmarkerne højt. Vintersæd ligger ligesom i 2020 lavt, og markant lavere end i 2020. End større del af vintersædsmarkerne blev sået senere i 2021, hvilket kan være årsag til de generelt lave NDVI-værdier. I gennemsnit er vintersædsmarkerne sået fem dage senere i 2021 end i 2020. Derudover ses det af figur 3 at mange vintersædsmarker fra 2021 havde lave NDVI-værdier på trods af relativ tidlig såning. Der er meget stor variation i NDVI blandt efterafgrødemarkerne, og på enkelte bedrifter er NDVI på samme niveau som i 2020. I gennemsnit var efterafgrødemarkerne sået to dage før i 2020 ift. 2021.

Som det fremgår senere i rapporten (figur 9) er der i efteråret 2021 er opnået sammenlignelige NDVI-niveauer på landsplan med 2020.

Sammenlignes NDVI mellem pilotlandmænd og landsgennemsnittet ses, at vintersæden er på niveau med landsgennemsnittet, mens efterafgrødernes og spildkornsmarkens NDVI hos pilotlandmændene ligger markant lavere end landsgennemsnittet. Dette skyldes at få marker har et meget lavt NDVI.

Tablet 2. Gennemsnit af det maksimale NDVI opnået i perioden 16. okt.-31. okt. på tilmeldte arealer fordelt på afgrødetyper

Efterårsbevoksning	2021			2020
	Antal af marker med NDVI 15-31.oktober	Gns. NDVI	Standardafvigelse	GNS NDVI 2020
2. eller 3. års frøgræsmark	3	0,78	0,20	0,72
Efterafgrøde korsblomstret (inkl. blandinger)	15	0,67	0,18	0,77
Elefantgræs	2	0,67	0,03	0,75
Frøgræsudlæg	18	0,74	0,06	0,74
Spildkorn	15	0,57	0,14	0,65
Vinterhvede	39	0,56	0,12	0,61
Vinterraps	12	0,83	0,14	-
Vinterbyg	11	0,52	0,08	0,61
Vinterrug	2	0,56	0,14	0,82
I alt/middel	117	0,63	0,16	0,69

Der indgår en del spildkornsmarker i 2021, og de opnår også i 2021 relativt høje NDVI-værdier, selvom de i gennemsnit ligger lavere end i 2020. På billede 1 ses, hvordan en landmand har udnyttet biomasseordningen til at opnå et højere NDVI på en økonomisk bevist måde. Der er i marken harvet og spredt lidt olieræddikefrø.

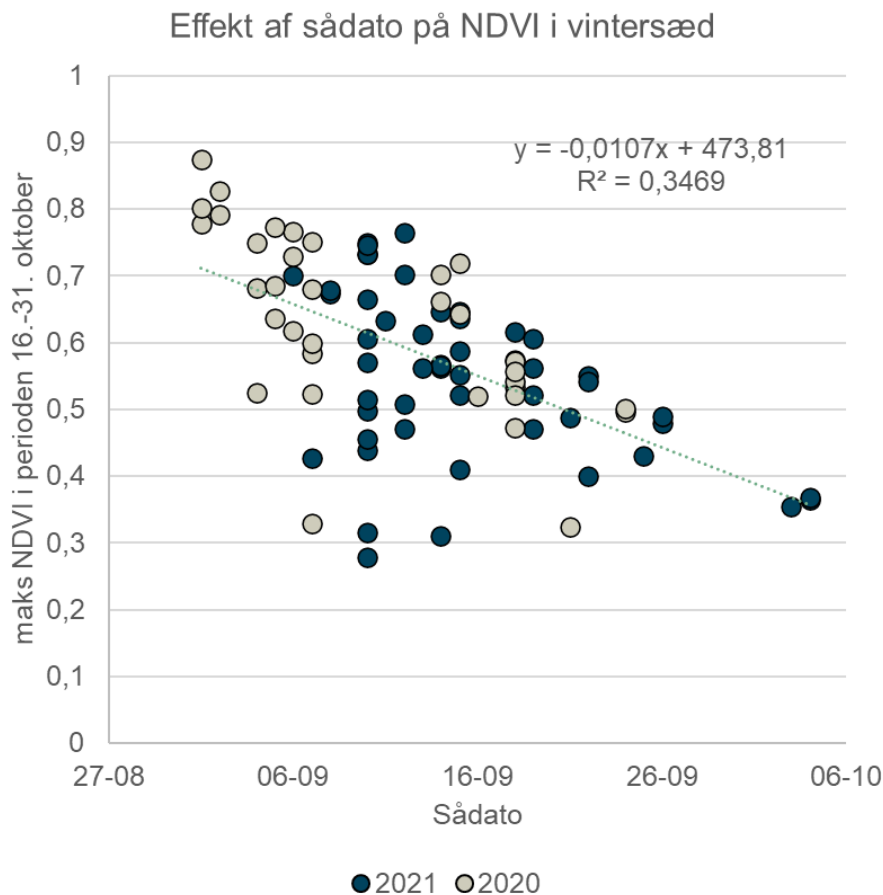


Billede. Mark med spildkorn og lidt udsået olieræddike. Marken harvet efter høst, og der isået en smule olieræddike.

Såtidspunktets betydning for NDVI

Såtidspunkt for både efterafgrøder og vintersæd har betydning for den opnåede biomasse. Figur 3 afspejler såtidspunktets betydning for NDVI i vintersæd i både 2020 og 2021. NDVI reduceres i

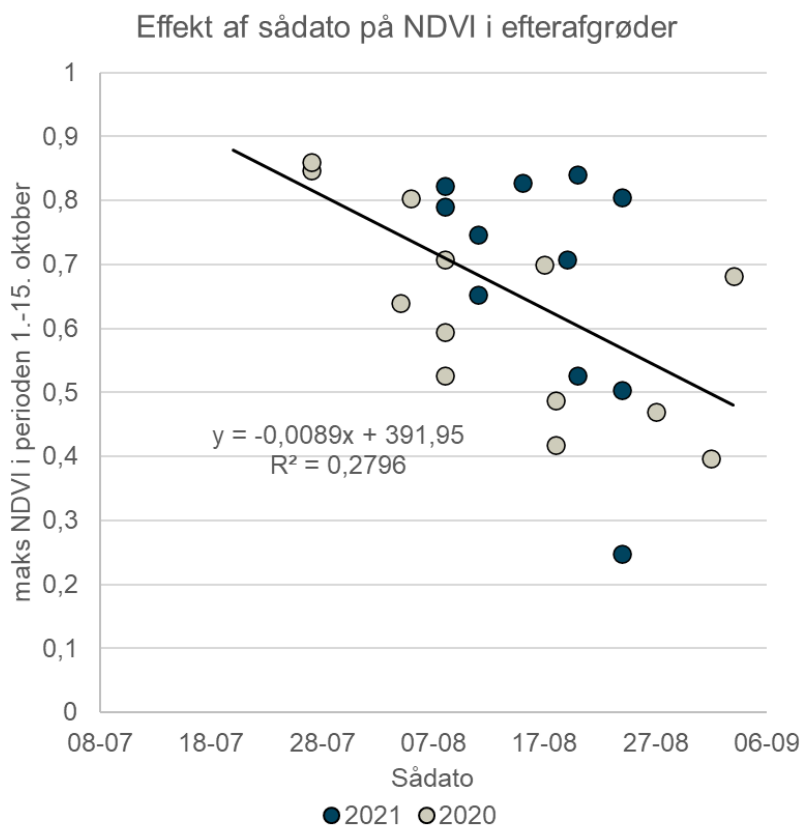
gennemsnit med 0,011 per dag, at såningen udskydes. Det ses også, at der er en stor variation, specielt ved de tidlige sådatoer. Dette kan skyldes forskellige forhold på arealerne, men også at NDVI-værdien er opnået på forskellige datoer mellem markerne. Specielt i vintersæd betyder tidspunktet for, hvornår billedet er taget meget.



Figur 3. Sammenhæng mellem sådato og maksimal NDVI opnået i perioden 16.-31. oktober i hhv. 2020 og 2021.

Af figur 4 fremgår at den maksimale NDVI-værdi for efterafgrøder opnået i perioden 1.-15. oktober. Den tidligere periode skyldes, at NDVI mættes, og erfaringerne fra projekterne SAT-N og Catcap er at mætningen sker ved omkring 0,75, hvilket ofte vil ske i den senere periode i oktober. Dette er specielt en udfordring med efterafgrøder, da de hurtigt opnår en høj biomasse.

Der er en tendens til, at en senere sådato medfører lavere NDVI for perioden 1. 15. oktober. Det fremgår af hældningerne på figur 3 og 4, at sådato for efterafgrøden har mindre effekt på NDVI end sådato for vintersæd. Dette kan skyldes, at vintersæd sås senere, og tilvæksten vil være større i sidste halvdel af oktober.



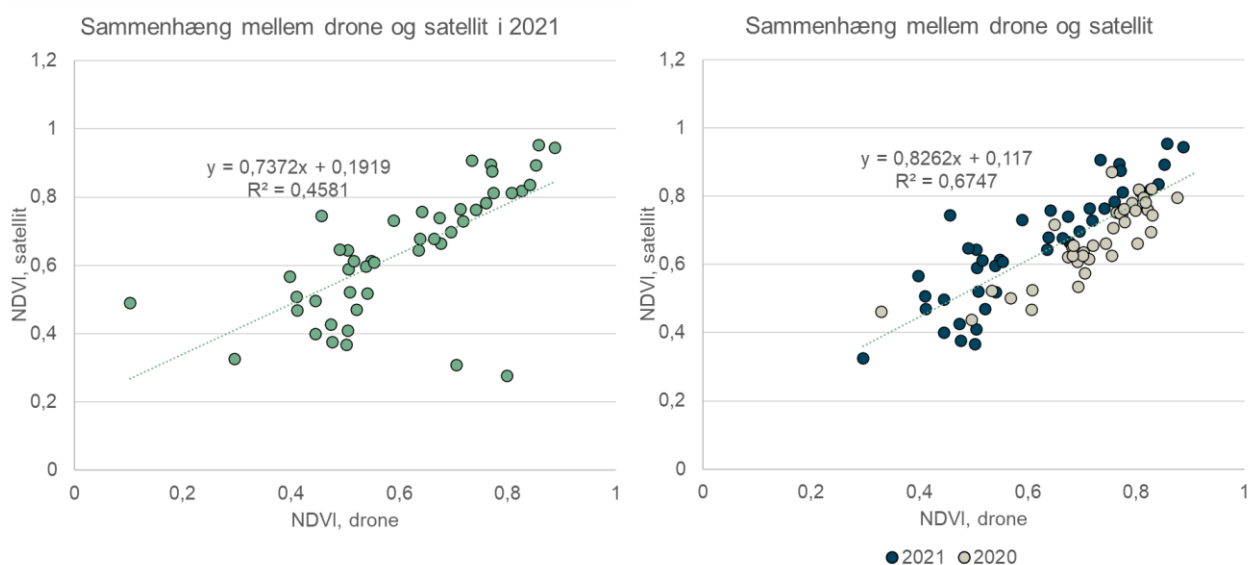
Figur 4. Sammenhængen mellem sådato af efterafgrøder og NDVI i efteråret 2020 og 2021. Punkterne repræsenterer den maksimale NDVI i perioden 1. september – 15. oktober.

NDVI målt med drone

På grund af risiko for manglende satellitdækning blev der udvalgt 50 marker til droneoverflyvning. Dronemålinger begrænses ligesom satellit af vejrforhold, og der kan ikke flyves under kraftige vindforhold. Derudover kan skiftende lysforhold under flyvning forårsage ugyldige målinger. Der fremkommer to ugyldige dronemålinger i målingerne fra efteråret 2021.

I figur 5 ses, at der er sammenhæng mellem NDVI målt med drone og NDVI målt med satellit, også i 2021. Der er dog 3 outliers, hvor to vurderes at forekomme, fordi målingerne er foretaget ti dage forskudt med hhv. drone og satellit. En måling med drone vurderes på baggrund af planteklip at være forkert. I grafen til højre er outliers fjernet, og sammenhængen for de to år vist.

Dronemålinger fra hverken 2020 eller 2021 er brugt til at vurdere, om landmændene har opfyldt kravet.



Figur 5. Sammenhæng mellem NDVI målt med drone og NDVI målt med satellit. I figuren til højre er der fjernet outliers. Outliers er defineret ud fra, hvor stor tidsforskel der er mellem de to målinger, og vurderet ud fra planteklippene.

Kvælstofindholdet i jorden (N-min) og Kvælstofoptagelse i efteråret

Kvælstofoptagelsen i overjordisk plantemateriale og mineralsk kvælstofindhold i jorden (N-min) i 0-75 cm's dybde er målt i de 50 marker, hvor der også blev gennemført dronemålinger. Dog blev kvælstofoptagelse ikke målt i 5 marker, da forsøgsmedarbejderne vurderede plantemassen så lille, at der ikke kunne udtages en prøve.

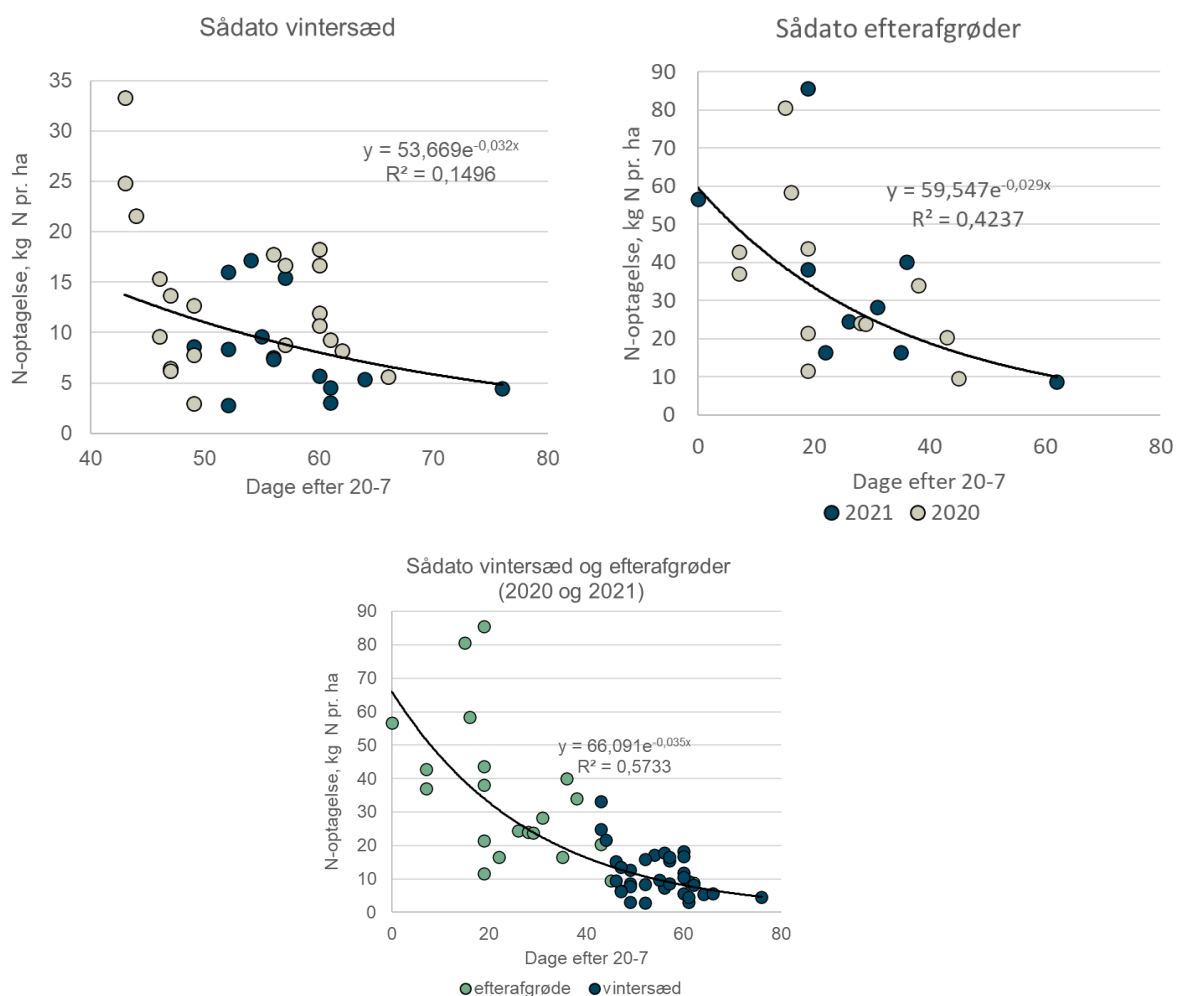
Kvælstofoptagelsen er målt ved at udtage 16 planteklip á 0,25 m² i et tilfældigt udvalgt område i hver mark. Plantematerialet er analyseret for tørstof og kvælstof. I samme område af marken er der udtaget en N-min-prøve bestående af 16 sammenblandede jordprøver. Prøveområdet blev valgt inden prøveudtagning, da det skulle sikres, at der ikke lå en strømledning eller andre kabler, hvor prøven blev udtaget. Derfor skulle der foretages forespørgsel i Lednings Ejer Registret (LER-forespørgsel) inden udtagning af N-min-prøverne. Prøverne blev indsamlet mellem 19. oktober og 2. november 2021.

Tabel 3. Gennemsnitlig kvælstofoptagelse og N-min indhold på afgrødeniveau. Prøvetagningen foregik mellem 19. oktober og 2. november.

EFTERÅRSBEVOKS- NING 2021	KVÆLSTOFOPTAGELSE MÅLT MED PLANTE- KLIP		N-MIN MÅLT I 0-75 CM	
	Antal plante- prøver	Kvælstofoptagelse, kg N pr. ha	Antal N-min prøver	N-min (0-75 cm), kg N pr. ha
efterafgrøde	9	35	9	36
frøgræsudlæg	6	27	6	48
spildkorn	7	18	9	34
vinterbyg	1	5	3	34
vinterhvede	12	9	13	63
vinterraps	8	89	8	42

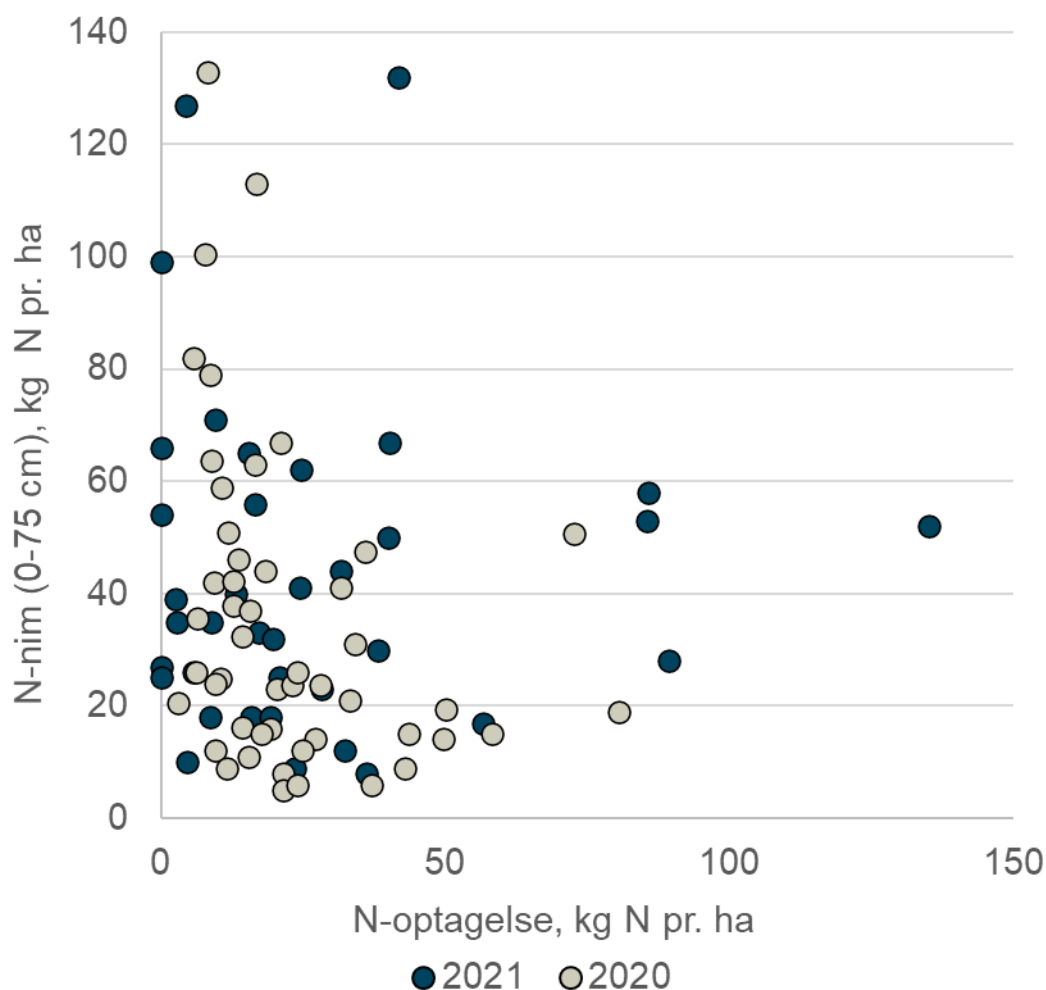
vinterrug	1	9	1	18
elefantgræs	1	135	1	52
I alt/middel	45	35	50	45

Elefantgræs og udtjent frøgræs har de højeste kvælstofoptagelser, og vintersæd de laveste. Indenfor hver kategori af efterårsbevoksning er der en meget stor variation. Variationen afspejles af figur 6, hvor såtidspunktets betydning for kvælstofoptagelse i hhv. efterafgrøder og vintersæd fremgår. Figurene afspejler, at såtidspunktet ser ud til at have samme effekt på kvælstofoptagelsen i efterafgrøder og vintersæd.



Figur 6. Såtidspunktets betydning for kvælstofoptagelsen i efteråret. N-optagelsen er målt med plante-klip sidst i oktober.

Udover sådatoen vil det kvælstof der er tilgængeligt i jorden, have betydning for, om efterafgrøden lykkes.



Figur 7. Sammenhængen mellem N-optagelse målt med planteklip og N-min sidst i oktober hhv. i 2020 og 2021.

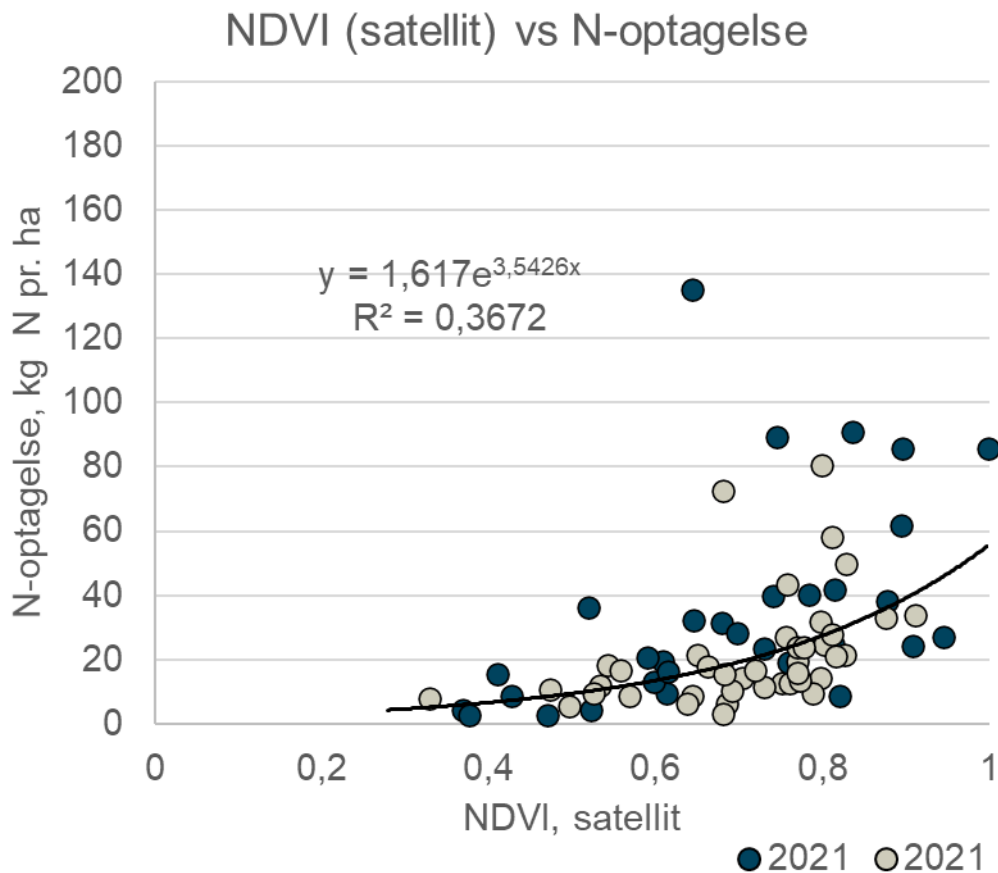
Figur 7 viser, sammenhængen mellem N-min-niveauerne og størrelsen på kvælstofoptagelsen. Der ser ikke ud til at være en sammenhæng, og det er derfor vanskeligt at forklare N-min-indholdet med kvælstofoptagelsen målt i efteråret. Man skal være opmærksom på, at måling af kvælstofoptagelse i meget sparsomme mængder plantemateriale er forholdsvis usikker, da prøveudtagningen er vanskelig.

Dog kan man se, at høje kvælstofoptagelser har medført relativt lave N-min-niveauer. Ved lave kvælstofoptagelser er der en meget stor variation i N-min. Ved lav kvælstofoptagelse og høj N-min må det forventes, at årsagen til den lave optagelse skyldes sen såning og ikke mangel på kvælstof. Lav kvælstofoptagelse og lav N-min kan skyldes, at jorden ikke stiller ret meget kvælstof til rådighed. Resultaterne fra begge år indikerer, at når man skal vurdere effekten af efterafgrøder, er man nødt til at vurdere, hvor meget kvælstof jorden stiller til rådighed for efterafgrøderne.

Sammenhæng mellem NDVI og planteklip

Regelsættet, som vi har i dag, bygger på den veldokumenterede forudsætning, at udvaskningsrisikoen i efteråret og vinteren reduceres med højere kvælstofoptagelse.

Det er derfor en forudsætning for biomasseordningen, at man er i stand til at måle kvælstofoptagelsen med satellitmålinger. Af figur 8 ses sammenhængen mellem kvælstofoptagelse og NDVI målt satellit.



Figur 8. Sammenhængen mellem NDVI målt hhv. med drone og satellit og kvælstofoptagelse. Et punkt er fjernet, da satellitmålingen afveg betragteligt fra dronemålingen.

Sammenhængen er sammenlignelig med det, der er fundet i projektet CatCap og SAT-N. Den nyeste analyse fra projektet CatCap viser, at man ved at inddrage flere satellitbilleder i løbet af efteråret får en endnu bedre estimering af kvælstofoptagelsen. Analysen er en funktionel dataanalyse, hvor hele udviklingsforløbet i NDVI i løbet af efteråret inddrages i modellen, i stedet for kun at benytte en enkelt observation.

Som det fremgår af figur 7 er der meget stor variation i N-min, og at der ikke var sammenhæng mellem N-min og kvælstofoptagelse. Derfor forventes heller ingen sammenhæng mellem satellitmåling af biomassen og N-min. Resultatet viste også, at der ikke kunne findes en sammenhæng mellem N-min og NDVI.

NDVI af afgrødetyper og betydning af husdyrgødningstilførsel på landsplan

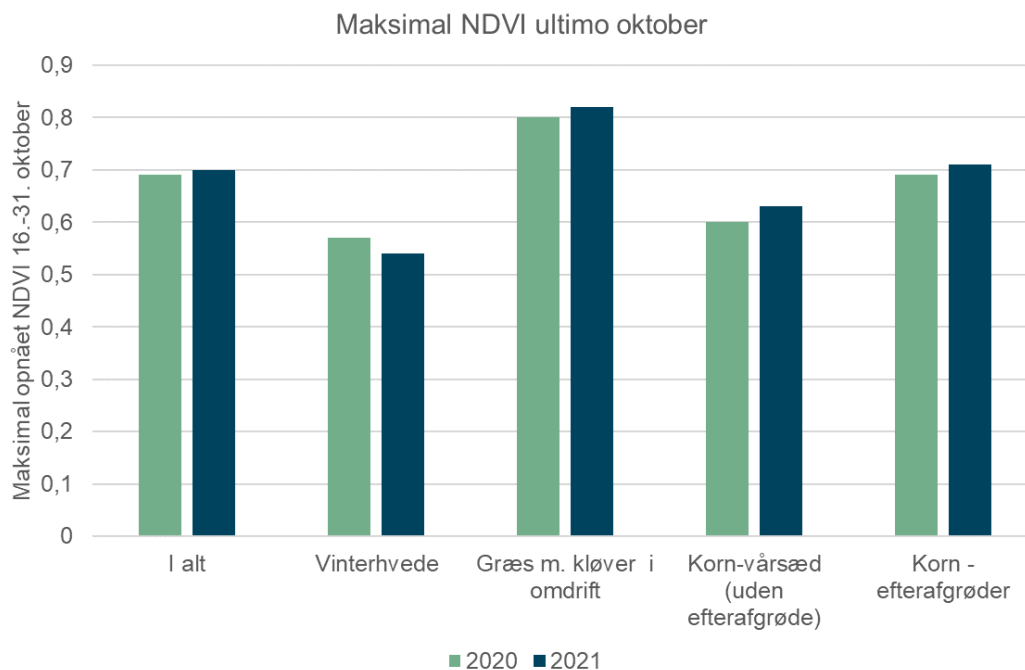
SEGES har analyseret NDVI-værdier for 277.594 marker svarende til 1.663.118 ha. I tabel 4 ses NDVI-værdierne i efteråret 2021 for de mest dyrkede afgrøder og afgrødekombinationer.

Tabel 4. Oversigt over gennemsnitlige NDVI-værdier opnået i perioden 16. oktober - 30. oktober i 2021 for forskellige efterårdsdække og afgrødekombinationer. Antal ha indikerer det samlede areal for den pågældende afgrøde, og der forekommer ikke nødvendigvis NDVI-værdier for hele arealet.

EFTERÅSBEVOKSNING 2021/AFGRØDE TIL HØST 2022	AN-TAL MARKER	AREAL, HA	MIDDEL NDVI	STANDARD-AFVIGELSE	MAKSI-MUM NDVI	STAN-DARDAFVI-GELSE
Efterafgrøde pligtige, husdyr, målrettet efter vårsæd	13560	87300	0,72	0,10	0,76	0,10
Efterafgrøde pligtige, husdyr, målrettet efter vintersæd	12380	109025	0,72	0,10	0,76	0,10
Efterafgrøde pligtige, husdyr, målrettet i alt	43637	345391	0,67	0,14	0,71	0,15
Korn – vårsæd (uden efterafgrøde)	13299	81094	0,59	0,16	0,63	0,17
Vinterhvede	38238	347224	0,50	0,15	0,54	0,16
Vinterrug, hybrid	10746	72798	0,55	0,16	0,60	0,16
Vinterbyg	5910	48902	0,59	0,13	0,64	0,13
Majshelsæd (høst 2020) (med og uden efterafgrøder)	17812	128475	0,45	0,13	0,51	0,16
Majshelsæd (høst 2020) med pligtige efterafgrøder 2021	8305	66633	0,47	0,11	0,51	0,14
Græs m. kløver i omdrift	18336	85396	0,77	0,10	0,82	0,09
Vinterraps	14917	143840	0,77	0,11	0,81	0,10
Permanent græs, normalt udbytte	18778	32134	0,72	0,10	0,78	0,09

Af tabellen fremgår det, at efterafgrøder indeholder flere kategorier. Vårsæd med udlæg omfatter alle udlæg i vårbyg, der ikke er pligtige efterafgrøder. Desuden er efterafgrøder delt op efter, om de følger vintersæd eller om de følger vårsæd. Efterafgrøder efter vintersæd vil oftest være udlagt efter høst som korsblomstrede arter eller evt. korn eller blandinger. Efterafgrøder efter vårsæd vil oftest omfatte udlæg af græs sået om foråret sammen med vårbyggen.

Biomassen i efteråret 2021 er sammenlignelig med 2020, hvilket fremgår af figur 9. Biomassen i fx efterafgrøder er marginalt højere i 2021. Dette kan muligvis skyldes et generelt lavere udbytte i 2021, hvorfor der er efterladt mere kvælstof til efteråret, som afspejles i en højere biomasse på markerne. N-min målingerne på pilotjendommene viser også et højere N-min niveau i efteråret 2021, hvilket kan tyde på at der er efterladt mere kvælstof i 2021.



Figur 9. Middel NDVI for perioden 16. oktober-31. oktober NDVI-værdier for forskellige afgrødetyper og kombinationer for efterårene 2020 og 2021.

I landsudtrækkene fra 2020 kunne der findes en sammenhæng mellem husdyrgødningstilførsel og det vægtede NDVI på bedriften. Denne sammenhæng kan ikke ses i 2021, men der er en tendens til et højere NDVI på husdyrbedrifter, hvilket afspejles i tabel 5, hvor den vægtede NDVI-værdi på bedriftsniveau er angivet. Arealet som indgår, er efterafgrødegrundarealet på bedriften. Resultatet er sammenligneligt med foregående år.

Tabel 5. Vægtet NDVI på bedriftsniveau på efterafgrødegrundarealet.

HUSDYRGØDNINGSGRUPPE	ANTAL BEDRIFTER MED DATA	VÆGTET NDVI	STANDRSAFVIGELSE
Kvægbedrifter	4950	0,60	0,11
Plantebedrifter	3503	0,57	0,12
Svinebedrifter	1564	0,61	0,10

BILAG 1

Forslag til, hvordan satellitmålinger kan bruges til kvælstofregulering

Nanna Hellum Kristensen og Leif Knudsen, SEGES

For at reducere kvælstofudvaskningen har hvert landbrug i dag et krav om pligtige-, husdyr- og målrettede efterafgrøder. Kravet til efterafgrøder beregnes af efterafgrødegrundarealet, der udgøres af korn, raps, bælgssæd og majs. Dertil kommer, at MFO-kravet kan opfyldes af efterafgrøder, der samtidig kan tælle som pligtige- og husdyrefterafgrøder. Kvægbrug, der anvender nitratdirektivets undtagelse til at tilføre op til 230 kg kvælstof i husdyrgødning, har samtidig et krav om 80 pct. bevoksning (af omdriftsarealet) med græs, græsudlæg, græsefterafgrøder eller roer.

Kravet til efterafgrøder kan opfyldes med forskellige alternativer, hvor tidlig såning af vintersæd, mellemafgrøder og reduktion af kvælstofkvoten er det vigtigste. Kravet til efterafgrøder er udspecificeret i typer af eftergrøder og krav til sidste sådato. Ved senere såning sker der en gradvis reduktion af kvælstofkvoten. Kontrollen med efterafgrøder sker ved en fysisk kontrol på få procent af bedrifterne. Kun efterafgrøder, der lever op til et krav om plantedække ud fra en "trappe-model", kan godkendes.

Idéen i pilotprojektet er, at alle krav til efterafgrøder kan erstattes med et krav til et minimum NDVI for bedriften om efteråret. Tankegangen er, at kvælstofoptagelsen om efteråret er afgørende for udvaskningens størrelse, og at kvælstofoptagelsen om efteråret kan måles fra satellit, hvorudfra NDVI kan beregnes.

En sådan metode rejser imidlertid en række spørgsmål:

- Er NDVI om efteråret entydigt korreleret til udvaskningen?
- Hvordan fastsættes et krav til NDVI om efteråret?
- Skal NDVI-kravet differentieres mellem bedriftstyper, beliggenhed mv.?
- Kan alle afgrøder indgå i opfyldelsen af NDVI-kravet?
- Hvordan rammer et NDVI-krav forskellige bedriftstyper?

Det er vigtigt at notere sig, at når NDVI-metoden sammenlignes med den eksisterende, skal der tages hensyn til, hvilken sikkerhed den eksisterende metode giver for at reducere udvaskningen. Nuværende metode bygger også på, at kvælstofoptagelsen om efteråret er afgørende for udvaskningen.

NDVI om efteråret og udvaskning af kvælstof

I notatet "Analyser i pilotprojekt om biomasse på baggrund af data fra forsøgsår 2020" har AU på basis af forsøg på Foulum og Flakkebjerg vist sammenhængen mellem optagelse af kvælstof om efteråret og udvaskningen. I konklusionen skrives: "Det konkluderes, at NDVI giver et estimat for kvælstofoptagelsen i afgrøderne, og at der med et stigende kvælstofoptag i afgrøder kan forventes et lavere udvaskningspotentiale på en given lokalitet. Det vurderes dog ikke muligt ud fra NDVI at estimere kvælstofudvaskningen".

Data i notatet viser efter SEGES' opfattelse, at udvaskningen i det enkelte år er stærkt forbundet med forskelle i kvælstofoptagelse mellem de forskellige afgrødedække (bar jord, spildkorn, efterafgrøder, vinterhvede sået til normal tid og tidlig sået vinterhvede). SEGES er enig i, at det absolutte udvaskningsniveau ikke kan beregnes direkte ud fra NDVI, men ud fra kvælstofoptagelsen og dermed ud fra NDVI kan forskelle i udvaskning mellem forskellige plantedække om efteråret beregnes.

Forslag til reguleringsmodel

SEGES beskriver i det følgende et oplæg til, hvordan en biomassemodel kan udformes. Forslaget bygger ikke på en dybdegående analyse af flere års data, og det er nødvendigt at beregne værdierne på data over en femårig periode. Analysen i notatet her viser primært NDVI-værdier fra efteråret 2020.

Udgangspunktet i forslaget er, at det enkelte landbrug pålægges et minimums NDVI-krav, målt som et gennemsnit over efterafgrødegrundarealet. Kravet kan differentieres mellem bedriftstype, geografisk placering mfl. Landbrugeren skal så opnå minimumskravet. Det opnåede NDVI for bedriften beregnes som en gennemsnitlig NDVI-værdi ved at beregne et vægtet gennemsnit af den maksimale NDVI-værdi opnået i en given periode i efteråret på bedriftens efterafgrødegrundareal.

Som udgangspunkt fastsættes en basisværdi, så der opnås minimum samme biomasse i efteråret som vi har i dag. Der findes satellitdata tilbage til 2017, hvorfor kravene kan fastsættes på grundlag af NDVI om efteråret opnået som et gennemsnit fra 2017 til 2021. På den måde sikres, at den nuværende udvaskningsreducerende effekt opretholdes. Basisværdien beregnes som et gennemsnit af NDVI opnået fra 2017-2021, og vægtes, så der tages højde for den differentiering der laves mellem bedriftstyper mfl. Dermed vil det gennemsnitlige NDVI-krav for bedrifter i Danmark svare til den målte NDVI-værdi, som gennemsnit af de seneste fem år.

En anden tilgang er, i stedet for krav om et gennemsnitligt NDVI, at stille krav til, at NDVI i en vis procentdel af markerne skal være over en given værdi.

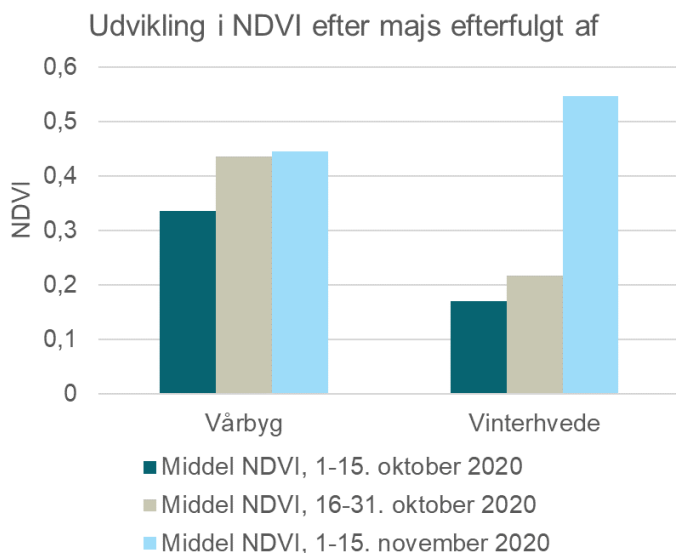
Notatet her er et oplæg til, hvordan NDVI-kravet skal defineres og eventuelt differentieres. Værdierne i oplægget bygger på dataudtræk fra foregående år. For at fastsætte præcise værdier forslår SEGES, at der laves en samlet analyse af dataudtræk fra 2017-2021. Før at analysen laves skal der være enighed om håndtering af en række forhold fx i hvilken periode NDVI skal måles.

Hvilke afgrøder kan indgå i en NDVI-regulering?

Det er mest enkelt at lade alle afgrøder på bedriften indgå i beregningen af bedriftens gennemsnitlige NDVI. Men hvis alle afgrøder inkl. fodergræs, frøgræs mv. kan indgå i opfyldelsen af NDVI-kravet, vil bedrifter, der i forvejen har en stor andel af disse afgrøder, få lettere ved at opfylde kravet i forhold til bedrifter uden disse afgrøder. Det vil medføre en ændret byrdefordeling, hvis disse afgrøder indgår. I den nuværende regulering indgår kun efterafgrødegrundarealet ved beregning af krav om efterafgrøder. Hvis ikke byrdefordelingen skal ændres, vil det som udgangspunkt kun være efterafgrødegrundarealet, der kan indgå i opfyldelsen af NDVI-kravet.

Majs og vinterraps, som indgår i efterafgrødegrundarealet, kan give problemer med en NDVI-regulering.

Majs er udfordrende, fordi den normalt først høstes i løbet af oktober. Hvis majs skal indgå, er det derfor en forudsætning at bruge en NDVI-værdi målt på et senere tidspunkt, eks. 15.-31. november, hvor efterafgrøder i majs også er udviklede.



Figur 1. Eksempel på udvikling af NDVI efter to marker med majs efterfulgt af hhv. vårbyg og vinterhvede. Der er ikke angivet efterafgrøder i majs, og marken med vårbyg efter majs formodes at være spildkorn i efteråret 2020.

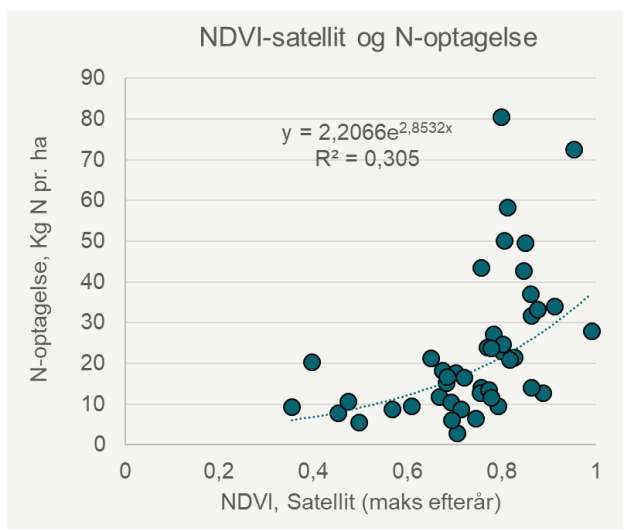
Vinterraps har en høj biomasse, og mange marker gødes i efteråret. I biomasseordningen vil man kunne øge sin biomasse i efteråret ved at etablere flere rapsmarker og/eller ved tilførsel af mere kvælstof om efteråret. Hvis vinterraps tilføres en stor mængde kvælstof (over 40-50 kg kvælstof pr. ha) kan dette give en forøget udvaskning. Det kan derfor være nødvendigt at håndtere dette i ordningen. En mulighed er at holde vinterraps ude af efterafgrødegrundarealet, hvorpå man skal opfylde kravet. Men det bør undersøges, om udvaskningsrisikoen for en veludviklet vinterraps om efteråret er større, hvis den er tilført kvælstof, som praksis er i dag.

Et specielt problem, hvis biomasseordningen omfatter efterafgrødegrundarealet er, at udlæg i vårsæd til foder- eller frøgræs det kommende år, tæller med. I dag indgår det ikke i efterafgrødegrundarealet, og der vil derfor være et vist dødvægtstab ved at lade det tælle med. Denne problemstilling bør analyseres yderligere.

I hvilken periode skal NDVI-kravet opfyldes?

I pilotprojektet skulle landmændene opfylde NDVI-kravet mellem 15. -31. oktober. Den opnåede NDVI for bedriften blev målt som den maksimale NDVI i perioden 15. – 31. oktober, og blev beregnet som et vægtet gennemsnit af de tilmeldte arealer.

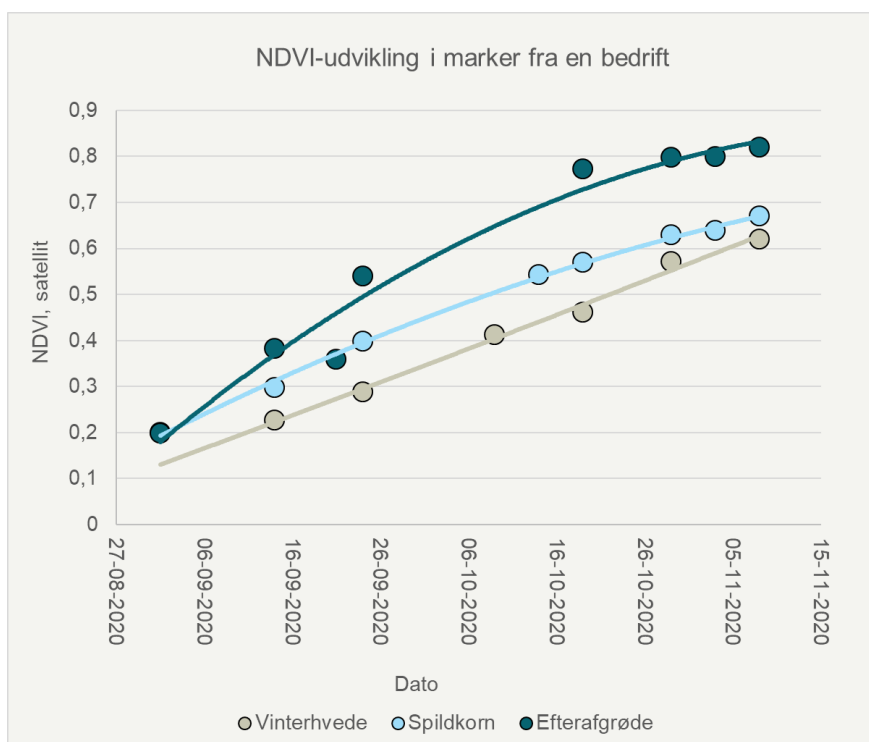
I løbet af projektperioden er det bekræftet, at NDVI mættes ved høj biomasse, hvilket gør det vanskeligt at tolke målingerne sidst i efteråret. Mætningen fremgår af figur 2. SEGES har udviklet en foreløbig model, som på baggrund satellitdata kan estimere kvælstofoptagelsen i efterafgrøder. Der er et arbejde i gang med at forbedre modellen, og den foreløbige validering viser, at der er behov for at inddrage satellitværdier fra et tidligere tidspunkt.



Figur 2. Sammenhæng mellem N-optagelse og NDVI opnået i efteråret. Punkterne repræsenterer marker i pilotprojektet.

I reguleringsmodellen foreslår SEGES derfor, at der kontrolleres tidligere, men for at kunne måle biomassen af vintersæd skal der ikke måles for tidligt. SEGES foreslår, at der måles i perioden 1.-15. oktober. På dette tidspunkt vil man være i stand skelne forskelle i biomasse på vintersæd sået ved forskellige tidspunkter, og det er lettere at skelne biomassen i afgrøder med høj biomasse.

I pilotprojektet blev den maksimale NDVI for perioden valgt, men man kan også vælge at tage gennemsnittet af observationer i perioden. Dog vil antallet af satellitmålinger i perioden variere afhængigt af skydækket, og i mange tilfælde vil der blot være et enkelt datapunkt. Derfor foreslår SEGES at fastholde, at bruge den maksimale NDVI-værdi for perioden. Tidligt i oktober vil der dog ofte være kraftig vækst og dermed hurtig stigning i NDVI. Derfor kan det have større betydning, hvornår i perioden der kan opnås satellitmålinger, og det kan være nødvendigt at fremskrive/estimere til en bestemt dato fx 15. oktober, således at hvis der for eksempel kun findes ét satellitbillede den 1. oktober skal der tillægges en værdi svarende til væksten indtil 15. oktober. Værdien til fremskrivning/estimering kan beregnes på baggrund af det tidligere datasæt. I figur 3 ses et eksempel på væksten i forskellige afgrødetyper.

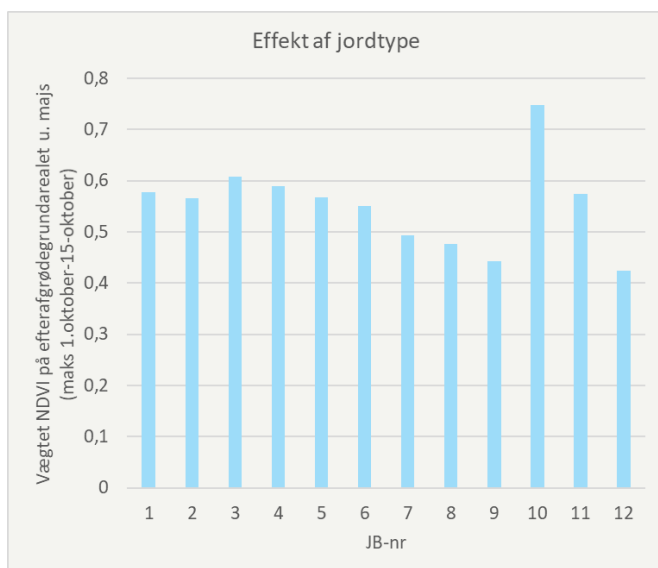


Figur 3. Eksempel på vækst af forskellige afgrødetyper. Marker fra pilotprojektet.

Differentiering af indsatskrav

Differentiering af NDVI i forhold til jordtype

Figur 4 viser NDVI opnået på forskellige jordtyper. Det er vanskeligt at se en tendens til, at NDVI er forskellig mellem jordtyper. Derfor tyder resultaterne ikke på, at der er behov for at justere NDVI kravet efter jordtype. De nuværende regler differentierer heller ikke mellem jordtyper.



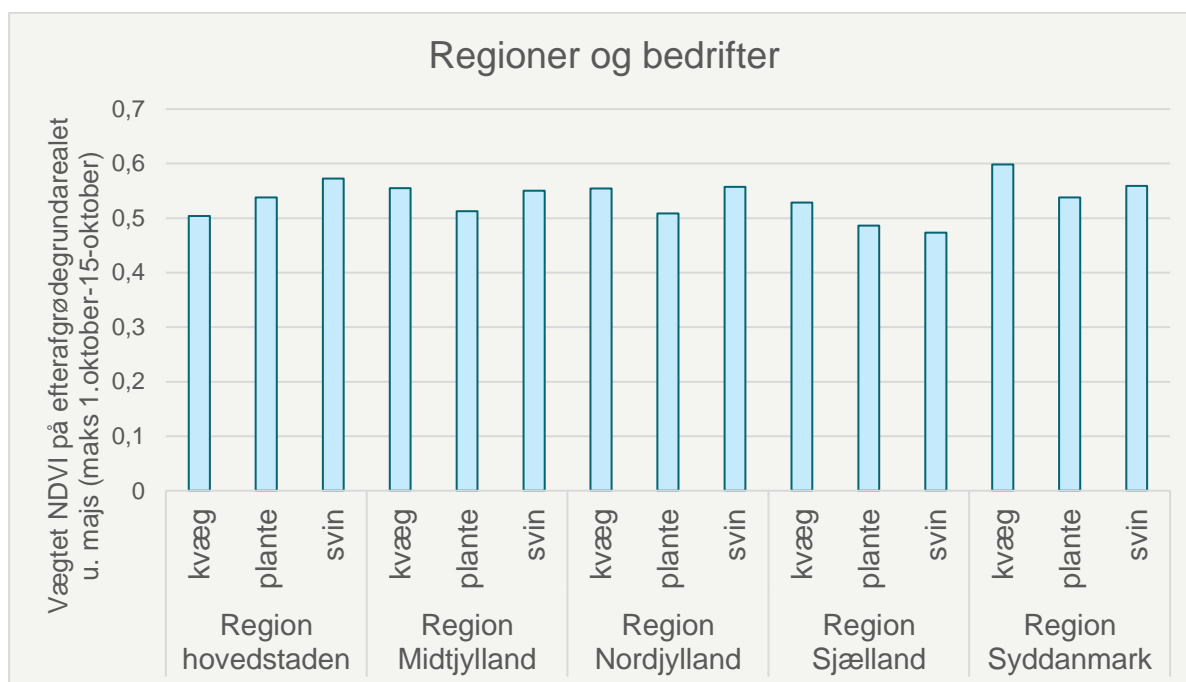
Figur 4. NDVI maks. på marker der indgår i efterafgrødegrundarealet i efteråret 2020 (1.-15. oktober).

Differentiering af NDVI i forhold til geografi og indsatsbehov i dag

Høsten er ofte sen i Nordjylland sammenlignet med resten af landet. Den senere høst kan medføre senere etablering af efterafgrøder og dermed bliver det også vanskeligere at opnå høje NDVI-værdier. Dataudtræk viser dog, at man opnår højere NDVI-niveauer i Nordjylland sammenlignet Region Sjælland. Samme billede ses i udtrækkene fra tidligere år. Tendensen er også gældende uafhængigt af bedriftstype. Der ses dog, at fx planteavlbedrifter i Nordjylland opnår lavere NDVI end Region

Syddanmark, men det er svært at se en tydelig effekt af regioner. De klimatiske forskelle afspejles altså ikke tydeligt i de målte NDVI-niveauer, og på baggrund af data fra 2020 er der ikke behov for en geografisk differentiering af NDVI-niveauet. Dette kan undersøges nærmere med samlet analyse af NDVI-niveau over en femårig periode (2017-2021).

De observerede NDVI-niveauer kan også afspejle forskellige krav om målrettede efterafgrøder, hvor man i store dele af Jylland har høje krav og på Sjælland har lave krav. Dette ses for eksempel ved lave NDVI-værdier i region Sjælland på tværs af bedriftstyper, som kan afspejle lavere indsatskrav på de Østlige Øer i forhold til resten af landet.



Figur 5. NDVI opnået i perioden 1. oktober-15. oktober, opdelt på bedriftstype og regioner.

Der er altså sandsynligvis behov for at differentiere kravet afhængigt af indsatskravet i dag.

For at vurdere, hvor meget NDVI-kravet skal differentieres ift. indsatsbehov er der behov for en analyse af bedrifter med forskellige indsatsbehov over en femårig periode. I tabel 1 ses data fra et begrænset antal bedrifter i 2020, hvor Djursland ikke har et indsatsbehov, og resten af Midtjylland har et indsatsbehov på 30% målrettede efterafgrøder.

Tabel 1. Udtræk fra 2020. Maks NDVI på efterafgrødegrundarealet (u. majs) opnået 1. oktober-15. oktober. NDVI er vægtet NDVI på bedriftsniveau.

	Gennemsnit af NDVI opnået	Stdafv af NDVI opnået
Djursland	0,48	0,15
kvæg	0,53	0,15
plante	0,45	0,14
svin	0,50	0,14
Midtjylland (-Djursland)	0,55	0,14
kvæg	0,56	0,15
plante	0,52	0,14
svin	0,55	0,14

Forskellen mellem højt og ingen indsatsbehov ligger på 0,03-0,07 afhængigt af bedriftstype. NDVI kan derfor justeres ift. gældende indsatskrav, som det fremgår af tabel 1. Niveauerne kan justeres ift. den

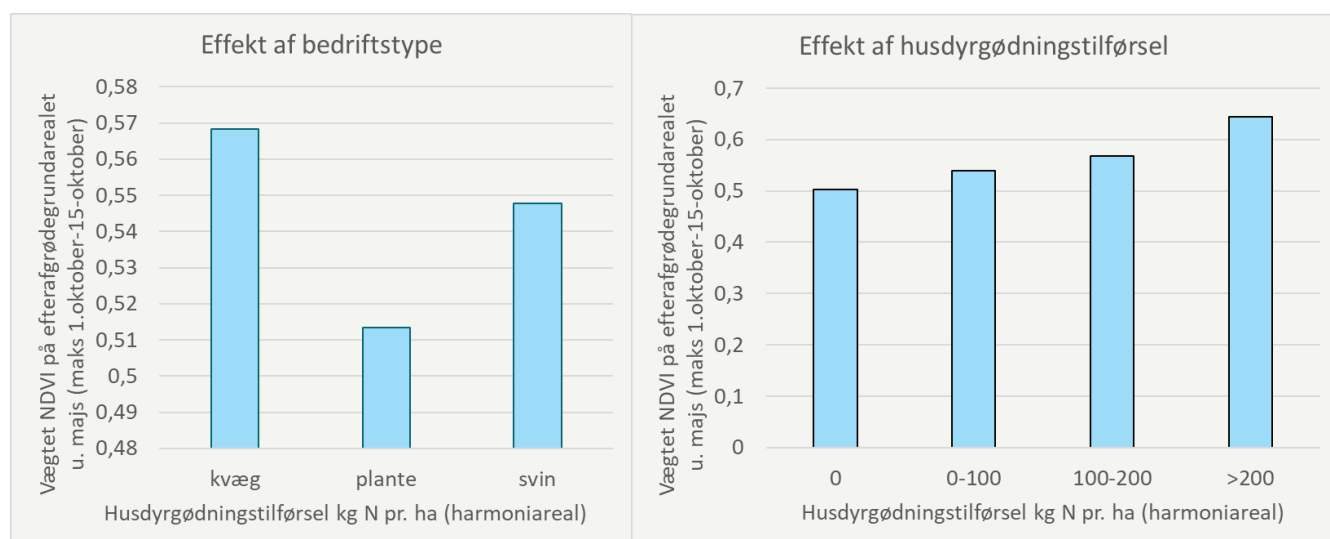
målrettede regulering, og antallet af inddelinger kan justeres op og ned. Værdierne skal genberegnes som et gennemsnit af en femårig periode.

Tabel 2. Eksempel på differentiering ift. nuværende indsatsbehov

Indsatsbehov målrettet reg. % målrettede efterafgrøder	Justering af NDVI-krav
0	+ 0
1-20%	+ 0,03
>20%	+ 0,05

Differentiering af NDVI i forhold til husdyrgødningstilførsel

Tilførsel af husdyrgødning vil resultere i en pulje af organisk kvælstof i jorden, som langsomt frigives. På arealer med en lav frigivelse vil behovet for at reducere udvaskningen være mindre, og her kan NDVI-kravet sættes lavere end på arealer med stor frigivelse. Landsdækkende udtræk fra 2020 indikerer netop behovet for at differentiere kravet, da det laveste NDVI opnås på planteavlsbedrifter og det højeste på bedrifter med høj tilførsel af husdyrgødning.



Figur 6. Effekt af husdyrgødningstilførsel og bedriftstyper på maks. NDVI.

Resultatet afspejler, at differentieringen kan laves på baggrund af den tilførte mængde husdyrgødning på bedriftsniveau (gennemsnit af tilførslen de seneste fem år). Bedrifter uden tilførsel af husdyrgødning opnår i gennemsnit et NDVI på 0,50, hvor bedrifter med stor tilførsel i gennemsnit opnår et NDVI på 0,64.

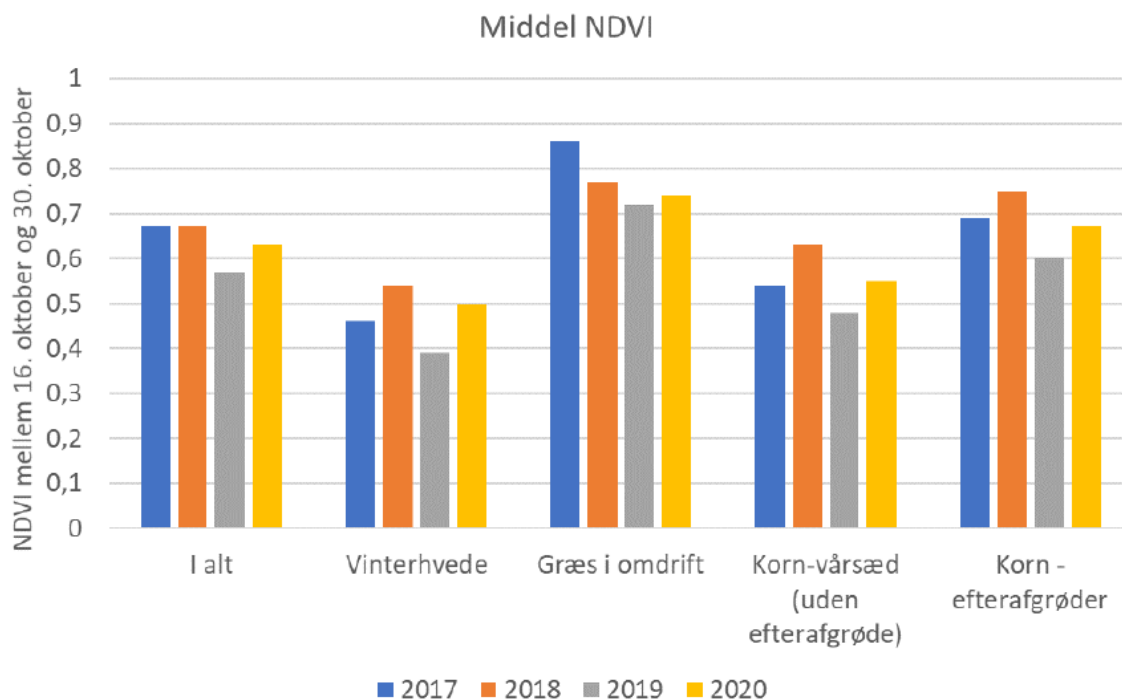
Tabel 3. Eksempel på differentieringen ift. husdyrgødningsniveau

Tilførsel af husdyrgødning	Justering af NDVI
0-25 kg N pr. ha	-0,052
25-150 kg N pr. ha	0
> 150 kg N pr. ha	+0,052

Differentiering af krav i forhold til afgrøde

Biomassemodellen gør det lettere at ændre afgrøden og skifte fra eks. efterafgrøder til vintersæd. Projektgruppen har diskuteret, om vintersæd kan opnå samme NDVI-niveau som efterafgrøder, selvom efterafgrøden har reduceret udvaskningen mere end vintersæd. Udfordringen kunne potentielt løses med at indføre et højere NDVI-krav, hvis man har meget vintersæd.

Men udtrækkene på landsplan viser, at vintersæd generelt opnår markant lavere NDVI-niveauer end efterafgrøder. Udtrækket vist i figur 7 er for perioden 16.-30. oktober, og værdierne vil være lavere i den tidligere periode i oktober.



Figur 7. Forskelle mellem afgrødetyper over tre år.

I pilotprojektet blev der i 2020 sået en del vinterrug tidligt, som opnåede NDVI-værdier på over 0,8 ligesom efterafgrøder sået før 20. august. Resultaterne fra planteklippene viste også, at den tidligt såede vinterrug opnåede kvælstofoptagelser på niveau med de korsblomstrede efterafgrøder. Dette afspejler, at de høje NDVI-niveauer i vintersæd afspejler en reel høj kvælstofoptagelse.

På baggrund af resultater og udtrækkene på landsplan vurderer SEGES, at det ikke er nødvendigt at differentiere kravet på forskellige afgrøder. Det forudsætter, at kvælstofoptagelsen afspejles i NDVI-målt med satellit, og at sammenhængen er den samme mellem forskellige afgrødetyper.

Håndtering af outliers

Kontrol med satellit kræver en automatisk procedure for dataoverførsel. I dag udsættes satellitbillederne for en sortering, hvor der tages højde billedets kvalitet i forhold til skydækket. På trods af denne sortering observeres ofte NDVI-værdier, som kan betegnes som outliers. Hvis man kigger på en begrænset periode med få observationer, kan outlierne ikke detekteres. Derfor er det nødvendigt at lave en automatisk procedure til at fjerne outliers ved at kigge på væksten i NDVI over en længere periode fx fra 1. september til 15. oktober.

Eksempel på reguleringsmodel

I tabellen er givet et konkret forslag til en reguleringsmodel. Værdierne skal beregnes, så de afspejler et gennemsnit af de seneste 5 år. Differentieringsniveauerne kan justeres, så der bliver flere eller færre niveauer.

Alle bedrifter har i udgangspunktet et NDVI-krav på 0,51, og differentieres ifølge to parametre: indsatsbehov og mængden af tilført husdyrgødning.

Tabel 4. Eksempel på korrektion af NDVI-krav. NDVI repræsenterer maksimal NDVI opnået i perioden 1-15. oktober, som et vægtet gennemsnit på bedriftsniveau af efterafgrødegrundarealet u. majs.

Bedriftstype	Reference-værdi	Korrektion		NDVI-krav
		Indsatsbehov ift. målrettet regulering	Tilførsel af husdyrgødning	
Svinebedrift i Vestjylland	0,51	0,05	0,05	0,61
Svinebedrift, Djursland		0	0,05	0,56
Kvægbedrift, Sønderjylland		0,05	0,05	0,61
Kvægbedrift, Sjælland		0,03	0,05	0,59
Planteavlsbedrift, Lolland		0	0,00	0,51
Planteavlsbedrift, Midtjylland		0,005	-0,05	0,46
Gennemsnit af alle bedrifter				0,56

Det gennemsnitlige krav skal svare til den gennemsnitlige NDVI-værdi målt på alle bedrifter i Danmark de seneste fem år.

For at vurdere, hvordan kravet kan opnås i praksis, er der lavet et eksempel i tabel 5. Værdierne for de forskellige afgrøder afspejler opnåede værdier i 2020 i perioden 1. oktober-15. oktober.

Tabel 5. Eksempel på, hvordan NDVI kan opnås i praksis.

	NDVI opnået	Ingen reg.	Efterafgrødekrav, %					
			10	20	30	40	50	40
			Ha					
Spildkorn	0,54	20	10	0	0	0	0	0
Vintersæd, normal	0,45	60	60	60	50	40	30	30
Vintersæd, tidlig	0,60							20
Frøgræs	0,67							
Vinterraps	0,73	20	20	20	20	20	20	20
Korn, efterafgrøde	0,69		10	20	30	40	50	30
I alt		100	100	100	100	100	100	100
Vægtet NDVI		0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,63	0,61

Forhold, der bør undersøges nærmere

- NDVI for bedrifter, afgrøder, landsdele, jordtyper, husdyrgødning for en 5-årig periode for NDVI fra 1-15. oktober og fra 16. oktober til 1. november
- Analyse af, hvordan outliers undgås
- Analyse af, om vinterraps kan indgå i ordningen
- Analyse af, hvordan majs og efterafgrøder efter majs håndteres.
- Analyse af følsomhed og usikkerhed i NDVI