

Til Landbrugsstyrelsen

Levering på bestillingen ” Fastsættelse af NDVI-krav i pilotprojektet om biomasse”

Landbrugsstyrelsen har i en bestilling sendt d. 2. maj 2019 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om at give et bud på NDVI-krav som vil sikre samme effekt som efterafgrøder og overveje, om der skal være et generelt krav eller geografisk bestemte krav. Endvidere ønskes en vurdering af hvilke afgrøder, der kan indgå i pilotprojektet om biomasse og den tilhørende omregning til hektar efterafgrøder, for at sikre en tilsvarende udvaskningseffekt.

Besvarelsen i form af vedlagte notat er udarbejdet af lektor René Gislum, seniorforsker Ingrid Thomsen, seniorforsker Elly Møller Hansen og professor Jørgen E. Olesen fra Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet. Akademisk medarbejder Finn P. Vinther fra Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet har været fagfællebedømmer, og notatet er revideret i lyset af hans kommentarer.

Besvarelsen er udarbejdet som led i ”Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening mellem Miljø- og Fødevareministeriet og Aarhus Universitet” under ID 7.25 i ”Ydelsesaftale Planteproduktion 2019-2022”.

Venlig hilsen

Lene Hegelund
Specialkonsulent, DCA-centerenheden



Fastsættelse af NDVI-krav i pilotprojektet om biomasse

Af René Gislum, Ingrid K. Thomsen, Elly Møller Hansen og Jørgen E. Olesen, Institut for Agroøkologi, AU

Baggrund

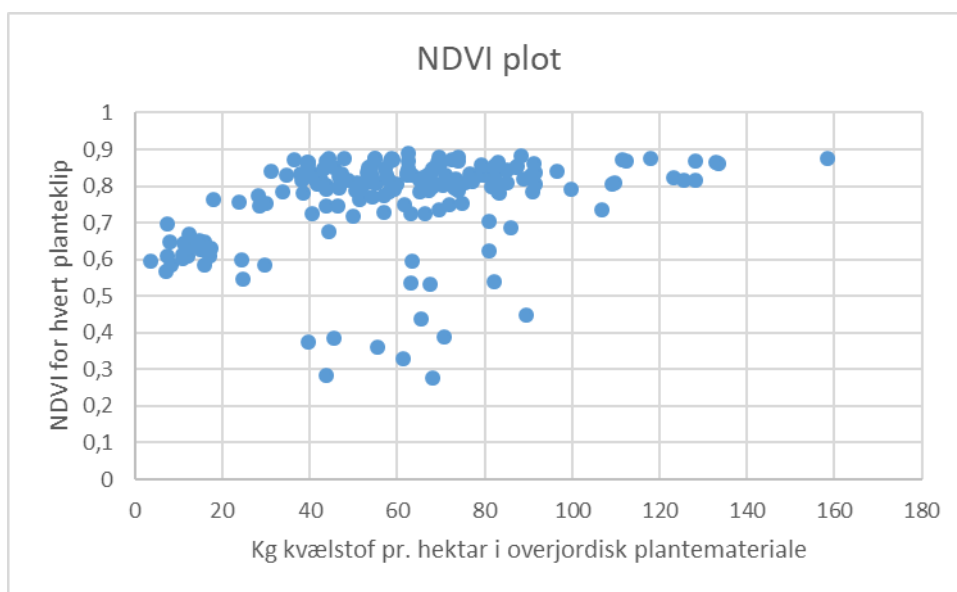
I en bestilling dateret 2. maj 2019 fra Landbrugsstyrelsen (LBST) til Aarhus Universitet (AU) anføres, at foreløbige resultater fra AU peger på, at biomassen af et areal med efterafgrøder kan bestemmes ud fra satellitmålinger, og at den konstaterede biomasse kan anvendes som indikator for kvælstofoptagelsen i afgrøderne. Ligeledes oplyses, at der er gennemført en analyse af NDVI-værdier fra forskellige afgrøder, og at satellitdata og biomasse på markerne viser god overensstemmelse. Det oplyses ligeledes i bestillingen, at der i projektgruppen bag Pilotprojekt om Biomasse arbejdes med et design til at udvikle biomassekrav som et alternativ til efterafgrøder.

I bestillingen bliver AU bedt om at give et bud på NDVI-krav, som ville sikre samme effekt som efterafgrøder og overveje, om det skulle være et generelt krav eller geografisk bestemte krav. AU bliver ligeledes bedt om at vurdere, hvilke afgrøder, der kan indgå i Pilotprojekt om Biomasse og angive den tilhørende omregning til hektar efterafgrøder, for at sikre en tilsvarende udvaskningsreducerende effekt som efterafgrøder.

Besvarelse

I besvarelsen af spørgsmålet om, hvorvidt et NDVI-krav kan sikre samme effekt som efterafgrøder, anvendes resultater fra VIRKN projektet. I VIRKN-projektet har vi gennemført reflektansmålinger udført med RapidSCAN CS-45 manuel reflektansmåler med tilhørende måling af kvælstofudvaskningen med sugeceller i tre år i et markforsøg i Foulum. Resultaterne viser, at en NDVI værdi på 0,5 i afgrøderne almindelig rajgræs, cikorie og foderræddike med vinterrug vil sikre samme effekt som efterafgrøder (Zhao et al., 2019). Knudsen (2018) konkluderer i et notat til Landbrugsstyrelsen d. 20. december 2018, at en NDVI-værdi på 0,5 målt med satellit i sidst halvdel af oktober vil svare til reguleringen i 2017 og 2018 samt, at det vil betyde, at langt hovedparten af bedrifterne kan opfylde kravet. Han skriver også i sammendraget, at man må forvente en sammenhæng mellem NDVI og udvaskningsrisikoen, men at det bør afdækkes nærmere. I en indsendt artikel fra Zhao et al. (2019) er netop målt afgrødeindeks sammen med udvaskningen men ved brug af en manuel reflektansmåler. En NDVI-værdi på 0,5 i Zhao et al. (2019) svarer til en kvælstofoptagelse på 19 kg N/ha eller en udvaskning på 37 kg N/ha.

I VIRKN-projektet blev der endvidere foretaget planteklip i en række marker med forskellige efterafgrøder forskellige steder i landet. Resultaterne fra planteklippene er blandt andet opgjort som planteoptagelse i kg N/ha. LBST (pers. kom. med Sanne Eskesen samt mail med resultater dateret d. 9. maj 2019 fra Justina Vitkute) har efterfølgende hentet satellitbilleder ned, således at det har været muligt at sammenligne NDVI med kvælstofoptagelse for de enkelte planteklip. Sammenhængen mellem NDVI, og kg kvælstof optaget i afgrøden er vist i Figur 1. Satellitbilleder til at beskrive kvælstofoptagelsen er ikke nødvendigvis fra samme dag, som planteklippene er foretaget, hvilket introducerer en usikker i relationen. Hvis billedet er taget efter begyndende nedbrydning af klorofyl vil der desuden være risiko for en lav NDVI værdi til trods for, at afgrøden har en stor kvælstofoptagelse. Dette ses f.eks. for afgrøderne med NDVI værdier fra 0,28 til 0,45, der har haft en kvælstofoptagelse fra 38 til 90 kg/ha. Hvis man følger resultaterne fra Zhao et al. (2019) og Knudsen (2018), hvor grænsen er sat til 0,5 NDVI vil det svare til en kvælstofoptagelse ned til 4 kg N/ha. Det skal dog understreges, at der i nogle tilfælde var flere dages forskel mellem planteklip og dato for satellitbillederne. Samtidig har satellitbillederne en pixelstørrelse på 20*20 meter, mens planteklippene er foretaget i 0,5*0,5 meter parceller. Hvis planteklippene ikke er repræsentative for satellitbillederne, bidrager det til en stor usikkerhed på relationen mellem kvælstofoptagelse og NDVI-værdierne i satellitbillederne.



Figur 1. Sammenhæng mellem kg kvælstof optaget i afgrøden og NDVI i 2018.

Vi konkluderer på baggrund af de fundne resultater, at der er en sammenhæng mellem afgrødeindeks målinger (NDVI) og udvaskning samt mellem afgrødeindeks og kvælstofoptagelse, men at resultaterne ikke er entydige og derfor bør undersøges nærmere, f.eks. i et pilotprojekt. Det kræver dog en detaljeret plan for at finde sammenhængen mellem afgrødeindeks fra satellitter og kvælstofoptagelsen i afgrøderne. Det er vigtigt at pointere, at ikke alle afgrøder er repræsenteret i Zhao et al. (2019), Knudsen (2018) eller samarbejdet mellem VIRKN projektet og

LBST omkring satellit billeder og kvælstofoptagelse (Figur 1). Det er vigtigt, at der skaffes data for de afgrøder, som ikke er repræsenteret.

Referencepraksis og basline

I forbindelse med en eventuel implementering af et pilotprojekt om biomassekrav som alternativ til efterafgrøder er der en række problemstillinger, der bør tages stilling til. En del af disse problemstillinger er også relevante i det nugældende regelsæt, men den gradvise opbygning af det nugældende regelsæt, der er sket over en lang periode, betyder, at der ofte ikke overordnet er taget stilling til de forudsætninger, der oprindeligt og for nuværende ligger bag. Eksempler på sådanne problemstillinger er begreber som reference (dvs. hvad sammenlignes med) og baseline (dvs. hvad er den eksisterende praksis).

Ved fastsættelse af effekten af et virkemiddel er det afgørende at definere den reference, det pågældende virkemiddel relateres til. I Virkemiddelkataloget (Eriksen et al., 2014) er der af samme grund udarbejdet en tabel over, hvilken reference effekten af de enkelte virkemidler er beregnet ud fra. Af Eriksen et al. (2014) fremgår f.eks., at referencen for efterafgrøder er jord uden efterafgrøder, mens referencen for tidlig såning af vinterhvede er normal såning af vinterhvede. Hvis referencen for tidlig såning af vinterhvede i stedet skulle være jord uden plantedække, ville effekten af tidlig såning være en anden. Effekten af et virkemiddel er således afhængig af den givne reference. Hvis vårbyg med efterafgrøder erstattes af f.eks. tidligt sået vinterhvede ændres referencen, og effekten vil i princippet skulle genberegnes. Det samme kan siges at være tilfældet i det nuværende system, men problemstillingen vil aktualiseres, hvis et krav om efterafgrøder erstattes af et mere generelt krav om biomasse.

For at kunne karakteriseres som et virkemiddel har det generelt været en forudsætning, at praksis blev ændret i forhold til den eksisterende praksis. Effekten er således blevet beregnet som en difference mellem de forskellige praksis. Af samme grund er dyrkning af f.eks. vinterraps ikke et virkemiddel, selvom dyrkning og udvaskningsreducerende effekt i efterår og vinter er sammenlignelig med en korsblomstret efterafgrøde som f.eks. olieræddike. Vinterraps ses således som en del af baseline, der er bestemmende for den samlede udvaskning fra landbrugsarealet.

Ved en eventuel overgang til satellitbaseret regulering, hvor der vil blive stillet krav om en minimum NDVI-værdi på en bedrift, vil der ligeledes være behov for at definere en reference. Referencen kan være NDVI-værdier bestemt i tidligere år for den pågældende bedrift, bedriftstype, afgrøde eller vandopland. Knudsen (2018) har på den baggrund opgjort NDVI-analyser for 2017 og 2018 men angiver, at det ikke var muligt at gennemføre en tilsvarende analyse for 2016.

Antagelser vedr. sammenhæng mellem NDVI efterår og reduktion i kvælstofudvaskning

Ved anvendelse af efterårsbestemt NDVI til erstatning af krav om efterafgrøder forventes, at der er en sammenhæng mellem NDVI og reduktion i kvælstofudvaskning som f.eks. vist i Zhao et al. (2019). En sådan sammenhæng kan dog ikke forventes at være gældende, hvis der indgår bælglplanter i den afgrøde, hvor der i efteråret bestemmes NDVI. Man kan heller ikke udlede, at udvaskningen fra f.eks. vinterraps, vinterhvede og majs, der har forskellige dyrkningspraksis og kvælstofnormer, vil være den samme, uanset om NDVI skulle være i samme størrelsesorden. Selvom 1 kg N optaget i f.eks. vinterhvede kan anføres at reducere udvaskningen på samme måde som 1 kg N optaget i en efterafgrøde efter vårbyg, vil der ved fastsættelse af effekten skulle korrigeres for eventuelle forskelle i den totale udvaskning fra vinterhvede og vårbyg. Det er med andre ord nødvendigt at vide, fra hvilket niveau udvaskningen reduceres, når der om efteråret optages f.eks. 20 kg N/ha i en given efterårsbevoksning.

En afgrødes NDVI vil, som det også er tilfældet med efterafgrøder under den nuværende regulering, bl.a. afspejle kvælstoftilgængeligheden på den givne lokalitet og det givne år. Dette vil kunne give landmanden et incitament til at øge kvælstoftilførslen til forfrugten, da det må forventes potentielt at have indflydelse også på afgrødernes kvælstofoptagelse om efteråret og dermed på NDVI. Ligeledes vil efterårstilførsel af kvælstofgødning til f.eks. vinterraps og andre overvintrende afgrøder kunne øge afgrødens NDVI, mens udvaskningen ikke kan forventes at være reduceret i forhold til samme afgrøde uden efterårstilførsel af gødning og dermed forventet lavere NDVI. Sammenhængen mellem NDVI bestemt efterår og udvaskning bør derfor analyseres.

En analyse af udvaskning på baggrund af målte NDVI-værdier kunne inkludere modelberegninger med f.eks. NLES. NDVI indgår ikke i NLES, men modellen vil kunne anvendes til at estimere udvaskningen fra afgrøder dyrket på en given lokalitet under de aktuelle dyrkningsforhold oplyst af landmanden. Det bør analyseres, om den samlede udvaskning fra f.eks. vinterhvede med samme NDVI som en efterafgrøde, er større end fra afgrøden, den erstatter. En sådan sammenligning kunne resultere i, at den samlede udvaskning kunne blive både større og mindre end udvaskningen i udgangssituationen, hvilket hovedsageligt forventes at være en vårsædsafgrøde med efterafgrøde. Analysen vil kunne bruges til at vurdere, om en reduktion i udvaskning ved dyrkning af vinterhvede i efteråret vil være den samme som for dyrkning af en efterafgrøde, hvis begge har samme NDVI, mens den samlede udvaskning eventuelt kan variere.

Omregningsfaktor til efterafgrøder

I det nuværende reguleringssystem udmøntes krav om udvaskningsreduktion generelt i form af efterafgrøder, som kan erstattes af alternativer, f.eks. tidlig såning af vintersæd, mellemafgrøder og normreduktion ud fra definerede omregningsfaktorer (Landbrugsstyrelsen, 2018). Hvis kravet om efterafgrøder erstattes af et krav om NDVI, vil der ligeledes være behov for en omregningsfaktor mellem efterafgrøder og NDVI bestemt for de afgrøder, der vokser på jorden om efteråret.

Den udvaskningsreducerende effekt af efterafgrøder fastsat i Hansen et al. (2014) varierer fra 12 til 45 kg N/ha afhængigt af jordtype og anvendelse af husdyrgødning. Hvis det antages, at efterafgrødernes samlede kvælstofoptagelse svarer til den forventede udvaskningsreduktion, vil der på baggrund heraf kunne fastsættes et NDVI-krav til efterafgrøderne, for at disse vil kunne godkendes. En del af kvælstofoptagelsen i efterafgrøderne vil ske i rødder, så der vil skulle gøres nogle antagelser mht., hvor store mængder kvælstof, der findes i rødder med henblik på at fastsætte den mest retvisende omregningsfaktorer til efterafgrøder på en given bedrift.

Hvis efterafgrøden erstattes af f.eks. en vintersædsafgrøde, vil denne i princippet kunne erstatte efterafgrøder i forholdet 1:1, hvis vintersædsafgrøden ligeledes opnåede samme NDVI som efterafgrøden. Dog vil der skulle tages stilling til, hvorvidt dødvægten, dvs. det oprindelige omfang af tidlig såning, bør indgå. Ligeledes bør den samlede udvaskning, beregnet f.eks. med NLES som nævnt tidligere, tages i betragtning for hhv. udgangspunktet (f.eks. vårsæd med efterafgrøder) og det der er valgt i stedet for udgangspunktet (f.eks. vinterhvede).

Med henblik på at få igangsat Pilotprojekt om Biomasse vil der kunne fastsættes midlertidige omregningsfaktorer til efterafgrøder baseret på simple beregninger og antagelser. Ved en eventuel generel implementering af NDVI-krav til erstatning af krav om efterafgrøder, bør der ske en mere tilbundsående analyse af fastsættelse af omregningsfaktorer til efterafgrøder, hvor der også tages hensyn til eftervirkning, dødvægt, samlet udvaskning mm.

Hvis der for hver enkelt bedrift kan fastsættes en reference mht. NDVI, forventes bedriften at skulle opfylde dette krav inden for en given periode. Der kan evt. oprettes et banksystem, som det f.eks. er tilfældet for pligtige efterafgrøder (Landbrugsstyrelsen 2018). Det, der kunne sættes ind i banken, kunne være differencen mellem det aktuelle NDVI og maksimum NDVI (på 0,8), som på baggrund af foreløbige resultater fra VIRKN projektet er fundet at svare til en kvælstofoptagelse på 40 kg N/ha. Derefter sker en mætning af NDVI, hvilket betyder at det ikke er muligt ud fra NDVI at bestemme kvælstofoptagelsen.

Der skal også tages stilling til, hvordan ubevoksede marker håndteres. Af Knudsen (2018) fremgår, at der i 2017 og 2018 blev opnået omtrent samme NDVI for udyrket jord som for efterafgrøder, hvor dækningsgraden opnået for udyrket jord formentlig skyldes ukrudt og spildkorn. Det skal afklares, om NDVI fra udyrket jord kan indgå til opfyldelse af bedriftens samlede NDVI-krav.

Yderligere punkter i forbindelse med NDVI-baseret regulering

Fastsættelse af en reference-NDVI vil være afgørende for, at en NDVI-baseret regulering vil kunne erstatte krav om efterafgrøder. Da referencen er af stor betydning skal det afklares, om referenceværdien kan og skal ændres løbende, efterhånden som der opnås flere data. Dette kunne f.eks. ske ved at anvende rullende gennemsnit over tre til fem år for afgrøder dyrket under definerede standardbetingelser. Definition af standardbetingelser vil være nødvendig, for at tiltag anvendt til at øge NDVI, f.eks. tidlig såning, ikke inkluderes og dermed gradvist øger NDVI-kravene.

Det skal afklares, på hvilket opløsningsniveau, referencen skal fastsættes. Dvs. hvorvidt der skal bestemmes en reference pr. bedrift, eller om referencen bør fastsættes f.eks. pr. bedrifts- og jordtype inden for et givent område som f.eks. et vandopland. Bedriftstyperne kunne f.eks. defineres som forskellige typer planteavl med ingen eller med defineret import af husdyrgødning. Hensyntagen til anvendelse af husdyrgødning vil kunne have betydning for fastsættelse af reference og opfyldelse af NDVI-krav, da gentagen anvendelse af husdyrgødning potentielt kan øge jordens kvælstofmineraliserende evne (Petersen et al., 2012; Suarez-Tapia et al., 2018). Knudsen (2018) angiver i sin analyse, at NDVI var lidt højere på planteavlsbrug end på svinebrug, men at dette kunne være begrundet i, at der ikke blev taget højde for eventuel import af husdyrgødning på planteavlsbedrifter. Samtidigt viser data, at de omtalte forskelle hovedsageligt gjorde sig gældende ved NDVI-målinger i september, mens værdierne for de to brugstyper i oktober var i samme størrelsesorden.

Potentiel model for pilotprojekt om biomasse til erstatning af efterafgrødekrav

Det kan ikke forventes, at der for bælglplanter vil være samme sammenhæng mellem NDVI og udvaskningsreduktion eller udvaskningsrisiko som for ikke-bælglplanter. Af samme grund vil det i et pilotprojekt være hensigtsmæssigt ikke at inddrage bælglplanter, herunder kløvergræs, hvilket indebærer, at kvægbrug bør udelades i Pilotprojektet.

For relevante bedriftstyper og afgrøder kunne en model for anvendelse af NDVI-krav til erstatning af efterafgrødekrav være følgende:

- (1) For hver bedrift i pilotprojektet udarbejdes en reference for de enkelte hovedafgrøder samt for efterafgrøder. Referencen baseres på satellitbilleder i et givent tidsinterval i oktober i årene 2016-18. Det bør prioriteres, at bedriften i den pågældende periode opfyldte krav om efterafgrøder uden anvendelse af alternativer som f.eks. reduceret kvote eller mellemafgrøder. I den forbindelse skal det nævnes, at udfasningen af normreduktionen ikke var fuldt ud gennemført i planperioden 2015/16. Efteråret 2016 efterfulgte således en vækstsæson, hvor den tidligere normreduktion på ca. 20 % kun var 2/3 tilbagerullet (Anonym, 2015).
- (2) I pilotperioden skal bedrifterne indvilge i ikke at vælge alternativer til efterafgrøder, der ikke kan bestemmes på baggrund af NDVI, dvs. f.eks. mellemafgrøder, afbrænding af fiberfraktion, randzoner samt reduceret kvælstofkvote.
- (3) Landmanden stiller data til rådighed vedr. dyrkningsforhold forud for og under pilotprojektet. Det gælder bl.a. oplysninger om arter, så- og høsttidspunkt for hovedafgrøder, så- og destruktions-tidspunkt for efterafgrøder samt tilførsel af organisk og uorganisk gødning. Disse data relateres til den målte NDVI for at vurdere sammenhæng mellem afgrøde, dyrkningsbetingelser og NDVI.

- (4) På baggrund af (1) og (2) beregnes en NDVI baseret på 2016-18, der anvendes som reference. Referencen beregnes for hhv. de enkelte hovedafgrøder, som et gennemsnit for arealet med hovedafgrøder, arealet med efterafgrøder samt for hele bedriften.
- (5) I pilotprojektperioden vil NDVI-referencen skulle opfyldes, og et eventuelt øget krav til f.eks. målrettede efterafgrøder vil skulle håndteres ved, at NDVI-kravet øges. Det skal afklares, om reference vil skulle opfyldes hvert år, eller om opfyldelsen skal kunne ske over f.eks. to eller tre år ved oprettelse af en "NDVI-bank".
- (6) Der gennemføres analyser af, hvordan bedrifterne under pilotprojektet opfylder krav om NDVI om efteråret og hvorvidt pilotprojektet har betydet ændringer i f.eks. valg af hovedafgrøde og areal med efterafgrøder. Efterfølgende gennemføres modelberegninger af, hvilken total udvaskning sædskifterne kan forventes at have haft før og under pilotprojektet. Samtidigt analyseres, hvilken reduktion i udvaskning, som de gennemførte tiltag til opnåelse af krævet NDVI kan forventes at have haft totalt og relativt til den samlede udvaskning.
- (7) Før opstart af pilotprojektet skal det overvejes, hvordan eventuelle uoverensstemmelser mellem landmænd/konsulenters visuelle vurderinger af afgrødernes dækningsgrad og de satellit-bestemte NDVI-værdier, skal håndteres.

Konklusion

Vores samlede konklusion er, at vi har brug for flere data for at kunne fastsætte et NDVI-krav der kan sikre sammen effekt som efterafgrøder, og vi har brug for mere viden, for at kunne vurdere om dette krav skal være generelt eller geografisk bestemt. Vi har data fra markforsøg i Foulum, men det repræsenterer kun én jordtype og ingen husdyrbrug. I besvarelsen gennemgås en række forbehold og antagelser der skal tages stilling til i Pilotprojekt om Biomasse.

Referencer

Anonym 2015. Aftale om Fødevarer- og landbrugspakke.

https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/FVM.dk/Dokumenter/Landbrug/Indsatser/Foedevare-og-landbrugspakke/Aftale-om-foedevare-og-landbrugspakken.pdf

Eriksen, J., Jensen, P.N., Jacobsen, B.H. (red.) 2014. Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA rapport nr. 52.

https://pure.au.dk/ws/files/84646400/Virkemiddelkatalog_web.pdf

Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Rubæk, G.H., Kudsk, P., Jørgensen, L.N., Schelde, K., Olesen, J.E. Strandberg, M.T., Jacobsen, B.H., Eberhardt, J.M. 2014. I: Eriksen, J., Jensen, P.N., Jacobsen, B.H. (red.) 2014. Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA rapport nr. 52, 21-35.

https://pure.au.dk/ws/files/84646400/Virkemiddelkatalog_web.pdf

Knudsen, L. 2018. Notat om analyse af NDVI-værdier på afgrøde og bedriftsniveau 2017 og 2018. Notat til Landbrugsstyrelsen 20. december 2018.

Landbrugsstyrelsen, 2018. Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. Planperioden 1. august 2018 til 31. juli 2019. Landbrugsstyrelsen, Miljø- og Fødevareministeriet.
https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Vejledning_om_goedsknings-_og_harmoniregler_2018_2019_1version.pdf

Petersen, J., Thomsen, I.K., Mattsson, L., Hansen, E.M., Christensen, B.T. 2012. Estimating the crop response to fertilizer N residues in long continued field experiments. Nutrient Cycling in Agroecosystems 93, 1-12.

Zhao, J., De Notaris, C., Olesen, J.E. 2019. Autumn-based vegetation indices for estimating nitrate leaching during autumn and winter in arable cropping systems. Agriculture, Ecosystems and Environment. Submitted.