

Til Landbrugsstyrelsen

**Levering på bestillingen "Overordnet vurdering af risiko for merudvaskning i pilotprojekt om biomasse"**

Landbrugsstyrelsen har i en bestilling sendt d. 21. juni 2019 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om at give en vurdering af udvaskningsrisikoen i det forventede projekt-setup i pilotprojekt om biomasse, ift. gældende regulering. Yderligere bedes AU give bud på omregningsfaktor til efterafgrøder for relevante afgrøder baseret på NDVI-værdier for efterafgrøder. Der skal beregnes omregningsfaktor for tilførsel af mindre end 80 kg hhv. over 80 kg kvælstof per ha i organisk gødning.

Besvarelsen i form af vedlagte notat er udarbejdet af seniorforsker Ingrid Thomsen, lektor René Gislum, seniorforsker Elly M. 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



# Overordnet vurdering af risiko for merudvaskning i pilotprojektordning om biomasse

---

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

## Baggrund

Af en bestilling dateret 21. juni 2019 fra Landbrugsstyrelsen (LBST) til Aarhus Universitet (AU) fremgår, at et design af et pilotprojekt om biomasse er under udarbejdelse. Pilotprojektet har fokus på at udvikle et biomassekrav som alternativ til efterafgrøder. Det fremgår af bestillingen, at pilotprojektet som udgangspunkt skal sikre en tilsvarende udvaskningsreducerende effekt, som hvis projektdeltagerne havde fulgt gældende regulering. Ligeledes fremgår, at NDVI-værdier, omregningsfaktorer og lign., der indgår i pilotprojektet, udelukkende er fastlagt med henblik på brug i pilotprojektet.

AU er i bestillingen blevet bedt om at give en vurdering af udvaskningsrisikoen i det forventede projekt-setup ift. gældende regulering. Yderligere er AU bedt om at give bud på omregningsfaktorer til efterafgrøder for relevante afgrøder baseret på NDVI-værdier. Omregningsfaktorerne skal beregnes ved tilførsel af under og over 80 kg N/ha i organisk gødning.

## Besvarelse

### NDVI-værdier for kornafgrøder

Af udkast til modelbeskrivelse og design af pilotprojekt om biomasse fremgår, at bælplanter ikke skal indgå i projektet, mens situationen for vinterraps og frøgræs skal afklares (Landbrugsstyrelsen, 2019). I det følgende fokuseres derfor på kornafgrøder. I udkastet er der desuden foreslået et generelt NDVI-krav på 0,5 i perioden 15.-31. oktober (Landbrugsstyrelsen, 2019). Krav til pligtige efterafgrøder og husdyrefterafgrøder vil således være dækket, hvis den gennemsnitlige dækning er på 0,5 eller derover.

Værdien for det generelle NDVI-krav på 0,5 er hovedsageligt baseret på målinger med håndbåret udstyr i forsøg på AU Foulum. Der kan være forskelle i niveau mellem sådanne målinger og satellitmålinger. Det samme kan være tilfældet for målinger baseret på droner. En del af forskellene skyldes, at atmosfæren i forskellig grad absorberer lyset i forskellige bølgelængder. Der er derfor formentlig behov for at justere niveauet for NDVI-krav i forhold til den platform, som NDVI er målt på.

I forhold til NDVI-værdierne i Knudsen (2018) synes et krav om dækning på 0,5 at være relativt lavt. Således ligger NDVI-værdierne fundet for vår- og vinterkorn uden efterafgrøder generelt højere (Tabel 1). De høje NDVI-værdier for korn/vårsæd uden efterafgrøder skyldes formentlig ukrudt og spildkorn.

Tabel 1. Gennemsnitlige NDVI-værdier for vår- og vinterkorn uden efterafgrøder i efteråret 2017 og 2018 i perioden 16.-31. oktober (Knudsen, 2018). Det er antaget, at "Korn/vårsæd uden efterafgrøder" repræsenterer vår- og vinterkorn, der ligger som stubmark efter høst.

År	Afgrøde	Areal (1.000 ha)	Gns. NDVI
2017	Vinterhvede	319	0,46
2018		320	0,54
2017	Vinterbyg	72	0,58
2018		60	0,62
2017	Korn/vårsæd uden efterafgrøder	204	0,54
2018		62	0,63

På baggrund af NDVI-data i Tabel 1, vil vinterkorn og stubmarker efter korn tilsyneladende ofte kunne opfylde et krav om NDVI på 0,5, hvorfor disse hovedafgrøder vil blive sidestillet med efterafgrøder. I pilotprojektet forventes det at blive muligt at evaluere, om størrelsen af det generelle NDVI-krav på mindst 0,5 vil være tilstrækkeligt til at sikre samme beskyttelsesniveau for vandmiljøet, som den nuværende regulering. Værdierne i Knudsen (2018) baseret på satellitmålinger af NDVI antyder, at et krav på 0,5 vil være for lavt til at sikre samme beskyttelse som et efterafgrødekrav. Pilotprojektet bør afklare, om der er behov for differentierede NDVI-krav afhængig af måleteknik og måleplatform.

## Omregningsfaktorer til efterafgrøder

Ifølge Vejledningen (Landbrugsstyrelsen, 2018) skal der etableres pligtige efterafgrøder på et areal svarende til 10% eller 14% af efterafgrødegrundarealet ved anvendelse af hhv. under eller over 80 kg N/ha i organisk gødning. Der kan anvendes forskellige alternativer til efterafgrøderne, f.eks. mellemafgrøder, afbrænding af fiberfraktion, tidlig såning af vintersæd, braklægning mm. En del af disse alternativer vil ikke kunne bestemmes på baggrund af NDVI, og forventes derfor ikke at kunne anvendes i det skitserede pilotprojekt om biomasse (Landbrugsstyrelsen, 2019).

Med henblik på beregning af omregningsfaktorer er der igen taget udgangspunkt i NDVI-værdierne i Knudsen (2018). I Tabel 2 er vist de gennemsnitlige NDVI-værdier vægtet efter areal, og der er angivet dels individuelle, vægtede NDVI-værdier dels NDVI-værdier for hhv. korn med og uden efterafgrøder. I beregningen af den vægtede værdi for korn uden efterafgrøde indgår således også korn efterfulgt af spildkorn og ukrudt.

Tabel 2. NDVI-værdier beregnet som vægtede gennemsnit på baggrund af Knudsen (2018). Det er antaget, at "Korn/korn/efterafgrøder" repræsenterer vår- og vinterkorn efterfulgt af efterafgrøder, og at "Korn/vårsæd uden efterafgrøder" repræsenterer vår- og vinterkorn, der ligger som stubmark efter høst.

År	Afgrøde	Areal (1.000 ha)	Gns. NDVI	Gns. vægtet NDVI	Gns. vægtet NDVI korn u/m efterafgrøde
2017	Vinterhvede	319	0,46	0,50	0,53
2018		320	0,54		
2017	Vinterbyg	72	0,58	0,60	
2018		60	0,62		
2017	Korn/vårsæd uden efterafgrøder	204	0,54	0,56	
2018		62	0,63		
2017	Korn/korn/efterafgrøder	125	0,69	0,71	0,71
2018		81	0,75		

Som eksempel er det i Tabel 3 beregnet, hvordan den gennemsnitlige NDVI påvirkes af at dyrke efterafgrøder. Med udgangspunkt i efterafgrødegrundarealet som defineret af Landbrugsstyrelsen (2018) er det antaget, at hele arealet i eksemplet er dyrket med kornafgrøder.

I Tabel 3 er vist eksempler, hvor bedrifter med krav om hhv. 10 og 14 % pligtige efterafgrøder opfylder krav om efterafgrøder uden anvendelse af alternativer. Der er ikke taget hensyn til eventuelle husdyrefterafgrøder, men disse ville kunne indgå på tilsvarende vis.

Tabel 3. Eksempel på beregning af NDVI-krav ved opfyldelse af krav til pligtige efterafgrøder uden brug af alternativer til efterafgrøder.

Bedriftstype	Forudsætninger		NDVI <sup>#</sup>	Gns. NDVI på bedriftsniveau <sup>§</sup>
Under 80 kg N/ha i organisk gødning	Efterafgrødegrundareal	100 ha		
	Efterafgrødekrav	10 %		
	Arealkrav til efterafgrøder	10 ha	0,71	
	Areal ud over efterafgrøder	90 ha	0,53	<b>0,55</b>
Over 80 kg N/ha i organisk gødning	Efterafgrødegrundareal	100 ha		
	Efterafgrødekrav	14 %		
	Arealkrav til efterafgrøder	14 ha	0,71	
	Areal ud over efterafgrøder	86 ha	0,53	<b>0,55</b>

<sup>#</sup>Fra Tabel 2

<sup>§</sup>Alene for kornafgrøder

Af Tabel 3 fremgår, at i forhold til dyrkning af korn uden efterafgrøder, som er antaget at have NDVI på 0,53 (Tabel 2), øges NDVI-kravet med 0,02 til 0,55 (Tabel 3) ved dyrkning af enten 10 eller 14 % efterafgrøder. Med de anvendte værdier og metoder beregnes således samme NDVI-krav (når angivet med to decimaler), uanset om det oprindelige krav til efterafgrøder var 10 eller 14 % af efterafgrødegrundarealet. Det antages for usikkert at anvende yderligere decimaler.

Nøjagtigheden i fastsættelse af NDVI-krav skal også ses i forhold til den store årsvariation i NDVI, der fremgår af Tabel 2 ved sammenligning af 2017 og 2018. NDVI-beregningerne i Tabel 3 tager som nævnt alene udgangspunkt i korn. Det vil sige, at det ikke vil være gennemsnitsværdier på bedriftsniveau, hvis der på bedriften også dyrkes afgrøder som f.eks. bælglplanter, vinterraps og frøgræs. Det skal ligeledes nævnes, at reduceret kvælstofkvote, hvis anvendelse som alternativ til efterafgrøder i pilotprojektet ifølge Landbrugsstyrelsen (2019) skal afklares, ikke er inddraget.

Hvis et alternativ til efterafgrøder med omregningsfaktor 1:1 blev anvendt, ville det udløse samme værdier som i Tabel 3. Det ville f.eks. gælde for tidlig såning af vintersæd samt spildkorn + ukrudt, hvis disse i pilotprojektet bliver sidestillet med efterafgrøder, hvis de opnår samme NDVI. Efter nugældende regler anerkendes ukrudt + spildkorn ikke som alternativ til efterafgrøder, og tidlig såning af vintersæd indgår med en omregningsfaktor på 4:1, dvs. der skal anvendes tidlig såning på 4 ha for at erstatte 1 ha efterafgrøder (Landbrugsstyrelsen, 2018).

Ved anvendelse af nuværende omregningsfaktor på 4:1 for tidlig såning, kan et samhörørende NDVI-krav beregnes. I Tabel 4 er beregnet NDVI-krav under antagelse af, at alle efterafgrøder erstattes af tidlig såning. Tidligt sået vintersæd er i eksemplet antaget at have samme NDVI som efterafgrøder.

Tabel 4. Eksempel på beregning af NDVI-krav ved opfyldelse af krav til pligtige efterafgrøder ved anvendelse af tidlig såning af vintersæd med gældende omregningsfaktor på 4:1.

Bedriftstype	Forudsætninger		NDVI <sup>#</sup>	Gns. NDVI på bedriftsniveau <sup>§</sup>
Under 80 kg N/ha i organisk gødning	Efterafgrødegrundareal	100 ha		
	Efterafgrødekrav	10 %		
	Arealkrav til efterafgrøder	40 ha	0,71	
	Areal ud over efterafgrøder	60 ha	0,53	<b>0,60</b>
Over 80 kg N/ha i organisk gødning	Efterafgrødegrundareal	100 ha		
	Efterafgrødekrav	14 %		
	Arealkrav til efterafgrøder	56 ha	0,71	
	Areal ud over efterafgrøder	44 ha	0,53	<b>0,63</b>

<sup>#</sup> Fra Tabel 2

<sup>§</sup> Alene for kornafgrøder

Af Tabel 4 fremgår, at NDVI-kravet stiger fra 0,53 før opfyldelse af krav om pligtige efterafgrøder på 10 og 14 % til hhv. 0,60 og 0,63 ved anvendelse af tidlig såning af vintersæd som alternativ. Stigningen, dvs. omregningsfaktoren til efterafgrøder, vil derfor være et øget NDVI-krav på hhv. 0,07 og 0,10 hhv. under og over 80 kg N/ha i organisk gødning. Tilsvarende beregninger vil kunne gennemføres, hvis kun en del af efterafgrødearealet dækkes med tidlig såning af vintersæd, mens efterafgrøderne bibeholdes på det resterende.

## Risiko for merudvaskning

Virkemidler er ofte defineret ud fra deres reduktion af udvaskningen frem for den egentlige udvaskning fra de dyrkningssystemer, virkemidlerne indgår i. Således er effekten af efterafgrøder fastsat som forskel i udvaskning med og uden efterafgrøder (Hansen & Thomsen, 2014). På tilsvarende måde er effekten af tidlig såning af vintersæd bestemt som forskel i udvaskning mellem vintersæd sået før 7. september og vintersæd sået til normal tid estimeret til 23. september (Thomsen et al., 2014). I omregningen mellem tidlig såning og efterafgrøder er ligeledes indregnet "dødvægt", dvs. det areal, der forventedes alligevel at ville blive sået før 7. september (Thomsen et al., 2014).

Fokus har således været på effekt af det enkelte virkemiddel og ikke på størrelsen af den egentlige udvaskning. Af samme grund anbefalede Gislum et al. (2019), at der i pilotprojekt om biomasse bliver gennemført modelberegninger til analyse af udvaskningen ved de eventuelle sædskifteændringer, som deltagerne i pilotprojektet foretager. Der bør således gennemføres en analyse af, om et gennemsnitligt NDVI-krav gældende også for hovedafgrøder og ukrudt + spildkorn vil have samme reducerende effekt på kvælstofudvaskningen som det nuværende efterafgrødekrav. En sådan sammenligning kunne resultere i, at den samlede udvaskning kunne blive både større og mindre end udvaskningen i udgangssituationen.

Det forventes, at der i pilotprojektet vil være stor interesse for tidligt sået vintersæd og dets omregning til efterafgrøder. Udformningen af pilotprojektet og valg af reference vil derfor i høj grad være bestemmende for beregning af risiko for merudvaskning. Hvis der alene tages udgangspunkt i NDVI, forventes tidlig såning af vintersæd at kunne opnå NDVI-værdier, der er sammenlignelige med efterafgrøder. Denne forventning baseres hovedsageligt på VIRKN-forsøgene, hvor tidligt sået vintersæd om efteråret i flere tilfælde opnåede samme overjordiske kvælstofoptagelse som efterafgrøder (Vogeler et al., 20xx). I VIRKN-forsøgene var den tidligt såede vintersæd generelt sået før 7. september, som er gældende lovkrav (Landbrugsstyrelsen, 2018), hvorved vintersæden havde en længere vækstperiode om efteråret end forudsat. Der blev ikke gennemført NDVI-målinger i forsøgene, men de generelt små forskelle i kvælstofoptagelse i hhv. efterafgrøder og tidligt sået vintersæd forventes at resultere i sammenlignelige NDVI-værdier. Tidligt sået vintersæd vil derved erstatte efterafgrøder i forholdet 1:1, og reduktionen i udvaskningen ville forventes at være af samme størrelse. Sammenlignes der i stedet med en situation, hvor tidligt sået vintersæd erstatter efterafgrøder i forholdet 4:1 (Landbrugsstyrelsen, 2018), vil udvaskningsreduktionen imidlertid være mindre i pilotprojektet.

Det gælder tilsvarende, at hvis ukrudt + spildkorn i pilotprojektet kommer til at indgå i opfyldelsen af et generelt NDVI-krav, kan udvaskningsreduktionen i princippet svare til den målte NDVI. Ukrudt + spildkorn er dog ikke for nuværende anerkendt som alternativ til efterafgrøder, hvorfor deres eventuelle udvaskningsreducerende effekt ikke medregnes, og effekten derfor i stedet skal opnås ved godkendte virkemidler som f.eks. tidlig såning og efterafgrøder. I de tilfælde, hvor tilstedeværende ukrudt + spildkorn på en mark kan erstatte et virkemiddel som f.eks. efterafgrøder på en anden mark, vil udvaskningsrisikoen i pilotprojektet i princippet kunne være øget.

Som det fremgår af ovenstående, vil en vurdering af risiko for merudvaskning i pilotprojektet, som også anført af Gislum et al. (2019), afhænge af, hvilken reference og baseline, dvs. nuværende praksis, der tages udgangspunkt i. En analyse vil således forudsætte, at rammerne for sammenligningen på forhånd fastlægges.

## Sammenfatning

På baggrund af de ovenfor gennemførte beregninger med data fra Knudsen (2018) vil et NDVI-krav angivet med to decimaler ikke kunne skelne mellem krav om hhv. 10 og 14 % efterafgrøder. Det antages at være for usikkert at anvende yderligere decimaler i et NDVI-krav. Omregningsfaktorerne til efterafgrøder i "NDVI-enheder" er ligeledes behæftet med stor usikkerhed og afhænger bl.a. af, hvilke kriterier der fastsættes i pilotprojektet.

En vurdering af udvaskningsrisiko ift. gældende regulering afhænger af, hvilken reference der anvendes. Hvis f.eks. tidlig såning erstatter efterafgrøder uden at inkludere en omregningsfaktor, vil pilotejendommene have større udvaskningsrisiko, end hvis der anvendes en omregningsfaktor på 4:1. Omvendt kan den udvaskningsreducerende effekt af en tidligt sået vintersæd med samme NDVI som en efterafgrøde i princippet være på niveau med effekten af efterafgrøden. Det vil f.eks. kunne være tilfældet, hvis den tidlige såning har fundet sted tidligere, end hvad der antages, og hvis der ikke tages hensyn til dødvægt. Det anbefales derfor, at der i pilotprojektet gennemføres modelberegninger, hvor der tages udgangspunkt i dels udvaskningsreduktioner, som i den nuværende regulering, og dels den egentlige forventede udvaskning.

## Perspektivering

Som det fremgår af ovenstående, er der en række problemstillinger, usikkerheder og forbehold forbundet med pilotprojektet om biomasse. Omvendt repræsenterer pilotprojektet en nytænkning, som potentielt kan supplere eller erstatte det nuværende regelsæt. Pilotprojektet kan desuden medvirke til at belyse, om der er behov for at justere NDVI-kravet for at opnå en tilsvarende udvaskningsreducerende effekt som under gældende regulering. På grund af den store betydning, som efterårsbevoksningen har på udvaskningen, kunne et NDVI-krav gældende for alle afgrøder tænkes at indgå i en fremtidig regulering. I en sådan situation skulle der dog skal tages stilling til, hvordan f.eks. bælgeplanter skal håndteres. Et NDVI-krav for hele bedriften skulle sikre en generel lav udvaskning, og pilotprojektet om biomasse vil medvirke til at belyse muligheden for et sådant paradigmeskift i en fremtidig regulering. Der er dog brug for at undersøge, hvordan NDVI-krav i praksis bedst sikrer reduktion i kvælstofudvaskningen, herunder om der mest hensigtsmæssigt opereres med et gennemsnitligt NDVI for bedriftens marker, for dele af bedriftens marker, eller om der skal stilles krav til at et NDVI-krav er opfyldt på en bestemt andel af markarealet.

## Referencer

- Gislum, R., Thomsen, I.K., Hansen, E.M., Olesen, J.E. 2019. Fastsættelse af NDVI-krav i pilotprojektet om biomasse. Notat til Landbrugsstyrelsen 22. maj 2019.  
[https://pure.au.dk/ws/files/154005460/Fasts ttelse af NDVI krav maj2019.pdf](https://pure.au.dk/ws/files/154005460/Fasts_ttelse_af_NDVI_krav_maj2019.pdf)
- Hansen, E.M., Thomsen, I.K. 2014. Bilag 3. Efterafgrøder: Revurdering af udvaskningsreducerende effekt. I: Eriksen, J., Jensen, P.N., Jacobsen, B.H. (red.), Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA Rapport 052, s. 243-256.  
<http://dnmark.org/wp-content/uploads/2015/01/Virkemiddelkatalog.pdf>
- Knudsen, L. 2018. Notat om analyse af NDVI-værdier på afgrøde og bedriftsniveau 2017 og 2018. Notat til Landbrugsstyrelsen 20. december 2018. SEGES.
- 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](https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Vejledning_om_goedsknings-og_harmoniregler_2018_2019_1version.pdf)
- Landbrugsstyrelsen, 2019. Udkast til modelbeskrivelse og design af pilotprojektordning om biomasse. Notat fra Miljø- og Fødevareministeriet 18. juni 2019.
- Thomsen, I.K., Vinther, F.P., Hansen, E.M., Jørgensen, L.N., Kudsk, P. 2014. Notat vedrørende baggrundsdata til brug for den fremtidige arealregulering – besvarelse af spørgsmål A1-10. Notat til NaturErhvervstyrelsen 5. marts 2014.  
[http://pure.au.dk/portal/files/83234053/Notat\\_vedr\\_Baggrundsdata\\_arealregulering\\_A1\\_10\\_050314.pdf](http://pure.au.dk/portal/files/83234053/Notat_vedr_Baggrundsdata_arealregulering_A1_10_050314.pdf)
- Vogeler, I., Thomsen, I.K., Hansen, E.M., Jensen, J., Nielsen, S.V. 20xx. Early sowing and catch crops for increasing nitrogen use efficiency in cropping systems. Manuskript under udarbejdelse.