

Til Landbrugsstyrelsen

Følgebreve

Dato 17. december 2020

Journal 2020-0191867

— Levering på bestillingen ”Effekten af præcisionsjordbrug og omregning til efterafgrøder”

Landbrugsstyrelsen har i en bestilling sendt d. 8. december 2020 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om en kortfattet vurdering af effekten af præcisionsjordbrug ift. omregning til efterafgrøder.

—
Besvarelsen i form af vedlagte notat er udarbejdet af seniorrådgiver Michael Nørre-mark fra Institut for Ingeniørvidenskab samt lektor René Gislum, seniorforsker Peter Sørensen, seniorforsker Elly Møller Hansen, seniorforsker Ingrid K. Thomsen og professor Jørgen Eriksen fra Institut for Agroøkologi ved Aarhus. Professor Bent T. Christen fra Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet har været fagfællebedømmer, og notatet er revideret i lyset af hans kommentarer.

Notatet præsenterer resultater, som ved udgivelsen ikke har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.

—
Besvarelsen er udarbejdet som led i ”Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening mellem Miljø- og Fødevareministeriet og Aarhus Universitet” under ID 4.03 i ”Ydelsesaftale Planteproduktion 2020-2023”.

Venlig hilsen

Lene Hegelund
Specialkonsulent, kvalitetssikrer f. DCA-centerenheden



Effekten af præcisionsjordbrug og omregning til efterafgrøder

Af Michael Nørremark¹, René Gislum², Peter Sørensen², Elly Møller Hansen², Ingrid Kaag Thomsen² og Jørgen Eriksen²

¹Institut for Ingeniørvidenskab, Aarhus Universitet

²Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Fagfællebedømt af Bent Tolstrup Christensen, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Baggrund

Landbrugsstyrelsen (LBST) har i en bestilling sendt til Aarhus Universitet (AU) den 8. december 2020 oplyst, at LBST i forlængelse af pilotprojektet om præcisionsjordbrug, der afsluttes i 2020, undersøger muligheden for at implementere præcisionsjordbrug som et nyt alternativ til efterafgrøder. I den forbindelse oplyser LBST i bestillingen, at fastsættelse af en omregningsfaktor mellem præcisionsjordbrug og efterafgrøder udestår i forbindelse med implementering i lovgrundlaget. LBST beder om, at der tages udgangspunkt i det nye N-virkemiddelkatalog (Nørremark et al., 2020), og at erfaringer fra pilotprojektet inddrages. Pilotprojektet om præcisionsjordbrug har ifølge bestillingen været gennemført i årene 2018-20, hvor en række jordbrugere har haft mulighed for at anvende visse delelementer af præcisionsjordbrug til at opfylde deres krav om pligtige efterafgrøder. Der har i den forbindelse været anvendt en omregningsfaktor mellem præcisionsjordbrug og efterafgrøder på hhv. 8:1 eller 10:1 for virksomheder, der udbringer husdyrgødning og anden organisk gødning svarende til hhv. mere eller mindre end 80 kg N/ha.

Effekterne af forskellige delelementer af præcisionsjordbrug er opgjort af Nørremark et al. (2020), og nogle af disse delelementer forventes at indgå som kriterier i et nyt alternativ til efterafgrøder. Med udgangspunkt i N-virkemiddelkataloget samt erfaringer fra pilotprojektet om præcisionsjordbrug beder LBST AU om at:

1. Estimere den samlede forventede effekt på kvælstofudvaskningen af de delelementer af præcisionsjordbrug, der forventes at indgå som kriterier i forbindelse med implementering af virkemidlet som alternativ til efterafgrøder (kriterierne uddybes nedenfor).
2. Beskrive, hvilke parametre der har betydning for, hvorvidt den estimerede effekt under pkt. 1 kan opnås, herunder f.eks. betragtninger om dødvægt eller den samtidige anvendelse af andre alternativer (f.eks. reduceret kvælstofkvote). Af hensyn til at mindske risikoen for at den samme effekt på kvælstofudvaskningen tælles med to gange i opfyldelsen af den samme regulering, ønskes der en vurdering af, i hvilket omfang disse parametre påvirker effekten af præcisionsjordbrug.
3. Afklare, om en omregningsfaktor mellem præcisionsjordbrug og efterafgrøder kan beregnes som den direkte relative forskel i den reducerede kvælstofudvaskning fra rodzonen, eller om de parametre, der anføres under punkt 2 bør indgå i beregningen af en omregningsfaktor. For effekten af efterafgrøder henvises ligeledes til N-virkemiddelkataloget (Hansen et al., 2020a).
4. Vurdere, hvorvidt en omregningsfaktor på 10:1 mellem præcisionsjordbrug og efterafgrøder, som anvendt i pilotprojektet, fortsat vil være anvendelig, dersom præcisionsjordbrug udbredes som generelt virkemiddel, idet der tages udgangspunkt i konklusionerne fra punkt 1-3. Såfremt en

omregningsfaktor på 10:1 ikke vurderes at være anvendelig, bedes AU fastlægge, på hvilket niveau omregningsfaktoren i stedet bør placeres.

LBST oplyser, at der i udgangspunktet ønskes fastsat en enkelt omregningsfaktor, der dækker over eksempelvis jordbundstyper, bedriftstyper m.m. Hvis dette ikke er muligt, kan der alternativt fastsættes differentierede omregningsfaktorer på samme måde, som det har været tilfældet i pilotprojektet. Det er forventningen, at præcisionsjordbrug som et nyt virkemiddel i reguleringen vil dække over flere forskellige delelementer, der alle relaterer sig til præcisionsgødsning, og at der i hovedtræk vil blive taget udgangspunkt i de kriterier/tiltag, der gjorde sig gældende i pilotprojektet. Der vil således blive stillet krav om, at jordbruger:

- a. Fastsætter kvælstofbehovet på hver mark
- b. Bestemmer indholdet af kvælstof i husdyrgødning og anden organisk gødning
- c. Udfører positionsbestemt graderet gødningstildeling med udstyr, der har auto- og sektionsstyring samt kantspredningsudstyr

Det er endvidere forventningen, at anvendelsen af præcisionsjordbrug som alternativ til efterafgrøder vil blive afgrænset til marker, hvor der dyrkes korn eller raps.

Besvarelse

Med henblik på besvarelse af de fire ovennævnte spørgsmål gennemgås herunder kort de elementer, der indgår i besvarelsen, dvs. præcisionsgødsning, husdyrgødningsanalyser og efterafgrøder.

Præcisionsgødsning

I N-virkemiddelkataloget (Nørremark et al., 2020) er præcisionsgødsning defineret ved fire delvirkemidler:

1. Placeret kunstgødning og husdyrgødning: udbringning af gødning, så det placeres i koncentrerede strege i jorden med henblik på, at gødningen ligger tæt på afgrødens rødder. Dette kan gælde dele eller hele mængden af gødning, som tildeles afgrøden.
2. Behovsbestemt gødsning kombineret med positionsbestemt tildeling baseret på bestemmelse af afgrødens næringsmæssige tilstand. Tildeling på baggrund af enten markvariationsdata i forhold til jordbund og/eller via sensorer, hvor det aktuelle gødningsbehov bestemmes.
3. Præcis tildeling, hvor gødningsudstyret sikrer, at gødningen ved hjælp af auto- og sektionsstyring minimerer overlap ved gødsning.
4. Præcis spredning med kantspredningsudstyr, hvorved granuleret kunstgødning ikke spredes til andre biotoper uden for markskel.

Nørremark et al. (2020) anfører, at præcisionsgødsning defineret som ovenstående delvirkemidler er antaget ikke at ændre kvælstofforbruget. Delvirkemidlerne vil imidlertid have indflydelse på, hvor stor en del af det tilførte kvælstof, der er plantetilgængeligt. Dette kan opfattes som en ændring i kvælstoftilførslen, som via udbyttefunktioner kan omsættes til effekt på udbytte og bortførsel af kvælstof samt efterfølgende udvaskning.

For delvirkemidlerne 1-3 vurderes den reducerende effekt på kvælstofudvaskning fra rodzonen til 1 kg N/ha pr. delvirkemiddel, men potentialet for udvaskningsreduktion vil bl.a. være afhængig af lokale forhold (Nørremark et al., 2020). For delvirkemiddel 4 (Præcis spredning med kantspredningsudstyr) anfører Nørremark et al. (2020), at det ikke har været muligt at estimere en egentlig effekt på kvælstofudvaskning,

hvorimod det formodes, at den reducerede spredning af gødning til nabobiotoper vil have en positiv effekt på natur og biodiversitet.

Husdyrgødningsanalyser

Nørremark et al. (2018) antager, at præcisionen i relation til korrekt total kvælstofmængde ved udbringning af flydende husdyrgødning og anden flydende organisk gødning kan øges ved analyser af husdyrgødningsindhold af kvælstof i forhold til en praksis, hvor kvælstoftildelingen sker på baggrund af normværdier. Det anføres videre, at en kvælstofanalyse vil være forbundet med en vis usikkerhed specielt i forhold til udtagning af prøven og i mindre grad til selve analysen, og det forventes, at der vil blive bestemt både højere og lavere kvælstofkoncentrationer i forhold til normværdierne.

Analyser af husdyrgødning kan betyde, at både udbragt husdyrgødning og behov for supplerende tilførsel af handelsgødning kan beregnes mere præcist. Et potentiale for reduktion af kvælstofudvaskning er imidlertid kun til stede for den del af bedrifterne, hvor kvælstofindholdet i den tilførte husdyrgødning reelt er højere end normtallene, såfremt der reduceres enten i tilførslen af husdyrgødning eller i en efterfølgende handelsgødningstildeling (Nørremark et al., 2017).

Efterafgrøder

I N-virkemiddelkataloget fra 2020 (Eriksen et al., 2020) vurderer Hansen et al. (2020), at der ikke er et tilstrækkeligt solidt grundlag for at ændre på de tidligere beregnede gennemsnit for udvaskningsreduktion ved dyrkning af efterafgrøder i forhold til N-virkemiddelkataloget fra 2014 (Hansen et al., 2014). Den forventede udvaskningsreduktion ved dyrkning af efterafgrøder på ler og sand med under og over 80 kg N/ha i organisk gødning er vist i Tabel 1.

Tabel 1. Efterafgrøders udvaskningsreducerende effekt i rodzonen på baggrund af revurdering i 2020. Det forudsættes, at efterafgrøder på lerjord pløjes eller på anden måde destrueres sent efterår og efterafgrøder på sandjord pløjes i det tidlige forår. Værdier i parentes er estimeret. Fra Hansen et al. (2020).

	Under 80 kg N/ha i organisk gødning		Over 80 kg N/ha i organisk gødning ¹⁾	
Jordtype	Ler	Sand	Ler	Sand
Udvaskningsreduktion (kg N/ha)	12	32	(24)	45

¹⁾ Usikkert, om værdierne kan opnås for alle typer bedrifter over 80 kg N/ha i organisk gødning.

Besvarelse af spørgsmål fra LBST

Spørgsmål 1. Samlet forventet effekt på kvælstofudvaskningen af de delelementer af præcisionsjordbrug, der forventes at indgå som kriterier i forbindelse med implementering af virkemidlet som alternativ til efterafgrøder.

Effekt af præcisionsjordbrug på baggrund af N-virkemiddelkataloget

Ifølge bestillingen fra LBST forventes, at der ved en implementering af præcisionsjordbrug som et nyt virkemiddel vil blive stillet følgende krav til jordbruget:

- Fastsættelse af kvælstofbehovet på hver mark
- Bestemmelse af indholdet af kvælstof i husdyrgødning og anden organisk gødning
- Udførelse af positionsbestemt graderet gødningstildeling med udstyr, der har auto- og sektionstyring samt kantspredningsudstyr

En detaljeret fastsættelse af kvælstofbehovet på markniveau (punkt a) kan betyde, at kvælstofbehovet for marken kan være fastsat korrekt, for højt eller for lavt i forhold til nuværende tildeling. Og ændres

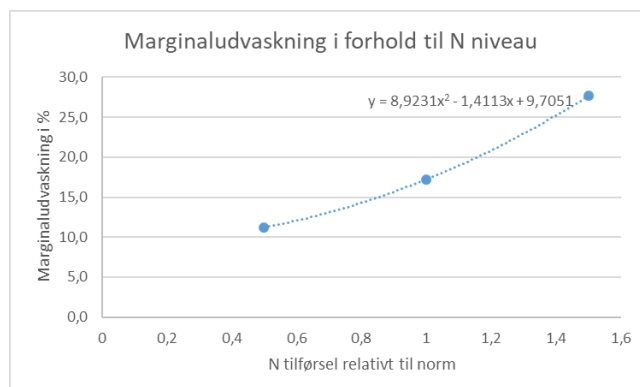
kvælstoftildeling i forhold til behovet vil dette derfor kunne resultere i uændret, lavere eller øget kvælstofforbrug, som dog fortsat antages at være inden for kvælstofkvoten (Nørremark et al., 2017). Det antages dog, at landmænd og rådgivere allerede tager hensyn til forventet udbyttensniveau i gødningsplanlægningen. Yderligere tiltag til detaljeret fastsættelse af forventet udbyttensniveau på baggrund af sensor-målinger kombineret med forståelse for variationen i kvælstofbehov på markniveau (f.eks. ud fra udbyttepotentialeregistreringer/-erfaringer) vil imidlertid kunne optimere udnyttelsen af det tilførte kvælstof og dermed reducere udvaskningen (Nørremark et al., 2020).

Fastsættelse af kvælstofbehovet på markniveau forventes ikke i sig selv at give en sikker effekt på udvaskningen, men en behovsfastsættelse vil være en forudsætning for positionsbestemt graderet gødningstildeling (punkt c). Tilsvarende vil bestemmelse af indholdet af kvælstof i husdyrgødning og anden organisk gødning (punkt b) være en forudsætning for en graderet gødningstildeling.

Punkterne a og b må således anses for at være forudsætninger for punkt c, dvs. positionsbestemt graderet gødningstildeling med udstyr, der har auto- og sektionsstyring samt kantspredningsudstyr. Punkt c svarer til delvirkemiddel 2, 3 og 4 (som gengivet ovenfor fra N-virkemiddelkataloget, Nørremark et al., 2020). Den samlede effekt af disse tre delvirkemidler er vurderet til en reduktion i udvaskningen på 2 kg N/ha (Nørremark et al., 2020).

Effekt af husdyrgødningsanalyser

Effekten af en omfordeling af husdyrgødning inden for bedriften på grundlag af gødningsanalyser er i det følgende beregnet med en række forenklede antagelser. Hvis der som udgangspunkt ikke benyttes husdyrgødningsanalyser før udbringning af husdyrgødning, vil der være risiko for enten overgødsning eller undergødsning i forhold til kvælstofnormen. For at opnå en effekt på nitratudvaskningen ved omfordeling af husdyrgødning er det en forudsætning, at marginaludvaskningen stiger ved stigende kvælstoftilførsel i forhold til normen. NLES5 modellen er optimeret til at beregne marginaludvaskningen korrekt ved N normen, mens NLES5 estimerer mindre variation i marginaludvaskningen end vist i N responsforsøg som angivet i Børgesen et al. (2020). Det er endvidere angivet i Børgesen et al. (2020), at NLES5 overestimerer marginaludvaskningen ved lavt kvælstofniveau og underestimerer marginaludvaskningen ved højt kvælstofniveau, i forhold til de forsøgsresultater, der ligger bag modellen. I nærværende notats sammenhæng er det derfor valgt, at beregne en ny marginaludvaskningskurve baseret på de samme 54 forsøg, som ligger bag NLES5-modellen (data vist i figur 7.1 i Børgesen et al., 2020). I Figur 1 er vist en funktion, der beskriver den gennemsnitlige marginaludvaskning i forsøgene relativt i forhold til kvælstofnormen for en afgrøde. I forsøgene indgik en række forskellige afgrøder, heraf 41 forsøg med korn og vinterafgrøder.



Figur 1. Marginaludvaskning i relation til kvælstoftilførsel estimeret på grundlag af de 54 kvælstofresponsforsøg anvendt ved kalibrering af NLES5-modellen (Børgesen et al., 2020).

I beregningen er antaget en variationskoefficient på 26 % for total-N i gylle, svarende til den gennemsnitlige variation mellem gylletanke med svinegylle fundet i gylleanalyser fra pilotprojekt om præcisionsjordbrug. Denne variation er i overensstemmelse med opgørelse af variation i kvælstofindhold i både svine- og kvæggylle, der har været anvendt i Landsforsøgene gennem en årrække (upublicerede data). Variationskoefficienten for ammonium-N var i undersøgelsen i pilotprojektet 24 %. Det er antaget, at der efter gylleanalyse vil ske en omfordeling af gødning svarende til 1 x standardafvigelsen, idet dette med tilnærmelse vil svare til den gennemsnitlige afvigelse fra normindholdet for gødningsprøver, der har et indhold henholdsvis over eller under norm. I regneeksemplet antages endvidere at 50 % af gyllen er under norm og omfordeles til norm, samt at 50 % af gyllen er over norm og omfordeles til norm. Det antages, at der anvendes 170 kg total-N/ha i gylle, svarende til den maksimale tilførsel af kvælstof i husdyrgødning på de fleste bedrifter. Det betyder, at der gennemsnitligt omfordeles 26 % af 170 kg N/ha, dvs. 44 kg total-N/ha. Det antages, at omfordelingen sker med udgangspunkt i den udnyttelige del af husdyrgødningen (udnyttelseskravet, gns. af kvæg- og svinegylle ~77,5 %), der således svarer til 34 kg N/ha. Med en gennemsnitlig N-norm på 167 kg N/ha (alle afgrødetyper) (Blicher-Mathiesen et al., 2020) svarer denne omfordeling til ca. 21 % af N-normen. Af Figur 1 fremgår det, at reduceret marginaludvaskning ved gødsning 21 % under norm udgør 3,1 %-point (marginaludvaskning før omfordeling = 14,2 kg N/ha), og øget marginaludvaskning ved gødsning 21 % over norm udgør 3,8 %-point (marginaludvaskning før omfordeling = 21,1 kg N/ha).

Ved analyse af husdyrgødning og omfordeling i forhold til analyse vil der i regneeksemplet (Tabel 2) på halvdelen af bedriftens areal ske en reduktion i tilført virksomt N på 34 kg N/ha, mens der på den anden halvdel vil være en tilsvarende øget tilførsel. På areal med reduceret N falder udvaskningen med 7,2 kg N/ha. På areal der modtager gødningen stiger marginaludvaskning med 4,9 kg N/ha. Den samlede nettoeffekt er således en reduktion på 2,4 kg N/ha for et 1:1 arealforhold mht. husdyrgødning over/under normindhold. Effekten af omfordeling af husdyrgødning på baggrund af gylleanalyser vurderes derfor til 1,2 kg N/ha i gennemsnit. Det er antaget, at den samlede kvælstoftilførsel på bedriften ikke ændres, men at gødningsanalysen kun medfører en omfordeling inden for bedriften.

Tabel 2. Antagelser anvendt til beregning af effekt på nitratudvaskningen af omfordeling af gødning på basis af husdyrgødningsanalyser. Beregninger er vist i parenteser.

		Antagelser og effekt ved omfordeling af gødning
a	Variations koefficient total N i gylle (%)	26
b	Total N-tilførsel i gylle (kg N/ha)	170
c	Udnyttelseskrav, gns. for kvæg- og svinegylle (%)	77,5
d	Omfordeling (N/ha) gns., $(a \cdot b/100 \cdot c/100)$, 1:1 arealfordeling	34,3
f	Effekt, reduceret kvælstofudvaskning (kg N/ha)	1,2

På baggrund af ovenstående vurderes effekt af husdyrgødningsanalyser på kvælstofudvaskningen til at være 1,2 kg N/ha. Det skal understreges, at der er en betydelig usikkerhed på beregningerne, dels at marginaludvaskningen er et gennemsnit over flere år og flere afgrøder, samt at beregningerne er foretaget som et enkeltstående regneeksempel mht. omfordeling, udnyttelsesgrad og total N i tilført husdyrgødning.

Det betyder, at den samlede effekt af, a) fastsættelse af kvælstofbehovet på markniveau, b) gødningsanalyser og c) positionsbestemt graderet gødningstildeling, på husdyrbrug der udbringer over 80 kg N/ha i form af organisk gødning, antages at være 3,2 kg N/ha (1,2 kg N/ha + 2 kg N/ha).

Spørgsmål 2. Parametre af betydning for, hvorvidt den estimerede effekt under spørgsmål 1 kan opnås, herunder f.eks. betragtninger om dødvægt eller den samtidige anvendelse af andre alternativer (f.eks. reduceret kvælstofkvote). Af hensyn til at mindske risikoen for at den samme effekt på kvælstofudvaskningen tælles med to gange i opfyldelsen af den samme regulering, ønskes der en vurdering af, i hvilket omfang disse parametre påvirker effekten af præcisionsjordbrug.

Samtidig anvendelse af præcisionsjordbrug og andre virkemidler

Præcisionsgødsning som defineret i N-virkemiddelkataloget forventes ikke at ændre kvælstofforbruget men sigter på at graduere tildelingen af gødning, så kvælstofudnyttelsen på markniveau optimeres (Nørremark et al., 2020). Den miljømæssige gevinst i form af reduceret udvaskning opnås især, hvis gradueringen hindrer dels overgødsning ved overlap dels overgødsning af arealer, hvor kvælstofoptaget er begrænset af forskellige årsager, idet marginaludvaskningen må forventes høj på sådanne arealer (Nørremark et al., 2020).

Ved samtidig anvendelse af behovs- og positionsbestemt plantedyrkning og alternativet reduceret kvælstofkvote (Landbrugsstyrelsen, 2020) kan den del af effekten, der er forårsaget af bedre kvælstofudnyttelse i princippet blive mindre. Det skyldes, at der f.eks. er tale om mindre mængder kvælstof ved f.eks. overlap og i områder med lavere udbyttepotentiale end resterende mark. Det antages dog, at reduktionen i kvælstoftilførslen generelt vil være relativ beskedent, og der kan ikke gives et estimat for, hvorvidt en lavere kvælstoftilførsel betyder en lavere effekt end angivet i Nørremark et al. (2020).

Da effekten af præcisionsgødsning er fastsat uden en forventning om ændret kvælstofforbrug, vurderes en reduceret kvælstofkvote i et sådant dyrkningssystem at kunne anvendes som alternativ til efterafgrøder (Landbrugsstyrelsen, 2020), uden at der er tale om, at effekten tælles med to gange.

Ud over reduceret kvælstofkvote kan mellemafgrøder og tidlig såning af vintersæd anvendes som alternativer til efterafgrøder (Landbrugsstyrelsen, 2020). Disse alternativer vil kunne anvendes samtidig med præcisionsjordbrug dvs. overlappes på markniveau. Derudover vil der være mulighed for samtidig anvendelse af efterafgrøder og præcisionsjordbrug, hvis anvendelsen af præcisionsjordbrug ikke kan erstatte det fulde krav til efterafgrøder enten lovgivningsmæssigt eller i praksis. Effekten af præcisionsjordbrug i form af en øget kvælstofudnyttelse i hovedafgrøden forventes opretholdt ved samtidig anvendelse af de nævnte alternativer. Overlap mellem præcisionsjordbrug og alternativerne vil potentielt kunne mindske mængden af kvælstof, som er tilgængelig for en mellem- og efterafgrøde samt tidligt sået vintersæd, men en sådan effekt er ikke estimeret og forventes at være beskedent.

Dødvægt

Hvis præcisionsjordbrug skal være et alternativ til efterafgrøder, kan det være aktuelt at effekt og dermed omregningsfaktor til efterafgrøder korrigeres for dødvægt. Det ville indebære, at effekten justeres i forhold til den del, der i forvejen anvender de metoder, der er skitseret for pilotprojektordningen for præcisionsjordbrug, herunder fastsættelse af kvælstofbehovet på hver mark, gødningsanalyser og positionsbestemt gradueret gødningstildeling.

Dødvægtens betydning for en effektfastsættelsen vil afhænge både af den nuværende og fremtidige anvendelse af virkemidlet. I en situation, hvor den fremtidige udbredelse svarer til den nuværende, vil der i princippet ikke opnås en øget effekt. Omvendt vil dødvægten få mindre betydning for effekt og omregningsfaktorer, jo mindre den udgør af den fremtidige udbredelse.

Ifølge de seneste opgørelser fra Danmarks Statistik for udbredelsen af præcisionsjordbrug udføres graduering af kvælstoftilførslen på op til 26 % af 2.652.029 ha dyrket areal (Lundø & Larsen, 2020). Udbredelsen er ret konstant med 689.528 ha i perioden 2018 til 2020 men forventes at stige i takt med, at rådgivningsværktøjer modnes og markedsføres. Der er i perioden sket en mindre stigning i anvendelse af

software og værktøjer til graduering af kvælstoftilførslen frem for direkte graduering ud fra sensorer på gødningsspredere. Alle deltagere i pilotprojektordningen har i videst muligt omfang praktiseret gradueret kvælstoftildeling og anvendt sektionsstyring på kunstgødningsspredere. Det er imidlertid ikke muligt ud fra opgørelser i pilotprojektordningen at opgøre en generel metode for, hvordan gradueringen er foretaget, dvs. hvilke forudsætninger der går forud for omfordelingen. Dødvægten for graduering af kvælstoftilførslen bør derfor vurderes for perioden før pilotprojektordningen (dvs. før 2018), hvor andel af areal med gradueret kvælstoftilførsel forventes at være meget begrænset. Det er dog ikke muligt at give et estimat for dødvægten ved gradueret kvælstoftilførsel, men den vurderes at være lav.

Mht. dødvægt for gylleanalyser blev der i forbindelse med pilotprojektordningen om præcisionslandbrug (SEGES, 2018) lavet en spørgeundersøgelse blandt 16 pilotdeltagere og 15 tilknyttede planteavlskonsulenter, der viste, at 73 % af de deltagende landmænd i høj grad tog gylleanalyser af hvert lager inden deltagelse i pilotprojektordningen. 73 % af de deltagende landmænd svarede endvidere, at de i nogen eller høj grad udbragte husdyrgødning efter disse analyser inden deltagelse i pilotprojektordningen. Spørgeundersøgelsen viste også at 67 % af de deltagende jordbrugere gennem projektforløbet udbragte husdyrgødning i høj eller nogen grad efter resultaterne fra analyserne. Der foreligger ikke oplysninger om, hvor ofte der blev udtaget gylleanalyser, og om det er gennemsnitlige værdier for gylleanalyser for flere lagre, der blev anvendt ved gødningsplanlægningen. Det er på den baggrund yderst usikkert, hvor mange landmænd der for nuværende udtager gylleanalyser og samtidig regulerer kvælstoftildelingen præcis ift. analyseresultaterne. Der er således et meget usikkert grundlag for at vurdere dødvægt mht. praktisk justering af kvælstoftildeling på baggrund af gylleanalyser. Det er dog sandsynligt at der eksisterer en mindre dødvægt, men det er ikke muligt at give et estimat for denne dødvægt.

Spørgsmål 3. Kan en omregningsfaktor mellem præcisionsjordbrug og efterafgrøder beregnes som den direkte relative forskel i den reducerede kvælstofudvaskning fra rodzonen, eller bør de parametre, der anføres under punkt 2 indgå i beregningen af en omregningsfaktor.

På baggrund af ovenstående vurderes, at en omregningsfaktor mellem præcisionsjordbrug og efterafgrøder kan beregnes uden hensyntagen til dødvægt når samtlige kriterier, der er skitseret i forhold til implementering af præcisionsjordbrug som virkemiddel, skal opfyldes. Det drejer sig om fastsættelse af kvælstofbehovet på markniveau, gødningsanalyser og positionsbestemt gradueret gødningstildeling. Metodernes effekter på kvælstofudvaskning er endvidere fastsat med en forventning om uændret kvælstofforbrug. Det vurderes derfor realistisk at beregne en omregningsfaktor mellem præcisionsjordbrug og efterafgrøder som den direkte relative forskel i den reducerede kvælstofudvaskning fra rodzonen. Det skal understreges, at der er en betydelig usikkerhed på beregningerne, og at det ville have meget stor betydning, hvorvidt en dødvægt skulle indregnes, herunder forventninger til anvendelse/udbredelse af tiltagene fremadrettet.

Det vurderes, at en stor del af den eksisterende dødvægt er betinget og relateret til opstarten af pilotprojektet for præcisionsjordbrug i 2018. Dødvægt er derfor baseret på vurderinger af udbredelsen af teknologier og principper for præcisionsgødsning før 2018. Dette kan begrunde at se bort fra dødvægten ved en efterfølgende implementering af teknologier og principper, der blev testet og dokumenteret i pilotprojektet.

Spørgsmål 4. Vil en omregningsfaktor på 10:1 mellem præcisionsjordbrug og efterafgrøder, som anvendt i pilotprojektet, fortsat vil være anvendelig, dersom præcisionsjordbrug udbredes som generelt virkemiddel, hvis der tages udgangspunkt i konklusionerne fra punkt 1-3? Såfremt en omregningsfaktor på 10:1 ikke vurderes at være anvendelig, bedes AU fastlægge, på hvilket niveau omregningsfaktoren i stedet bør placeres.

I pilotprojektet var omregningsfaktoren som nævnt i bestillingen differentieret i forhold til, om der blev udbragt under eller over 80 kg N/ha i husdyrgødning. En tilførsel af husdyrgødning under eller over 80 kg N/ha i husdyrgødning er ligeledes et af de kriterier, effekten af efterafgrøder er fastsat i forhold til (Tabel 1). Til fastsættelse af omregningsfaktorer er der taget udgangspunkt i de værdier for udvaskningsreducerende effekter, som er angivet under spørgsmål 1. Det antages således, at den udvaskningsreducerende effekt af præcisionsjordbrug er på 2 kg N/ha på bedrifter med ingen eller under 80 kg N/ha i husdyrgødning. På bedrifter med over 80 kg N/ha i husdyrgødning antages effekten øget med 1,2 kg N/ha på grund af husdyrgødningsanalyserne, dvs. en samlet effekt på 3,2 kg N/ha.

I Tabel 3 er vist beregnede omregningsfaktorer til efterafgrøder med udgangspunkt i en udvaskningsreducerende effekt af præcisionsjordbrug på 2 og 3,2 kg N/ha på bedrifter med hhv. under og over 80 kg N/ i husdyrgødning. For effekt af efterafgrøder er der anvendt simple ikke-vægtede gennemsnit over jordtyper beregnet på baggrund af Tabel 1. Omregningsfaktorerne er beregnet med udgangspunkt i konklusionerne fra punkt 1-3, dvs. uden hensyntagen af overlap og dødvægt.

Af Tabel 3 fremgår, at omregningsfaktorerne med de anvendte forudsætninger og antagelser i afrundede værdier bliver 11:1 både under og over 80 kg N/ i husdyrgødning. Det betyder, at anvendelse af præcisionsjordbrug på 11 ha vil kunne erstatte 1 ha efterafgrøder.

Tabel 3. Omregningsfaktorer mellem præcisionsjordbrug og efterafgrøder på bedrifter med under og over 80 kg N/ha i organisk gødning (simple ikke vægtede gennemsnit).

	Under 80 kg N/ha i organisk gødning	Over 80 kg N/ha i organisk gødning
Effekt efterafgrøder (kg N/ha)	22	35
Effekt præcisionsjordbrug (kg N/ha)	2	3,2
Omregningsfaktor (afrundet)	11:1	11:1

Referencer

- Blicher-Mathiesen, G., Olesen, J.E., Jung-Madsen, S. 2020. Opdatering af Baseline 2021. Teknisk rapport fra DCE nr. 162, 135pp.
- Børgesen, C.D., Sørensen, P., Blicher-Mathiesen, Kristensen, K.M., Pullens, J.W.M., Zhao, J., Olesen, J.E. 2020. NLES5- An empirical model for predicting nitrate leaching from the root zone of agricultural land in Denmark. DCA report 163. Aarhus University.
- Eriksen, J., Thomsen, I. K., Hoffmann, C. C., Hasler, B., Jacobsen, B. H. 2020. Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet. Aarhus Universitet. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 452 s. – DCA rapport nr. 174 <https://dcapub.au.dk/djfpdf/DCArapport174.pdf>
- Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Kudsk, P., Jørgensen, L.N., Strandberg, B., Bruus, M., Rubæk, G.H., Hutchings, N.J., Pedersen, M.F. 2020a. Efterafgrøder. I: Eriksen, J., Thomsen, I. K., Hoffmann, C. C., Hasler, B., Jacobsen, B. H. 2020. Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet. Aarhus Universitet. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. DCA rap-port nr. 174, s. 33-58. <https://dcapub.au.dk/djfpdf/DCArapport174.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. Efterafgrøder. I: Eriksen, J., Jensen, P.N., Jacobsen, B.H. (2014). Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering, s. 21-35. https://pure.au.dk/portal/files/84646400/Virkemiddelkatalog_web.pdf
- Landbrugsstyrelsen, 2020. Vejledning om regler for pligtige og husdyrefterafgrøder og dyrkningsrelaterede tiltag. Planperioden 1. august 2020 til 31. juli 2021. Marts 2020. https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Efterafgroeder_og_jordbehandling/Vejledning_om_regler_for_pligtige_og_husdyrefterafgroeder_og_dyrkningsrelaterede_tiltag_planperioden_2020_2021.pdf
- Lundø, M., Larsen, K. 2020. Præcisionslandbrug 2020. Nyt fra Danmarks Statistisk, nr. 391, Oktober 2020. 4 sider (downloaded 14-12-2020: www.dst.dk/nyt/34733)
- Nørremark, M., Sørensen, P., Gislum, R., Rasmussen, J., Kudsk, P., Bruus, M., Strandberg, B., Rubæk, G.H., Hutchings, N.J., Pedersen, M.F. 2020. Præcisionsgødsning. I: Eriksen, J., Thomsen, I. K., Hoffmann, C. C., Hasler, B., Jacobsen, B. H. (redaktører), Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet. Aarhus Universitet. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. DCA rapport nr. 174, s. 199-220. <https://dcapub.au.dk/djfpdf/DCArapport174.pdf>
- Nørremark, M., Thomsen, I.K., Blicher-Mathiesen, G., Nyord, T., Gislum, R., Rasmussen, A., Sørensen, P., Hansen, E.M., Eriksen, J. 2017. Notat vedr. præcisionsjordbrug og målrettet regulering. Notat til Landbrugsstyrelsen 29. september 2017. https://pure.au.dk/portal/files/118066801/Vurdering_af_udvaskningsreduktion_af_kv_lstof.pdf
- Nørremark, M., Thomsen, I.K., Blicher-Mathiesen, G., Nyord, T., Gislum, R., Rasmussen, A., Sørensen, P., Hansen, E.M., Eriksen, J. 2018. Betragtninger vedrørende miljøeffektberegninger af pilotprojektordning om præcisionslandbrug. Notat til Landbrugsstyrelsen 20. september 2018. https://pure.au.dk/portal/files/133315484/Besvarelse_Tilgang_til_vurdering_af_milj_effekt_i_pilotprojektordningen.pdf
- SEGES 2018. Pilotprojektordningen om præcisionslandbrug. [https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Tvaergaaende/Praecisionslandbrug/SEGES - foerste aars erfaringer.pdf](https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Tvaergaaende/Praecisionslandbrug/SEGES_-_foerste_aars_erfaringer.pdf)