

Vurdering af miljøeffekten ved variabel tildeling af husdyrgødning under præcisionslandbrug

Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Michael Nørremark¹, Elly Møller Hansen² og Ingrid K. Thomsen²

¹Institut for Elektro- og Computerteknik, Aarhus Universitet

²Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Datablad

Titel:	Vurderingen af miljøeffekten ved variabel tildeling af husdyrgødning under præcisionslandbrug
Forfatter(e):	Seniorrådgiver Michael Nørremark, Institut for Elektro- og Computerteknologi, AU, Seniorforsker Elly Møller Hansen og Seniorforsker Ingrid K. Thomsen, Institut for Agroøkologi, AU
Fagfællebedømmelse:	Seniorforsker Peter Sørensen, Institut for Agroøkologi, AU
Kvalitetssikring, DCA:	Specialkonsulent Johanna Höglund, DCA Centerenheden, AU
Rekvirent:	Landbrugsstyrelsen, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM)
Dato for bestilling/levering:	10.11.2021 / 21.04.2022
Journalnummer:	2021-0310376
Finansiering:	Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM) og Aarhus Universitet under ID nr. 21-P4-03-02 "Ydelsesaftale Planteproduktion 2021-2024".
Ekstern kommentering:	Nej.
Eksterne bidrag:	Nej.
Citeres som:	Nørremark, M., Thomsen, I.K., Hansen, E.M. 2022. 12 sider. Vurderingen af miljøeffekten ved variabel tildeling af husdyrgødning under præcisionslandbrug. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 21.04.2022.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/

Baggrund

Landbrugsstyrelsen har i en bestilling sendt den 10. november 2021 til DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – ønsket en vurdering af, om tildeling af gradueret husdyrgødning har den samme præcision og samme miljøeffekt, som tildeling af gradueret handelsgødning. Der henvises i bestillingen til, at præcisionslandbrug kan benyttes som alternativ til efterafgrøder med en omregningsfaktor på 11:1 (jf. leveringen "Effekten af præcisionsjordbrug og omregning til efterafgrøder" af 17. december 2020; Nørremark et al., 2020a) under forudsætning af tre tiltag i form af 1) fastsættelse af kvælstofbehovet for hver mark, 2) anvendt udstyr med sektionskontrol, kilespredning og udført positionsbestemt variabel tildeling af kunstgødning med udstyr, som kan udlæse logfiler og 3) bestemt indholdet af kvælstof i husdyrgødning og anden organisk gødning, hvis dette anvendes.

LBST oplyser, at der med alternativets tiltag nr. 2 er opstået en problemstilling for de landmænd, der udelukkende benytter husdyrgødning og dermed ikke kan benytte præcisionslandbrug, da de ikke kan leve op til tiltag 2 om variabel tildeling af handelsgødning. LBST oplyser endvidere, at de er blevet oplyst om, at der findes udstyr, der kan tildele gradueret husdyrgødning, og som kan udlæse en logfil.

På den baggrund er AU blevet bedt om at vurdere, om graduering af husdyrgødning kan sidestilles med miljøeffekten ved graduering af handelsgødning, og om kravet til alternativet på den baggrund kan ændres til at omfatte positionsbestemt variabel tildeling med *enten* handelsgødning *eller* husdyrgødning.

AU er ligeledes bedt om at redegøre for eventuelle usikkerheder i miljøeffekten ved variabel tildeling af husdyrgødning, hvis der f.eks. kan forventes større usikkerheder i udstyrets egenskaber, samt om der er mulige usikkerheder i gødningens kvælstofindhold på trods af, at der er foretaget analyser af husdyrgødningen før udbringning. Slutteligt bedes AU, hvis muligt, give et estimat for, hvor udbredt udstyret til variabel tildeling af husdyrgødning er, samt omfanget af landbrugere, der benytter muligheden.

Besvarelse

Indledning

Præcisionsgødskning vurderes at kunne reducere nitratudvaskningen (Nørremark et al., 2020b), hvorfor præcisionslandbrug som anført i bestillingen kan anvendes som alternativ til efterafgrøder i korn og raps. Omregningsfaktoren mellem præcisionsgødskning og efterafgrøder er 11:1 (Landbrugsstyrelsen, 2021) og forudsætter, at der anvendes udstyr med sektionskontrol, kilespredning og positionsbestemt variabel

tildeling af kunstgødning, samt at følgende tre tiltag opfyldes (tiltag 3 skal dog kun opfyldes, hvis der udbringes husdyrgødning):

- Tiltag 1: Fastsættelse af kvælstofbehovet for hver mark
- Tiltag 2: Udførelse af positionsbestemt gradueret gødningstildeling
- Tiltag 3: Bestemmelse af indholdet af kvælstof i husdyrgødning og anden organisk gødning

De tre tiltag er samlet set antaget at have en effekt på 2 kg N/ha i reduceret kvælstofudvaskning fra rodzonen for landbrug med under 80 kg N/ha i organisk gødning og 3,2 kg N/ha reduktion for landbrug med over 80 kg N/ha i organisk gødning (Nørremark et al., 2020a). Effekten af tiltag 2 er antaget at have en generel effekt på 2 kg N/ha i reduceret N udvaskning og er for nuværende alene rettet mod brug af handelsgødning (Nørremark et al., 2020a; Nørremark et al., 2020b). For at afklare hvorvidt samme effekt kan opnås ved gradueret tildeling af husdyrgødning, er det i det følgende belyst, dels om tiltaget teknisk set kan gennemføres, dels om de bagvedliggende forudsætninger mht. kvælstofudvaskning er de samme for husdyrgødning som for handelsgødning. Efterfølgende er der givet et estimat for udbredelsen af udstyret til variabel tildeling af husdyrgødning samt omfanget af landbrugere, der benytter muligheden.

Udstyr og teknik til gradueret tilførsel af husdyrgødning

Flydende husdyrgødning

Der forefindes udstyr og teknik til gradueret tilførsel af husdyrgødning med samtidig mulighed for udlæsning af logfiler, der automatisk registrerer position og dosering og andre aktiviteter udført af den elektroniske styring. Overordnet set forventes dette udstyr ikke at medføre større usikkerheder ved udbringning af variabel dosering af flydende husdyrgødning end variabel dosering af handelsgødning. Der er dog forskellige faktorer, der skal tages i betragtning. For at opnå så korrekt dosering som muligt skal der, når der skiftes mellem lagre af flydende husdyrgødning, foretages korrekt kalibrering af flowmåleren på udstyret. Kalibrering af flowmåler bør ligeledes foretages, hvis husdyrgødningen i et lager visuelt ændrer karakter (f.eks. viskositet, tørstofindhold, etc.) under udbringning fra lageret, f.eks. ved dårlig omrørt lager. Der skal påregnes en vis forsinkelse i flow, når udstyret ændrer doseringen af flydende husdyrgødning i marken, dvs. forsinkelsen skal være kendt og enten indarbejdet i den elektroniske styring eller i tildelingskortet for variabel tildeling.

Hvis der benyttes udstyr uden flowmålere, er det vanskeligt at opnå en ønsket dosering i m^3/ha eller tons/ha, da pumpekapacitet varierer med konsistensen af den flydende husdyrgødning, vognens fyldningsgrad mv. Hvis der derimod benyttes flowmåler, som er korrekt kalibreret, og der køres med korrekt hastighed, er det i markforsøg fundet, at der i 11 ud af 13 målinger kunne opnås afvigelser på under 5 % i forhold til ønsket dosering (Høy, 2009). Dette er ifølge Høy (2009) væsentligt bedre, end hvad der kan opnås uden flowmålere.

Doseringsnøjagtighed for flydende husdyrgødning er desuden forbedret løbende siden de nævnte undersøgelser i 2009.

Fast husdyrgødning

Gradueret tilførsel af fast husdyrgødning er potentielt muligt, men det er en generel udfordring at styre spredbredden præcist. I de senere år er der sket teknologiske fremskridt, som følger samme tankegang som ved centrifugalspredere til handelsgødning, men teknikken er fortsat udfordret af, at fast husdyrgødning er langt mindre homogent end handelsgødning og flydende husdyrgødning. For at dosere korrekt og med variabel tildeling ud fra analyseresultater af fast husdyrgødning forudsættes vejeceller eller kalibrering af det volumetriske system på spredere.

Præcis tildeling af husdyrgødning med auto- og sektionsstyring

I gældende regler er der ved spredning af handelsgødning krav om sektionsafblænding på gødningsspredere med henblik på at undgå overlap i forager og i kiler. Kravet indgår som en del af delkrav 2 (Landbrugsstyrelsen, 2021). For både nedfældning og slangeudlægning af flydende husdyrgødning, sker der en dobbeltdosering på de områder, hvor der sker overlap (~100% overdosering). Dette forhold er anderledes for centrifugalspredere til handelsgødning, hvor spredeteknikken forudsætter overlap for at dosere ensartet på tværs af kørselsretningen og ved start/slut i forager, hvor der samlet set vurderes, at der kun overdoseres med op til 50% i overlap (Nørremark et al., 2020b).

Sektionsafblænding på udstyr til udbringning af flydende såvel som fast husdyrgødning er teknisk set forskellige, alt afhængig af om sektionsstyringen sker manuelt eller positionsbestemt og automatisk. De markedsførende producenter af udstyr til udbringning af husdyrgødning er inden for de seneste par år begyndt at tilbyde positionsbestemt og automatisk sektionsstyring/sektionsafblænding. Referencesituationen er den manuelle sektionsstyring, da denne teknologi har været markedsført og anvendt i praksis i flere år på udbringningsudstyr til husdyrgødning, specielt i forbindelse med udbringning med slæbeslanger, nedfældning i sort jord og græs. En undersøgelse af overlap ved manuel sektionsstyring af en 24 meter slangebom har vist, at man med korrekt brug af manuel sektionsstyring kan reducere overlap af flydende husdyrgødning med op til 75% (Pedersen, 2008). Pedersen (2008) fremhæver dog, at optimal udnyttelse af manuel sektionsafblænding kræver, at traktorføreren er i stand til at aktivere gyllepumpe og fordeler på det helt rigtige tidspunkt, da det ellers er tvivlsomt, om der opnås nævneværdig effekt i forhold til, at der ikke blev anvendt sektionsafblændinger.

Positionsbestemt og automatisk styring af overlap med flydende husdyrgødning er en forholdsvis ny teknologi og endnu ikke undersøgt i praksis. Det forventes, at teknologien kan reducere overlappet yderligere med 15-20%, da den flowmæssigt reducerer afstanden mellem fordeler eller ventil og udløb fra slange eller rør til jorden/afgrøden, hvorved forsinkelser i flow minimeres og en mere præcis placering af

flydende husdyrgødning opnås. Der vil derfor sandsynligvis restere et overlap på 5-10% hvor der dobbeltdoseres.

Præcisionen for positionsbestemt og automatisk sektionsstyring og afblænding reducerer risikoen for dobbelt overlap af flydende husdyrgødning markant ved slangeudlægning, samt ved nedfældning i sort jord og græs, hvorved kvælstoftab i form af nitratudvaskning og ammoniakfordampning forventes reduceret i forhold til potentielt kvælstoftab ved en referencesituation uden automatik og dermed risiko for lavere præcision. Med kvælstoftab i form af ammoniakfordampning og referencesituationen taget i betragtning, giver det ikke anledning til at ændre den reducerende effekt på kvælstofudvaskning fra rodzonen, som i Nørremark et al. (2020a) er estimeret til 1-2 kg N/ha for sektionsstyring af gødningstildeling.

Det vurderes at den praktiserende manuelle sektionsstyring ved udbringning af husdyrgødning har reduceret arealet af overlap i kiler og forager. Det vurderes derfor, at referencesituationen for præcisionsgødskning med husdyrgødning er forskellig fra referencesituationen for præcisionsgødskning med handelsgødning, hvor udbringning overordnet set foretages med centrifugalspredere uden nogen form for positionsbestemt sektionsstyring. Arealmæssigt vil der være større overlap ved udbringning af handelsgødning end ved udbringning af husdyrgødning i referencesituationerne. Potentialet for udvaskningsreduktion vil dog være afhængig af lokale forhold (Nørremark et al., 2020b) og kvælstoftab som følge af ammoniakfordampning.

Betydning af homogenitet og plantetilgængelighed af kvælstof for gradueret tilførsel af husdyrgødning

Ved gradueret tilførsel af handelsgødning vil der være tale om spredning af et ensartet produkt med fuld plantetilgængelighed, mens der ved gradueret tilførsel af husdyrgødning vil være betydelig større inhomogenitet i de anvendte gødninger samt varierende indhold af plantetilgængeligt kvælstof.

Kvælstofanalyser af prøver af husdyrgødning vil generelt være forbundet med en vis usikkerhed både mht. udtagning af prøven samt selve analysen. SEGES har i samarbejde med Teknologisk Institut gennemført kontrol af husdyrgødningsanalyser fra forskellige akkrediterede laboratorier. I 2020 fandt man i husdyrgødning afvigelser på op til 6% i total-N i forhold til referenceprøver, mens afvigelsen i 2018 var op til 10% og i 2019 op til 3% (Jensen, 2020). Af samme opgørelse fremgår det at den gennemsnitlige afvigelse i $\text{NH}_4\text{-N}$ i forhold til referenceprøver varierede fra 1-6 %, hvilket ikke var forskelligt fra undersøgelser i 2019 og 2018 (Jensen, 2020). Dette skal sammenholdes med afvigelser for N i handelsgødninger, hvor der arbejdes med toleranceværdier på 0,3 til 0,8% afhængig af gødningstype (NaturErhvervstyrelsen, 2013; EU, 2022).

Idet gradueret tilførsel af gødning generelt stiler mod at justere gødningstilførslen inden for det enkelte år, f.eks. i forhold til variation i den eksisterende afgrødebiomasse, vil en effektiv graduering indebære, at kvælstoffet er umiddelbart tilgængeligt. En effektiv graduering vil således skulle baseres på indhold af

plantetilgængeligt ammoniumkvælstof, dvs. $\text{NH}_4\text{-N}$. Der vil dog samtidigt være tale om en gradueret tilførsel af det organisk bundne kvælstof i husdyrgødningen, hvorfra der løbende vil ske en mineralisering. Mineraliseringen er dog meget lav i første vækstsæson efter tilførsel (Sørensen, 2003).

Det plantetilgængelige $\text{NH}_4\text{-N}$ befinder sig i væskedelen og er derfor mere jævnt fordelt end total-N (Sørensen, 2003; Hansen, 2019). Måleusikkerheden for bestemmelse af $\text{NH}_4\text{-N}$ og total-N i prøver er i størrelsesordenen 1-6% afvigelse ift. reference (Jensen, 2020). Dosering efter indhold af $\text{NH}_4\text{-N}$ stiller ikke umiddelbart krav til omrøring før udtagning, men det er afgørende, at prøven udtaget til analyse er repræsentativ for den gødning, der tilføres gradueret. Det betyder, at prøver ikke bør udtages i den øverste halve meter af uomrørte gylletanke, da $\text{NH}_4\text{-N}$ her kan afvige fra indhold i resten af beholderen (Sørensen, 2003; Hansen, 2019).

Eventuelt kan der udtages prøver i ikke-omrørte tanke med spydprøveudstyr, som nogle akkrediterede laboratorier tilbyder, hvorved der opnås kendskab til næringsstofindholdet i de enkelte lag i beholderen, som derefter kan indgå i den graduerede tilførsel. Der er ligeledes mulighed for at udføre variabel dosering af flydende husdyrgødning ud fra målt $\text{NH}_4\text{-N}$ indhold, hvor en prøve udtages og måling foretages direkte i forbindelse med udbringning. Det er en metode, som skal kalibreres ofte og kan forårsage større usikkerheder ved forkert brug (Vestjysk, 2022).

Samlet set vurderes, at opnåelse af samme effekt ved gradueret tilførsel af husdyrgødning som med handelsgødning forudsætter stor omhu i prøvetagning og analysering af husdyrgødningen, samt at der tages hensyn til analyseresultaterne, dvs. indholdet af $\text{NH}_4\text{-N}$, ved den graduerede tilførsel. Uden detaljeret kendskab til indholdet af $\text{NH}_4\text{-N}$ ved gradueret udbringning af husdyrgødning, kan der uanset udstyr ikke forventes samme effekt som med handelsgødning. Det betyder samtidigt, at den større inhomogenitet af fast husdyrgødning (Petersen, 1998) samt lavere indhold af plantetilgængeligt kvælstof (Børsting et al., 2021) medfører, at denne gødningstype ikke kan forventes at opnå samme effekt ved gradueret gødskning. Det vurderes således ikke at være relevant udelukkende at graduere kvælstof i fast husdyrgødning på et areal.

Der er i det ovenstående ikke taget hensyn til, at ammoniaktabet er større fra husdyrgødning end fra handelsgødning (EEA, 2019; Sommer & Christensen 1990). Tilførsel af kvælstof med organiske gødninger og ammoniaktab er korreleret med risiko for nitratudvaskning (Hutchings et al., 2001), således at øget tab af ammoniak vil reducere kvælstofudvaskningen (Børgesen et al., 2020).

Miljømæssige konsekvenser ved anvendelse af gradueret tilførsel af husdyrgødning ift. handelsgødning

For at kunne sidestille gradueret tilførsel af husdyrgødning med gradueret tilførsel af handelsgødning bør det vurderes, om effekten af graduering af husdyrgødning i forhold til ikke-gradueret tilførsel er af samme størrelsesorden som for handelsgødning med og uden graduering. Heri indgår en vurdering af

marginaludvaskningen for hhv. handels og husdyrgødning, da marginaludvaskningen har betydning for effektfastsættelsen (Nørremark et al., 2020a).

Ifølge Sørensen & Børgesen (2015) viser en række udvaskningsforsøg, at det med god tilnærmelse kan antages, at udvaskningen i første år efter tilførslen er ens for uorganisk og organisk bundet kvælstof, idet udvaskningen i sammenlignende forsøg typisk var proportional med tilført total-N. Det skyldes, at størstedelen af det uorganiske kvælstof både er mere tilgængeligt for udvaskning og mere tilgængeligt for planterne. Størstedelen af det uorganiske kvælstof antages optaget af planterne i første vækstsæson og føres dermed bort med afgrøden. Af det organiske kvælstof vil hovedparten i en periode forblive organisk bundet, hvorved det hverken optages af planterne eller udvaskes. En del af det organiske kvælstof mineraliseres, og en betydelig del af mineraliseringen sker i løbet af efterår og vinter, hvor kvælstoffet ikke fuldt ud kan udnyttes af en afgrøde, hvorved en større andel af det mineraliserede kvælstof kan udvaskes. Der er altså tale om modsatrettede effekter, der samlet set betyder, at udvaskningen er omtrent ens efter første år, uanset om kvælstoffet er tilført som uorganisk eller organisk bundet kvælstof (Sørensen & Børgesen, 2015).

Idet der ikke er umiddelbare forskelle i marginaludvaskningen fra uorganisk og organisk gødning inden for det første år efter tilførsel, antages det, at miljøeffekten er uafhængig af, om tildeling sker som gradueret husdyrgødning eller som gradueret handelsgødning. Antagelsen er baseret på, at der ved gradueringen ikke tilføres kvælstof ud over den givne norm, dvs. det økonomisk optimale kvælstofniveau. Pga. manglende data eller litteraturgrundlag indgår forhold omkring forarbejdede husdyrgødningsprodukter (fiberfraktion fra gylleseparering, væskefraktion fra gylleseparering, etc.) og flerårig udvaskning efter tilførsel ikke i vurderingen.

Ifølge gældende regler kan graduering i korn eller raps ske på baggrund af variationer i biomasse og/eller i jordtyper inden for marken eller ud fra praktisk erfaring, og gradueringen kan ske alene ved f.eks. sidste gødningsudbringning (Landbrugsstyrelsen, 2021). Miljøeffekter er tidligere generelt vurderet ud fra førsteårs-effekten af handelsgødning (Nørremark et al., 2020a), men ved gradueret tilførsel af husdyrgødning, vil der ske en gradueret tilførsel også af organisk kvælstof. Den langsigtede udvaskning fra mineraliseret organisk kvælstof, der er tilbage i jorden efter første år, antages at udvaskes med en udvaskningsfaktor, der er dobbelt så høj som udvaskningsfaktoren for tilført uorganisk kvælstof (Sørensen & Børgesen, 2015). Udvasningen af mineraliseret organisk kvælstof forventes dog ikke øget ved graduering i forhold til en jævn fordeling. Tværtimod kan der potentielt blive taget højde for en differentieret mineralisering på markniveau, hvis de efterfølgende gradueringer sker på baggrund af variationer i f.eks. afgrødebiomasse. Ligeledes vil en gradueret tilførsel afhængig af jordtypeforskelle inden for en mark kunne betyde, at de områder, der vurderes at have behov for ekstra kvælstof i året med graduering, på grund af mineralisering af oprindeligt organisk bundet kvælstof vil have øget kvælstoftilgængelighed i de

efterfølgende vækstsæsoner. Alt i alt vurderes, at den miljømæssige langtidseffekt af, at organisk kvælstof tilført gradueret, vil være ubetydelig.

Udbredelse af positionsbestemt udbringning af husdyrgødning

Teknologier for graduering af husdyrgødning er modnet og markedsført de seneste par år. Dette ses af respektive produktdatablade for nationale såvel som internationale producenter af udstyr til håndtering og udbringning af husdyrgødning. Der er mulighed for ISOBUS-forbindelse (ISO-BUS, Lyngvig et al., 2020) således, at den elektroniske styring for dosering af husdyrgødning for gradueret og sektionstyret tildeling foregår via terminaler og software som markedsføres af forskellige udbydere og kan være integreret i traktorer. En gennemgang af producenter af udstyr til udbringning af husdyrgødning viser, at disse tilbyder integration med systemer til både positionsbestemt, sektionstyring og graduering baseret på tildelingskort og globalt navigationssatellitesystem (GNSS) (GNSS, Flytkjær, 2019). De nævnte teknologiske muligheder er til fordel for en hurtigere udbredelse af positionsbestemt udbringning af husdyrgødning.

Der foreligger ikke nogen egentlige undersøgelser eller statistik for udbredelsen af positionsbestemt sektionstyring og graduering af husdyrgødning. På baggrund af AU's viden på området vurderes det, at positionsbestemt udbringning af husdyrgødning for nuværende ikke er særligt udbredt, hvilket ikke mindst skyldes, at den nødvendige teknologi monteret på udstyr til håndtering og udbringning af husdyrgødning er forholdsvis ny. Det vurderes også, at der stilles anderledes krav til tildelingskort for husdyrgødning end for handelsgødning som følge af, at det for husdyrgødning er nødvendigt at tage hensyn til forsinkelser i flow og variation i dosering på langs af arbejdsbredden for at opnå korrekt og gradueret dosering på mindre arealer.

Sammenfatning

Det vurderes, at gradueret tildeling af flydende husdyrgødning teknisk set kan gennemføres med samme præcision som gradueret tilførsel af handelsgødning. Det forudsætter dog dels kalibrering af dosering med hensyn til at opnå korrekt tons husdyrgødning per ha dels kendskab til koncentrationen af $\text{NH}_4\text{-N}$ i den gødning, der anvendes.

For gradueret tilførsel af flydende husdyrgødning vurderes, at en miljømæssig effekt svarende til handelsgødning forudsætter omhyggelig prøveudtagning og analyse af den anvendte husdyrgødning. Desuden bør gødningen registreres fra det enkelte lager eller læs til den mark, hvor der gennemføres gradueret tilførsel.

Det anses for tvivlsomt, at der med den større inhomogenitet samt større indhold af organisk bundet kvælstof i fast husdyrgødning kan opnås samme effekt af præcisionsgødning som med handelsgødning.

Modsat handelsgødning vil der ved gradueret tilførsel af husdyrgødning også ske en gradueret tilførsel af organisk kvælstof, som vil mineralisere i de efterfølgende år. Det vurderes, at denne graduering af organisk kvælstof ikke påvirker effekten af det enkelte års graduering. Dette baseres bl.a. på, at efterfølgende graduering i et vist omfang vil tage hensyn til den ekstra mineralisering, f.eks. ved tilførsler på baggrund af biomasse.

Produktmodning, markedsføring og salg af udstyr til positionsbestemt sektionsstyring og variabel tildeling af flydende og fast husdyrgødning er stigende. Den praktiske anvendelse er for nuværende vurderet til ikke at være særlig udbredt, hvilket sandsynligvis skyldes, at de tekniske muligheder er markedsført inden for de seneste par år.

Referencer

- 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.
<https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport163.pdf>
- Børsting, C.F. et al. 2021. Normtal for husdyrgødning, DCA Rapport nr. 191, 306 sider.
<https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport191.pdf>
- Lyngvig, H.S., Monrad, U., Holm, G.P. (2020) Styring med ISO-BUS. I: Traktoren - en grundbog. Redaktører: Kristian Dalum og Michael Nørremark. SEGES forlag. ISBN 978-87-93050-88-4, 43-45.
- ISO-BUS. International Standardization Organization. Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communications data network - Part 9: Tractor ECU. International Standard ISO 11783-9:2002
- EEA 2019. European Environment Agency, 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019#additional-files>
- EU 2022. Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) nr. 2003/2003 af 13. oktober 2003 om gødninger. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R2003&from=DA>
- Flytkjær, R. 2019. Afdækning af værdien af positioneringstjenester i Danmark. Rapport for Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering. London Economics. 28 sider. <https://sdfe.dk/media/6755/le-sdfe-afdaekning-af-vaerdien-af-positioneringstjenester-final-s2c050319.pdf>
- Hansen, M.N. 2019. Indhold af næringsstoffer i gylle. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/b/e/4/pl_19_4581_indhold_af_naeringsstoffer_i_gylle1.pdf

- Høy, J.J. 2009. Pålidelighed af gylleflowmålere. FarmTest. Maskiner og planteavl nr. 107, 2009. Dansk Landbrugsrådgivning, Skejby, Århus. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/3/d/a/ft_mas_107_gylleflow.pdf
- Hutchings, N.J., Sommer, S.G., Andersen, J.M., Asman, W.A.H. 2001. A detailed ammonia emission inventory for Denmark. Atmospheric Environment 35, 1959–1968.
- Jensen, R.E. 2020. Resultater af kontrol med analysekvalitet af jordbunds-, gylle- og planteanalyser 2019/2020. Landbrug og Fødevarer F.m.b.a SEGES. 30 sider
- Landbrugsstyrelsen, 2021. Vejledning om pligtige og husdyrefterafgrøder og dyrkningsrelaterede tiltag. Planperioden 1. august 2021 til 31. juli 2022. https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Efterafgroeder_og_jordbearbejdning/Vejledning_efterafgroeder_og_dyrkningsrelaterede_tiltag_2version_juni_2021.pdf
- NaturErhvervstyrelsen 2013. Kontrol af gødning Analyseresultater 2012. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri i 2013. ISBN 978-87-7120-465-0. https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Handelsgoedning/Kontrolresultater_goedningskontrol_2013.pdf
- Nørremark, M., Gislum, R., Sørensen, P., Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Eriksen, J. 2020a. Effekten af præcisionsjordbrug og omregning til efterafgrøder, Nr. 2020-0191867, 9 s., dec. 17, 2020. https://pure.au.dk/portal/files/205575453/Effekten_af_pr%c3%aecisionsjordbrug_og_omregning_til_efterafgr%20der_1712_2020.pdf
- Nørremark, M., Sørensen, P., Gislum, R., Rasmussen, J., Kudsk, P., Bruus, M., Strandberg, B., Rubæk, G.H., Hutchings, N.J., Pedersen, M.F. 2020b. Præcisionsgødskning. 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>
- Pedersen, J. 2008. Sektionsvis afblænding af bom på gyllevogn. FarmTest. Maskiner og planteavl nr. 89, 2008. Dansk Landbrugsrådgivning, Skejby, Århus. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/f/6/e/ft_mas_089_rapport_ld.pdf
- Petersen, J. 1998. Prøvetagning og analyse af husdyrgødning. DJF rapport nr. 6. 60 sider
- Sommer, S., Christensen, B.T. 1990. NH₃-fordampning fra handels- og husdyrgødning. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, A7, 1990. 52 sider
- Sørensen, C.A.G., Jacobsen, B.H., Sommer, S.G., Guul-Simonsen, F. 2003. Håndtering af gylle ved brug af rørtransport - en teknisk-økonomisk analyse. DJF rapport Markbrug nr. 90.

Sørensen, P. 2003. Kvælstofvirkning af gylle – effekt af lagringstid og naturlig separering i gylletank. Grøn Viden 270

Sørensen, P., Børgesen, C.D. 2015. Kvælstofudvaskning og gødningsvirkning ved anvendelse af afgasset biomasse. DCA Rapport 65. <https://pure.au.dk/ws/files/93094219/DCArapport065.pdf>

Vestjysk, 2022. Gylleprøver. Analyse af gyllen, giver dig et forspring i marken. <https://vestjysk.dk/om-os/gylleprover/>