

Kvælstofudvaskning modelleret og bestemt ved sugeceller i SEGES' forsøg

Sammendrag

Der ses en stærk korrelation mellem udvaskninger bestemt ved sugecelle-metoden i 19 landsforsøg udført i perioden 2015-2020 og modelberegnete udvaskninger med NLES5 for samme forsøg; R^2 -værdier over 0,4. I det aktuelle datasæt beregner NLES5-modellen konsekvent en højere udvaskning, end bestemt ved sugecellemetoden, ved de laveste niveauer af udvaskning, sugecelle-bestemt udvaskning < 25 kg N/ha. Årsagen til denne forskel kan ikke konkluderes her, men det peger på, at de relativt få observationer af de laveste udvaskninger her i undersøgelsen er relativt lave i forhold til observationer for sammenlignelige forhold i NLES5-grundlaget. Ved højere niveauer af udvaskning, 50-80 kg N/ha, fordeler de sugecellebestemte og NLES5-beregnete udvaskninger sig mere ligeligt omkring 1:1 sammenhængen, hvilket kan argumenteres at være mere relevant i en praktisk anvendelse af modellerne. Analysen er foretaget på de samlede resultater fra SEGES' sugecelleforsøg, 2015-2020, med stigende kvælstoftilførsel. Analysen viser, at usikkerheden ved beregning af udvaskningen for en given mark i et givet år med NLES5-modellen er stor. Derfor bør modellerne kun bruges for en gruppe af marker over flere år.

Introduktion

I forvaltningen af landbrugets areal- og kvælstofanvendelse er det ofte vigtigt at kunne bestemme kvælstofudvaskningen fra en gruppe marker eller et opland. Konkret kan der f.eks. være tale om, at man ønsker at kende kvælstofudvaskningen i oplandet til et grundvandsmagasin eller i et opland, der afvander til en fjord. Kvælstofudvaskningen kan måles, men dette er meget dyrt, hvis man skal dække et større opland eller blot en bedrift. Derfor vil man ofte beregne kvælstofudvaskningen med en model ud fra oplysninger om markens dyrkning og klimadata. Denne beregnede kvælstofudvaskning vil så indgå, som en del af det forvaltningsgrundlag, som landmanden møder i den generelle landbrugsregulering eller i reguleringen af hans konkrete bedrift. Eksempelvis møder landmanden konsekvenserne af udvaskningsberegninger i forbindelse med den målrettede regulering, idet retentionen i praksis er bestemt ud fra den kvælstofudledning, der er målt i danske vandløb og en modelberegnet kvælstofudvaskning i et givent opland. En landmand kan også helt konkret opleve, at en modelleret kvælstofudvaskning anvendes som forvaltningsgrundlag til at pålægge specifikke dyrkningsrestriktioner på dele af hans bedrift, som en del af en grundvandsindsatsplan. Derfor er det naturligvis meget vigtigt, at de modellerede udvaskninger er så korrekte som muligt.

Formålet med denne rapport er at undersøge, hvor godt forskellige udvaskningsmodellen NLES5 kan modellere kvælstofudvaskningen på forskellige marker. Dette undersøges ved at beregne kvælstofudvaskningen med modellen og dernæst undersøge, hvor god overensstemmelse der er mellem de modellerede kvælstofudvaskninger og kvælstofudvaskning beregnet ved brug af sugecellemetoden – det tætteste man kommer en 'målt' udvaskning.

Materialer og metoder

Udvaskning bestemt ved sugecelle-metoden

En egentlig måling af kvælstofudvaskningen fra rodzonen er naturligvis vanskelig, da selve processen foregår under jordoverfladen. Det er generelt accepteret, at metoden, som kommer nærmest en måling, er anvendelse af sugeceller – en nedgravet lukket keramisk kop som via slangeforbindelse til overfladen giver mulighed for at prøvetage det jordvand, som afdræner fra rodzonen. Ved at multiplicere jordvandskoncentrationen af nitrat-N og med en modelberegnet vandafstrømning gennem jorden fås kvælstofudvaskningen.

Jordvand udtages ved hjælp af sugeceller placeret i en meters dybde henover over afdræningsperioden og koncentrationen af nitrat-kvælstof bestemmes. I de forsøg, der er anvendt her, er der udtaget jordvandsprøver hver 14-20 dage i den periode, hvor der er vandafstrømning gennem jorden. Afdræningen fra rodzonen simuleres over året ved hjælp af vandbalancemodellen EVACROP, ud fra nedbør, temperatur, solindstråling og afgrøden på arealet.

EVACROP modellen beregner en daglig afstrømning, mens der kun udtages jordvandsprøver hver 14. til hver 20. dag. Derfor etableres et datasæt med daglige nitratkoncentrationer i jordvandet. Dette sker ved at interpolere den afstrømningsvægtede koncentration mellem hver målt jordvandskoncentration. Det vil sige, at ændringen i koncentration fra en dag til den næste stiger eller falder med samme procentandel af den samlede stigning mellem to jordvandprøver, som den procentandel af den samlede nedbør mellem de to dage, der faldt på den dag, for hvilken nitratkoncentrationen skal beregnes. Ud fra de daglige vandafstrømninger og daglige nitratkoncentrationer beregnes daglige kvælstofudvaskninger, og disse summeres til årlige værdier. Perioden, hvor kvælstofudvaskningen opgøres, er altid 1. april – 31. marts i det efterfølgende år.

I det efterfølgende refereres udvaskninger bestemt ved den beskrevne metode som 'sugecelle-bestemt udvaskning'.

Udvaskning beregnet ved NLES5-model

Ud fra følgende oplysninger beregnes udvaskningen ved modellen NLES5 (Børgesen et al. 2019):

Plantedække i udvasknings- og det foregående år

Tilstedeværelse af græs i året forud for forfrugten/det foregående år

Jordens indhold af ler og total-N i 0-25 cm dybde

Det aktuelle og to forudgående års tilførsel af kvælstofgødning (organisk og uorganisk)

Afstrømningen det aktuelle og det forudgående år

Datasæt

Datasættet anvendt her i analysen bygger på en række forsøg udført af SEGES under Landsforsøgene i perioden fra 2015-2020. Forsøgene er udført med stigende kvælstoftilførsel med 4 – 12 led på arealer anlagt med sugeceller. Registreringerne i forsøgene inkluderer: Udbytte, protein i udbytte, jordteksturanalyser og jordvandkoncentration af N-min. I Tabel 1 ses en oversigt over forsøgene og tilgængelige bestemmelser af kvælstofudvaskning pr. metode.

Tabel 1. Oversigt over data i analysen.

Lokalitet	JB	Afgrøde	Efterårsdække	År	Led				
13	4	Vinter-rug	Vinterrug	2017	4		Handels-gødning	Stigende N	
		Vinter-rug	Bar jord	2018	4		Handels-gødning	Stigende N	
		Vårbyg	Vinterraps	2019	4		Handels-gødning	Stigende N	
		Vinter-raps	Vinter-hvede	2020	4		Handels-gødning	Stigende N	

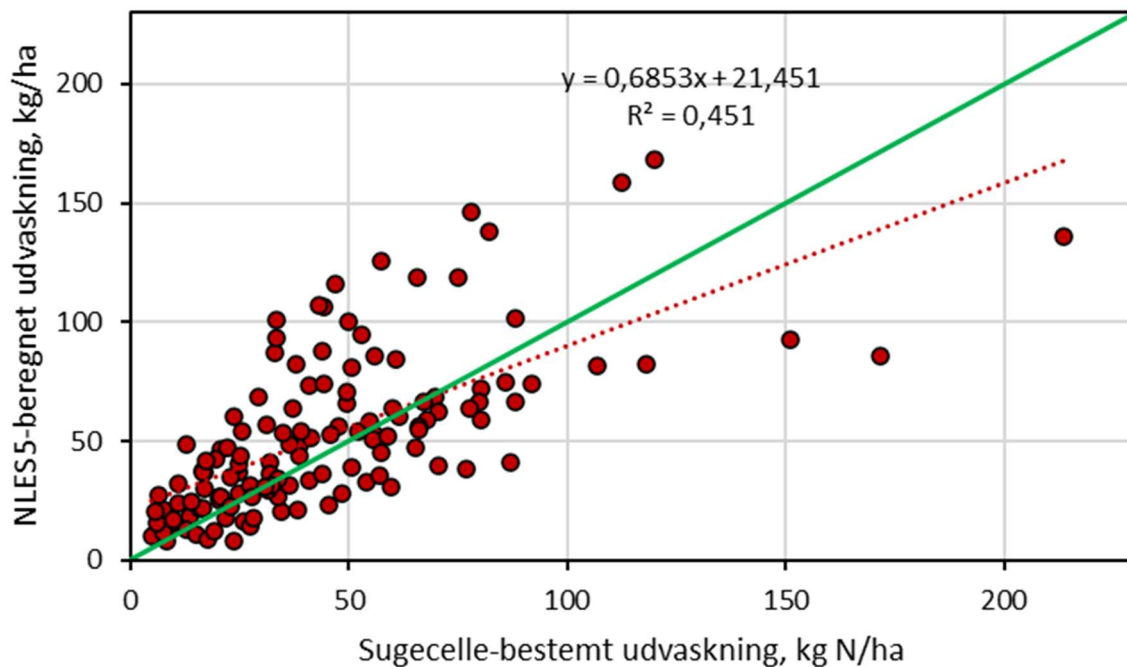
14	6	Vinterbyg	Vinterraps	2017	6		Handelsgødning	Stigende N	
		Vinterraps	Vinterhvede	2018	6		Handelsgødning	Stigende N	
		Vinterhvede	Vinterhvede	2019	6		Handelsgødning	Stigende N	
		Vinterhvede	Vinterrug	2020	6		Handelsgødning	Stigende N	
25	3	Majs	Bar jord	2016	8		Handelsgødning	Stigende N	
27	1	Vinterhvede	Triticale	2016	7		Handelsgødning	Stigende N	
		Triticale	Vinterrug	2017	7		Handelsgødning	Stigende N	
		Vinterrug	Vinterrug	2018	7		Handelsgødning	Stigende N	
		Vinterrug	Vinterrug	2019	7		Handelsgødning	Stigende N	
		Vinterrug	Vinterrug	2020	7				
28	7	Roer	Roer/bar jord	2016	7		Handelsgødning	Stigende N	
		Vårbyg	Vinterhvede	2017	7		Handelsgødning	Stigende N	
		Vinterhvede	Bar jord	2018	7		Handelsgødning	Stigende N	
		Roer	Bar jord	2019	7		Handelsgødning	Stigende N	
		Vårbyg	Bar jord	2020	7		Handelsgødning	Stigende N	
96	6	Vinterhvede	Bar jord	2017	7		Handelsgødning	Stigende N	
		Vinterhvede	Vinterhvede	2019	7		Handelsgødning	Stigende N	
		Vinterhvede	Vinterhvede	2020	7		Handelsgødning	Stigende N	
		Vinterhvede	Bar jord	2017	5		Husdyrgødning	Stigende N	
		Vinterhvede	Vinterhvede	2019	5		Husdyrgødning	Stigende N	
		Vinterhvede	Vinterhvede	2020	5		Husdyrgødning	Stigende N	
Ialt									

Resultater og diskussion

I visningen af data præsenteres udvaskningen beregnet som den samlede årlige udvaskning, kg N/ha x år.

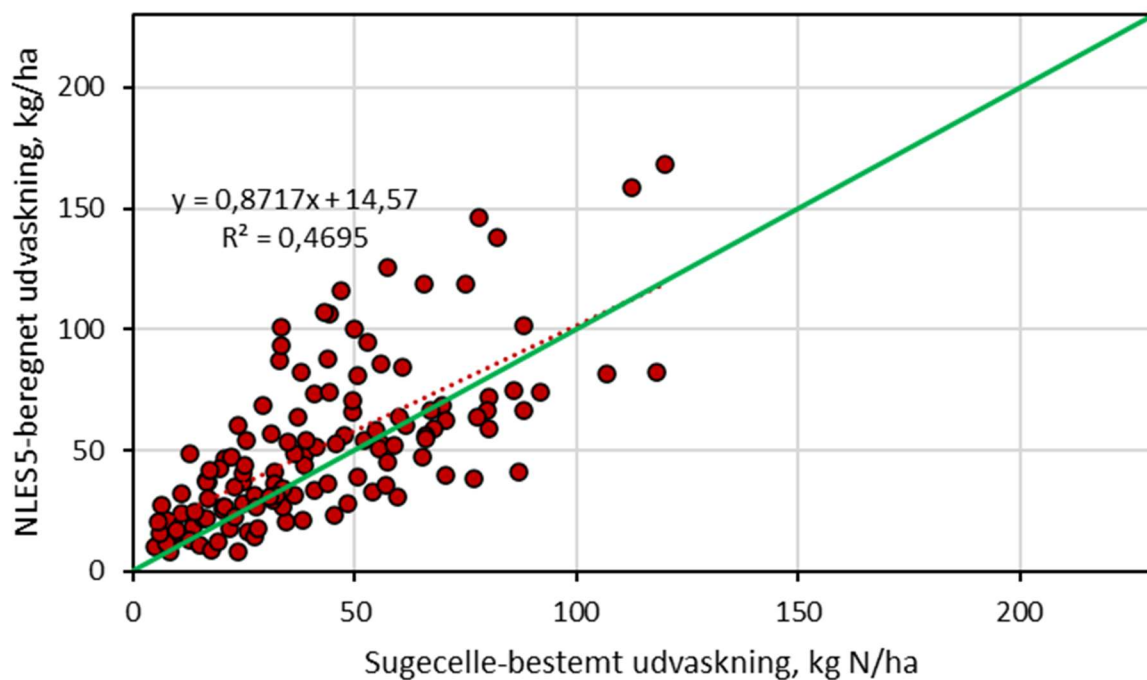
Udvaskning bestemt ved sugecellemetode vs. beregning ved NLES4 og NLES5

I Figur 2 kan man se, at de NLES5-beregneede udvaskninger generelt er højere end de sugecelle-bestemte udvaskninger ved et lavt udvaskningsniveau og omvendt ved et højt niveau – dvs. at NLES5-modellen tilskyndeladende, set over hele det aktuelle datasæt, ligeledes overvurderer udvaskningen ved lave udvaskninger og undervurderer den ved høje udvaskninger. Overordnet set må sammenhængen mellem de to metoder siges at være god.



Figur 1. Kvælstofudvaskning beregnet ved NLES5 plottet mod sugecelle-bestemt udvaskning for alle samhørende værdier i datasættet. Der er indtegnet en lineær regressionslinje for dataserien. Den grønne linje repræsenterer den teoretiske 1:1 sammenhæng mellem de to metoder til bestemmelse af udvaskningen. Standardafvigelsen på differencen mellem udvaskningerne bestemt ved de to metoder er 27 kg N/ha.

Det ses i figuren ovenfor, at der er to datapunkter med meget høje sugecelle-bestemte udvaskninger på 151, 172 og 214 kg N/ha. Det er i nogen grad forventeligt, at en model ikke vil ramme sådanne 'ekstreme' værdier. Udelades disse tre målepunkter stiger hældningen på den gennemsnitlige regressionslinje, der nærmer sig den teoretiske 1:1 sammenhæng. Se Figur 2.

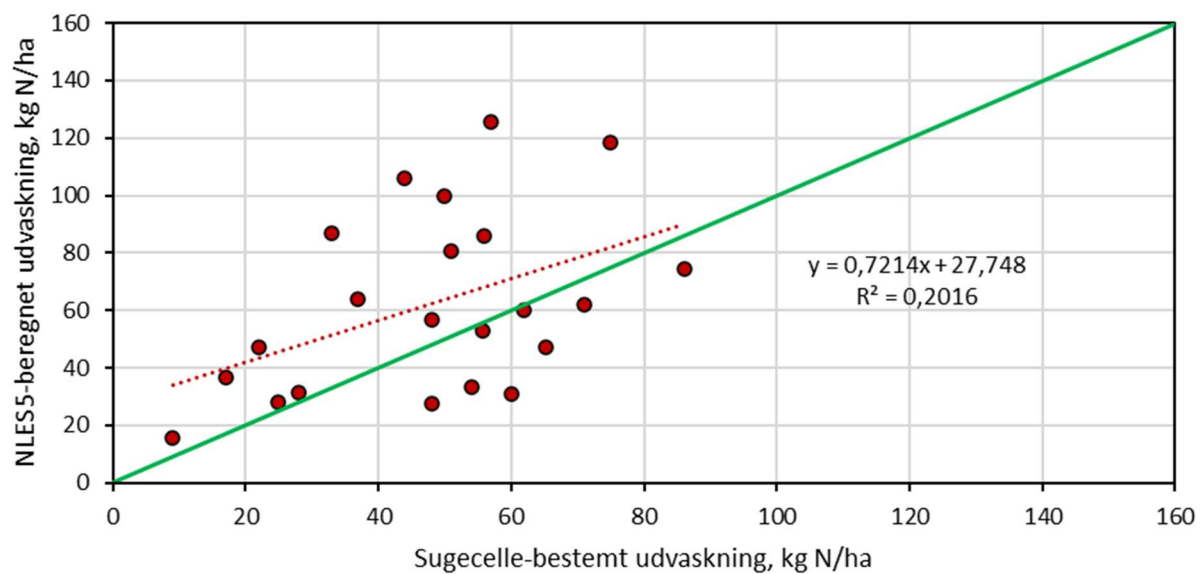


Figur 2. Beregnet kvælstofudvaskning ved NLES5 plottet mod sugecelle-beregnet udvaskning for alle sam-hørende værdier i datasættet, undtaget tre højeste sugecelle-bestemte udvaskninger. Der er indtegnet en lineær regressionslinje for dataserien. Den grønne linje repræsenterer den teoretisk forventede 1:1 sammen-hæng mellem de to metoder til bestemmelse af udvaskningen. Standardafvigelsen på differencen mellem udvaskningerne bestemt ved de to metoder er 24 kg N/ha.

Udvaskning bestemt ved sugeceller vs. beregning ved NLES5 nær N-norm-tilførsel

I den praktiske anvendelse af udvaskningsmodellerne kan det argumenteres, at beregninger af udvaskning omkring eller nær normen for kvælstoftilførsel er mest relevante. Eksempelvis antages det ofte, at kvælstof-balancemodellen i tilfælde uden en kvælstoftilførsel vil give en udvaskning på nul, hvilket ikke stemmer overens med den generelt observerede tilstedeværelse af en 'basis-udvaskning' – selv fra arealer uden kvælstoftilførsel. Ved kun at anvende et del-datasæt af observationer nær norm-tilførsel fås et relativt be-grænset datasæt sammenlignet med det samlede datasæt, hvilket også har betydning for tolkningen af sam-menhængen.

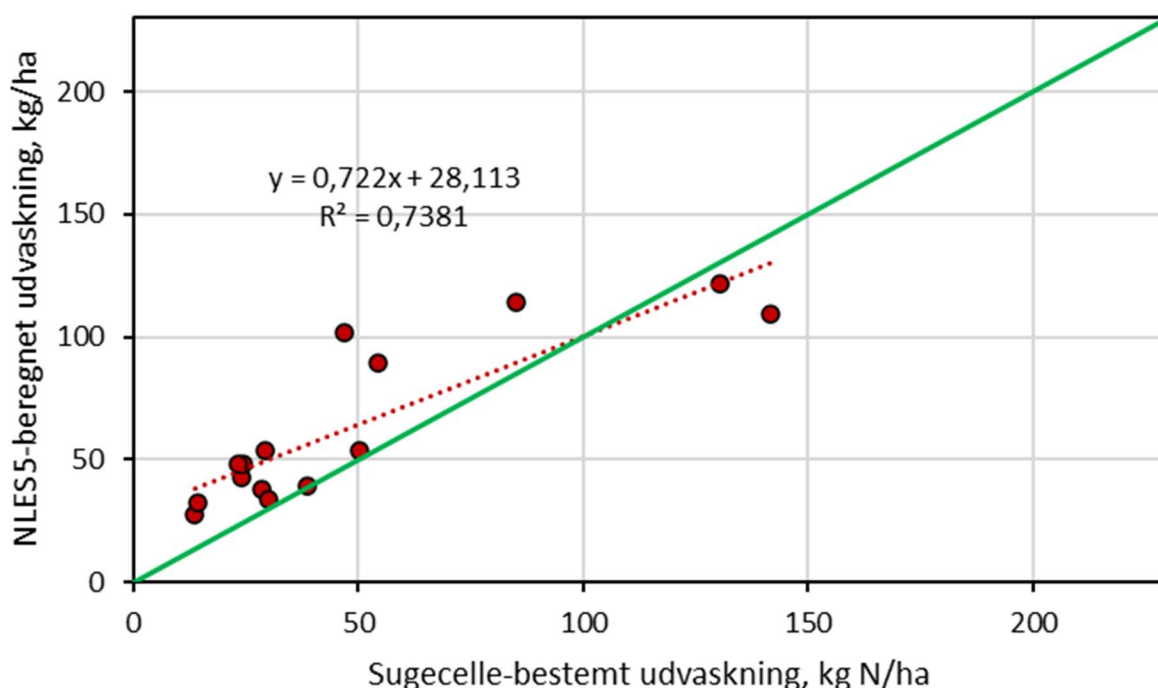
I Figur 3 er det NLES5-beregne de udvaskninger for observationer med kvælstoftilførsel nær normtilførsel, som er vist plottet mod de sugecelle-bestemte udvaskninger. Det ses, at der heller ikke her er nogen væ-sentligt bedre sammenhæng mellem de NLES5-beregne de og de sugecelle-bestemte udvaskninger i denne udvalgte del af datasættet, sammenlignet med Figur 2.



Figur 3. Beregnet kvælstofudvaskning ved NLES5 plottet mod sugecelle-bestemt udvaskning for samhörende værdier i datasættet, hvor kvælstoftilførslen var nærmest norm-tilførsel. Der er indtegnet en lineær regressionslinje for serien. Den grønne linje repræsenterer den teoretiske 1:1 sammenhæng mellem de to metoder til bestemmelse af udvaskningen. Standardafvigelsen på differencen mellem udvaskningerne bestemt ved de to metoder er 26 kg N/ha.

Udvaskning bestemt ved sugeceller vs. beregning ved NLES5 i forsøg med tilførsel af husdyrgødning.

I Figur 4 nedfor ses den NLES5-beregnede udvaskning plottet mod den sugecelle-bestemte udvaskning i de forsøg, hvor der er tilført husdyrgødning som en del af gødningstilførslen. Det ses, at der en klar sammenhæng mellem udvaskningen bestemt ved de to metoder. Det er dog vigtigt at bemærke, at datasættet kun består af 15 samhörende værdier fra én forsøgslokalitet.



Figur 4. Beregnet kvælstofudvaskning ved NLES5 plottet mod sugecelle-bestemt udvaskning for samhörende værdier i datasættet, hvor en del kvælstoftilførslen er sket ved husdyrgødning. Der er indtegnet en lineær regressionslinje for serien. Den grønne linje repræsenterer den teoretiske 1:1 sammenhæng mellem de to metoder til bestemmelse af udvaskningen. Standardafvigelsen på differencen mellem udvaskningerne bestemt ved de to metoder er 19 kg N/ha.

Konklusion

NLES5-modellen er udviklet på baggrund af stort datagrundlag indeholdende udvaskningsberegninger baseret på såvel sugecellemetoden i forsøg og praksis, som på målinger af kvælstoftransport i drænvand. En del af de sugecelle-bestemte udvaskninger i datasættet i denne undersøgelse indgår også i datasættet bag NLES5. Det er bl.a. på den baggrund forventeligt, at der her ses en stærk korrelation mellem udvaskninger bestemt ved sugecelle-metoden i SEGES forsøg og NLES5 beregnede udvaskninger; R^2 -værdier 0,4.

I det aktuelle datasæt beregner NLES5-modellen konsekvent en højere udvaskning end bestemt ved sugecellemetoden ved de laveste niveau af udvaskning, sugecelle-bestemt udvaskning < 25 kg N/ha. Den overvejende del af disse datapunkter repræsenterer forsøgsbehandlinger uden eller med meget lav tilførsel af kvælstof, samt et enkelt forsøg med sukkerroer på lerjord. Årsagen til denne forskel kan ikke konkluderes her, men det peger på, at de relativt få observationer af de laveste udvaskninger her i undersøgelsen ved tilfælde er 'unormalt' lave i forhold til sammenlignelige observationer i NLES-grundlaget. NLES-grundlaget kan på samme måde indenfor bestemte områder, eks. afgrødefølger, efterårsdække, ingen N-tilførsel, være spinkelt og derfor mere udsat for at være 'skævt' pga. få/enkelte observationer. De fleste data i NLES-grundlaget repræsenterer kvælstoftilførsler i normalområdet, og derfor er det ikke overraskende, at modellen ikke rammer meget lave og meget høje kvælstoftilførsler godt.

Ved højere niveau af udvaskning, 50-80 kg N/ha, fordeler de sugecellebestemte og model-beregnete udvaskninger sig mere ligeligt omkring 1:1 sammenhængen, hvilket kan argumenteres at være mere relevant i en praktisk anvendelse af modellerne.

Datasættet illustrerer desuden, at de observerede 'ekstreme' høje udvaskningshændelser bestemt ved sugecelle-metoden naturligvis ikke kan afspejles i modeller, som bygger på gennemsnit i et stort datagrundlag.

Referencer

- [1] Børgesen, C.D., Sørensen, P., Blicher-Mathiesen, G., Kristensen, K.M., Pullens, J.W.M., Zhao, J., Olesen, J.E. 2019. NLES5 – an empirical model for predicting nitrate leaching from the root zone of agricultural land in Denmark. DCA report no. 163. Aarhus University.
- [2] Kristensen, K.M., Waage-Petersen, J., Børgesen, C.D., Vinther, F.P., Grant R., Blicher-Mathiesen, G. 2008. Reestimation and further development in the model N-LES. NLES3 to NLES4. DJF Plant Science report no. 139. Aarhus University.