

## Redegørelse i forbindelse med notatet

### ”Analyse af forudsætninger for Landbrugspakken”

#### fra Danmark Naturfredningsforening

Gitte Blicher-Mathiesen<sup>2</sup>, Christen Duus Børgesen<sup>1</sup>, Brian Kronvang<sup>2</sup>, Ingrid K. Thomsen<sup>1</sup>, Elly M. Hansen<sup>1</sup>, Jørgen E. Olesen<sup>1</sup> og Jørgen Eriksen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut for Agroøkologi, <sup>2</sup>Institut for Bioscience

### Sammendrag

Danmark Naturfredningsforening (DN) har rejst kritik af Aarhus Universitets (AU) beregninger af marginaludvaskningen som følge af øget kvælstofgødning (”Tilbagerulningsnotatet”, Børgesen et al., 2015), som blev gennemført i november 2015 for Miljø og Fødevarerministeriet forud for at Regeringen vedtog Landbrugspakken. Kritikken retter sig primært mod i) valg af model (NLES4 frem for NLES3), ii) manglende usikkerhedsvurdering af NLES4 samt iii) uoverensstemmelse mellem den gennemsnitlige marginaludvaskning beregnet med NLES4 og refererede forsøgsresultater i internationale artikler, idet DN forudsætter, at de anvendte referencer udgør en verificering af beregningerne i Tilbagerulningsnotatet. Nærværende redegørelse adresserer kritikpunkterne i DN-notatet.

- DNs gennemgang af marginaludvaskningen forudsætter fejlagtigt, at NLES4’s opdeling af marginaludvaskningen i en førsteårseffekt og langtidseffekt kan overføres på enkeltforsøg, herunder de individuelle forsøg der er angivet i Tilbagerulningsnotatet.
- Datagrundlaget for NLES4 giver ikke mulighed for en pålidelig opdeling af førsteårs- og flerårseffekt på marginaludvaskningen. Modellens marginaludvaskning belyser med størst sikkerhed den flerårige effekt.
- De internationale artikler, som DNs analyse i høj grad bygger på, kan ikke betragtes at udgøre en væsentlig del af det forskningsmæssige grundlag for NLES4-beregningerne, som det forudsættes af DN.
- Afgrødesammensætningen i de tre ud af fem af DN valgte artikler svarer til, at majs, som har den højeste marginaludvaskning, udgør 80 % af landbrugsarealet mod 7 % for marker i hele landet og sammenligningen med den gennemsnitlige NLES4-estimerede marginaludvaskning er derfor ikke repræsentativ og kan ikke danne grundlag for konklusioner mht. NLES4s anvendelighed.
- AU anvendte NLES4, da denne nyere model langt bedre beskriver vand og dermed kvælstofs transport fra jordoverfladen ned gennem jorden og dermed størrelsen af kvælstoftabet. Derudover bygger NLES4 på betydeligt flere målinger end NLES3.

- Det er korrekt, at der ikke er foretaget en usikkerhedsvurdering og uafhængig validering af NLES4. Dette fremgik allerede af Tilbagerulningsnotatet, hvor der også er taget de nødvendige forbehold for dette.

Samlet set giver DNs kritik ikke anledning til at ændre AUs konklusioner om marginaludvaskningen fra november 2015.

## Indledning

DN har rejst kritik (Danmarks Naturfredningsforening, 2017) af AUs beregninger af ændret kvælstofudvaskning som følge af øget kvælstofgødning, også kaldet marginaludvaskning, som blev gennemført i november 2015 for Miljø og Fødevareministeriet ("Tilbagerulningsnotatet", Børgesen et al., 2015) forud for, at Regeringen vedtog Landbrugspakken.

DNs kritik bygger på beregninger foretaget af Bjørn Molt Petersen (BMP), BMP Analytics for DN og refereret i pressen ultimo november 2017. Kritikken fremhæver, at beregningerne af marginaludvaskningen er meget usikre, og at marginaludvaskningen i virkeligheden er langt højere end det fremgår af AUs beregninger. DN fremfører bl.a., at AU burde have anvendt den ældre model NLES3 i stedet for den nyere model NLES4.

DNs kritik blev diskuteret på et møde den 27. november 2017 mellem BMP og hovedparten af forfatterne til denne redegørelse. Nærværende redegørelse diskuterer og svarer på BMP's kritikpunkter.

## DN opdeler i førsteårs- og langtidseffekt

I DN-analysen antages, at der kan skelnes mellem en førsteårseffekt og en flerårseffekte ud fra en matematisk opsplitning af modellen, hvor førsteårseffekten for den gennemsnitlige marginaludvaskning på ca. 18 % beregnes af DN til 8 % og den langsigtede effekt til 10 %. I DN-notatet sammenlignes de 8 % herefter med de marginaludvaskninger, der er henvist til i litteraturen i Tilbagerulningsnotatet. Således bliver forholdet mellem de 8 % og 18 % brugt til at skalere forsøgsresultaterne, der indgår i litteraturen for etårige forsøg, til den samlede flerårige effekt.

Datagrundlaget for parameterisering af NLES4 indeholdt imidlertid ikke data, der specifikt tillader en opdeling af marginaludvaskningen i hhv. en førsteårs- og en flerårseffekt. Opdelingen bliver derfor i sagens natur behæftet med stor usikkerhed. Hovedparten af datagrundlaget for NLES4 bygger på målinger over flere år og afspejler således den langsigtede effekt. Modellens marginaludvaskning belyser med størst sikkerhed den flerårige effekt.

DN har sat NLES4 op på et meget begrænset datagrundlag, som derefter er kalibreret til at ramme de gennemsnitlige resultater for marginaludvaskningen for hele landet opgjort i Tilbagerulningsnotatet (Børgesen et al., 2015). Efterfølgende er marginaludvaskningen delt op i en førsteårs marginaludvaskningseffekt og en flerårig effekt. Førsteårs marginaludvaskningen er herefter sammenlignet med resultater fra forsøg, der henvises til i perspektiveringen (afsnit 2.5 i Børgesen et al., 2015)

DNs modelopsætning er foretaget for vårkorn efterfulgt af sort jord samt for vårkorn efterfulgt af vinterkorn i to situationer: en sandjord med megen nedbør og en lerjord med lavere nedbør. De fire kurveforløb er vist i figur 2 i dokumentationen af NLES4 (Kristensen et al., 2008). DN har hentet oplysninger for afgrøder, gødning, afstrømning, ler og humus m.v., til de fire beregnede kurver fra appendiks 1 i dokumentationen af NLES4 (Kristensen et al., 2008).

I Tilbagerulningsnotatet har AU beregnet marginalresponsen med NLES4 under normaliserede klimatiske forhold. Det betyder, at udvaskningen beregnes med aktuelt klima for hvert år i 20 år. Herefter er der beregnet et gennemsnit for de 20 beregnede årsværdier af udvaskning og marginaludvaskning. Det betyder, at i år med megen nedbør vil marginaludvaskningen være høj og omvendt i år med lav nedbør. NLES4 er en statistisk model, som for et gennemsnit af forholdsvis mange marker vil kunne beregne et realistisk udvaskningsniveau. Derimod kan modellen ikke forventes at gengive en eksakt målt udvaskning og marginalrespons i enkelte forsøg, hvor effekter af udbyttensniveau og forhistorie kan spille en stor rolle.

Udvaskningsberegningen for 2011 er gennemført for alle marker i landet. Det betyder, at datamaterialet indeholder variation i marginaludvaskning, som er knyttet til forskelle i nedbør og jordtyper. Desuden er landets variation i dyrkningsforhold som afgrødetyper og forbrug af husdyrgødning også indeholdt i datamaterialet. Det betyder, at der inden for landets 23 hovedvandoplande er beregnet et spænd i gennemsnitlig marginaludvaskning fra 12 til 22 % (Børgesen et al., 2017). På en mindre skala, der dækker de 91 kystvandoplande, varierer den gennemsnitlige marginaludvaskning fra 11 til 28 %, mens der på lavere skala og aktuelle klimatiske år eksisterer en større variation.

Betragtes en afgrødetype som majs, der typisk har en høj marginaludvaskning, varierer den NLES4-beregnete marginaludvaskning mellem 3 og 38 % (Børgesen et al., 2015). De nævnte tal for marginaludvaskning er opgjort ved tildelt gødning, der ligger under den økonomiske optimale værdi og stigende med en gennemsnitlig procentvis tilførsel i forhold til afgrødens norm i 2011.

## DNs opdeling af marginaludvaskningen i en førsteårs- og langtidseffekt overføres til enkeltforsøg

DNs gennemgang af marginaludvaskningen forudsætter fejlagtigt, at NLES4's opdeling af marginaludvaskningen i en førsteårs effekt og langtidseffekt kan overføres på enkeltforsøg, herunder de forsøg der er angivet i Tilbagerulningsnotatets afsnit 2.5 (Børgesen et al., 2015).

På denne baggrund beregner DN for forsøget i Engström et al. (2010) en marginaludvaskning på 23,8 % som et gennemsnit af de to forsøg og sammenligner med en af DN antaget førsteårs marginaludvaskning på 8 %. I Tilbagerulningsnotatet er den målte marginaludvaskning refereret til at være 0 og 20 pct. for dyrket vinterraps i de to forsøgsår i Engström (2010). Forsøgets to tal for marginaludvaskning angiver et niveau, og vi mener at disse to tal fint kan perspektivere den

gennemsnitlige beregnede marginaludvaskningen for hele landet, som den er vist i Tilbagerulningsnotatet.

DN har i forbindelse med artiklen Delin og Stenberg (2014) valgt at beregne marginaludvaskningen ud fra en formel, som bygger på tre års data for udvaskning ved dyrkning af havre. I Tilbagerulningsnotatet har vi gengivet teksten i artiklen, hvor der står, at under økonomiske optimum vil øget kvælstofgødning ikke give en signifikant merudvaskning. Vi burde have i Tilbagerulningsnotatet have præciseret, som der står i Delin og Stenberg (2014), at dette forhold var dækkende så længe hvert ekstra kg kvælstofgødning resulterede i en øget udbytte på 10 kg kerneudbytte pr. ha.

DN konkluderer i forhold til Manevski et al. (2015), at "Mindst 2 af de 4 majsforsøg med efterafgrøder vil ligge betydeligt over 20 % i marginaludvaskning ved gødningsniveau under gældende kvælstofnormer". Perspektiveringen i Tilbagerulningsnotatet drejer sig om majs efter majs med og uden efterafgrøde. I forsøget af Manevski et al. (2015) indgår også majs dyrket efter kløvergræs, men da der nedmuldes store mængder organisk materiale med højt kvælstofindhold ved opløjning af kløvergræs, kan den optimale kvælstoftildeling til den efterfølgende majs være nær nul. I Tilbagerulningsnotatet er majs efter kløvergræs derfor ikke medtaget i perspektiveringen, hvilket burde have været tydeliggjort i notatet.

Referencen Wachendorf et al. (2004) indeholder en sammenfatning af ti studier udført i Tyskland, Storbritannien og New Zealand i græsmarker med forskellig benyttelse og sammensætning. I DNs analyser ses bort fra denne reference med begrundelsen at "en sammenligning ville kræve supplerende analyser". Vi finder det uforståeligt, at dette meget omfattende studie ikke er inddraget.

### DN forudsætter, at ikke-repræsentative artikler skal legitimere NLES4

Ifølge DN-notatets baggrund skulle en væsentlig del af den forskningsmæssige legitimitet for NLES4-beregningerne være de fem internationale artikler, der redegøres for i Tilbagerulningsnotatets afsnit 2.5. DN anfører på den baggrund, at "Denne vurdering udgør en væsentlig del af den forskningsmæssige legitimitet for NLES4-beregningerne" hvorfor der gennemføres en analyse af disse. I forbindelse med den gennemførte analyse anfører DN, at "Forskellene mellem forsøgenes marginaludvaskning og NLES4-værdier er bemærkelsesværdigt høje. Dette rejser et spørgsmål om, hvorvidt NLES4-marginaludvaskningens niveau er korrekt". Yderligere i konklusionen anføres "På basis af de data, som Aarhus Universitet har valgt til at understøtte de landsdækkende NLES4-beregningers overensstemmelse med forsøgsresultater, må det konkluderes, at NLES4 ikke er et relevant værktøj til virkelighedsnære beregninger af marginaludvaskningens forløb i forhold til tilbagerulning af gødskningsnormer, jvf. Tilbagerulningsnotat."

Intentionen med de fem artikler, der meget overordnet beskrives i Afsnit 2.5 i Tilbagerulningsnotatet, var primært at gengive de forsøgsbaserede tal for marginaludvaskningen, hvor tildelt gødning ligger under økonomisk optimum og perspektivere disse data til den beregnede

gennemsnitlig marginaludvaskning ved tilbagerulningen af normreduktionen for hele landet. De fem artikler blev altså ikke inddraget i Tilbagerulningsnotatet med henblik på at legitimere NLES4, hvilket også fremgår af, at afsnit 2.5 har overskriften "Perspektivering af størrelse på marginaludvaskningen". Hensigten var således alene at relatere nogle af de meget få relevante artikler, der findes om marginaludvaskning, til NLES4-beregningerne.

Den direkte kobling mellem de i Tilbagerulningsnotatets afsnit 2.5 om perspektivering nævnte studier og den i NLES4 estimerede marginaludvaskning er derfor på ingen måde berettiget og DNS konklusion dermed ikke valid. I DNS analyse af marginaludvaskning indgår desuden alene tre af de fem refererede artikler fra Tilbagerulningsnotatet. I disse tre artikler indgår ganske få afgrødetyper henholdsvis vinterraps, havre og otte majsforsøg, de sidstnævnte med hver to forsøg, majs efter majs, majs med efterafgrøder, majs efter kløvergræs og majs med efterafgrøder med forfrugt af kløvergræs.

Afgrødesammensætningen i de af DN analyserede artikler ville svare til, at det dyrkede areal i Danmark var dækket med 10 % vinterraps, 10 % havre og 80 % majs. I 2011 dækkede følgende afgrøder i procent: vårkorn 21, vinterkorn 35, raps 5, ærter 1, rodfrugter 3, frøgræs 3, majs 7, græs i omdrift 13, varig græs 8, brak 1, miljøaftaler og andre afgrøder 3. DNS analyse er derfor langt fra repræsentativ for, hvordan afgrøder fordeler sig på det dyrkede areal. I DNS analyser er der kun efterafgrøder efter majs, men ingen andre afgrøder som efterfølges af efterafgrøder. Det betyder, at alle afgrøder med lav marginaludvaskning som f.eks. græs, frøgræs og brak ikke indgår i DNS analyse.

I Tilbagerulningsnotatet anføres om variationen i den estimerede NLES4-marginaludvaskning, at "Opdelt på afgrøder for hele landet fås en variationsbredde i marginaludvaskningen på mellem 1 % (vedvarende græs og frøgræs) op til 38 % for majs". På den baggrund er det videnskabeligt uholdbart at sammenligne marginaludvaskning bestemt i tre ikke-repræsentative forsøg med den gennemsnitlige marginaludvaskning for hele landet.

## DN undsiger sammenligning på tværs af dyrkningssystemer

DN anfører korrekt, at den NLES4-beregnete værdi på 18 % for marginaludvaskningen gælder for en flerårig periode. Det er derfor af største interesse at skaffe eksperimentel evidens for denne effekt. Det eneste danske forsøg, der kan anvendes i denne sammenhæng, er forsøg med økologiske og konventionelle planteavlssystemer, der blev igangsat ved tre lokaliteter (Pandey et al., submitted). Her blev sammenhængen mellem udvaskning og kvælstoftilførsel undersøgt på sædskifteniveau, dvs. ikke for enkelte afgrøder, hvilket giver den bedste sammenligning med den opskalerede værdi for marginaludvaskning, der netop ikke gælder for enkelte afgrøder, men for hele dyrkningssystemet.

DN anfører, at der vil være forskelle i dyrkningssystemerne i Pandey et al. (submitted) i forhold til opbygning af kvælstof i den organiske pulje, og at dette derfor gør disse systemer uanvendelige til evaluering af marginalrespons. Det er korrekt, at der mellem forskellige dyrkningssystemer vil være

forskelle i opbygning af organisk stof, men dette gælder også for dyrkningssystemer i praksis, hvor der i systemer med brug af efterafgrøder og græsmarker kan være betydelige effekter på kulstofopbygning.

DN vurderer, at analysen i Pandey et al. (submitted) ikke er relevant. Vurderingen er imidlertid misvisende, da den alene viser forskelle mellem afgrøder, og Pandey et al. (submitted) gennemførte analyserne på sædskifter, som i hovedsagen havde den samme afgrødesammensætning. Den væsentligste forskel var, at der i nogle af de økologiske sædskifter indgik kløvergræs som grøngødning. Denne puljeopbygning i kløvergræsset var knyttet til kvælstoffikseringen, som netop blev udeladt ved beregning af marginaludvaskningen i Pandey et al. (submitted). Det må derfor fastholdes at disse resultater formentlig udgør det mest relevante grundlag for vurdering af validiteten af den flerårige marginalresponsen på dyrkningssystemniveau.

### Løbende udvikling af empiriske udvaskningsmodeller

Marginaludvaskningen er ikke en statisk specifik værdi men ændrer sig i takt med ændringer i dyrkningsforhold. Følgende elementer har betydning for, hvor stor marginaludvaskningen er: Afgrødefordeling, udvikling i sorter og deres evne til at optage kvælstof, gødningsanvendelse, om der anvendes mere gødning end afgrøderne har behov for, tidspunkt for udbringning af husdyrgødning, tidspunkt for jordbehandling og om der er afgrødedække om efteråret f.eks. efterafgrøder og spildkorn. Afgrøder som græs, frøgræs, og brak har en lav marginaludvaskning, mens korn efterfulgt af sort jord og korn efter fodergræs har en høj marginaludvaskning.

I perioden 1998-2008 har den anvendte marginaludvaskning til evaluering af virkemidler varieret mellem 25 og 33 % (Tabel 1 fra Bilag 2 i Tilbagerulningsnotatet).

*Tabel 1. Anvendt marginaludvaskning i faglig vurdering og evaluering af VMPII samt i midtvejsevaluering af VMPIII.*

Område	Anvendt marginaludvaskning (%)	Beregningsmetode	Data grundlag	Reference
1: Vandmiljøplan II – faglig vurdering	26 (25-27)	Udvaskningsmodel, (Simmelsgaard, 1991)	LOOP data og hele landet 1996	Iversen et al. (1998)
2: VMPII - midtvejsevaluering	25	NLES1	LOOP data 1998/99	Grant et al. (2000)
3: Genberegning af VMPI og II*	29 (27-34)	NLES2	LOOP data 1998/99	Grant (2002)
4: Slutevaluering af VMPII	33	NLES3 samt Petersen og Djurhuus (2003)	LOOP data 1998/99	Grant et al., (2003) Blicher-Mathiesen et al. (2003)
5: Mitvejsevaluering af VMPIII	33		LOOP data 1998/99	Waagepetersen et al. (2008)

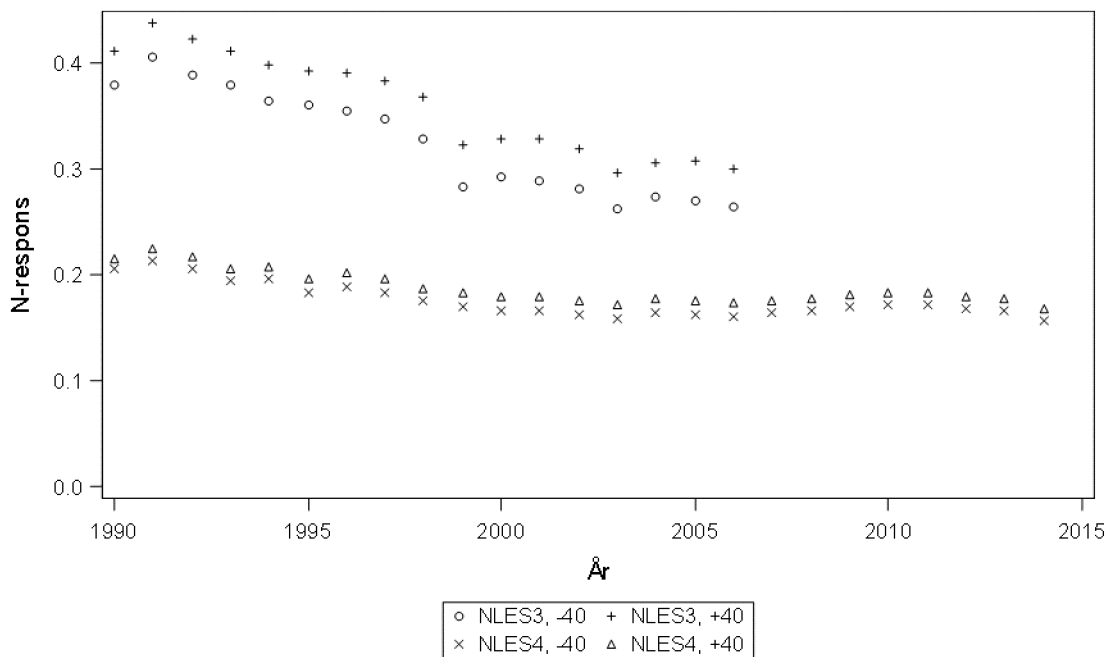
\*Højere marginaludvaskning pga. af et højere udvaskningsniveau og mere vinternedbør

I Figur 1 fra Tilbagerulningsnotatet vises marginaludvaskningen for dyrkningsdata indsamlet i Landovervågningen. Datagrundlag og metode for beregningerne er beskrevet i Tilbagerulningsnotatet. Marginaludvaskningen beregnet med NLES3 falder fra 44 % i 1991 til 30 % i 2006 og beregnet med NLES4 falder marginaludvaskningen fra 22 % i 1991 til 17 % i 2006 og har stort set ikke ændret sig siden. Den viste udvikling med nogenlunde samme marginaludvaskning for perioden 2003-2014 for Landovervågningen vil ikke umiddelbart kunne overføres til også at gælde for hele landet, idet gødningsforbruget er steget lidt mere i denne perioden i Landovervågningsoplandene end for hele landet.

Det betyder, at marginaludvaskningen beregnet med NLES3 for Landovervågningsoplandene i 2006 eventuelt kan være lavere for hele landet, hvis marginaludvaskningen opgøres med NLES3 med de samme landsdækkende data for 2011, som er anvendt for NLES4 i Tilbagerulningsnotatet.

Forskellen i de to modellers beregnede marginaludvaskning er, som det også er beskrevet i Tilbagerulningsnotatet, antageligt et produkt af forskelligheder i de to modellers struktur. Dette kommer bl.a. til udtryk i forhold til, hvordan forfrugt, sommer- og vinterafgrøder defineres, samt at høstet kvælstof ikke indgår som en forklaringsvariabel i NLES4. Yderligere er afstrømningen i NLES4 sæsonopdelt, hvorimod der i NLES3 benyttes den årlige afstrømning. De to modeller er desuden baseret på forskellige afstrømningsberegninger, idet afstrømningen primært blev beregnet med EVACROP i inputdata til NLES3, mens de seneste afstrømningsberegninger for alle målinger, som ligger til grund for NLES4 er beregnet med Daisy-modellen.

I beregningen af tilbagerulning af normreduktionen blev dyrkningsdata for 2011 anvendt. Der er siden 2011 sket ændringer i dyrkningsforhold, som vil kunne give en lavere marginaludvaskning end den, der er beregnet i Tilbagerulningsnotatet. Det gælder f.eks. i) Udvikling i afgrødernes kvælstofoptagelse især for vinterhvede, vinterraps, vinterrug, majs og græs. Når afgrøder er bedre til at optage kvælstof, er der mindre tilbage til udvaskning. ii) I de seneste år udnyttes en større andel af fodergræs som slætgræs frem for afgræsningsgræs. Når gødning opsamles på stald, giver det lavere udvaskning, og husdyrgødningen kan tildeles med større udnyttelse. iii) Flere efterafgrøder giver lavere marginaludvaskning. Der var 240.000 ha lovpligtige efterafgrøder i 2011 som er øget til ca. 388.000 ha i 2016 og de sidste to år, 2015 og 2016 er der kommet mere brak, ca. 23.000 ha.



Figur 1. N-respons (marginaludvaskning) beregnet med NLES3 og NLES4 for det dyrkede areal i Landovervågningsoplandene for perioden 1990-2006 (NLES3) og 1990-2014 (NLES4). Signaturforklaringen angiver den anvendte model samt størrelsen af den justerede mængde tildelte gødning (fra Børgesen et al., 2015).

Der er dog også mulige ændringer i dyrkningsforhold eller elementer, der kan give en højere marginaludvaskningen end beregnet i Tilbagerulningsnotatet. i) I Tilbagerulningsnotatet blev det forudsat, at al gødning blev tildelt økonomisk optimal, altså at gødning ikke blev givet over økonomisk optimum. Men fordeling af gødningen inden for bedriftens marker vil potentielt kunne give ujævn gødsning og derfor give en højere marginaludvaskning. ii) Kurven for marginaludvaskning ift. stigende gødningstildeling er forholdsvis flad i NLES4, og der er derfor et behov for at få afdækket, om modellen responderer korrekt, hvis gødningen overstiger afgrødernes behov.

## Usikkerhed og validering

Der blev ikke gennemført en grundlæggende usikkerhedstest af NLES4 efter dens udvikling, som det var tilfældet med den tidligere NLES3 model (Larsen og Kristensen, 2007). DN har derfor ret i, at det ville have været fagligt korrekt at gennemføre en sådan usikkerhedsanalyse, som det også blev påpeget i Tilbagerulningsnotatet og et senere notat omkring anvendelse af NLES4 beregninger til marginaludvaskning fra hovedoplande og kystvandoplande (Børgesen m.fl., 2017). En sådan usikkerhedsanalyse sammen med modellens forklaringsgrad give mulighed for med større faglig styrke at udtale sig om den generelle usikkerhed, der er forbundet med de simuleringer, der foretages med modellen.



En analyse af usikkerhed og validering af NLES3 er beskrevet i Larsen and Kristensen (2007). Her blev valideringen foretaget ved at estimere modellens parametre på en delmængde af observationer. Det blev fundet, at udvaskningsfunktionen var forholdsvis stabil, og at usikkerheden på en enkelt prædiction mellem estimeret og målt værdi lå mellem 20 og 40 %, men faldt til mellem 10 og 30 % hvis beregningen blev foretaget på flere år eller mange marker. NLES3 er imidlertid ikke blevet analyseret mht. usikkerhed på oplands- og nationalt niveau.

DN fremfører, at modeller bør udsættes for en krydsvalidering ved at modellens evne til at simulere sammenlignes med data, som ikke blev anvendt i modelopsætningen. En sådan validering vil give en større viden om sikkerheden på modellens simuleringer. En sådan krydsevaluering mod nye nitratudvaskningsdata fra LOOP marker er kun delvist blevet gennemført i forbindelse med fastlæggelse af marginaludvaskningen ved anvendelse af nyere udvaskningsdata fra LOOP marker (Børgesen m.fl., 2015).

Empiriske modeller som NLES4 kan kun levere et bedste fagligt skøn over f.eks. en marginaludvaskning ud fra erfaringerne fra de målinger, der indgår i modellen. En fuldstændig dokumentation af marginaludvaskningen kan alene gennemføres ved egentlige kontrollerede forsøg, der er designet til at teste udvaskningsrespons ved øget gødsning på forskellige afgrøder, jordtyper og klimaforhold. Sådanne forsøg tager tid at opsætte og gennemføre, og de første blev startet i 2014 ved AU.

I DNs notat anføres korrekt, at det er et centralt spørgsmål i forbindelse med Landbrugspakken og marginaludvaskningen om ændringen fra ca. 30 % til ca. 20 % er baseret på observationerne, der indgår i NLES3 henholdsvis NLES4. En analyse af model parametrene's følsomhed og en evt. test af den nye struktur i NLES4 på NLES3-datasættet er i princippet en metode, som kan medvirke til at give større sikkerhed for de gennemførte marginaludvasknings beregninger.

DN har også ret i, at både NLES3 og NLES4 har en forklaringsgrad på nitratudvaskningen på 53 % ( $r^2=0,53$ ) (Larsen og Kristensen, 2007; Kristensen et al., 2008). Det vil sige, at 47 % af variationen er ikke-forklaret. Som beskrevet i notatet fra DN, er der en høj andel af variationen i observationerne af nitratudvaskning, som NLES modellerne ikke kan forklare. Dette er dog slet ikke unormalt for empiriske modeller hvor der ofte er tale om observationer der er forbundet med relativ stor usikkerhed (støj).

Det er ligeledes korrekt, at forklaringsgraden på de 53 % gælder for nitratudvaskningen, og dermed for produktet af perkolationen af vand og koncentration af nitrat i bunden af rodzonen. Således indgår perkolationen både i den beregnede og den målte nitratudvaskning og trækker derfor forklaringsgraden op. Alligevel anvendes denne metode ofte, når modelleres simuleringsevne testes. Modellens virkelige evne til at simulere nitratdynamikken i jorden fremkommer kun ved at betragte de simulerede og observerede koncentrationer af nitrat. En sådan sammenligning blev delvist foretaget på LOOP data i notatet fra 2015 (Børgesen et al., 2015). Forklaringsgraden for NLES4 modellen på nitratkoncentrationer målt i LOOP markerne var for perioden 1991-2004 på ca. 23 %.

## Konklusion

Samlet set giver DNs kritik ikke anledning til at ændre AUs konklusioner om marginaludvaskningen i Tilbagerulningsnotatet fra november 2015.

## Referencer

- Blicher-Mathiesen, G., Rasmussen, A., Andersen, H.E., Timmermann, A., Jensen, P.G., Wienke, J., Hansen, B. & Thorling, L., 2015. Landovervågningsoplande 2013. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 158 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 120. <http://dce2.au.dk/pub/SR120.pdf>
- Børghesen, C.D., Olesen, J.E., Eriksen, J. 2017. Vedrørende marginaludvaskning fra hovedoplande og kystvandoplande: Uddybning af "Notat om tilbagerulning af tre generelle krav, Normreduktion, Obligatoriske efterafgrøder og Forbud mod jordbearbejdning i efteråret". Notat til NaturErhvervstyrelsen den 25. januar 2017. [http://pure.au.dk/portal/files/108508230/Marginaludvaskningsnotits\\_19\\_01\\_2017.pdf](http://pure.au.dk/portal/files/108508230/Marginaludvaskningsnotits_19_01_2017.pdf)
- Børghesen, C.D., Thomsen, I.K., Hansen, E.M., Kristensen, I.T., Blicher-Mathiesen, G., Rolighed, J., Jensen, P.N., Olesen, J.E., Eriksen, J. 2015. Notat om tilbagerulning af tre generelle krav, Normreduktion, Obligatoriske efterafgrøder og Forbud mod jordbearbejdning i efteråret. Aarhus Universitet. Notat til NaturErhvervstyrelsen den 11. november 2015. [http://pure.au.dk/portal/files/95991713/Notat\\_om\\_tilbagerulning\\_af\\_tre\\_generelle\\_krav\\_Normreduktion\\_Obligatoriske\\_efterafgr\\_der\\_og\\_Forbud\\_mod\\_jordbearbejdning\\_i\\_efter\\_ret\\_111115.pdf](http://pure.au.dk/portal/files/95991713/Notat_om_tilbagerulning_af_tre_generelle_krav_Normreduktion_Obligatoriske_efterafgr_der_og_Forbud_mod_jordbearbejdning_i_efter_ret_111115.pdf)
- Danmarks Naturfredningsforening 2017. Analyse af forudsætninger for Landbrugspakken. 28 pp.
- Delin, S., Stenberg, M. 2014. Effect of nitrogen fertilization on nitrate leaching in relation to grain yield response on loamy sand in Sweden. European Journal of Agronomy 52, 291-296.
- Engström, L., Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B. 2010. Reducing nitrate leaching after winter oilseed rape and peas in mild and cold winters. Agronomy for Sustainable Development 31, 337–347.
- Grant, R., 2002. Landovervågning: Opskalering af modelberegnet kvælstofudvaskning til hele landet. Notat fra Danmarks Miljøundersøgelser. 3 pp.
- Grant, R., 2002. Genberegning af effekten af Vandmiljøplan I og II. Notat fra Danmarks Miljøundersøgelser. 15 pp.
- Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jørgensen, V., Kyllingsbæk, A., Poulsen, H.D., Børsting, C., Jørgensen, J.O., Schou, J.S., Kristensen, E.S., Waagepetersen, J., Mikkelsen, H.E., 2000. Vandmiljøplan II – midtvejsevaluering. Miljø- og Energiministeriet & Danmarks Miljøundersøgelser. 65 pp. [http://www2.dmu.dk/1\\_viden/2\\_Publikationer/3\\_Ovrige/rapporter/VMPII\\_midtvejs\\_web.pdf](http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_Ovrige/rapporter/VMPII_midtvejs_web.pdf)
- Grant, R. og Waagepetersen, J. 2003. Vandmiljøplan II - slutevaluering, Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning. 32 pp. [www.dmu.dk-publikation-ovrigepublikationer](http://www.dmu.dk-publikation-ovrigepublikationer)
- Iversen, T.M., Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Skop, E., Jensen, J.J., Hasler, B., Andersen, J., Hoffmann, C.C., Kronvang, B., Mikkelsen, H.E., Waagepetersen, J., Kyllingsbæk,

- A., Poulsen, H.D., Kristensen, V.F., 1998. Vandmiljøplan II – faglig vurdering. Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser. 44 pp.
- Kristensen, K., Waagepetersen, J., Børgesen, C.D., Vinther, F.P., Grant, R., Blicher-Mathiesen, G. 2008. Reestimation and further development in the model N-LES - N-LES3 to N-LES4. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet og Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. DJF rapport 139. [http://pure.au.dk/portal/files/2423945/DJF rapport Markbrug 139](http://pure.au.dk/portal/files/2423945/DJF_rapport_Markbrug_139)
- Larsen, S., Kristensen, K. 2007. Udvaskningsmodellen N-LES3 – usikkerhed og validering. DJF rapport, Markbrug. 132.
- Manevski, K., Børgesen, C.D., Andersen, M.N., Kristensen, I.S. 2015. Reduced nitrogen leaching by intercropping maize red fescue on sandy soils in Northern Europe: a combined field and modeling study. *Plant and Soil* 388, 67-85.
- Pandey, A., Li, F., Askegaard, M., Rasmussen, I.A. & Olesen, J.E. (submitted). Nitrogen balances in organic and conventional arable crop rotations and their relations to nitrogen yield and leaching losses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*
- Waagepetersen, J., Grant, R., Børgesen, C.D., Iversen, T.M., 2008. Midtvejsevaluering af Vandmiljøplan III. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet og Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 36 pp.
- Wachendorf, M., Büchter, M., Trott, H., Taube, F. 2004. Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. II. Impact of defoliation system and nitrogen input on nitrate leaching losses. *Grass and Forage Science*, 59, 56-68.