



UDVASKNINGSBEREGNINGER I FORHOLD TIL PLACERING AF MÅLRETTEDE EFTERAFGRØDER

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Sammenligning af beregning af kvælstofudvaskning med N-les-4 på landsplan med målte data, kvælstofbalancer mv., tyder på, at N-les-4 beregningen overvurderer udvaskningen fra rodzonen med 25-30 i forhold til den faktiske udvaskning.

- [N-les₄ modellen](#)
- [Beregnet udvaskning med N-les₄ i GEUS rapporten](#)
- [Målinger i landovervågningsoplande og i dræn viser et andet niveau af udvaskning](#)
- [Udvikling i udvaskning fra rodzonen vurderet på udvikling i kvælstofafstrømningen i lerjordsoplande](#)
- [Udvikling i landbrugspraksis](#)
- [Reduktion af nitrat i rodzonen ved denitrifikation](#)
- [Beregning af udvaskning i GEUS-rapporten](#)
- [Det tidsmæssige forløb af merudvaskningen](#)
- [Referencer](#)

Beregning af ekstra efterafgrøder i 2017 og 2018 som følge af Fødevarer og Landbrugspakken bygger for mere end halvdelen af de 145.000 ha frivillige målrettede efterafgrøder på GEUS-rapporten National Grundvandsmodel1. I denne beregning indgår udvaskning af kvælstof fra rodzonen beregnet med udvaskningsmodellen N-les4. Størrelsen af denne udvaskning er afgørende for beregning af nitratkoncentrationen i det tilstrømmende grundvand, idet koncentrationen af nitrat i sættes lig med koncentrationen beregnet ud fra N-les-modellen, idet der ikke antages at være nogen nitratreduktion under transport fra rodzone til grundvand under umættede forhold.

Beregning af udvaskningen og dermed koncentrationen med N-les4 på mark-, oplands- og nationalt niveau er behæftet med en stor usikkerhed. Det er meget vanskeligt at foretage en egentlig validering af modellens evne til at beregne den samlede udvaskning fra rodzonen. Der er dog mange forhold, der tyder på, at N-les4 beregningen overestimerer den samlede udvaskning betydeligt. Her kan specielt nævnes:

- Data til udvikling af N-les₄ modellen er i gennemsnit fra 1995 og de nyeste data, der er brugt er fra

2004

- Modellen tager ikke højde for den ændring i landbrugspraksis udover ændret gødningstilførsel og afgrødefordeling, som er sket siden 2004. Det gælder f.eks. højere udbytter og tidligere såning.
- Der er anvendt ikke opdaterede tal for mængden af husdyrgødning
- Målte udvaskninger i de sidste 5 år i Landovervågningsoplandene og landbrugets drænvandsundersøgelser viser et lavere udvaskningsniveau end beregnet med N-les₄
- N-les₄ tager ikke højde for den ekstratoridinære reduktion af nitrat i rodzonen, der på nogle lokaliteter har stor betydning. F.eks på den hævede litorinahavbud i det nordjyske.

Samlet set skønnes N-les₄ at overvurdere udvaskningen på landsplan med 25-30 pct. Forskellen i udvaskning mellem scenarier med og uden implementering af Fødevarer- og Landbrugspakken (FLP) er dog mere præcist bestemt end beregningen af det absolutte udvaskningsniveau. Men effekten af FLP overvurderes i rapporten, fordi der regnes med en for stor forøgelse af mængden af kvælstof i handelsgødning.

Derudover tages der i rapporten ikke hensyn til nitratreduktion i den umættede zone under rodzonen. Denne problemstilling er særskilt behandlet i en Planteavlsovervågning 1001.⁸

I rapporten beskrives den tidlige udvikling i kvælstofudvaskningen fra rodzonen ikke korrekt, fordi der ikke er indregnet de forsinkelseeffekter i udvaskningen fra rodzonen ved mertilførsel af handelsgødning, som ellers indgår i N-les-modellen.

N-LES₄ MODELLEN

Modellen² er en såkaldt empirisk model, der bygger på målinger af sammenhængen mellem landbrugspraksis og målt udvaskning af kvælstof med i alt 1467 observationer. Hvert forsøg og hver mark kan indgå med flere observationer. Datagrundlaget for modellen er fra 1971 til 2004. Det vægtede gennemsnitsår for observationerne er 1995.

Modellen beskriver udvaskningen som funktion af kvælstoftilførslen de sidste 5 år, forfrugt, kombination af afgrøde og efterårsbevoksning, tekstur, nedbør mv.

Man skal notere sig, at observationerne bag modellen i gennemsnit er mere end 20 år gamle, og at modellen kun tager hensyn til få parametre. F.eks. indgår ændringer i jordbearbejdning, forbud mod jordbearbejdning om efteråret, stigende udbytter mv. ikke i modellen.

BEREGNET UDVASKNING MED N-LES₄ I GEUS RAPPORTEN

Udvaskningen er i rapporten angivet til et niveau på som følge af stigningen i kvælstofkvoterne er i rapporten angivet til 166.000 ton i 2012 og 163.000 ton i 2015 før landbrugspakken og en forventet udvaskning på 161.000 ton i 2021, hvis landbrugspakken ikke blev gennemført. Stigningen i tilførslen af handelsgødning som følge af FLP er angivet til 82.000 ton i 2021 og 77.000 ton i 2017 og 2018 under den forudsætning, at der indregnes et fald i landbrugsarealet (teknisk justering). Stigningen i udvaskningen fra rodzonen er beregnet til 14.000 ton i 2017 og 2018 samt 15.000 ton i 2021.

MÅLINGER I LANDOVERVÅGNINGSOPLANDE OG I DRÆN VISER ET ANDET NIVEAU AF UDVASKNING

En af mulighederne for at validere den beregnede kvælstofudvaskning fra rodzone er en sammenligning med den målte udvaskning i Landovervågningsoplandene, hvor udvaskningen måles med sugeceller i 31

marker fordelt på 5 landovervågningsoplande³. I afrapporteringen er vist en sammenstilling af udvaskningsmålinger for de sidste 5 år. Tabellen er gengivet i tabel 1.

Tabel 4.4. Udvasning af nitrat-N, kvælstofbalance samt vandafstrømning for jordvandsstationer opdelt på oplande, brugstyper og husdyrtæthedsgrupper, årgennemsnit for den sidste femårsperiode, 2009/10-2013/14.

	N udv kg N ha ⁻¹	Perkol. mm år ⁻¹	Total tilf. ¹⁾ kg N ha ⁻¹	N-høst kg N ha ⁻¹	N overskud kg N ha ⁻¹
Oplande					
Lerjorde:					
LOOP1. Storstrøm	19	151	164	128	37
LOOP4. Fyn	31	235	204	114	90
LOOP3. Østjylland	22	278	294	163	131
Sandjorde:					
LOOP2. Nordjylland	55	289	276	151	125
LOOP6. Sønderjylland	83	517	214	134	79
Brugstype					
Plante	36	271	184	130	54
Svin	51	338	199	111	88
Kvæg	55	327	308	162	146
Dyretætheder					
0	25	202	162	127	35
0-1	31	297	197	136	61
1-1,7	62	340	220	126	94
1,7-2,3	40	318	338	170	168

¹⁾ Tilført med handelsgødning, total husdyrgødning, deposition, såsæd og N-fiksering.

Opskaleres resultaterne under den antagelse, at planteavlsbrug udgør 600.000, svinebrug 1.100.000 og kvægbrug 900.000 ha kan det beregnes, at udvaskningen er 127.000 ton eller ca. 25 pct. lavere end angivet i GEUS-rapporten. Det kan diskuteres, om tallene i Landovervågningsrapporten kan opskaleres, og om de er repræsentative. I rapporten angives det, at landovervågningsoplandene er valgt efter, at de skal være repræsentative, men at det ikke nødvendigvis er tilfældet i alle sammenhænge. F.eks. er husdyrtrykket større i gennemsnit af de 5 oplande end på landsplan. I rapporten er også angivet, at udvaskningsmålingerne ikke nødvendigvis er repræsentative og skal suppleres af modelberegninger.

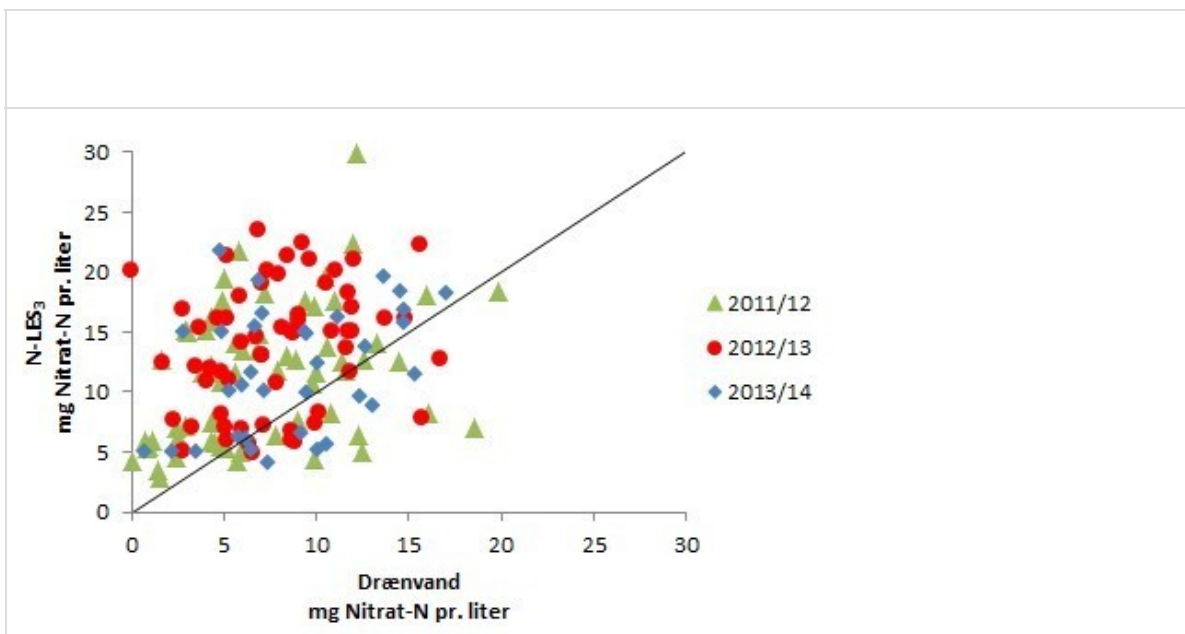
Ud fra tabel 1 kan med den forudsatte fordeling af arealer og det angivne kvælstofoverskud også beregnes, at det samlede kvælstofoverskud på landsplan er 261.000 ton kvælstof, hvor det faktiske overskud på landsplan er 40.000 ton lavere.

Både den større husdyrtæthed og større kvælstofoverskud i marker med målt kvælstofudvaskning tyder ikke på, at markerne bag observationerne i tabel 1 ligger på arealer med lavere kvælstofudvaskning end gennemsnittet. Det tyder derimod på, at den samlede udvaskning beregnet ud fra stationsmarkerne i landovervågningen (tabel 1) sandsynligvis er overvurderet.

Målinger af kvælstofkoncentrationen i drænvand bekræfter, at N-les modellen systematisk overvurderer kvælstofkoncentrationen i det vand, som forlader rodzonen⁴. Disse resultater er alle sammenlignet med N-les₃ beregnede kvælstofkoncentrationer. (N-les₄ er en opdateret version af N-les₃, som giver stort set samme resultat som N-les₃. Den største forskel på de to modeller er den beregnede marginaludvaskning, men udvaskningsniveauet er stort set det samme).

Sammenstillingen af resultaterne fra 3 år fremgår af følgende figur 1, og langt de fleste punkter ligger over 45 graders linjen, hvilket betyder, at de beregnede nitratkoncentrationer, i langt hovedparten af

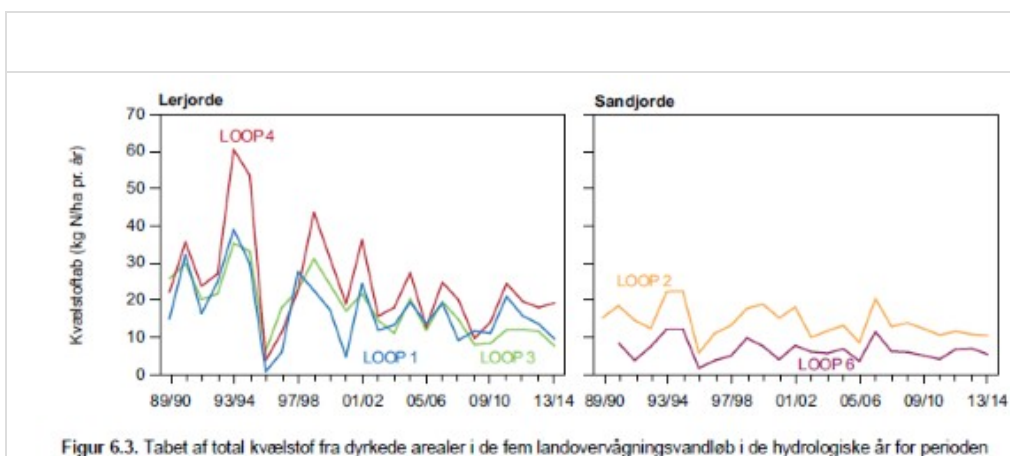
tilfældene, er betydeligt større end de målte.



UDVIKLING I UDVASKNING FRA RODZONEN VURDERET PÅ UDVIKLING I KVÆLSTOFAFSTRØMNINGEN I LERJORDSOPLANDE

N-les₄ beregninger af udvaskningen på landsplan har vist et nogenlunde konstant niveau siden 2003/04, hvor gødningsforbrug og arealfordeling har været nogenlunde konstant indtil i dag. I lerjordsoplande vil kvælstoftransporten gennem vandløb hovedsageligt være påvirket af kvælstofudvaskningen fra rodzonen i samme år, fordi størstedelen af kvælstoftransporten sker overfladenært gennem dræn. På sandjord vil der derimod være en betydelig forsinkelse, og kvælstoftransporten kan være næsten uafhængig af udvaskningen fra rodzonen i det enkelte år.

I modsætning til udvaskningsberegninger med N-les₄ viser målinger af kvælstoftransporten gennem vandløb i lerjordsoplande et fald i transporten fra 2003/04 frem til nu. Det fremgår af figur 2, der er en gengivelse af en figur i landovervågningsrapporten³. Der er ikke regnet statistik på transporten, men visuelt fremgår det, at der er et fald i transporten i lerjordsoplandene. Det stemmer overens med, at den samlede kvælstofudledning til kystvandene er faldet i perioden.



Figur 6.3. Tabet af total kvælstof fra dyrkede arealer i de fem landovervågningsvandløb i de hydrologiske år for perioden

UDVIKLING I LANDBRUGSPRAKSIS

Datagrundlaget for N-les₄ kan i gennemsnit dateres til 1995. Der er sket en betydelig ændring i landbrugspraksis, som der ikke er taget højde for i modellens beskrivelse af udvaskningen. Derimod indeholder modellen en såkaldt teknologieffekt, der tager højde for, at udvaskningen i løbet af den periode, som er indeholdt i datagrundlage for N-les₄, falder over tid. I dokumentationen for N-les₄ er det angivet, at beregninger med og uden teknologieffekten for 2005 giver en forskel på 5-10 kg kvælstof pr. ha. Det fremgår også af rapporten, at teknologieffekten er aftagende og ikke bør bruges udover 2004². Det står ikke klart i GEUS rapporten, hvorvidt teknologieffekten er inddraget, men formodentlig er den ikke brugt udover 2004.

De vigtigste forhold, der har betydning for udviklingen i udvaskningen, og som ikke indgår som parametre i N-les₄ er:

Udvikling i udbytter, kvælstofoptagelse og kvælstofudnyttelse:

Forsøg med stigende mængder kvælstof over en årrække viser, at ved tilførsel af samme kvælstofmængde i vinterhvede, er den bortførte mængde kvælstof steget, fordi marginaloptagelsen af kvælstof er steget. Resultatet af en statistisk beregning på 635 forsøg i vinterhvede i perioden 1993-2016 er vist i tabel 2⁵. Marginaloptagelsen af kvælstof er steget signifikant ($p < 0,001$) fra 41 pct. i 1994 til 50 pct. i 2016. Det betyder, at ved tilførsel af f.eks. 150 kg kvælstof pr. ha er kvælstofoptagelsen i kerne øget fra 62 til 75 kg kvælstof pr. ha i forhold det ugødede forsøgsled. N-les₄ modellen tager ikke hensyn til denne udvikling udover teknologieffekten. Tabellen viser også, at kvælstofmineraliseringen fra jorden er faldet fra 130 til 105 kg kvælstof pr. ha formentligt på grund af et fald i den årlige totaltilførsel af kvælstof til landbrugsjorden fra godt 800.000 ton til 550.000 ton pr. år fra 1990 til 2014.

Tabel 2. Udvikling i nøgleparametre for kvælstofudnyttelse beregnet ud fra 635 landsforsøg med stigende mængde kvælstof til vinterhvede i perioden 1993-2016⁵.

Faktor	1994	2016	Signifikans på udviklingen
Udbytte, ton ha ⁻¹	7.66	9.17	***
Protein i kernetørstof, pct.	10.2	10.3	-
Optimal N-mængde, kg N ha ⁻¹	143	173	***
Marginaloptagelse af kvælstof, pct. kg N ⁻¹	41	50	***
Optagelse af kvælstof ved optimum, kg N ha ⁻¹	116	141	***
Kvælstofoverskud ved optimum, kg N ha ⁻¹	27	32	-
Beregnet kvælstofmineralisering, kg N ha ⁻¹	130	105	*

I baselinerapporten⁶ er udviklingen i udvaskningen mellem 2012 og 2021 korrigeret med 1.200 -4.400 ton for stigning i udbyttet. Dette modsvares dog delvis af, at der fra 2016 regnes med en stigning i kvælstofnormerne pr. ha på 1,0 kg kvælstof, fordi udbytterne stiger. Dette giver ifølge baselinerapporten en ekstra stigning i udvaskningen på 1.600 ton på landsplan. Det er efter SEGES opfattelse fagligt forkert at lægge en stigning i kvælstoftilførslen, som er forårsaget af et højere udbytte, som baggrund for en højere kvælstofudvaskning. Specielt fordi stigningen i kvælstofbortførsel er større end stigningen i tilførslen.

Ændret jordbearbejning: I det nuværende regelsæt for kvælstof og arealanvendelse er der forbud mod

jordbearbejdning forud for vårsæd frem til 1. november på lerjord og 1. februar på sandjord. Forbuddet er indført for at reducere kvælstofudvaskningen. Umiddelbart fremgår det ikke, at det er indregnet i N-les₄-beregningerne eller i baseline. Effekten af dette kan på baggrund af tidligere opgørelse sættes til 3-6.000 ton kvælstof pr. år i reduceret udvaskning fra rodzonen⁷.

Tidligere såning af vintersæd: Trenden i såtidspunkt for vintersæd gik navnlig i 1990'erne i retning af tidligere såning, som har en dokumenteret reducerende effekt på kvælstofudvaskningen. Udviklingen i såtidspunkter for vintersæd er ikke opgjort.

Ændring i kvælstofoverskuddet: Kvælstofoverskuddet i markbruget er siden 2003, hvor N-les₄ udvaskningen tilsyneladende har været konstant, faldet signifikant med næsten 4.000 ton kvælstof pr. år eller med godt 40.000 ton kvælstof frem til og med 2014³. Dette betyder alt andet lige et fald i udvaskningen, idet sædskiftet er nogenlunde konstant.

REDUKTION AF NITRAT I RODZONEN VED DENITRIFIKATION

Langt den overvejende del af datagrundlaget bag N-les₄-modellen er baseret på målinger på arealer, hvor nitratreduktionen i rodzonen har været begrænset. N-les beregninger af udvaskning fra rodzonen gælder således kun på arealer, hvor der ikke sker en nævneværdig nitratreduktion allerede i rodzonen.

Der findes arealer, hvor grundvandsstanden i perioder er så høj, at der sker en betydelig nitratreduktion. Det viser resultaterne af drænvandsundersøgelserne⁴ i Nordjylland, hvor der i mange dræn blev målt koncentrationer på under 5 mg total-N pr. liter vand. AU har på 3 lokaliteter i Nordjylland, hvor der blev målt lavt kvælstofindhold i drænvand, undersøgt nitratreduktionen detaljeret i rodzonen. Resultatet af undersøgelsen er, at der på alle 3 lokaliteter var en stor reduktion.

På lerjorde forekommer der reducerende forhold i pletter i rodzonen. Her vil ske en vis nitratreduktion inden vandet løber i drænene. Det ses blandt andet i undersøgelser af afstrømningen gennem dræn i Norsmindeoplandet, hvor afstrømningen af kvælstof gennem dræn er betydeligt lavere end den N-les beregnede udvaskning, selvom stort set al overskudsnedbør afstrømmer gennem dræn.

Der vil således være områder i landet, hvor udvaskningen fra rodzonen er betydeligt lavere end N-les-beregningen viser på grund af nitratreduktion allerede i rodzonen. Dertil kan komme en yderligere reduktion af nitrat under rodzonen også under umættede forhold⁹. Denne problemstilling er ikke behandlet her.

Desuden kan der ske en optagelse af kvælstof under den dybde på 1,0 meter, som sugeceller normalt er placeret i. Det betyder, at noget af det kvælstof, som passerer sugecellen og medregnes som udvasket kvælstof, udnyttes af planterne og ikke kan betragtes som udvasket.

BEREGNING AF UDVASKNING I GEUS-RAPPORTEN

I rapporten fremgår resultaterne beregning af udvaskningen på landsplan i forskellige scenarieberegninger. Det anvendte scenarie synes at være situationen med fuld indfasning af Fødevarer og Landbrugspakken fra 2011 med fuld tilpasning af norm. Dvs. hele den forøgede kvælstofkvote forventes at slå igennem og der sker en normstigning på 1 kg kvælstof pr. ha pr. år.

Det fremgår også, at der er taget udgangspunkt i kvælstofkvoten for 2011, og at der er regnet med et merforbrug af handelsgødning på 69.000 ton i 2011 stigende til 82.000 ton i 2021. Udvaskningen i 2016 er desuden beregnet ved 2/3 tilpasset norm og ved en antagelse om, at kun 60 pct. af den ekstra kvælstofkvote bruges i 2016. Men altså kun for 2016

SEGES har følgende bemærkninger til beregningen:

- Den indregnede stigning i handelsgødningsforbruget er større end SEGES forventning. På grund af strukturen i normsystemet vil hele stigningen i gødningskvoten ikke slå igennem. I tidligere beregninger har SEGES regnet med et merforbrug af handelsgødning ved fuld implementering af Fødevarer- og Landbrugspakken på 70.000 ton baseret på 2016 arealer. Tages der hensyn til, at landbrugsarealet falder frem til 2021 vil skønnet blive endnu lavere.
- I GEUS rapporten er der regnet med en husdyrgødningsmængde på 235.000 ton. Ifølge landovervågningsrapporten er tilførslen af husdyrgødning i 2014 baseret på gødningsregnskaber kun 212.000 ton.
- Det er meget vanskeligt at gennemskue, om efterafgrøder, græsudlæg mv. er indregnet korrekt i modelberegningerne af udvaskningen.
- Regnes der med en lavere tilførsel af husdyrgødning vil udvaskningsniveauet formentlig blive reduceret med i størrelsesordenen 4-5.000 ton ud af en samlet beregnet udvaskning på 165.000 ton
- Indregnes der et lavere kvælstofforbrug som følge af Fødevarer og Landbrugspakken på 10-20.000 ton kvælstof vil merudvaskningen fra rodzonen reduceres med 2-4.000 ton ud af den beregnede merudvaskning på 14-15.000 ton

Det skal noteres, at betydningen for merudledningen som følge af Fødevarer- og Landbrugspakken af, at N-les efter SEGES opfattelse regner en for høj udledning, ikke betyder så meget for den samlede beregnede merudledning forårsaget af Fødevarer- og Landbrugspakken.

DET TIDSMÆSSIGE FORLØB AF MERUDVASKNINGEN

Ved fordeling af frivillige kompenserede efterafgrøder spiller den tidlige påvirkning af udledningen en stor rolle. Af GEUS-rapporten fremgår det, hvordan baselineeffekter er indregnet over årene. Baselineeffekterne energifgrøder, økologi, miljøgodkendelser, biogas, slæt og udbyttestigning for perioden 2012-2021 samt fald i deposition er fordelt jævnt stigende over årene. Akkumuleret resulterer baselineeffekterne i et fald i udvaskningen på 8.700 ton kvælstof fra 2012 til 2021.

Umiddelbart synes det vanskeligt at genskabe tallene i rapporten fra N-les udvaskningerne til scenarieberegningerne med inkludering af baseline.

Det må antages, at i rapporten er udviklingen i den N-les-beregnete udvaskning baseret på, at en ændret gødningsanvendelse vil slå igennem fuldt igennem på udvaskningen i samme år.

Selve modelstrukturen i N-les er ellers opbygget således, at en stigning i kvælstoftilførslen er 5 år om at slå igennem. Den faglige begrundelse for dette er, at jorden skal indstille sig på en ny balance, der svarer til det nye gødningsniveau. Dette håndterer modellen over en 6 årig periode. I virkelighedens verden vil det ske over et langt længere tidsrum.

Tabel 3. Beregnet fordeling af merudvaskning med N-les₄ over tid. Modelberegninger, SEGES

År efter øgning af kvælstofkvoten	1. år	2. år	3. år	4. år	5. år
Merudvaskning, % af mertilførsel af kvælstof	8	11	13	16	18
Pct. fordeling af merudvaskning	44	58	72	86	100

En forøgelse af kvælstoftilførslen i 2016 vil derfor kun slå igennem med 44 pct. af den samlede merudvaskning i 2016 og vil først slå igennem fuldt i 2020.

Visse af de indregnede baselineelementer vil også have en vis forsinkelse. Baselineelementer, der er

baseret på en større andel af arealet med afgrøder med større kvælstofoptagelse om efteråret, vil slå igennem straks. Det gælder udtaget areal, energiafgrøder og slæt i stedet for afgræsning. Korrektionen af udvaskningen for udviklingen i udbytter vil også slå igennem straks. Reduktion i udvaskning som følge af reduceret kvælstofdeposition vil delvis være udsat for samme forsinkelse som ændret kvælstoftilførsel. Den del af reduktion i udvaskningen, der skyldes mindre deposition i efterårs- og vintermånederne, vil dog slå igennem straks. Dette vil typisk udgøre halvdelen af udvaskningsreduktionen. Den tidsmæssig udvikling af reduktion i udvaskning som følge af forøgelse af det økologiske areal kan have samme udvikling som beskrives med N-les, hvis reduktionen skyldes en mindre tilførsel af kvælstof, men hvis effekten skyldes øget græsareal, vil effekten ikke være forsinket. Det samme gælder effekten af miljøgodkendelser.

Samlet set betyder det, at effekten af baselineeffekterne vil indtræde meget hurtigere end effekten af den forøgede kvælstofkvote.

Tabel 4. Vurdering af den tidsmæssige effekt af baselineeffekterne.

Baseline element		Forsinkelse af effekt
Udtaget areal	5.000 ^{*1}	Ingen
Energiafgrøder	50	Ingen
Økologisk areal	643	Nogen forsinkelse
Miljøgodkendelser	360	Nogen forsinkelse
Bioforgasning	1300	Nogen forsinkelse
Slæt i stedet for afgræsning	538	Ingen
Udvikling i udbytter m.m.	2800	Ingen
Kvælstofdeposition	3000	Ingen på halvdelen, nogen forsinkelse på resten

^{*1}Direkte indregnet i N-les-scenarierne.

REFERENCER

¹ Troldborg, L., Børgesen, C.D., Thodsen, H. og Keur, P. (2016): National Kvælstofmodel. Kvælstofpåvirkning af grundvand. GEUS. http://www.geus.dk/DK/water-soil/water-cycle/Sider/national_kvaelstofmodel-dk.aspx

² 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. DJ F PLANT SCIENCE NO. 139 • december 2008

³ Blicher-Mathiesen, G., Rasmussen, A., Rolighed, J., Andersen, H.E., Jensen, P.G., Wienke, J., Hansen, B. & Thorling, L. 2015. Landovervågningsoplande 2014. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 150 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 164 <http://dce2.au.dk/pub/SR164.pdf>

⁴ Knudsen, L. og Piil, K. (2015): Foreløbige resultater af landbrugets drænvandsundersøgelse 2011-2014. Planteavlsoverretning – 215. Landbrugsinfo. https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Goedskning/Naeringsstoffer/Kvaelstof-N/Kvaelstofudvaskning/Sider/forelobige-resultater-draenvandsundersogelse_pl_po_14_215.aspx

⁵ Knudsen, L. (2016): Upward revision of restrictions on nitrogen applications i Denmark. International Fertiliser Society, Proceeding No. 796

⁶Jensen, P.N., Blicher-Mathiesen, G., Rolighed, J., Børgesen, C.B., Olesen, J.E., Thomsen, I.K., Kristensen, T., Sørensen, P. & Vinther, F.P. 2016. Revurdering af baseline. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 60 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 6 <http://dce2.au.dk/pub/TR67.pdf>

⁷Miljøstyrelsen, By- og Landskabsstyrelsen, Fødevarerhverv og Plantedirektoratet (2008): Afrapportering fra arbejdsgruppen for evaluering af virkemidler til reduktion af kvælstofudvaskning samt øvrige kvælstofrelaterede indsatser i VMP III aftalen. Vandmiljøplan III midtvejsevaluering 2008. http://www.vmp3.dk/Files/Filer/Gennemfoerelse/Evaluering/Microsoft_Word_-_Afrapportering_fra_arbejdsgruppen_kvaelstof_generelt_PDF.pdf

⁸Pedersen, C.A. (2016): Kvælstofpåvirkning af grundvand. Planteavlsoverblik 1001. https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Goedskning/ekstra_kvaelstofkvote/Sider/pl_po_16_1001_3076.aspx

⁹Hansen, B., Schullehner, J., Sigsgaard, T., Nitrat. Geoviden, Geologi og geografi, 04, 2014