

Nitratudvaskning på markniveau

Udvaskning af nitrat fra rodzonen skal i MapField gives som input til en grundvands- og oplandsmodel. Denne model skal på forskellig skala beregne nitratreduktion under vand og nitrats transport fra marker til vandløbet i fire LOOP oplande. Til beregning af nitratudvaskning og usikkerhed anvendes NLES5 modellen for hver dyrket mark i perioden 1991-2016.

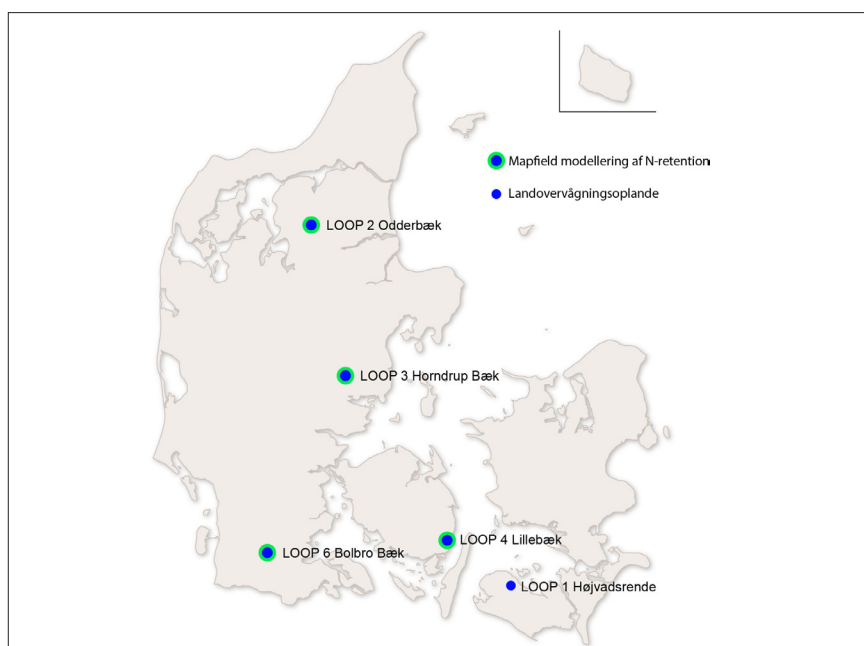
GITTE BLICHER-MATHIESEN, JIAN WIENKE, MIKKEL BOEL & RASMUS RUMPH FREDERIKSEN

Under vandets og nitrats strømningsvej gennem mættede grundvandsmagasiner sker der en nitratomsætning i iltfrie miljøer. For at kunne beregne nitratomsætning skal en grundvandsmodel have input for hvor meget nitrat der udvaskes fra hver enkelt mark, skov og andet natur. Til beregning af nitratudvaskning for hver mark i fire LOOP oplande, blev NLES5 modellen anvendt for det dyrkede areal. For skov, tør natur såsom heder og overdrev anvendtes middeltal for danske målinger af nitratudvaskning. For hver marker er der desuden gennemført en usikkerhedsberegning af nitratudvaskningen med 1.000 realisationer, der kombinerer usikkerheder på input parametrene for gødning, afgrøder, perkolation og jordparameter samt parameterestimaterne der indgår i NLES5 modellen.

LOOP overvågning

Landovervågningen er en del af det nationale NOVANA overvågningsprogram, som startede i 1990 /1/. Heri gennemføres intensive målinger af nitratkoncentrationer i jordvand, drænvand, grundvand og vandløb i fem små landbrugsdominerede oplandet fordelt i landet. Desuden indhentes detaljerede dyrkningsdata for tilførsel af gødning og afgrødedække for hver enkelt mark i hvert opland.

De indsamlede dyrkningsdata gør det muligt at modelberegne den årlige nitratudvaskningen for hver mark i oplandene for perioden 1991-2016. I MapField modelberegnes nitratreduktion i grundvand i fire af de fem LOOP oplande (figur 1) /2/. Den årlige nitratudvaskning beregnes med NLES5 modellen,



Figur 1. Placering af fem LOOP oplande.

som er en empirisk funderet model se boks 1.

Den gennemsnitlige NLES5 beregnede nitratudvaskning for perioden 1991-2014 er sammenholdt med tilsvarende gennemsnit for målte udvaskning i de fem LOOP oplande. Både gennemsnitlig NLES5 og målt nitratudvaskning og afstrømningsvægtet nitratkoncentration er højest for de to sandjordsoplande i Himmerland, LOOP 2 og Sønderjylland, LOOP 6 og mindre for de lerjordsdominerede oplande i Østjylland, LOOP 3 og Sydfyn, LOOP 4 lavest for Højvads Rende, LOOP 1 (figur 2). NLES5 modellen rammer rimelig godt den gennemsnitlige målte nitratudvaskning og de målte afstrømningsvægtede nitratkoncentrationer for årene 1991-2014 i hver af de fem landovervågningsoplande med en R^2 på henholdsvis 0,98 og på 0,78 (figur 2). Af figuren ses at afvigelsen mellem NLES5 og den målte udvaskning og koncentration er lille for

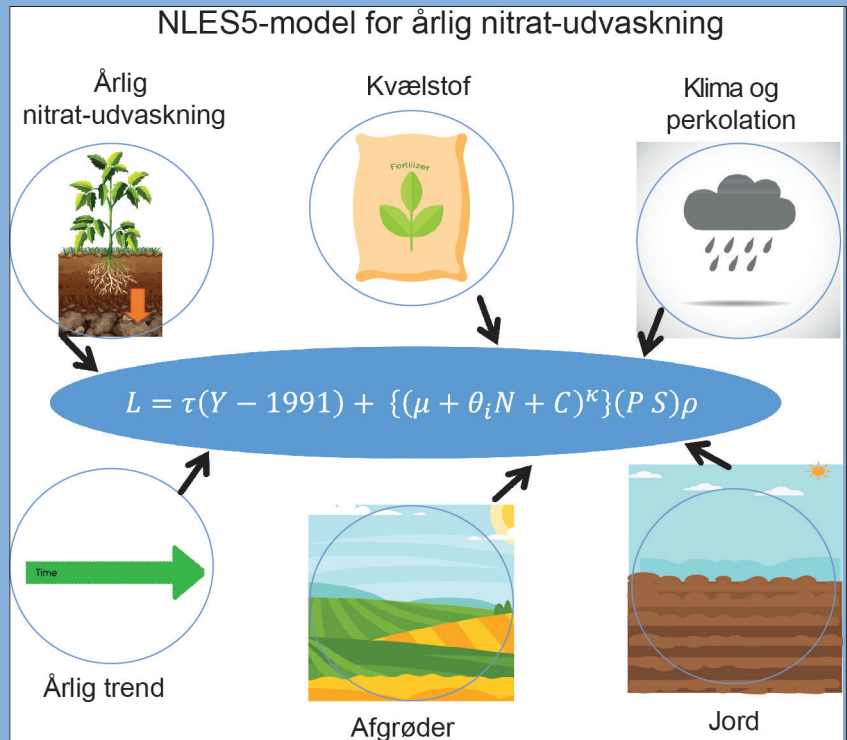
LOOP 2, 3 og 4 og lidt højere for LOOP 1 og 6. Generelt synes NLES5 modellen nogenlunde at kunne prædikere regionale forskelle i nitratudvaskning og afstrømningsvægtede nitratkoncentrationer, når disse som her evalueres over en periode på 23 år. De her viste måledata indgår som en del af kalibreringsdatasættet for NLES5 modellen og er derfor ikke en uafhængig validering af modellen. Validering af NLES5 modellen på uafhængige data er omtalt i boks 1.

Nitratudvaskning for hver mark

NLES5 modelleret nitratudvaskning og CV% er vist for de fire LOOP oplande med modellering af nitratreduktion i Mapfield for 1991 og 2016 i Figur 3. Af figuren ses at nitratudvaskningen er størst for de to sandjordsdominerede oplande i Himmerland, LOOP 2 og Sønderjylland, LOOP 6 og gradvis mindre for

Boks 1: NLES5 modellen

NLES5 modellen er en empirisk funderet model, der beregner den årlige nitratudvaskning. Modellen har en række parametre for tilført kvælstofgødning opdelt på uorganisk og organisk gødning samt afsat gødning under afgræsning, N-fiksering. Desuden er udvaskningen afhængig af en række af afgrødekombinationer, af vandafstrømning ud af rodzonen benævnt perkolation og jordens indhold af total N og humus /3/. NLES5 modellen er kalibreret på 2.053 observationer, hvor udvaskning er opgjort ud fra målte nitratkoncentrationer i jordvand og en modelberegnet perkolation. Af disse observationer indgår 629 observationer fra LOOP oplandene, hvor dyrkningspraksis er fra landmænd og de resterende observationer er fra forskningsforsøg. Modellen rammer den gennemsnitlige målte nitratudvaskning på 47 kg N/ha med en Root Mean Square Error (RMSE) på 30 kg N/ha og dækker variationen i kalibreringsdataene med en R² på 0,53. Modellens parameterestimater er krydsvalideret og selve modellen er valideret på 856 uafhængige data med en lidt lavere R² på 0,40 og en RMSE på 31 kg N/ha.



de lerjordsdominerede oplande i Østjylland, LOOP 3 og Sydfyn, LOOP 4. Desuden er de viste koncentrationer som forventet størst i 1991 og lavest i 2016. Den lavere nitratudvaskning er sket som følge af implementeret virkemidler som bedre opbevaringskapacitet af gødning, bedre udnyttelse af kvælstof i husdyrgødningen og flere efterafgrøder mv.

Usikkerhed opgjort som CV i % varierer fra 8-120 for marker med høj CV% ses for brak og afgrøder efterfulgt af ompløjet græs. For tør natur og skov udgjorde de CV% henholdsvis 70 og 202.

Trend i nitratkoncentration

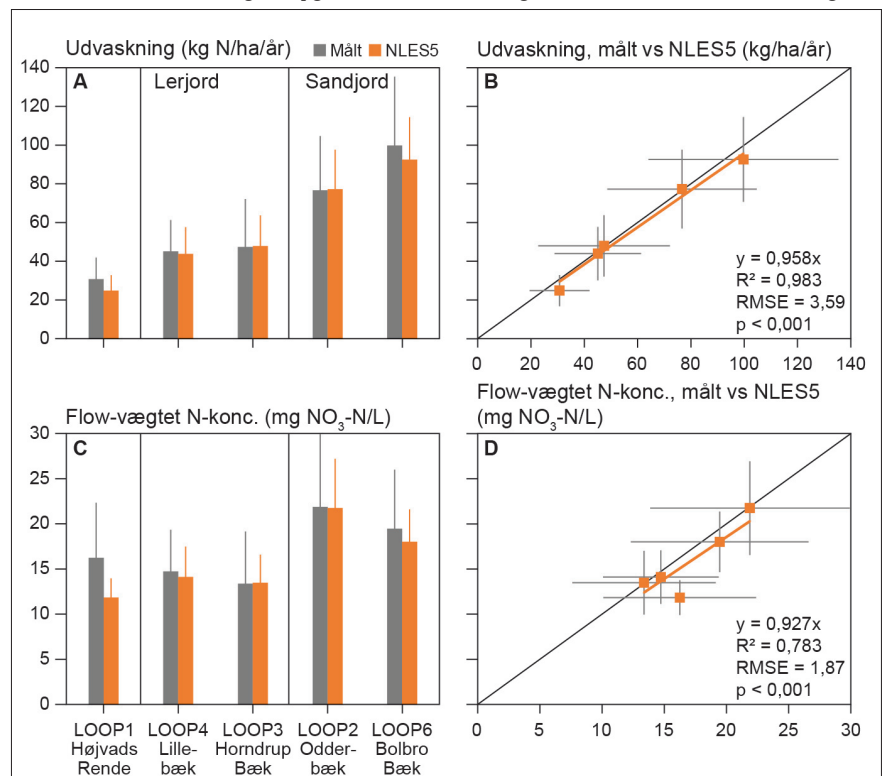
Årsmiddel og stdv. for NLES5 afstrømningsvægtet nitratkoncentration i rodzone og middel for målt afstrømningsvægtet total N i vandløb er vist i Figur 4. Årsmiddel er opgjort for agrohydrologiske år 1. april-31. marts for perioden 1991/92-2016/17 for hver af de fire LOOP oplande, der indgår i MapField. Stor forskel i årsmiddel nitratkoncentration for rodzone og total N i vandløb ses i de to sandjordsoplande og relativ mindre forskel i de to lerjordsoplande. Dette indikerer en større nitratomsætning i de to sandjordsoplande end i de to lerjordsoplande.

Konklusion

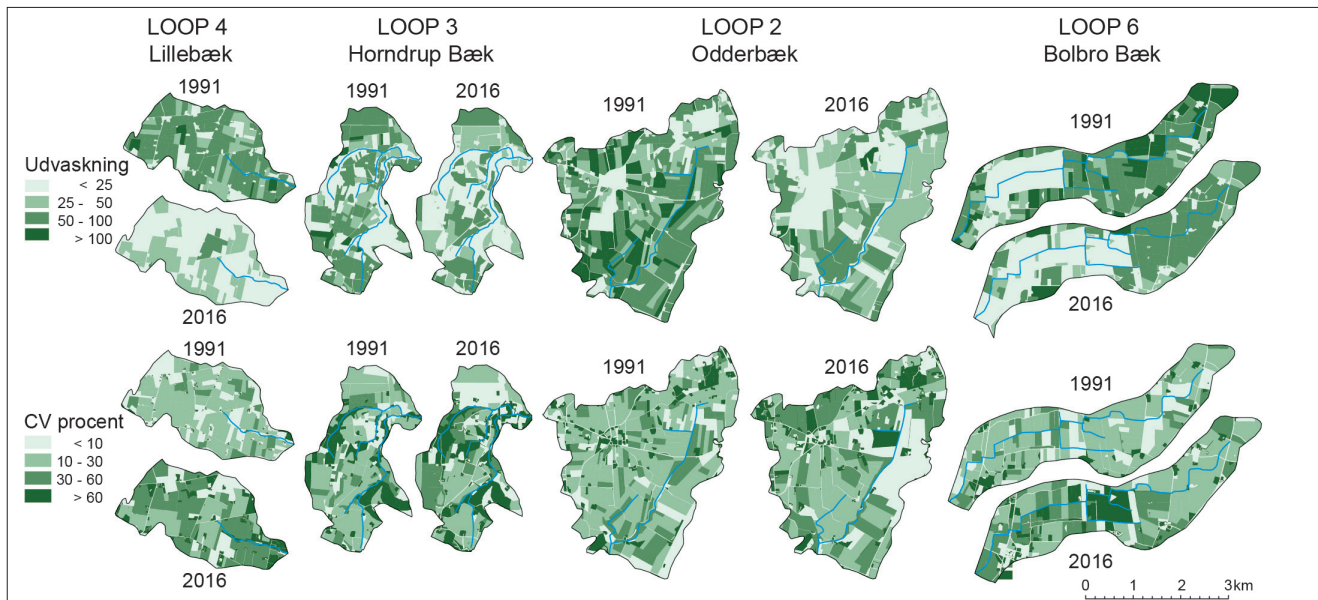
De modelberegne udvaskningsdata for hver enkelt mark i LOOP oplandene gør det muligt

at gennemføre en detaljeret beregning af vand og nitratens strømningsveje og omsætning fra mark til vandløb. Tilsvarende data findes ikke i de landsdækkende landbrugsdatasæt. Med markdata er det muligt at opgøre

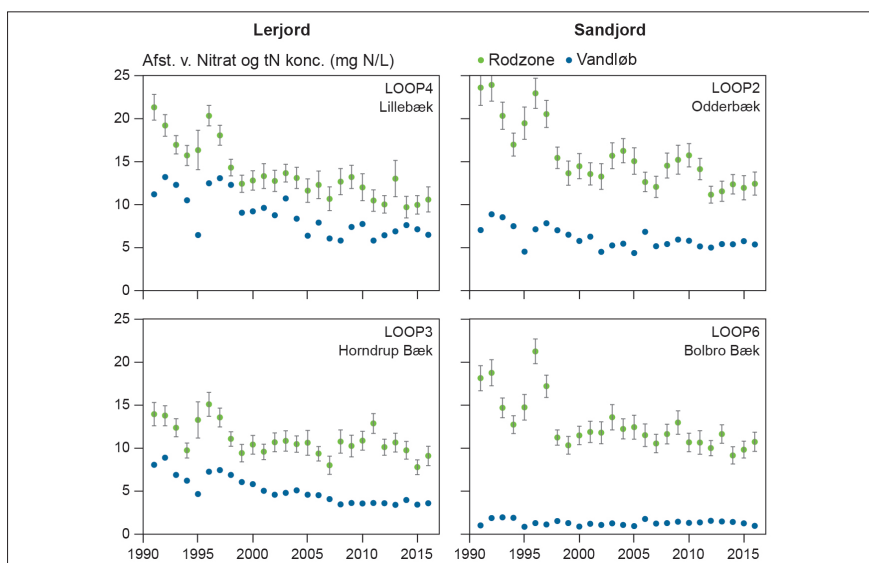
nitratudvaskningen med god præcision på markskala og herved styrke grundlaget for N-retentions beregninger på fin skala. Ved placering af mark N virkemidler som f.eks. efterafgrøder er lokale N retentions beregnin-



Figur 2. Middel og stdv. for målt og NLES5 beregnet nitratudvaskning opgjort for fem LOOP oplande (A) og relation imellem disse (B). Afstrømningsvægtet nitratkoncentration (C) og relation mellem disse (D). Data er for perioden 1991-2014.



Figur 3. Markspecifik NLES5 modelleret nitratudvaskning (kg N/ha) og CV% for fire LOOP oplande i de to år 1991 og 2016.



Figur 4. Årsmiddel og stdv. For NLES5 afstrømningsvægtet nitratkoncentration i rodzone og middel for målt afstrømningsvægtet total N i vandløb opgjort for agrohydrologiske år 1991/92-2016/17 for fire LOOP oplande.

Boks 2: Usikkerhed på NLES5 estimeret udvaskning

Markov Chain Monte Carlo blev anvendt til at beregne usikkerhed på NLES5 beregnet nitratudvaskning. Hertil anvendes standardafvigelse, samt en kovariansmatrice for NLES5-modellens modelparameter, som blev estimeret ved kalibrering af modellen. Herudover er der tilføjet variation på selve NLES5-modellens inputparametre. Variation på gødningsinput, jordens total N indhold i pløjelaget samt perkolations parametrene indgik med en variationskoefficient (CV) på 10%, som blev omregnet til standardafvigelse. N-fiksering og jordens lerindhold indgik med en CV% på henholdsvis 30 og 45. Kovariansmatricen og den optimerede parameter værdi blev brugt til tilfældigt at generere 1.000 parametersæt og udregne 1.000 NLES5 estimater for nitratudvaskning for hver enkelt mark. Parametersættene blev samlet fra en trunkeket multivariat-normalfordeling, med det nedre og øvre trunkeeringspunkt sat til 3 gange standardafvigelsen fra den estimerede parameter værdi. Dette giver en fordeling for nitratudvaskning, der tilnærmelsesvis følger en normalfordeling og dækker hele parameter rummet, mens korrelationen mellem parametrene opretholdes. Standard afvigelsen af de 1.000 estimater, er brugt som et mål for usikkerheden for den estimerede nitratudvaskning. Analyserne blev udført i Python 3.8.10 med link til R-softwaren v.4.2.1 (R Development Core Team, R Foundation for Statistical Computing 2018), ved hjælp af tmvtnorm-pakken /4/. Den anvendte CV for perkolations på 10% svarer til CV% for perkolations beregnet for forskellige typejord for hver LOOP opland.

ger med tilhørende usikkerheds beregninger en af flere faktorer til en optimering af virkemidlets effekt på tabet til vandmiljøet. Hvis efterafgrøder etableres på marker med lav frem for høj N-retention vil der være større reduktion af nitrattransporten frem til vandløbet.

Referencer

- /1/ Blicher-Mathiesen, G., Holm, H., Houlborg, T., Rolighed, J., Carstensen, M.V., Jensen, P. G., Wienke, J., Hansen, B., og Thorling, L., 2019: Landovervågningsoplade 2017. NOVANA.
- /2/ Frederiksen, R.R., Christiansen, A.V., Blicher-Mathiesen, G., og Hansen, G. 2022. Et grundvandsretentionskort på lokal skala. Vand & Jord, nr 4, s. 156-159
- /3/ Børgesen C.D., Pullens J. W, Zhao, J., Sørensen P., Blicher-Mathiesen G. og Olesen J.E. 2022: NLES5 - An empirical model for estimating nitrate leaching from the root zone of agricultural land. European Journal of Agronomy 134, 126465.
- /4/ Wilhelm, S., Manjunath, B.G. 2015. tmvtnorm: Truncated Multivariate Normal and Student t Distribution. R package version 1.4-10.

GITTE BLICHER-MATHIESEN (Gbm@ecos.au.dk) er seniorrådgiver, JIANLIAN WIENKE (Jw@ecos.au.dk) ingeniør, MIKKEL BOELS (Mibo@ecos.au.dk) biolog og RASMUS RUMPH FREDERIKSEN (Rumph@ecos.au.dk) geolog. Alle ved Aarhus Universitet, Institut for EcoScience