

Beskrivelse af det nødvendige vidensgrundlag i forhold til en fremtidig målrettet regulering efter de forskellige områders retentionskapacitet

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi
og DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Dato: 12. oktober 2012

Forfattere

Poul Nordemann Jensen, DCE
Gitte Blicher Mathiesen, BioScience
Jørgen Windolf, BioScience
Charlotte Kjærgaard, Agroøkologi
Christen Duus Børgesen, Agroøkologi
Finn P. Vinther, Agroøkologi

Rekvirent:

Natur- og Landbrugskommissionen
Antal sider: 14



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER FOR FØDEVARER OG JORDBRUG

Indhold

Læsevejledning	3
Resume - Problemstilling med kort svar	3
Introduktion	4
Nuværende situation	5
Forbedring af det nuværende niveau (2-3 år)	6
Dræn og drænaftømning	8
Opdateringsniveau 2 (vidensopbygning frem mod 3. generations vandplaner – forudsat at indsatsen påbegyndes snarest)	10
Referencer	14

Løsevejledning

Indledende og sammenfattende svares kort på de specifikke spørgsmål i bestillingen, efterfulgt af en kort beskrivelse af det nuværende N-reduktionskort fra 2007 (mindre opdateringer i 2009). Herefter følger en beskrivelse af hvilke opdateringer (opdateringsniveau 1), der er nødvendige for at kunne foretage en mere målrettet anvendelse af virkemidler på kort sigt (2-3 år). Endelig gives en beskrivelse af hvilken vidensopbygning der er nødvendig på længere sigt (4-10 år). Det skal her understreges, at for at opnå denne viden inden for de kommende 4-10 år skal de foreslåede aktiviteter igangsættes snarest.

Resume - Problemstilling med kort svar

Natur- og Landbrugskommissionen ønsker en redegørelse for retentionskortlægning som grundlag for en differentieret regulering af kvælstof. Notatet bedes redegøre for

- hvorvidt det er muligt at gennemføre en forbedret kvælstofretentionskortlægning, der omfatter hele landet?

Svar: Ja, både på den korte og lange bane.

- med hvilken detaljeringsgrad for kvælstofretention en opdateret kortlægning vil kunne gennemføres?

Svar: På den korte bane til gennemsnitligt ca. 1500 ha enheder. På den lange bane formentlig på mindre enheder – usikkert om det kan skaleres helt ned på markblokniveau med en blot nogenlunde acceptabel usikkerhed.

- behovet for indhentning af nyt/forbedret datagrundlag som forudsætning for udarbejdelse af en forbedret retentionskortlægning, herunder data om afstrømningsforhold, dræning, jordbundsforhold m.m.

Svar: Er beskrevet nedenfor.

- hvorvidt en opdateret retentionskortlægning kan omfatte både retention, i vandløb og søer, oversvømmelser, vådområder m.v.

Svar: De nævnte elementer vil indgå i en opdateret N-retentionskortlægning.

- hvorvidt usikkerheden ved opgørelse af retention kan estimeres (både grundvand og overfladevand), evt. koblet til detaljeringsgraden.

Svar: Hvorvidt usikkerheden kan estimeres på alle reduktionsprocesser i en N-retentionskortlægning er uvist, men det vil være muligt for en del af elementerne.

- hvordan en retentionskortlægning kan kobles med principperne for en kortlægning for en sårbarhed for recipienter og dermed danne grundlag for en sårbarhedskortlægning.

Svar: Med den skitserede detaljeringsgrad på kort sigt vil en opdateret N-retentionskortlægning kunne kobles direkte til de 23 vandoplande, der udarbejdes vandplaner til (som det jo også var tilfældet i første generation, men

med mindre detaljeringsgrad) samt på en lang række mindre vandområder (bugter, nor osv.). Det bør dog understreges, at jo mindre oplande, man opererer i, jo større vil usikkerheden blive.

Endvidere bedes notatet redegøre for behovet for viden om

- drænafstrømning og drænoplande med henblik på en effektiv placering af virkemidler som konstruerede vådområder

Svar: Er beskrevet i notatet.

- retention i lavbundsarealer, herunder særligt potentialet ved ekstensive- ring af tørveholdig lavbund.

Svar: Er beskrevet i notatet.

Notatet bedes indeholde oplysninger om

- tidshorisont og omkostningsniveau for udarbejdelse af en forbedret re- tentionskortlægning afhængig af mulig detaljeringsgrad opdelt i en kort- lægning til brug for de kommende vandplaner samt til brug for en kort- lægning på længere sigt.

Svar: Der er i notatet beskrevet mulige optimeringer af værktøjet indenfor en tidsfrist på 2-3 år (forudsat projekterne igangsættes meget snart) og på en længere bane (4-10 år, dvs. til 3. generations vandplaner).

Omkostningerne på den korte bane er med stor usikkerhed estimeret til i alt ca. 75 AC måneder og 52 TAP måneder over 2-3 år.

Omkostninger på langt sigt er ikke estimeret.

- evt. krav til fremtidig vedligeholdelse, opdateringer osv.

Svar: Er formentlig begrænsede

- evt. krav til brugerflader, drift m.m.

Svar: Afhænger af hvem brugerne er, men såfremt systemet skal være til- gængeligt for en større brugerskare (Ministerier, konsulenter, organisatio- ner, kommuner??), må der forventes betydelige investeringer i brugerflade osv. – en investering, der ikke er estimeret i notatet. Der bør overvejes br- ugerbetaling.

Introduktion

Natur- og Landbrugskommissionen (NLK) har som en del af sit arbejde en opgave med at se på en fremadrettet mere fleksibel regulering. Som grund- lag for en mere fleksibel og målrettet regulering af landbrugets næringsstof- påvirkning af vandmiljøet er der blandt andet behov for viden om mulighe- den for at målrette reguleringen efter de forskellige områders retentionska- pacitet og vandområders sårbarhed såvel på kort sigt til brug for den kommende generation af vandplaner samt på længere sigt. I bestillingen an- føres en række konkrete spørgsmål. Endvidere bedes notatet redegøre for behovet for viden om drænafstrømning og drænoplande med henblik på en effektiv placering af virkemidler som konstruerede vådområder samt behov for viden om retention i lavbundsarealer, herunder særligt potentialet ved

ekstensivering af tørveholdig lavbund. Notatet bedes indeholde oplysninger om tidshorisont og omkostningsniveau for udarbejdelse af en forbedret retentionskortlægning afhængig af mulig detaljeringsgrad opdelt i en kortlægning til brug for de kommende vandplaner samt til brug for en kortlægning på længere sigt, herunder evt. krav til fremtidig vedligeholdelse, opdateringer osv. samt evt. krav til brugerflader, drift m.m.

Der er en række perspektiver i en mere sikker og detaljeret N-retentionskortlægning som

- bedre mulighed for en korrekt dosering og beregning af effekter af virkemidler
- mulighed for omkostningseffektiv indsats i forhold til f. eks. vandplaner
- anvendelse i forbindelse med godkendelser af husdyrbrug.

En differentieret og målrettet placering af virkemidler indenfor de enkelte vandoplande har gennem hele processen med 1. generations vandplaner været et centralt punkt stort set alle aktører og dermed et udbredt ønske og behov.

Rammerne for en fremtidig differentieret sårbarhedsregulering bør ideelt omfatte retentionskortlægning på flere skalaer med en trinvis tilgang:

Nuværende situation: Anvendelse af eksisterende retentionskortlægning på niveau med 1. generations vandplaner

Opdateringsniveau 1. Der udarbejdes en forbedret version af det nuværende N-reduktionskort med en betydeligt bedre arealmæssig opløsning samt en tilknyttet usikkerhedsfaktor. I opdateringsversion 1 undersøges det om det er muligt at differentiere mellem højbunds- og lavbundsjord.

Opdateringsniveau 2. For deloplande/områder med lavt retentionspotentialer laves en differentiering på ideelt set markblok niveau på basis af den viden, der opnås på længere sigt. Her beskrives flere tilgange i forhold til at muliggøre en endnu mere differentieret regulering.

Det kan være nødvendigt at involvere andre forskningsinstitutioner end DCE og DCA. Desuden vil det være nødvendigt indenfor bestemte områder med et forpligtende samarbejde fra Naturstyrelsens decentrale enheder for at sikre et kvalitetssikret datagrundlag, konsistens til de værktøjer, der anvendes i planlægningen m.m.

Nuværende situation

Det nuværende N-reduktionskort fra 2007/09 er baseret på modelberegnet udvaskning fra rodzonen og målinger af N-transport i vandløb. På baggrund heraf er der for en række vandoplande beregnet et forhold mellem kvælstof udvasket fra rodzonen og kvælstof transporteret i vandløbet fra diffuse kilder med hensyntagen til N retentionen i overfladevand. Opgørelser over N retentionen er lavet på denne måde for ca. halvdelen af landets areal. Det er ikke indenfor de enkelte af disse vandoplande lavet en differentieret opgørelse af N retentionen. For den resterende halvdel af landets areal er den samlede N retention ved kortlægningerne i 2007 og 2009 beregnet med en model. N retentionen er ved disse 'gamle' opgørelser fordelt på en reduktion i grundvand, hvortil der blev lagt den reduktion der blev beregnet i ferskvand (vandløb og søer). Således er reduktionskoefficienterne for op-

lande beregnet som en sum af reduktionen mellem rodzonen og vandløb, og reduktionen i vandløbssystemet frem til havudløbet. Denne tilgang er dokumenteret i Blicher-Mathiesen et al. (2007) og baseres for de målte vandløbsopland på forholdet mellem rodzoneudvaskningen opgjort på kommuniveau og på målinger af transporten i vandløbet.

Til vandplanarbejdet blev der for alle større afstrømningsoplande udarbejdet et kort med estimerede N-reduktionsprocenter fordelt på deloplande til op og nedstrøms 'nederste' sø mod havet (i alt knap 500 oplande). N-reduktionen varierer fra oplande med over 80 pct. til andre oplande med under 40 pct. Beregninger af retentionen indenfor vandoplande gennemført i forskellige projektsammenhænge viser, at N-reduktionen kan variere meget inden for de enkelte områder selv indenfor kortere afstande (Kronvang et al., 2008; Windolf et al., 2012). Det nuværende N-reduktionskort er opgjort på forholdsvis grov skala i 3 intervaller på 0-50, 50-75 og 75-100 pct. både for forholdsvis store målte oplande og mange små umålte oplande. Den grove skala er primært relateret til den usikkerhed der er knyttet til N-reduktionen beregnet i de umålte oplande.

Forbedring af det nuværende niveau (2-3 år)

På kort bane må et forbedret grundlag for regulering bygge videre på den oprindelige metode som anvendt i 2007/09 versionen. Der søges dog udvidet til i alt ca. 3000 deloplande, hvor den samlede N-retention søges beregnet fordelt på såvel grundvand som fersk overfladevand. Der søges inddraget og tilvejebragt ny viden om såvel ferskvandsafstrømningen, kvælstofledningerne fra de dyrkede arealer og udyrkede arealer samt retentionen i de enkelte dele af ferskvandskredsløbet mod de danske fjorde og kystnære områder.

Der tilvejebringes estimater over de usikkerheder der er forbundet med de forskellige retentions processer (procenter) og variationen heri.

Yderligere kan – i de enkelte deloplande - forsøges på forskellig vis at fordele N retentionen på områder med potentielt høj og lav N-reduktion ud fra ny viden omkring jordbunden, underliggende geologi, evt. oplysninger fra boringer om det øvre grundvandsspejls beliggenhed, som alle påvirker vand- og stof-strømme samt påvirker reduktionsforhold i dybere jordlag inden for oplandene. Sidstnævnte aktivitet kan med fordel placeres i særskilt projekt i 2-4 testoplande. I de nedenstående afsnit foreslås en række områder der enkeltvis kan forbedre grundlaget for et nyt N reduktionskort.

Det er væsentligt at fastslå at en forbedring af det nuværende N-reduktionskort ikke muliggør regulering på markblok niveau.

Det er – specielt visse steder – nødvendigt i arbejdet at søge at tage højde for og kvantificere den tidsforsinkelse der kan være fra at der sker ændringer i N-udvaskningen fra rodzonen til effekten heraf er slået igennem i N tilførslen med vandløb til de enkelte fjorde/kystnære områder.

Det skal endvidere pointeres, at den beskrevne opdatering og udvikling er baseret på, at der er 2-3 år til rådighed. Eftersom dead-line for 2. generation vandplaner ligger fast ved udgangen af 2015 (men udkast i offentlig høring med udgangen af 2014), er det afgørende at arbejdet sættes i gang snarest muligt, hvis alle opgaverne skal kunne nås.

Beregning af N-udvaskning

En beregning af kvælstofudvaskningen fra rodzonen mod dræn og vandløb fra såvel dyrkede som udyrkede arealer er grundlæggende som input til beregning af kvælstof retentionen. Det er derfor også afgørende for en optimeret retentionskortlægningen at dette input-led kvalificeres og dokumenteres tilstrækkeligt. Herunder at der dokumenteres hvilken nedbør og vandbalance (perkolation) der er anvendt i beregningerne.

I det nuværende N-retentionsværktøj er udvaskningen beregnet med en model N-LES3 på kommuneniveau. Her er der anvendt kommunestatistikker for bedriftstyper og arealanvendelse skaleret til kommunen ud fra amtsstatistikker. Der er i mellemtiden udarbejdet en opdateret model N-LES 4, og landbrugsdata er nu tilgængelige på bedriftsniveau, der kan kobles til markblokniveau. Modellen bruger desuden 10 km grid nedbørsdata hvor den oprindelige beregning baseres på seks klimazoner for Danmark. Ved at bruge bedriftsdata koblet med mere præcise jordbundsdata og klima data øges præcisionen af beregningerne fra amt/kommune til bedrifts/markblok-niveau. NLES4 modellen kan opdateres yderligere med en ny vandbalance i forbindelse med en opgave vedr. udvaskningsberegninger til brug for evaluering af implementeringen af Nitratdirektivet, samt anvendes mere distribueret end NLES3 modellen oprindeligt blev anvendt.

Der er stadig en række uhensigtsmæssigheder i modellen, hvorfor der ideelt set bør gennemføres en grundlæggende opdatering til en N-LES 5. Hvis arbejdet iværksættes snarest er det muligt at have en opdateret NLES model inden for en tidsramme på 1½- 2 år.

Gødningspraksis og arealanvendelse

Opdatering af udvaskningsberegninger til brug i et nyt N-reduktionskort for hele perioden fra 1989 og frem til i dag vil kræve en videreudvikling og opdatering af metoden for gødningsanvendelse og arealanvendelse anvendt i midtvejsevalueringen af VMPIII (Børgesen et al., 2009). Metoden skal tilpasses til at anvende både amtsdata for gødskning og sognedata for arealanvendelse, dyretæthed og bedriftsstørrelse.

Reduktion mellem rodzonen og vandløbskant (grundvandsretention)

I det eksisterende oplandsrelaterede N-reduktionskort er det ca. halvdelen af arealet der er baseret på målinger af den diffuse N-transport til vandløb. Opdateringer vedr. N-reduktion mellem rodzone og recipient omfatter følgende:

- 1) indarbejdelse af det vandløbsnetværk med tilhørende topografiske oplande, som i dag anvendes i Vandplanerne,
- 2) tilvejebringelse af tilstrækkelig geografisk differentieret vandafstrømning i vandløb og nettovandbalancer for de enkelte oplande (polygoner)
- 3) opdatering med nyere måleserier af vand- og kvælstoftransporter i vandløb og modelberegnet N-udvaskning, jf. ovenfor,
- 4) analyser vedr. tidsforsinkelse mellem udvaskning fra rodzonen og udledning til vandmiljø.

Lavbundsarealer

For lavbundslande er denitrifikationen/N-reduktionen, der foregår i rodzonen ikke en del af oplandenes N-reduktion i N-reduktionskortet. Det betyder at oplande med meget lavbund/tørvejord godt kan have en lav N-reduktion i N-reduktionskortet, mens disse arealer i virkeligheden er forholdsvis robuste mht. N-udledning til havet, idet der foregår en stor N-reduktion i rodzonen. Dette aspekt skal udredes og indarbejdes i et nyt opdateret N-reduktionskort.

Dræn og drænafstrømning

Afstrømning via dræn direkte til vandløb hindrer den naturlige nedsivning til grundvand og dermed potentialet for N-reduktion via grundvandstransporten. Dræning af jorden er dog ikke en indikation for at afstrømning via dræn er kvantitativt betydende. Analyse af danske drænafstrømningsdata for 19 mindre systemdrænedede drænoplande (jordtype JB5, JB6 og JB7) viser, at andelen af vinternedbør der afstrømmer via dræn varierer mellem 10 og 90% (iDRÆN-projektet, 2012). I forhold til videreudvikling af det nuværende reduktionskort (opdateringsniveau 1) er en kvantificering af drænafstrømningen ikke afgørende, da N-reduktionen opgøres som differens mellem den beregnede N-udvaskning fra rodzonen og den faktiske N-transport i vandløbet. Reduktionskortet afspejler således netto omsætningen af kvælstof, men fortæller ikke noget om de underliggende processer (reduktion i rodzonen, transport via dræn, transport og reduktion i grundvand). I forhold til målet om et fremtidigt mere detaljeret reduktionskort evt. på markblokniveau er en kvantificering af drænafstrømningen imidlertid meget afgørende og tilsvarende er prædiktions af drænafstrømningen en væsentlig forudsætning for en omkostningseffektiv placering af virkemidler målrettet dræntab (se opdateringsniveau 2).

Kortlægningen af drænedede arealer er imidlertid mangelfuld og det vil være en længerevarende (> 3 år) opgave at få en mere tilstrækkelig kortlægning. Usikkerheden knytter sig specielt til de mere sandblandede lerjorde. De mere lerede jorde er med stor sikkerhed drænedede og vil derfor kunne indgå i retentionsværktøjet. Det bør derfor overvejes hvorledes opdaterede potentielle dræningskort koblet med jordbundstyper, topografi kan inddrages i et retentionsværktøj allerede indenfor en 2-3 år periode. Nuværende potentielle dræningskort vil være et godt udgangspunkt for arbejdet med en nyklassificering af drænedede arealer til brug i retentionsværktøjet.

Reduktion mellem vandløbskant og kyst (overfladevandsretention)

For at optimere beregning af kvælstoffjernelsen i overfladevand er det nødvendigt at indarbejde N-reduktion i reetablerede vådområder (herunder at få kortlagt nye områder), revurdere modeller for N-fjernelse i søer og vandløb samt udvikle model for N-reduktion ved oversvømmelse og indarbejde dette i den samlede N-reduktion for et opland.

Nye tiltag i form af ændret vedligeholdelse, restaurering i vandløb m.m. skal vurderes i forhold til en evt. ændret overfladevandsretention.

Skalering

Det grundlag, der er anvendt i vandplanerne, bygger på retentionsestimater på knap 500 delområder dækkende hele landet eller i gennemsnit ca. 1000

km²/område. Retentionerne er inddelt i 3 klasser 0-50 %, 51-75 % og 76-100 %.

Det kunne være en målsætning indenfor en 2-3 års horisont på baggrund af supplerende data fra vandløbsmålinger og modellerede data m.m. at opnå en inddeling i op til 3000 delområder, eller et gennemsnit på ca. 15 km² (1500 ha). Det ville kunne give mulighed for en betydeligt mere detaljeret fordeling af virkemidler. Retentionerne (%) søges angivet med konkrete hel-tal med tilknyttet usikkerhedsinterval.

Usikkerheder

Usikkerheden afhænger i høj grad af den ønskede detaljeringsgrad – jo større detaljering, jo større usikkerhed. Det vil derfor være en politisk/administrativ beslutning, hvilken usikkerhed der vil være acceptabel. En opdatering af N-retentionskortet bør derfor indeholde en usikkerhedsvurdering på alle de delelementer, hvor det er muligt og relevant, bl.a. i form af kontrolmålinger af vand- og kvælstoftransport i stikprøver af de 3000 deloplande.

Brugerflade m.m.

Såfremt der igangsættes en opdatering af N-retentionskortet, bør det meget tidligt i forløbet tages stilling til, om og i hvilken grad et sådant værktøj skal være tilgængeligt for en større kreds (f. eks. konsulenter, organisationer m.m.). Tilrettelæggelse af arkitekturen og øvrig opbygning bør derfor reflekteres fra starten og ligeledes en definering af en brugerflade.

Dette element er ikke beskrevet nærmere og dermed heller ikke ressourceat

Vedligehold

For nogle af delelementerne vil der løbende komme nye data, som bør implementeres i værktøjet (nye vådområder, ændret vedligeholdelse osv.).

Omkostninger

Det skal understreges, at nedenstående omkostningsestimat er usikkert og kan kun bruges vejledende. Der kan også i den kommende tid være en udvikling (f. eks. på stofopgørelser) som vil kunne bidrage til opgaveløsningen og derved mindske omkostningerne. Omvendt kan der være delelementer, som ved en nærmere beskrivelse viser sig mere komplicerede og dermed mere ressourcekrævende eller der kan være enkeltelementer, som i første omgang ikke er medregnet..

Delelement	Mandmåneder, AC	Mandmåneder, teknikere Drift
Arkitektur i red. Kort	3	8
Videreudvikling af N-LES modellen	12-15	
Udvaskningsberegninger	7	5
Grundvandsretention	39	35
Overfladevandsretention	11	4
Dræning	Ikke ressourceat	Ikke ressourceat
Skalering	indeholdt	Indeholdt
Usikkerheder	indeholdt	Indeholdt
Projektstyring, buffer m.m. 10 %	6	5
Vedligehold ???	Ikke ressourceat	Ikke ressourceat

1 mm, AC = 150.000 kr. ekskl. moms, 1 mm, TAP = 100.000 kr. ekskl. moms.

Der er i dette estimat ikke taget stilling til udførende institutioner, men langt det meste kan gennemføres på Aarhus Universitet.

Opdateringsniveau 2 (vidensopbygning frem mod 3. generations vandplaner – forudsat at indsatsen påbegyndes snarest)

Udgangspunktet for en fremtidig mere differentieret sårbarhedskortlægning skal/bør baseres på en bedre forståelse af reduktionskapaciteten i alle transportelementer fra mark til recipient og potentialet for reduktion bør derfor differentieres i henhold til potentialet for (i) reduktion i rodzonen, (ii) reduktion fra udløb af rodzonen til vandløbskanten, og (iii) reduktion i overfladevand (vandløb, søer, vådområder).

Det nuværende N-reduktionskort fra 2007/09 er baseret på forholdet mellem den modelberegnete udvaskning fra rodzonen og hvad der faktisk transporteres i vandløbet (målte oplande). Dette estimat fortæller principielt ikke noget om hvor i kæden mellem mark og vandløb reduktionen sker. Begrænsningen i forhold til en mere differentieret sårbarhedskortlægning er grundlæggende baseret på manglende viden om hvor i kæden reduktionen sker, og dernæst mangel på data der muliggør en mere detaljeret kortlægning. Strategien for en mere målrettet regulering kan tage udgangspunkt i såvel reduktionspotentialet i rodzonen med udgangspunkt i en jordtype-landskabelement tilgang, samt en forbedret beskrivelse af transporten fra udløb af rodzone til vandløb herunder afstrømning via dræn samt forbedret beskrivelse af grundvandstransporten.

Reduktionskapacitet i rodzonen – jordtype-landskabelement tilgang

Baggrund

Et potentielt betydende og hidtil overset bidrag til den naturlige N-reduktion er fx den kvantitative betydning af reduktionsprocesser i rodzonen i bestemte kombinationer af jordtyper/landskabelementer. Det er velkendt at mange danske jordtyper er karakteriseret og klassificeret på baggrund af naturligt forekommende reduktionsprocesser i den nedre del af rodzonen over drændybde. Der er tale om jorde med gley eller pseudo-gley karakteristika i dele af jordprofilen. To overordnede forhold kan forklare forekomsten af reducerede zoner i rodzonen:

I: Generelt øges jordens naturlige fugtighedsgrad (wetness index) ned langs en hydro-topografisk gradient, idet grundvandsspejlets beliggenhed i forhold til jordoverfladen gradvist stiger.

Dræning af jorden sænker grundvandsspejlet, men jordprofilanalyser vidner om at der forekommer reduktionsprocesser i den kapillære zone over drændybden. Omfanget af reduktion i rodzonen langs en hydro-topografisk gradient forventes at afhænge af jordtype (tekstur, kulstofindhold, jordtypologi), samt omfang af dræning (dybde og afstand). Det ultimative potentiale for reduktion i rodzonen ses i kulstofholdige lavbundsborde, hvor jordprofilanalyser vidner om reducerende forhold.

II: En betydelig del af de danske moræne lerjorde er karakteriseret ved lerakkumulering i underjorden (såkaldte Btg horisonter) . Karakteristisk for disse jorde er at lerakkumuleringen i B-horisonten ofte medfører lokal vandmætning og reducerede forhold. Dette ses i forbindelse med jordprofilanalyser ved at strømningsveje i form af makroporer, sprækker og rodgange er stærkt reducerede (fri for jern), mens matricen er karakteriseret ved ud-

fældninger af oxideret jern. Disse jorde har periodisk reducerede forhold som følge af begrænset infiltrationskapacitet, og klassificeres som pseudo-gley jorde. Det må forventes at der på disse jordtyper er en kvantitativt betydende reduktionskapacitet. Dræning er på sådanne arealer meget afgørende for risikoen for N tab fra arealet, idet makroporer med afløb via dræn forventes at være oxyderede zoner uden reduktionspotentiale, mens makroporer mellem dræn typisk kan identificeres som reducerede zoner (porer med pseudo gley karakteristika) og betydende reduktionskapacitet. Risikoarealet for et landbrugsareal på pseudo-gley jordtype og med en drænfstand på 20 m kan potentielt være på 5 % af landbrugsfladen. En analyse af omfanget af reduktionskapaciteten i rodzonen kan potentielt få stor betydning i forhold til muligheden for en mere målrettet regulering.

Perspektiver

Vi har kendskab til at naturlige reduktionsprocesser foregår i flere af vores jorde, men den kvantitative betydning har aldrig været undersøgt, og eksisterende rodzonemodeller kan ikke beskrive reduktionskapaciteten i jordprofilen. Viden om omfanget af aktive reduktionsprocesser i en jordtype/landskabelement sammenhæng vil potentielt kunne bidrage til en kortlægning af arealers reduktionskapacitet på markblok niveau og kan dermed understøtte en mere differentieret regulering. Det forudsætter dog at der igangsættes en indsats med henblik på at sikre vidensgrundlaget for en sådan fremtidig kortlægning.

Forskningsbehov

- Kvantificering af reduktionskapacitet i rodzonen langs hydro-topografisk gradient (wetness index) i geologiske type deloplande i landskabselementerne højbund-flade, højbund-bakke og lavbund.
- Kvantificering af reduktionskapacitet i rodzonen i relevante jordtyper (pseudogley jorde)
- Effekt af dræning på rodzonens reduktionskapacitet – særlig fokus på lerjorde med pseudo-gley karakteristika
- Forbedret videngrundlag for næringsstofomsætning på lavbund

Indsats (Indsatsen her bør sammentænkes med indsatsen for dræning beskrevet nedenfor)

- Udvalgelse repræsentative og geologisk forskellige typedeloplande, instrumentering langs hydro-topografiske gradienter med henblik på at undersøge reduktionskapacitet i rodzonen som funktion af wetness index, pseudo-gley jorde og betydning af kombinationen jordtype-dræning på omfanget af reduktion i rodzonen.
- Kortlægning af lavbundstypologier, samt en systematisk monitoringsindsats der skal belyse stofomsætning og reduktionskapacitet for udvalgte, repræsentative lavbundstypologier

Dræn og drænafstrømning

Hvor afstrømning via dræn er en kvantitativt betydende transportvej, reduceres den naturlige N-reduktion der sker i forbindelse med nedsivning og transport i grundvand betydeligt. Prædiktion af drænafstrømningen er derfor afgørende for en fremadrettet mere detaljeret sårbarhedskortlægning, og samtidig er prædiktion af drænafstrømning en væsentligt forudsætning for en omkostningseffektiv implementering af virkemidler målrettet dræntab (herunder konstruerede vådområder). Eksisterende modeller kan pt. ikke

beskrive drænaftstrømningen på dræno-plands- eller markniveau med tilfredsstillende præcision. Forudsætningen for at inkludere dræn i sårbarhedskortlægningen er dels (a) en opdateret kortlægning af drænedede arealer, og dels (b) at der udvikles operationelle modeller til kvantificering af drænaftstrømningen som kan beregne den kvantitative effekt af dræning på transporten af næringsstoffer (N) med drænvandet.

Kortlægning af dræn

Mere end 50% (1.5 mio ha) af det danske landbrugsareal vurderes at være systematisk drænet, men der foreligger dog kun begrænsede oplysninger om beliggenheden af drænedede arealer (Olesen, 2009). Skønsmæssigt rummer Hedeselskabets arkiv digitaliserede drænkort dækkende ca. 30% af de drænedede arealer, dog med store geografiske forskelle. Dertil kommer ikke-digitaliserede drænkort hos de enkelte lodsejere. Der er således behov for en landsdækkende indsats med henblik på at indsamle og digitalisere drænkort. En sådan indsats kan varetages af landbruget og de lokale landboforeninger evt. i samarbejde med kommunernes vandløbsindsats hvor drænu-løb i vandløb foreslås registreret.

Prædiktion af drænaftstrømning

Eksisterende tidsserier vedrørende drænaftstrømning er begrænset til afstrømningstidsserier på 2-10 års måleperioder fra ca. 40 dræno-plande, heraf kun 19 mindre lokaliteter med data af høj tidslig opløsning (data hovedsageligt fra Landovervågningsoplande (LOOP), og Varslingsystem for udvaskning af pesticider til grundvand (VAP) samt enkelte andre). Analyser af drænaftstrømning fra de 19 drænstationer heraf 18 stationer på leret højbund (JB5-7) og en enkelt station på sandet lavbund (JB4) viser meget store variationer i drænaftstrømning mellem leroplande, hvor andelen af vinternedbør der afstrømmer via dræn (gennemsnit af 2-10 års måleperioder) varierer fra omkring 10 til 90% (iDRÆN projektet). Drænaftstrømning kan således være en kvantitativt betydende og dominerende transportvej fra mark til recipient på nogle lokaliteter, men analysen viser også, at dette langt fra altid er gældende. Der er nogle få igangværende forskningsprojekter (bla. iDRÆN (2011-2015), Miljøteknologiordningen (2012-2015), GUDP Kontroleret dræning (2012-2015), som kan levere ny viden om drænaftstrømning. Resultaterne fra disse projekter forventes klar i 2014-15. Der er dog behov for en substantiel og mere systematisk indsamling af viden om drænaftstrømning fra repræsentative type oplande og landskabelementer, og det anbefales derfor at der igangsættes en forsknings-/udviklingsindsats.

Selv om en egentlig drænaftstrømnings prædiktionsmodel til mere detaljeret N-reduktionskortlægning ikke kan forventes klar til næste planperiode, vil en tidlig styrket indsats i de kommende år medvirke til at sikre opsamling af værdifuld viden som muligvis kan støtte de drænvandsmålinger af nitratkoncentrationer, der gennemføres i regi af Videncentret for Landbrug og indgå i den vidensopsamling, der er nødvendig også i forhold til lavbunds-jorde. Samtidig vil en sådan tidlig indsats kunne bidrage til udvikling af værktøj der skal sikre omkostningseffektiv placering af virkemidler målrettet dræntab.

Vidensbehov omkring drænaftstrømning i forhold til effektiv placering af virkemidler (drænfilterløsninger)

Prædiktion af drænaftstrømning på dræno-plandsniveau er afgørende for en omkostningseffektiv implementering af drænfilterløsninger (konstruerede vådområder) idet: (i) drænfilterløsninger bør målrettes lokaliteter, hvor

drænaftstrømningen er kvantitativt betydende, og (ii) korrekt dimensionering af konstruerede vådområder bør tage udgangspunkt i at sikre en minimum hydraulisk opholdstid, dette forudsætter viden om variationer i hydrauliske belastninger. Målet med GUDP projektet iDRÆN (2011-2015) er at udvikle et deloplandsanalyse værktøj til omkostningseffektiv implementering af drænfilterløsninger, herunder udvikle model til prædiktions af drænaftstrømning. I projektet arbejdes dels med (i) afstrømningsdata fra 40 lokaliteter med høj og lav tidlig opløsning med henblik på prædiktions af årlig afstrømning som funktion af stedspecifikke parametre, (ii) dynamiske afstrømningstidsserier fra 19 lokaliteter med høj tidlig oplysning med henblik på at udvikle en simpel operationel dynamisk afstrømningsmodel, (iii) systematisk monitorering af drænaftstrømning fra 10 drænoplande langs hydrotopografisk gradient i moræneoplande (delopland til Norsminde Fjord), samt monitorering af drænaftstrømning fra 6 drænoplande på Littorina-fladen, Limfjordsoplandet. I samarbejde med Det Strategiske Forskningsrådsprojekt NiCA vil potentialet for udvikling af en operationel drænaftstrømningsmodel for leret moræne (JB5-7) blive klarlagt indenfor de næste 2-3 år. Da datagenerering og modeludviklingsarbejdet er begrænset til et enkelt delopland, anbefales det, at der allerede nu igangsættes tilsvarende aktiviteter på andre geologiske type oplande (se forslag til forskningsaktiviteter nedenfor).

Forskningsbehov

- Der er behov for indsamling af drænaftstrømningsdata fra flere geologisk/topografisk repræsentative deloplande
- Der er behov for at forbedre datagrundlag for variationer i grundvandsspejl samt drænaftstrømning i forskellige geologiske type-oplande, herunder også hvordan den underliggende geologi påvirker variationer i grundvandsspejl. Der er ligeledes behov for bedre beskrivelse/kildeopsplitning af tilstrømning af grundvand til dræn fra baglandet.

Forslag til igangsættelse hurtigst muligt:

- I forhold til at forbedre såvel datagrundlag for drænaftstrømning samt de anvendte modellers prædiktionsikkerhed bør der igangsættes en indsats svarende til allerede eksisterende samarbejder i andre geologiske typeoplande. Det foreslås at der på baggrund af blandt andet analyser af eksisterende data, geologiske data samt analyser af omfang af dræning udvælges yderligere 2-3 type-oplande. Disse kortlægges i forhold til drænoplande, der udvælges "systematiske" drænoplande beliggende langs hydro-topografisk gradient og der igangsættes måleprogram til monitorering af drænaftstrømning (vandføring samt næringsstoffer) og trykniveau.

Der bør søges/igangsættes forskningsprojekter til mere detaljerede studier af strømningsveje i relation til nitratreduktion, mekanismer for drænaftstrømning og kildeopsplitning

Grundvandstransport

I Det Strategiske Forskningsrådsprojekt NiCA projektet (2010-2013) (www.nitrat.dk) undersøges hvorvidt mere detaljerede geologiske beskrivelser kan forbedre koblede overfladevands-grundvandsmodeller og partikelbaneberegningers evne til at forudsige strømningsforhold på lokal skala, og dermed bidrage til udpegning af robuste og sårbare områder med tilhørende usikkerhedskort på bestemmelsen.

Overfladevand

Forskningsbehov

- Der er behov for at kvalificere omsætningen af nitrat-N i overfladevand (typer af vandløb, søer og vådområder) ud fra direkte og indirekte målinger af denitrifikationens omfang ved anvendelse af eksperimentelle doserings forsøg, stabile isotoper, massebalancer og modeller. Målingerne skal kunne afdække synergi effekter af forbedringer i vandløbstilstand (reduceret vandløbsvedligeholdelse) og forbedret søtilstand (f.eks. indvandring af bundvegetation).
- Der er behov for at få oprettet nye 'Havstok' målestationer med nyeste doppler -og sensorteknologier til at kvantificere vandafstrømning og kvælstofafstrømning fra kystnære, eller umålte oplande.
- Der er behov for at etablere regionale sammenhænge mellem N-markoverskud og N-udvaskning med historiske data for at kunne kvalificere tidsforsinkelser i oplande mellem indsats overfor reduktion i kvælstofoverskud, udvaskning og den resulterende udledning til fjorden.
- Der er behov for at teste brugen af en dynamisk oplandsmodellering, med partikelbane simulering og fastlæggelse af redoxgrænser indenfor et demonstrationsopland (f.eks. Limfjorden), hvor tilgangen sammenlignes med 3. generationskortværket.
- Der er behov for en analyse af sammenhængen mellem grundvand og overfladevand, herunder hvordan tærskelværdier for kvælstof i øvre grundvand kan beregnes ift. indsatsplaner.

Referencer

Blicher-Mathiesen, G., Bøgestrand, J., Kjeldgaard, A., Ernsten, V., Højberg, A.L., Jakobsen, P.R., Platen, F. von, Tougaard, L., Hansen, J.R., Børgesen, C.D. (2007) Kvælstofreduktionen fra rodzonen til kyst for Danmark. - Fagligt grundlag for et nationalt kort. Faglig rapport fra DMU nr. 616. Danmarks Miljøundersøgelser Århus Universitet 75 s.

Blicher-Mathiesen, G., Børgesen, C.D., Kjærgaard, C. & Windolf, J. (2012). Notat vedrørende mulige forbedringer af N-reduktionskortet. DCA/DCE-notat fremsendt til Fødevarerministeriet d. 15. maj 2012.

Børgesen, CD, Waagepetersen, J, Iversen, TM, Grant, R, Jacobsen, B & Elmholt, S (red.) 2009. Midtvejsevaluering af vandmiljøplan III. Hoved- og baggrundsnotater, Aarhus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet DJF Rapport Markbrug 142.

Kronvang, B., Andersen, H.E., Børgesen, C.D., Dalgaard, T., Larsen, S.E., Bøgestrand, J., Blicher-Mathiesen, G. (2008) Effects of policy measures implemented in Denmark on nitrogen pollution of the aquatic environment. *Environmental Science & Policy* 11: 144-152.

Windolf, J. G. Blicher-Mathiesen, J. Carstensen, B. Kronvang (In print) Changes in nitrogen loads to estuaries following implementation of governmental action plans in Denmark: A paired catchment and estuary approach for analyzing regional responses. *Environmental Science and Policy*