Ny skov og kvælstofeffekt i vandløb

Hvis skov rejses på arealer med lav N-retention og dermed stor kvælstoftransport til vandløb, kan man mere end halvere areal med skovrejsning og stadig nå reduktionskrav for kvælstof. Hvor hurtigt effekten slår igennem er også relevant.

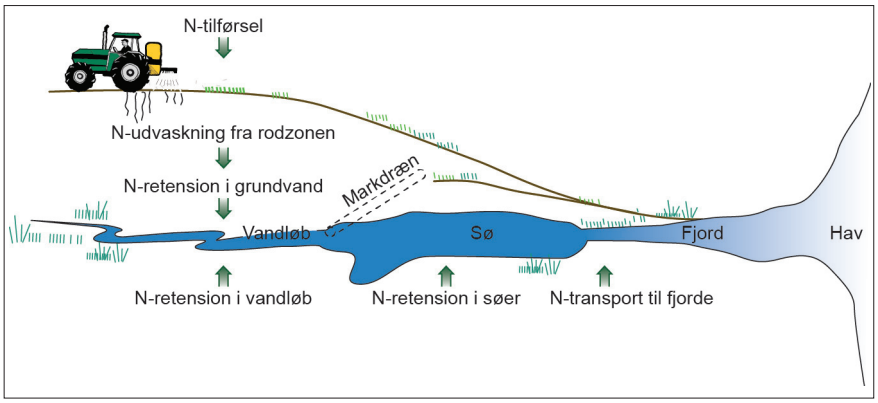
Gitte Blicher-Mathiesen, Jørgen Windolf & Rasmus Rumph Frederiksen

Der er store både lokale og regionale forskelle på hvor meget nitrat, der udvaskes fra rodzonen, der når frem til vandløb og kystvande. Lige før jul 2024 blev Vandplan3 sendt i høring. Her foreslås tiltag og virkemidler for en samlet reduktion i kvælstofudledningen til kystvande på 6.500 ton N ved arealudtagning og 6.500 ton N ved ny markregulering. Denne artikel beskriver, hvad kvælstofretention betyder for effekten af skovrejsning. Vi viser også, at der i nogle oplande er en væsentlig forsinkelse i den tid, det tager før tiltag på markfladen slår fuldt igennem på kvælstofkoncentrationer i vandløb.

Kvælstofretention

Kvælstofbelastning af vandområder fra dyrket areal kommer fra rodzonens indhold af nitrat, der via grundvand og overfladevand føres til kystvande. Tilførslen til vandløb kan ske enten via dræn eller grundvand. Under transporten i grundvand, dræn, grøfter, vandløb og søer fjernes nitraten i større eller mindre grad, hovedsageligt gennem denitrifikation, hvorved nitrat omdannes til frit kvælstof og lattergas.

Den samlede kvælstofreduktion fra markernes rodzone og frem til kystvandene er beregnet til 72% med en usikkerhed på 18%-point. Den største reduktion af nitrat sker under vandets transport gennem reduceret grundvand. Denne reduktion er opgjort til 65% af den nitrat, der udvaskes fra rodzonen /1/. Under vandets transport i ferskvandssystemet sker der også en reduktion af nitrat, som er opgjort til 7%. Heraf sker den største reduktion i søerne.



Figur 1. Kvælstofretention under vandets transport fra marker, gennem grundvand, vandløb og søer ud til kystvande.

Hvis arealudtagning skal give mest mulig kvælstofeffekt, er det nyttigt at vælge arealer nedstrøms søer. Herved opnås større effekt på kvælstoftilførslen til vandløb end hvis arealet lå opstrøms søen. Det giver f.eks. mere effekt at rejse skov tæt ved Randers Fjord end opstrøms de mange søer i Gudenåen.

Udtagning af drænede jorde

Udtagning af intensivt dyrkede og drænede arealer vil generelt have en god effekt på kvælstoftilførslen til vandløb. Dette vil ofte være forholdsvis dyre arealer, da de har en høj produktionsværdi for landmanden. Omvendt vil ekstensivt dyrkede og vandlidende landbrugsarealer have en lav nitratudvaskning fra rodzonen, så selv om disse arealer er forholdsvis billige, vil deres udtagning kun give en lille ændring i kvælstoftilførslen til vandløb og kystvande

Der er generelt set en stor kvælstoftilførsel til vandløb fra drænede landbrugsarealer på højbundjord, da vand og kvælstof strømmer fra bunden af rodzonen til dræn via grundvandet. Generelt udvaskes ca. halvdelen af rodzo-

Tabel 1. Forskel i N-retention og skovrejsningens effekt på reduktion af kvælstoftransporten samt det nødvendige landbrugsareal i oplandet, der skal udtages til skov, for at opfylde Vandplan 3 kravet om 2,4 kg N/ha mindre kvælstofudledning for oplandet til Odderbæk.

N-retention	N til vandløb	Udvaskning, rodzone			Til vandløb	Effekt af skov til vandløb	Udtaget, andel af 935ha dyrket areal	
	ift. rodzone	Landbrug	Skov	Effekt				
(%)	(%)	(kg N/ha)	(kg N/ha)	(kg N/ha dyrket)	(%)	(ha)		
82	18	56	8	48	8,6	8,6	28	262
50	50	56	8	48	24	24	10	94
30	70	56	8	48	34	34	7	65

nens nitrat via dræn til vandløb. Der kan dog være ret store forskelle imellem de enkelte drænsystemer som vist i målinger for 11 marker i Landovervågningen. Målingerne omfatter transport af nitrat i jordvand og totalt kvælstof i dræn fra den samme mark og viser, at mellem 20 til 80% af rodzonens nitrat udvaskes via dræn (Fig. 2). Denne variation afspejler, hvor højt og hvor ofte grundvandsstanden kommer op omkring drændybde. Afstrømning via dræn begynder først, når grundvandsstanden når drænniveau. De typografiske forhold og tætheden af dræn på den enkelte mark spiller også en rolle. Lokale dræningsforhold på den enkelte mark har derfor betydning for, hvor meget kvælstof der udvaskes via dræn til vandløb, og dermed også for, hvor meget skovrejsning kan reducere kvælstoftilførslen til vandløb på en drænet mark.

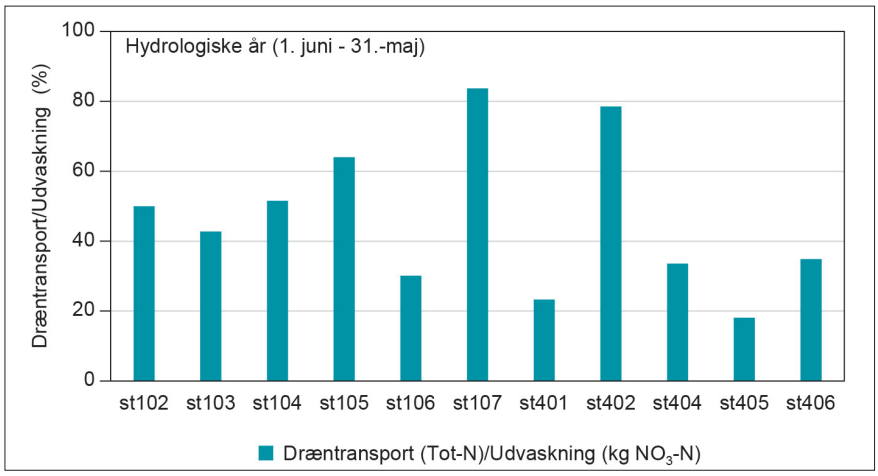
I den Grønne Trepart er det påtænkt at en arealudtagning på 250.000 ha skal være produktionsskov, som ofte kræver etablering grøfter, for at træerne kan vokse optimalt. Anderledes er det for de påtænkte 100.000 ha til urørt skov. Det er desuden også et mål i den Grønne Trepart at udtage yderligere 100.000 ha til urørt skov, som kan være sumpskov eller andet lysåbent natur med naturlige vandforhold.

Mindre udtagning ved lav N-retention

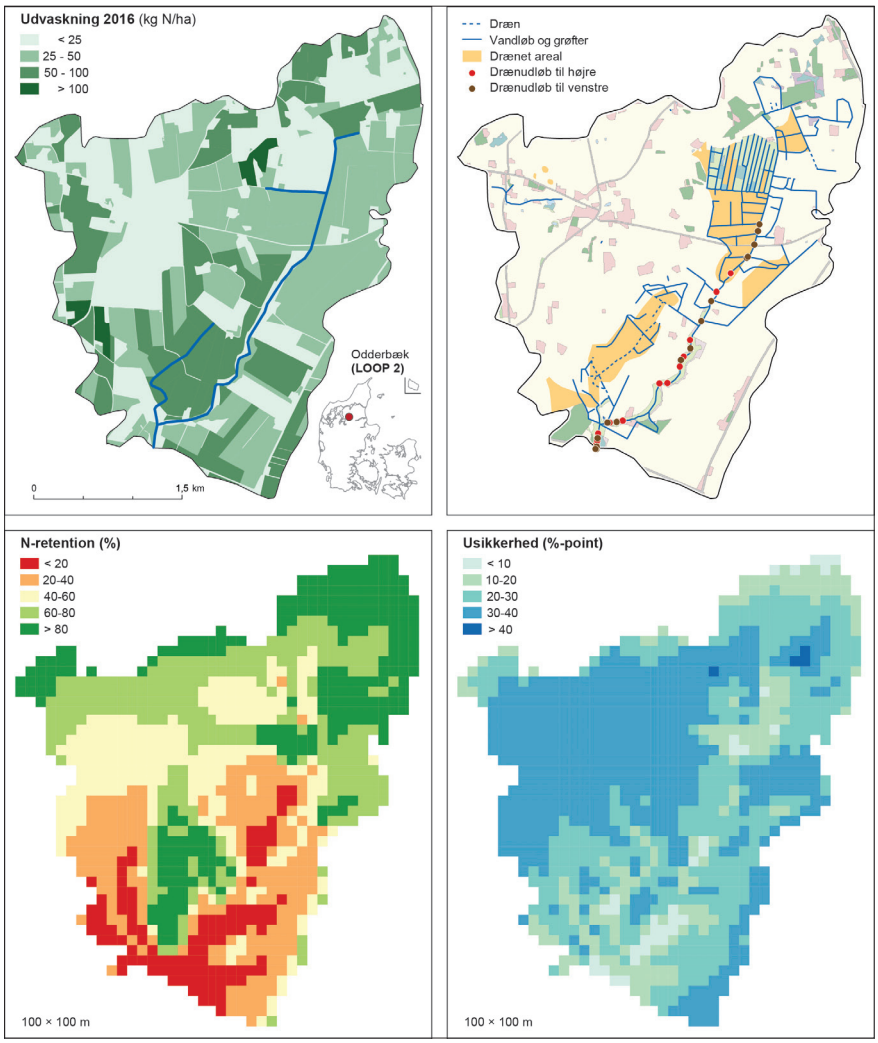
Den gennemsnitlige klimanormaliseret modelberegnede nitratudvaskning er opgjort til 56 kg N/ha for oplandet til Odderbæk for 2021, som er referenceåret i vandplan3 /2/. Nitratudvaskning varierer imellem de enkelte marker som vist i figur 2a. Udvaskningen er høj på intensivt dyrkede marker med stor tilførsel af husdyrgødning og mindre, når der kun anvendes handelsgødning og ved ekstensiv dyrkning. N-retentionen varierer også indenfor oplandet, hvor vandets transportvej via dræn har stor betydning (Fig. 2b og c). Den viste N-retention for grundvand er her modelberegnet på en 100×100 m skala i Mapfield-projektet /5/.

Lokale forskelle i N-retention indenfor et opland påvirker effekten af skovrejsning på kvælstofudledning til vandløbet. Beregningseksemplet er oplandet til Odderbæk /2/.

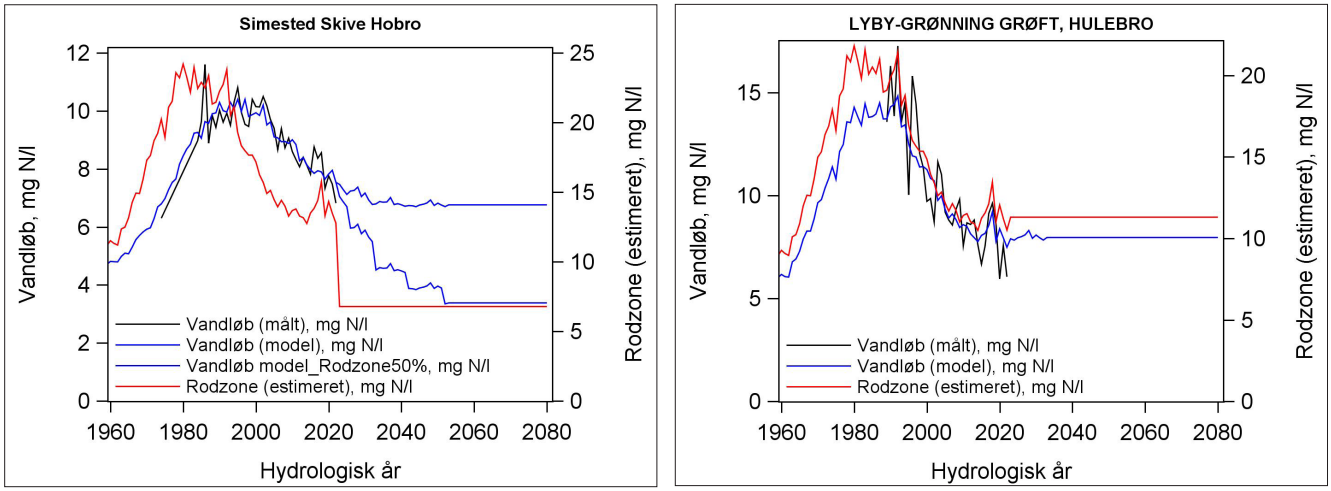
I høringsversionen af Vandplan 3 genbesøg er reduktionskravet på udledning af kvælstof til Limfjorden for kystvandopland nr. 157 (som oplandet til Odderbæk ligger i), en reduktion på 212,7 ton N/år ved arealudtagning /3/. Med et dyrket areal for dette kystvandopland på 89.000 ha udgør den gennemsnitlige reduktion 2,4 kg N/ha dyrket areal. I det nyeste N-retentionskort fra 2020 er den opgjorte N-retention 82% af den udvaskede



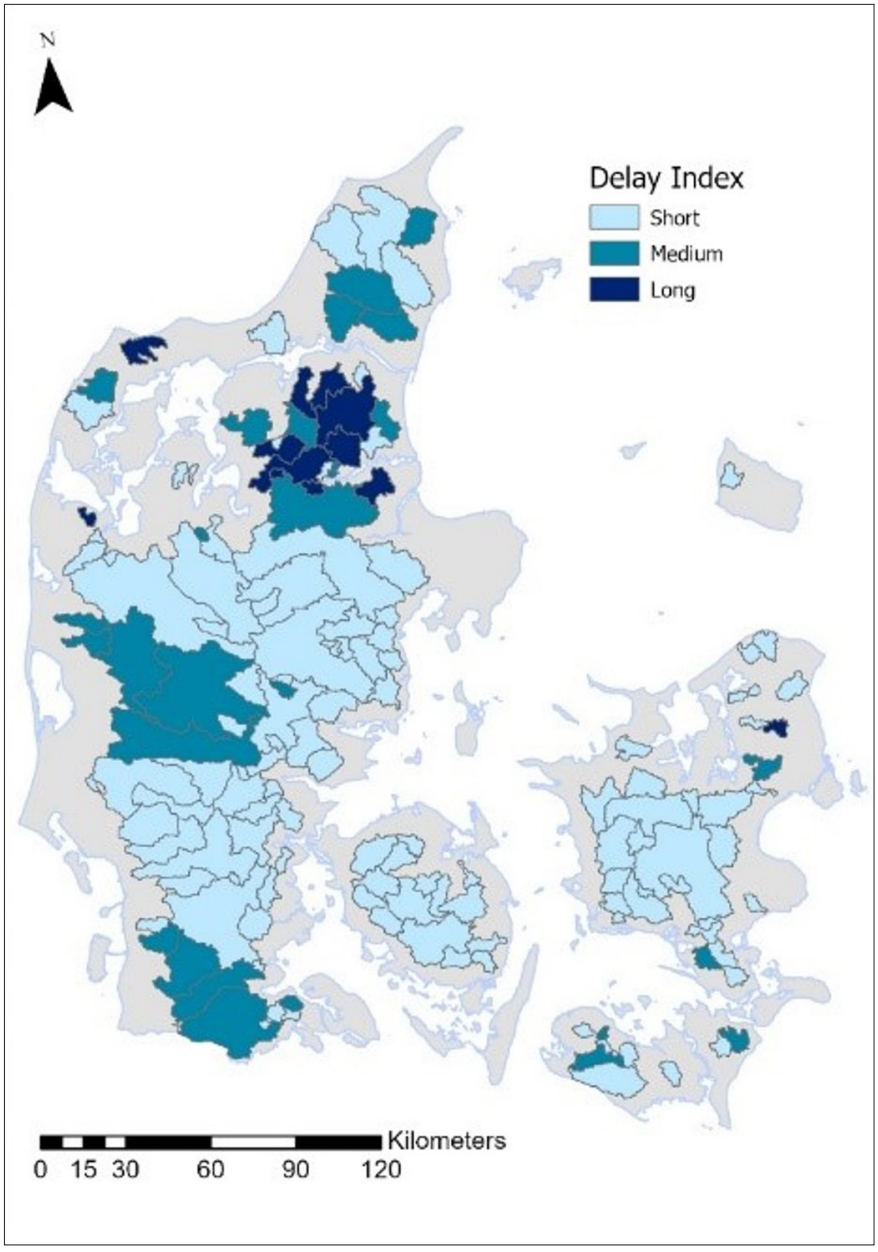
Figur 2. Dræntransport af total kvælstof opgjort som andelen af målt nitratudvaskning i %. Data er opgjort som gennemsnit for henholdsvis hydrologiske år, 1. juni til 31. maj og er middelværdier for overvågningsperioden 1990/91-2020/21, dog kun frem til 1997/98 for st102 og 104, og til 2006/07 for st401, 404 og 405.



Figur 3. Modelberegnet nitratudvaskning fra rodzonen for alle marker i 2016 (a), dræn, grøfter og vandløb (b), N-retention i grundvand (100×100 m) (c) og usikkerhed på grundvandsretention (d) for oplandet til Odderbæk, LOOP 2 i Landovervågningen /4, 5/.



Figur 4. Udvikling i estimeret kvælstofkoncentration i rodzonen, målt afstrømningsvægtet kvælstofkoncentration i vandløb for diffuse kilder og model for udvikling i kvælstofkoncentrationen i to vandløb: Lyby Grønning Grøft (th.) og Simested Å (tv.). Vist er også modelprognose for kvælstofkoncentrationen i vandløb under forudsætning af fastholdt nitratkoncentration i rodzonen for år 2022. For Simested Å vises desuden modelresultater for en halvering af nitratkoncentrationen i rodzonen for 2022 (nederste blå modelkurve) og en fremskrivning af udviklingen i kvælstofkoncentrationen i vandløb under antagelse af, at halveringen af N-koncentrationen i rodzonen fra 2022 bevares i de næste 40-60 år.



nitrat fra markernes rodzone for oplandet til Odderbæk til nedstrøms kystvand /1/. Ved at rejse skov vil udvaskningen fra rodzonen blive reduceret med gennemsnitligt 48 kg N/ha. Den gennemsnitlige nitratudvaskning fra landbrug på 56 kg N/ha fratrukket udvaskning fra rejst skov på 8 kg N/ha.

Når man anvender gennemsnitlige tal for nitratudvaskning og N-retention på 82% i oplandet til Odderbæk, skal cirka 28 % af det dyrkede landbrugsareal i oplandet udtages til skovrejsning (Tabel 1). Er det derimod muligt at målrette udtagningen til marker med en lavere N-retention (f.eks. 50 og 30%) vil arealet, der skal udtages blive mindre (hhv. 10 og 7%). Hvis arealudtagningen kan målrettes til marker, hvor der er størst nitratudvaskning, vil effekten blive endnu stærkere og behovet for udtagning mindre.

Hvor hurtigt måles en effekt af udtagning i vandløb

Kvælstofreduktionen i danske vandløb gennem de seneste 30 år er altovervejende forårsaget af en reduktion i kvælstofudvaskningen og dermed i kvælstofkoncentrationen i rodzonen under de dyrkede arealer. Det varierer dog fra opland til opland, hvor hurtigt reduktionen i udvaskning slår igennem på kvælstofkoncentrationen målt i vandløb.

En analyse af hvor hurtigt kvælstofkoncen-

Figur 5. Estimat over tidsforsinkelser (delays) i vandløbsrespons på ændret nitratudvaskning fra rodzonen. Short er kort tidsforsinkelse på mindre end 3-5 år, medium er middel og ligger i intervallet 3-5 til omkring 10 år og long er lang tidsforsinkelse, som er mere end 10 år /7/.

trationen målt i vandløb responderer på en reduktion i markudvaskningen, er udført i en række oplande med lange måletidsserier /6/. Analysen omfattede et estimat af udviklingen i nitratkoncentrationen i rodzonen ud fra kvælstofmark- og erhvervsbalancen samt NLES5 beregnet N-koncentration for en længere tidsserie, samt opstilling af en simpel vandløbsmodel, der modellerer udviklingen i kvælstofkoncentration i vandløb som funktion af udviklingen i rodzonen. Metoden er beskrevet i /6/.

Figur 4 viser et eksempel på to oplande med en lille og lang tidsforsinkelse. For Lyby Grønning Grøft følges ændringer i rodzonens modelberegnede afstrømningsvægtede N-koncentration tidsmæssigt med kun en lille forsinkelse på mindre end 1-3 år for ændringer i den målte afstrømningsvægtede N-koncentration i vandløbet. Derimod ses der i Simested å forskudte tidsforløb på mere end 20 år mellem N-koncentrationen i rodzonen og for den målte og modellerede N-koncentration i vandløbet. Dette fremgår særlig tydeligt i scenarieanalysen med antagelse af en halvering af nitratkoncentrationen i rodzonen i 2022.

Et foreløbigt bud på tidsforsinkelsen mellem nitratudvaskningen fra rodzonen og kvælstoftab til vandmiljøet for en række danske vandløbsoplande med lange måletidsserier er foretaget i /7/. Hovedparten af disse vandløb responderer hurtigt, men der er også en betydelig andel af vandløb med en væsentlig tidsforsinkelse, særlig til den centrale del af Limfjorden (Fig. 5) /6/.

Virkemidler og tidsforsinkelse

I oplande med meget lille tidsforsinkelse vil effekten af arealudtagning på dyrkningsfladen have henholdsvis en næsten øjeblikkelig virkning på vandmiljøet og ved lang tidsforsinkelse kan effekt af arealudtagning først ses på kvælstoftransporten i vandløb efter 10 til 30 år. Det er lang tid at vente på et bedre havmiljø. Her kan det derfor være relevant at se på en anden type virkemidler, som søer, vådområder eller randzoner, som virker hurtigere og tæt ved vandløb.

Der kan desuden også være forskelle i transportveje og tidsforsinkelse inden for det enkelte opland.

Konklusion

Nitratudvaskning på de dyrkede marker har betydning for effekten af arealudtagning, men især vand og kvælstofs transportvej fra rodzone til vandløb har stor betydning for, hvor meget af rodzonens nitrat, der omsættes, inden dræn- og grundvand når frem til vandløbet. I scenariet for Odderbæk kan det udtagne areal mere end halveres for at nå reduktionskrav for kvælstof hvis udtagningen målrettes marker med lav N-retention. Det kan imidlertid også være nyttigt at kende tidsforsinkelsen for vand og kvælstof fra rodzone til vandløb for at vælge virkemidler. Hvis effekten af arealudtagningen på dyrkningsfladen først ses på kvælstoftransporten i vandløb efter 10 eller 30 år, er det lang tid at vente på et bedre havmiljø. Her kan reetablerede vådområder, søer o.l. ofte give en hurtigere effekt.

Gitte Blicher-Mathiesen (gbm@ecos.au.dk) er seniorrådgiver, Jørgen Windolf (jwn@ecos.au.dk) emeritus, og Rasmus Rumph Frederiksen (rrf@ecos.au.dk) er tenure track. Alle ved Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet.

Referencer

/1/ Højbjerg, A.L. et al. 2020. National kvælstofmodel – version 2020. De Nationale Geologiske undersøgelser for Danmark og Grønland. https://www.geus.dk/vandressourcer/vandets-kredsloeb/national-kvaelstofmodelv

/2/ Blicher-Mathiesen, G. et al. 2024. Landovervågningsoplande 2023. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt center for Miljø og Energi, 7 s. - Videnskabelig rapport nr. 628. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR628.pdf

/3/ Ministeriet for Grøn Trepart. Vandområdeplanerne 2021-2027. Høring VP 3 genbesøg. https://prodstoragehoeringspo.blob.core.windows.net/2c56ad50-5079-4e24-bcd6-71103e26d141/Udkast%20til%20vandomr%C3%A5deplaner%202021-2027%20(genbes%C3%B8g).pdf

/4/ Blicher-Mathiesen, G. et al. 2022. Nitratudvaskning på markniveau. Vand & Jord 29: 152-154.

/5/ Hansen, B. et al. 2022. Mapfield-projektet. Vand & Jord 29: 132-136.

/6/ Kronvang, B., Tornbjerg, H., Larsen, S. E. & Windolf, J. 2023. Opgørelser af kilder, udvikling og tidsforsinkelser i næringsstofbelastning til kystvandene Hjarbæk Fjord og Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 70 s. - Teknisk rapport nr. 285. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske_rapporter_250-299/TR285.pdf

/7/ Windolf, J., Tornbjerg, H., Blicher-Mathiesen, G. & Kronvang, B. 2022: Assessment of agricultural nitrogen pressures and legacies in Denmark, EGU, General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23-27 May 2022, EGU 22-3390, https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-3390