

Dokumentation for beregning af N-reduktion fra rodzonen til kyst i N-risikoværktøjet

N-risikokortlægning af det dyrkede areal består i at identificere de områder, der bidrager med den største kvælstoftilførsel til vandområder (søer, kystnære områder). Ved at målrette virkemidler til reduktion af kvælstoftilførslen mod disse områder opnås den mest omkostningseffektive fordeling af virkemidlerne. Kvælstofbelastningen af vandområder fra det dyrkede areal hidrører fra rodzonens indhold af nitrat, der via grundvand og overfladevand føres til vandområderne. Tilførslen kan ske enten direkte via dræn eller indirekte via grundvand. Under transporten sker der en større eller mindre fjernelse af nitraten, hovedsagelig gennem denitrifikation, hvorved nitraten omdannes til frit kvælstof og lattergas. Denne nitratfjernelse finder primært sted i sedimenterne under redoxfronten, men også under transporten i vandløb og søer. I dette notat beskrives metoderne til beregning af N-reduktionen fra jordvandet forlader rodzonen til vandet via vandløb strømmer ud til kysten.

N-reduktionen er beregnet med tre fagligt forskellige metoder. Den første metode er anvendt i 153 målte vandløbsoplande. Målingerne i disse oplande er gennemført som en del af det Nationale Overvågningsprogram. For disse målte oplande er N-reduktionen beregnet som forskellen mellem N-udvaskning fra rodzonen og N-transporten i vandløbet. Den anden metode til beregning af N-reduktionen er anvendt for umålte oplande, hvor der eksisterer et veldefineret vandløb i DK-modellen. Her er N-reduktionen frem til vandløbet, baseret på viden om redoxfrontens beliggenhed og beregning af vandflukse over og under redoxgrænsen med DK-modellen. Den tredje metode er anvendt for umålte oplande, hvor der ikke er en fysisk beskrivelse af vandløbet i DK-modellen. Her er N-reduktionen vurderet ud fra geologien i området samt redoxgrænsens udbredelse. Den samlede N-reduktion til kysten er herefter opgjort som N-reduktionen inden for det målte/umålte vandløbsopland plus den N-reduktion der foregår i søer og vandløb (Tabel 1). Metoderne og det faglige grundlag for de beregnede N-reduktioner er beskrevet i Windolf og Tornberg (2009), DMU (2008) og Blicher-Mathiesen et al. (2007)

Metode 1. Målte vandløbsoplande

I vandløb med målestationer kan den N-reduktion der foregår inden for et vandløbsopland estimeres som kvælstofudvaskningen fra rodzonen fratrukket den mængde kvælstof, der er målt ved vandløbsstationen (tabel 1). I nogle oplande er der en væsentlig tilførsel af kvælstof fra spildevand. Derfor er N-transporten korrigeret for spildevandets bidrag af kvælstof.

Som datagrundlag for N-udvaskningen fra det dyrkede areal blev det valgt at anvende modelberegninger af N-udvaskningen, som blev gennemført for 1989 i forbindelse med VMPII slutevalueringen (Børgesen & Grant, 2003). Året 1989 blev valgt, da kvælstofoverskuddet i dansk landbrug nogenlunde var konstant i perioden forud samt at det kvælstof der strømmede ud af rodzonen og som ikke blev reduceret under vejs nogenlunde kunne måles som kvælstoftransporten i vandløb for perioden 1989/90-1993/94 (figur 1) (Blicher-Mathiesen et al., 2007). Da der er store variationer i nedbør og afstrømning blev udvaskningen beregnet som gennemsnit af 10 års beregninger 1990-2001, undtaget 1992.

Tabel 1. Oversigt over beregning af N-reduktion fra bunden af rodzonen til kyst for henholdsvis målte oplande, umålte oplande og små kystnære oplande

Oplandstype	Beregningsmetode
<i>Målte oplande (n=153)</i>	
1. N-reduktion inden for oplandet	N-udvaskning – N-transport i vandløb korrigeret for N i spildevand
2. N-reduktion mellem oplandets målestation og kyst	400 kg N/ha i søer 2 % af N transporten i vandløb
Samlet N-reduktion fra bunden af rodzonen til kyst	1. + 2.
<i>Umålte oplande (n=320)</i>	
3. N-reduktion i grundvand ud fra vandfluxe i DK-modellen	$N\text{-reduktion} = \text{Alfa}_{IC} \times (Q_r + Q_{up} + Q_o \times \text{Beta}(\text{ler})) / (Q_r + Q_o)$, Q_o = Oxideret vandfluks til vandløbet Q_r = Reduseret vandfluks til vandløbet Q_{up} = Opadrettede vandfluks, der krydser redoxfronten. Beta (ler) = lerindholdet i oplandet
4. N-reduktion mellem oplandets målestation og kyst	400 kg N/ha i søer 2 % af N transporten i vandløb
Samlet N-reduktion fra bunden af rodzonen til kyst	3. + 4.
<i>Små kystnære oplande uden datagrundlag i DK-modellen (N=xx)</i>	Vurderet ud fra geologi og evt. redoxgrænsens dybde

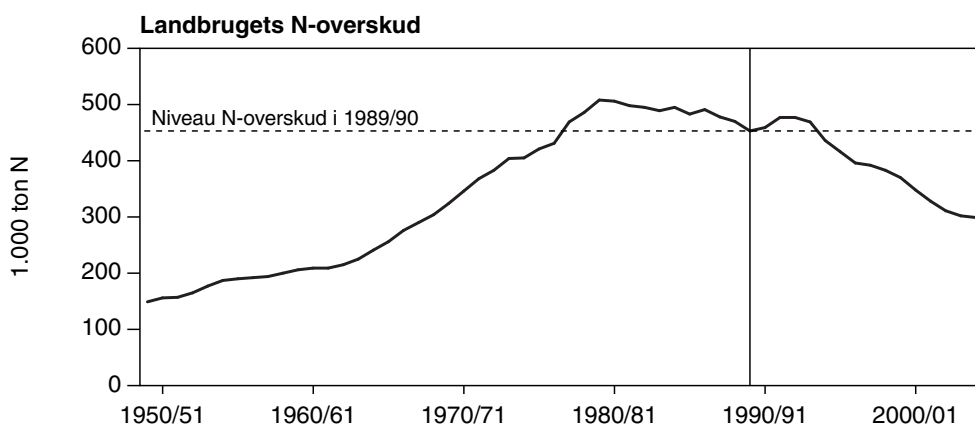
Udvaskning fra udyrkede arealer er antaget at udgøre 2-5 kg N/ha år. De målte N-transporter i vandløb er søgt klimanormaliseret på samme vis, samtidig med at der i et vist omfang er søgt taget hensyn til eventuelle forsinkelser i responstiden mellem ændringer i transporten af kvælstof i vandløb og udvaskningen af kvælstof fra rodzonen (Windolf & Tornbjerg, 2009, DMU 2008). Dette er sket ved at beregne 4-års glidende gennemsnit for de vandføringsvægtede N-koncentrationer. Det maximale koncentrationsniveau i hvert målt opland i perioden efter 1990 er så ganget på den 'klimanormaliserede' vandafstrømning. Den herved beregnede N-transport er sammenholdt med oplandsudvaskningen af kvælstof og den samlede N-reduktion i oplandet herefter beregnet (%).

Reduktion i vandløb og søer

Målinger af N-retention i danske vandløb tyder på en betydelig variation i denitrifikationen, 5-700 kg N/ha vandløbsbund årligt (Blicher-Mathiesen et al., 2007). Den andel af vandløbenes kvælstoftransport, som fjernes i vandløbene, er under alle omstændigheder lav og udgør generelt mindre end 2 % af den årlige transport. Derfor er der valgt at anvende 2 % kvælstoffjernelse fra vandløb uanset længden af vandløbet.

Kvælstoffjernelsen i søer er derimod langt større end i vandløb, og den afhænger i høj grad af vandets opholdstid i søen, idet den stiger med øget opholdstid. Endvidere øges kvælstof-reduktionen betydeligt, hvis søen overgår fra en grumset til en klarvandet tilstand. Som generel

værdi for kvælstoffjernelsen i søer er anvendt 400 kg N/ha søareal, hvilket er medianværdien af kvælstoffjernelsen i de 22 overvågningssøer (Jensen et al., 1997). Når N-reduktionen i henholdsvis



Figur 1. Landbruget N-overskud for hele landet i perioden 1949/50 – 2003/04 (A. Kyllingsbæk, DJF pers. med.)

sø og vandløb lægges til i de umålte oplande anvendes derfor 2 % kvælstoffjernelse i vandløb og for søerne anvendes 400 kg N/ha søareal.

N-reduktion i umålte oplande, hvor vandløb er velbeskrevet i DK-modellen

Den anden metode til beregning af N-reduktionen er anvendt for umålte oplande, hvor der eksisterer et veldefineret vandløb i DK-modellen. Her er N-reduktionen baseret på beregning af vandflukse med DK-modellen og viden om redoxfrontens beliggenhed indenfor 1x1 km beregningsceller (grids). Metoden er detaljeret beskrevet i GEUS (2006), Ernstsens et al. (2008), Ernstsens et al., (2006).

Beregning af redoxfronten er fastlagt ud fra sedimenternes farver i 11.999 borer udført i kvartære sedimenter. For grid med en enkelt boring er denne anvendt, for grids med flere borer er redoxgrænsen beregnet som en gennemsnitsværdi. I områder uden boringsoplysninger er redoxfrontens vurderet på baggrund af oplysninger om områdets geologiske opbygning, landskabstype, GEUS jordartskort, topografiske forhold samt beliggenheden af prækvartæroverfladen.

Princippet i metoden er, at redoxfronten fastlægges først, hvorefter vandfluxene over og under redoxfronten bestemmes ved brug af DK-modellen. Ved en antagelse af, at alt nitrat reduceres under redoxfronten mens der ingen reduktion sker over denne, kan reduktionen principielt beregnes ud fra andelen af vandtransport over og under redoxfronten. Det er dog en noget forsimplet antagelse, idet der ikke tages hensyn til den nitratreduktion der sker i mikromiljøer fra rodzonen til redoxfronten. Desuden er der nogle usikkerheder forbundet med de estimerede vandflukse fra DK-modellen, da denne model er en storskala model til beskrivelse af de overordnede vandbalancer. Metoden er derfor kalibreret i forhold til N-reduktioner opgjort på baggrund af kvælstofstrømme i 56 målte vandløbsoplande på over 50 km² og med et søareal på under 2 %.

Efter kalibrering af metoden anvendes disse til beregningen af N-reduktionen for de umålte oplande, men da N-reduktionen kun er til vandløbskanten lægges N-retentionen i søer og vandløb

efterfølgende til, således at N-reduktionen både dækker N-reduktionen i grundvandssedimenterne samt i ferskvandsystemet.

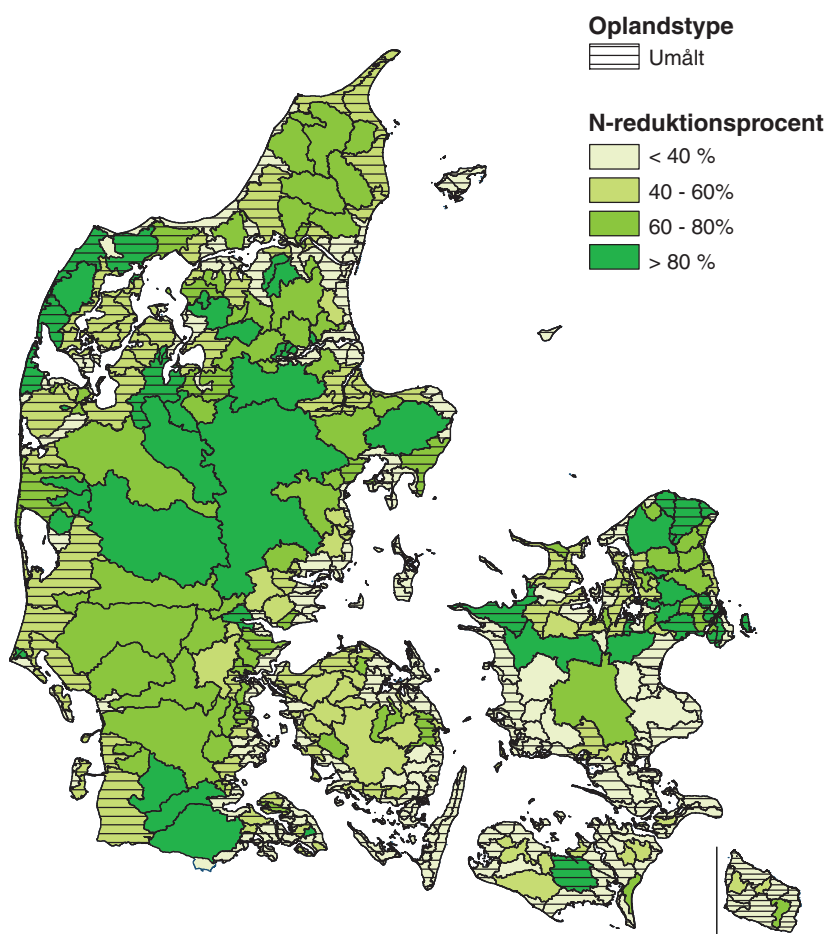
N-reduktionen er beregnet på oplandsniveau, der foruden usikkerheder på henholdsvis udvaskningen fra rodzonen og N-retentionen i søer og vandløb, ikke inddrager en eventuel reduktion af nitrat i den umættede zone under rodzonen, kvælstoffjernelsen i vådområder, ligesom den heller ikke dækker den rummelige variation i redoxfrontens udbredelse i de anvendte beregningsceller (grid).

N-reduktion i små umålte kystnære oplande, hvor vandløb ikke er beskrevet i DK-modellen

For umålte oplande hvor der ikke er en fysisk beskrivelse af vandløbet i DK-modellen er N-reduktionen vurderet ud fra geologien i området samt redoxgrænsens udbredelse. Disse oplande dækker ca. 10 % af det kortlagte areal.

N-reduktionskort for hele landet

Et samlet N-reduktionskort er fermstillet ud fra beregningerne af N-reduktionen med de 3 forskellige metoder. De umålte oplande er inddelt i ca. 320 såkaldte 4. ordens kystafsnit, og reduktionsprocenten for disse er beregnet ud fra den beregnede kvælstofudvaskning for hvert af disse områder samt den beregnede samlede reduktion i grundvand, søer og vandløb.



Figur 1. Kvælstofreduktion i oplande til 4. ordens kystafsnit fordelt på målte og umålte oplande indenfor hvert kystafsnit. Reduktionen er beregnet med udgangspunkt i at kystvandene er slutrecipient.

Referencer

Blicher-Mathiesen, G., Bøgestrand, J. Kjeldgård, A., Ernstsén, V., Højbjerg, A. L., Jakobsen, P. R., von Platen, F., Tougaard, L. & Børgesen C. D. (2007): Kvælstofreduktionen fra rodzonen til kyst for Danmark. Faglig rapport fra DMU nr. 616, 2007.

Børgesen, C.D. & Grant, R., (2003). Baggrundsnotat til Vandmiljøplan II - slutevaluering. Vandmiljøplan II - modelberegning af kvælstofudvaskning på landsplan, 1984-2002. Danmarks JordbrugsForskning og Danmarks Miljøundersøgelser.
<http://www.agrsci.dk/var/agrsci/storage/original/application/phpE3.tmp.pdf>. 22 s.

Børgesen, C. D, Waagepetersen, J. Kyllingsbæk A. & Vinther, F. (2008): Sammenligning af mark N-balance og N-udvaskning på kommuneniveau i 1989. Notat. 7.2.2008. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF), Aarhus Universitet.

Danmarks Miljøundersøgelser, 2008. Nitratklassekortværk. Opdatering af nitratklassifikationen i Danmark. 2. generation. Fagligt notat af 23. oktober, 2008. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Ernstsén, V., Højbjerg, A.L., Platen, F. von, Tougaard, L., Hansen, J.R., Blicher-Mathiesen, G., Bøgestrand, J. og Børgesen, C.D., 2006. Beregning af nitratreduktionsfaktorer for zonen mellem rodzonen og frem til vandløbet. Data og metoder for 1. generationskortet. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, rapport nr. 2006/93.

Ernstsén, V. Platen, F. von, Jakobsen, P.R. (2008). Nitratreduktionsklasser for kystnære arealer ("hvide områder") – data og metode. Supplement til Geus rapport 2006/93. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse rapport 2008/30.

GEUS (2008). Tillæg til GEUS rapport 93/2006

Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. 1997: Ferske vandområder - Søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU 211, 1997.

Windolf, J. & Tornbjerg, H. 2009. Kvælstofreduktion. Vand og Jord nr. 2, 74 – 77.