Nyt om gammelt kvælstof

Hvordan var kvælstofudledningen fra landbruget for godt 100 år siden? Og hvorfor er det interessant nu? En ny rapport fra DCE, Aarhus Universitet gennemgår de vigtigste elementer, som kan have haft indflydelse på koncentrationen af kvælstof fra jord til fjord i Danmark omkring år 1900.

Poul Nordemann Jensen, Brian Kronvang & Jørgen E. Olesen

Introduktion

En ny rapport fra DCE ved Aarhus Universitet giver et estimat på hvor meget kvælstof, der var i de danske vandløb omkring år 1900/1/. Dette estimat baserer sig på de vigtigste faktorer, der påvirkede udledningen af N fra jord til fjord, herunder klima, vandafstrømning til vandløb, udvaskningen fra landbrugsjord og N retention i grundvand og overfladevand omkring år 1900.

Inden vi gennemgår de forskellige faktorer, som påvirker N kredsløbet, lige et par ord om, hvorfor det er interessant at lave "miljøarkæologi". Danmark skal ligesom alle andre lande i EU gennemføre Vandrammedirektivet (VRD), så alle vandområder opfylder mindst god økologisk tilstand allersenest i 2027. I målsætningssystemet skal der fastsættes en referenceværdi, som er grundlag for fastlæggelse af de fem tilstandsklasser. Referencetilstanden fastsættes til, hvad der svarer til toppen af den højeste kvalitetsklasse. Danmark har, som en række andre lande, valgt at sætte tiden omkring år 1900 som reference for kystområderne. Det er omkring den tid, vi i Danmark har særdeles

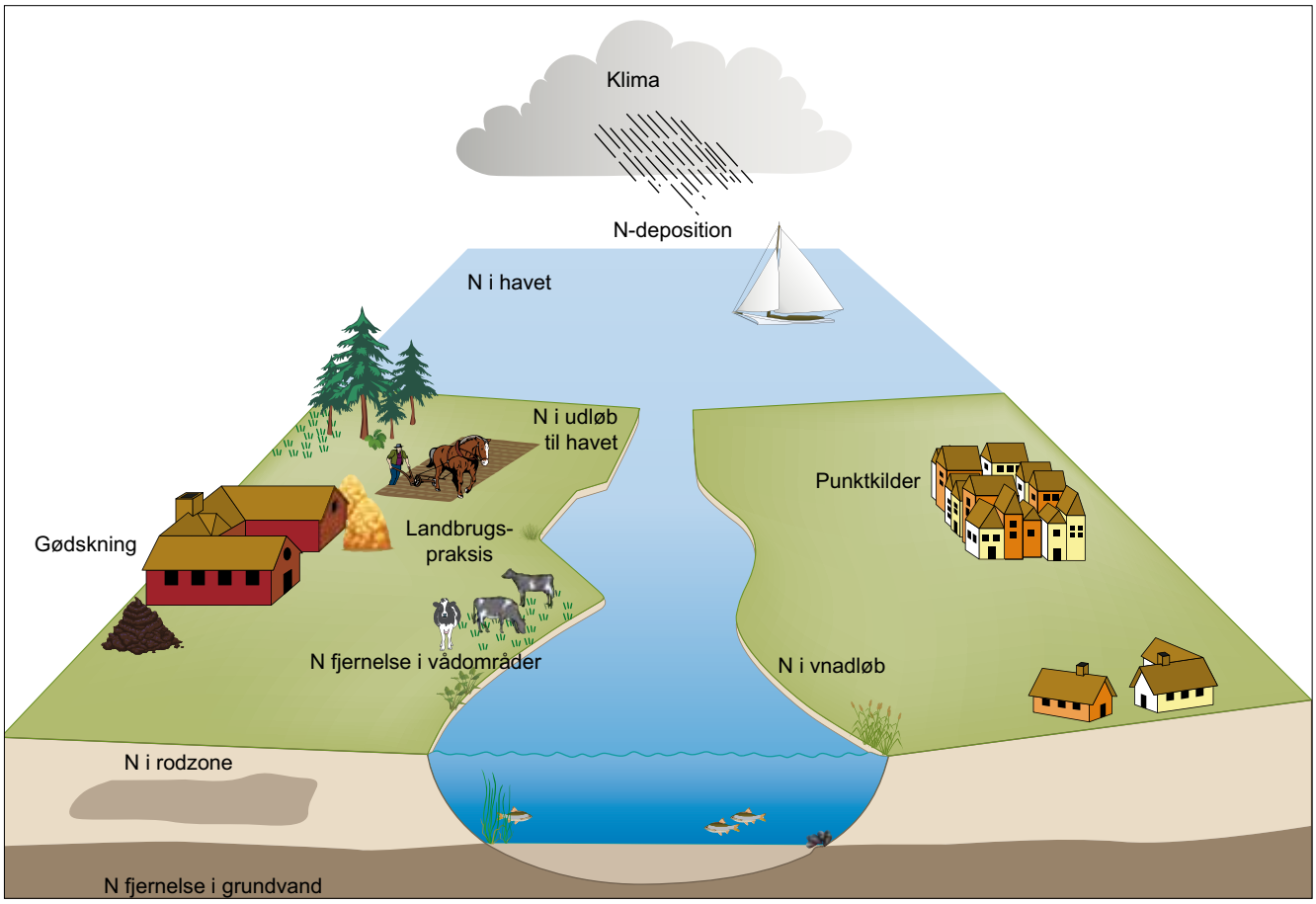
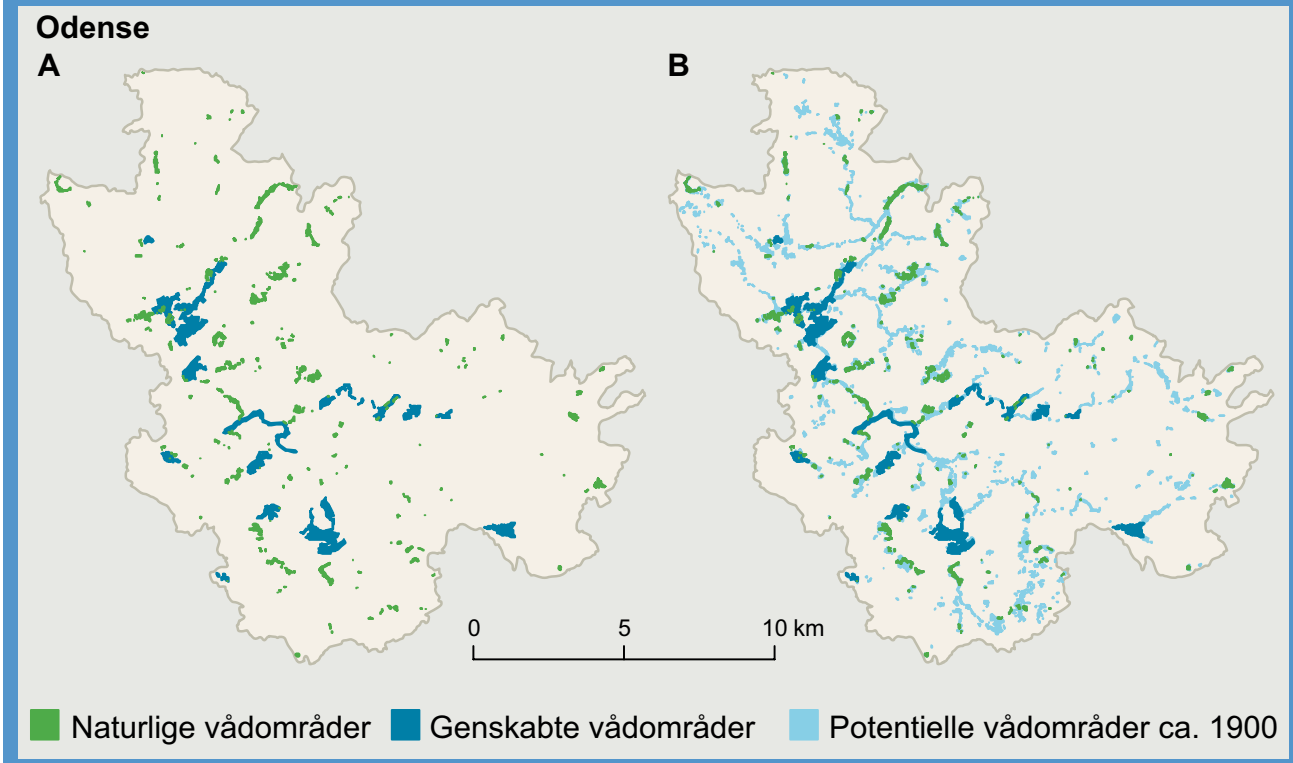


Fig 1: Figuren viser de forskellige elementer fra jord til fjord som kan påvirke tilførslen af kvælstof til kystområderne.

Box 1:
Figuren viser ændringer i vådområder mellem det nuværende niveau (A) og omkring år 1900 (B).



I tabellen er ændringerne vist i konkrete tal.

Odense Å	Scenarie	Total vådområder ha	N-fjernelse i vådområder Ton N	Total N-fjernelse i overfladevand %
	Nuværende	910	150	28
	År 1900	2.590	290	37

Det fremgår af tabellen at kvælstoffjernelsen i vådområder, søer m.m. var næsten dobbelt så stor omkring år 1900 sammenlignet med i dag.

gode data for udbredelsen af ålegræs, som er en vigtig parameter for målsætningen i kystområder. Det har vi ikke for andre parametre som f. eks. algemængden (udtrykt som klorofyl), hvor man bliver nødt til at modellere en referencetilstand. Og her bliver den udledte kvælstofmængde år 1900 interessant – fordi man som input til modellerne har brug for en udledt kvælstofmængde – dvs. en vandmængde og en koncentration af kvælstof i det vand, som strømmede med vandløbene til kystvandene omkring år 1900.

I figur 1 er der vist de delelementer, som vi har kigget på i rapporten, og som er de vigtige for i den sidste ende at fastlægge en koncentration af kvælstof

Ud over at analysere disse elementer omkring år 1900 har vi også gravet i gamle data, men der er meget få målinger fra den tid – og nogle også af en lidt tvivlsom karakter. Endelig har vi set på om man, ud fra nutidige data, kan modellere "baglæns" på forskellig vis.

Det er således en mangesidet tilgang, vi har anvendt med det formål at se, om de forskellige tilgange peger i den samme retning.

Vi har i analysen primært set på landbruget og dets dyrkningspraksis omkring år 1900, da erhvervet var den dominerende kilde til kvælstofudledning til kystområder – som det også er i dag.

Klimaforhold

Klimaet betyder meget for kvælstoffets skæbne fra jord til fjord. Det er f. eks. overskudsnedbør, der transporterer N fra marken, gennem jorden og ud til havet. Her viser vores analyse, at vandafstrømningen (dvs. den mængde vand der løb ud i havet via vandløb) var ca. 25 % mindre omkring år 1900 end i dag. Så ved den samme koncentration af N i vandløbsvandet løb der i ton N ca. 25 % mindre kvælstof ud i havet omkring 1900 sammenlignet med i dag.

En anden vigtig faktor, som kan påvirke mobilisering og omsætning af N er temperaturen, som var 1,5 oC lavere i 1900 end i dag

Landbrugspraksis

Landbruget var meget mere ekstensivt dyrket omkring år 1900 end i dag. Men trods den ekstensive drift var en større del af det danske areal under plov i år 1900 end det er tilfældet i dag (ca. 75 % af arealet i 1900 mod ca. 60% i dag).

Landbrugsstrukturen var også meget anderledes med mange små bedrifter, oftest med et blandet dyrehold. Kunstgødning og plantebeskyttelsesmidler var endnu ikke opfundet, så der blev kun gødet med husdyrgødning og lidt anvendelse af Chile salpeter.

Landbrugspraksis var derfor også helt anderledes, når man ikke kunne gøde optimalt eller bekæmpe sygdomme, skadedyr og ukrudt med kemiske midler. Den ekstensive drift har betydet, at der i udgangspunktet har været en forholdsvis ringe mængde kvælstof til rådighed for tab. Der var dog også en praksis, som har øget tabet af N fra rodzonen – nemlig sort brak som i stort omfang blev anvendt i ukrudtsbekæmpelsen, udbringning af gødning om efteråret samt opdyrkning af ny jord/dræning, som har øget omsætningen af jordens organiske stof og dermed frigivet N.

Vi har, baseret på målinger fra nuværende økologiske dyrkningssystemer, der kan sammenlignes med dyrkningsformen år 1900, estimeret det gennemsnitlige tab til rodzonen omkring år 1900 under arealer i landbrugsdrift til 12 mg N/l /2/.

Landskabet

Landskabet var helt domineret af landbruget, og 75 % blev anvendt til det formål. Men driften var ekstensiv med mindre dræning (mindre end det halve af i dag), mange græsningsområder og naturligt mæandrerende vandløb. Alt i alt mange flere vådområder med stor kontaktflade mellem vandløb og ådal. Dermed var der også en større fjernelse af N via denitrifikation (en større retention) i overfladevand og ådalens enge. Rent faktisk det vi forsøger at genskabe i dag som vådområder for at hjælpe med at fjerne N.

Den lavere dræningsgrad betød også, at en større del af overskudsnedbøren og dermed N, sivede ned i grundvandet, hvor fjernelsen er størst. Den lavere nedbørmængde omkring år 1900 har formentlig også medvirket til, at en større del af kvælstoffet sivede ned til grundvandet. Kvælstoffjernelse i grundvand har derfor været højere omkring år 1900 end den er i dag. Vi har dog ikke kunnet sætte tal på kvælstoffjernelsen i grundvand omkring år 1900. Derfor har vi i det videre forløb anvendt den fjernelse på 62 %, som vi har i dag. Denne værdi er derfor et absolut minimum for kvælstoffjernelse i grundvandet år 1900. Alt i alt var fjernelsen af kvælstof på vejen fra jord til fjord betydeligt større omkring år 1900 sammenlignet med i dag.

Andre kilder til kvælstof omkring år 1900

Vi har også kigget på andre mulige kilder til kvælstofudledning omkring år 1900.

Byerne udenfor København var på det tidspunkt stort set uden kloakker. Det betød, at menneskelig urin og fækalier blev hentet af "natmanden" og formentlig anvendt som gødning. Industriproduktionen var generelt lav på det tidspunkt, men de industrier, som havde et stort vandforbrug, lå givet tæt på vandet med let afløb for spildevandet.

Der var mange dyr i byen dengang (især heste, men også køer og grise), som kan have givet udledning af en del kvælstof under regn.

Punktkilderne kan derfor lokalt have givet anledning til en udledning med kvælstof, men på landsplan har det ikke været en betydende kilde omkring år 1900.

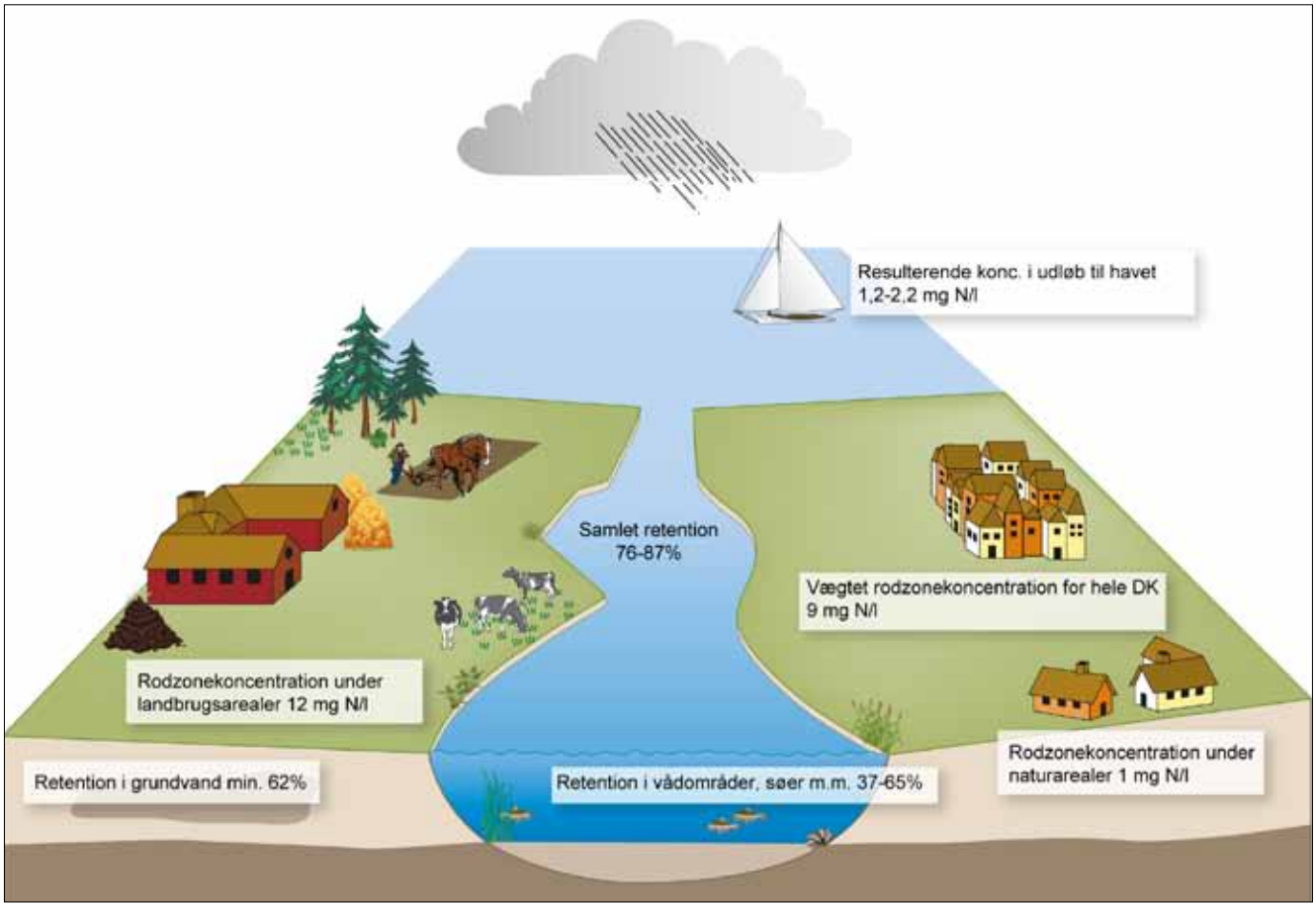
En anden kilde til kvælstofbelastning er nedfaldet fra luften (deposition), som primært stammer fra to kilder – landbrug (ammoniak) og forbrænding. Vi har til denne rapport lavet nogle modelberegninger af kvælstofnedfaldet omkring år 1900 og fundet, at det var ca. 4 kg N/ha – til sammenligning er det ca. 12 kg N/ha i dag.

Sammenstillingen af elementerne

I figur 2 har vi sammenstillet de elementer, som påvirkede den mængde kvælstof, som løb ud i havet omkring år 1900.

Den vægtede koncentration i rodzonevand på 9 mg N/l er fundet ud fra arealfordelingen mellem landbrugsjord (75%) og naturarealer (25%). I den vægtning er det antaget, at N udledninger fra byer og anden infrastruktur som f. eks. veje ikke udgjorde nogen væsentlig andel omkring år 1900. Den vægtede udvaskning for hele Danmark på 9 mg N/l fører vi videre fra rodzonen og ud til havet med anvendelse af retention i grundvand (62%) og overfladevand (76-87%) (figur 2).

Der er selvsagt en betydelig usikkerhed i disse 'gamle' tal, der ikke understøttes af målinger fra tiden omkring år 1900. Vores bedste estimat af kvælstofkoncentrationen i "havstokken" omkring år 1900 og med de beskrevne elementer ovenfor er derfor et interval på 1-2 mg N/l.



Figur 2: Sammenstilling af elementer til beregning af den resulterende kvælstofkoncentrationen i udløb til havet omkring år 1900.

Tabel 1. Målinger af kvælstofkoncentration i vandløb omkring år 1900.

	N form	Koncentration mg N/l	Kommentarer
	Målinger omkring år 1900		
Seks danske vandløb	NO_3-N + Org. N	0.7 – 2.7	Domineret af organisk N.
Større europæiske floder	NO_3-N	0.1 - 0.5	Kun oplande med mere end 25 % dyrket areal medtaget.
Themsen	NO_3-N	2	Sandsynligvis lav grundvandsfjernelse på grund af særlige geologiske forhold.

Tabel 2. Modellering af kvælstofkoncentration omkring år 1900.

	N form	Koncentration mg N/l	Kommentarer
Baseret på iltet grundvand	NO_3-N	2	Modelestimat baseret på det nuværende klima og retention – et maksimum estimat.
Modellering med MONERIS	Total N	0.7	Gennemsnitskoncentration for det tyske opland til Østersøen omkring år 1880.

Tabel 3. Estimater af kvælstofkoncentration omkring år 1900.

	N form	Koncentration mg N/l	Kommentarer
	Estimater baseret på nutidige data		
Extrapolation af data 1990-2014	Total N	2	Modelestimat baseret på det nuværende klima og fjernelse – et maksimum estimat.
Nutidige koncentrationer fra naturoplande	Total N	0.6 - 1.5	Baseret på data fra 1990-2012. Der er ikke indregnet fuld fjernelse i overfladevand.

Målinger af kvælstof omkring år 1900

Der er meget få målinger af kvælstofindholdet i vandløb omkring år 1900. Der blev taget nogle få prøver i store vandløb i slutningen af 1800 tallet – f. eks. i Gudenå, Skjern å og Suså. Resultaterne er vist i tabel 1 og karakteristisk var, at der stort set ingen nitrat var i de fleste vandløb, men det meste kvælstof fandtes som organisk bundet N.

Der foreligger også målinger fra andre europæiske lande fra den tid – i tabel 1 er vist resultater fra en række floder i Europa, hvor der også var en del landbrugsaktivitet i oplandet. Desuden er der vist resultater fra en meget lang tidsserie fra Themsen, hvor de hydrogeologiske forhold i oplandet er sådan (kalk i undergrunden), at kvælstoffjernelse i grundvandet formentlig er lav. Det samme kender man f.eks. fra oplandet til Mariager Fjord.

Det skal også noteres, at prøverne er taget i vandløb "oppe" i vandsystemerne – f. eks. Themsen ovenfor London. Det betyder, at der kan have været en betydelig kvælstoffjernelse i vandløb og evt. søer, før vandet løb ud i havet, men også inden N-indholdet er målt i disse floder.

Modelberegninger

Der er i forbindelse med rapporten lavet en estimering af kvælstofkoncentrationen i vandløb omkring år 1900 ud fra nogle målinger i iltet grundvand (dvs. grundvand hvor der ikke har været kvælstoffjernelse) fra 1940'erne og frem. Resultatet er vist i tabel 2.

Andre lande har også haft behov for at se på, hvordan forholdene var omkring år 1900. I Tyskland har man anvendt modeller for at finde frem til en koncentration af kvælstof omkring år 1900. Tabel 2 viser resultaterne fra modelberegninger af kvælstofkoncentrationen i de vandløb, der løb ud i Østersøen fra det nordøstlige Tyskland.

Nutidige data

Den tredje måde, vi har forsøgt at estimere en kvælstofniveau omkring år 1900 på, er ved at anvende nutidige data. Det har den fordel, at datagrundlaget er velbeskrevet og omfangsrigt. Ulempen er selvfølgelig, at mange forhold omkring år 1900 var anderledes. Ved en ekstrapolering af den nutidige sammenhæng mellem N overskud og N koncentration til det beregnede N-overskud omkring år 1900 får man en N-koncentration på omkring 2 mg N/l (tabel 3).

Det andet resultat, som er vist i tabel 3, er det estimat, som DCE lavede i 2014 (proxy for N koncentrationen i vandløb) på bagrund af nutidige målinger i en række små vandløb med meget lille landbrugsaktivitet i oplandet – hvad der blev benævnt som et estimat af baggrundskoncentrationen, og som har været anvendt i Miljø- og Fødevareministeriets vandområdeplaner.

Konklusionen

Vi er ved en analyse af landbrugspraksis, landskab, klima, osv. omkring år 1900 kommet frem til, at koncentrationen af kvælstof i vandløb mest tænkeligt lå i et interval på 1-2 mg N/l, hvilket er 2-4 gange niveauet i dag.

Alle andre måder at analysere problemstillingen på som anvendelse af modeller, historiske data, mv. viser samstemmende, at kvælstofkoncentrationen lå indenfor dette interval, når man også tager i betragtning, at der for nogle af disse tilgange ikke er tale om den totale mængde kvælstof, men en delmængde heraf – f. eks. nitrat.

Det skal understreges, at vi i den gennemførte udredning ikke har et svar på et gennemsnit for hele landet, og ej heller i hvilke vandløb koncentrationen lå på 1 mg N/l og hvor den var så høj som 2 mg N/l.

Reference:

/1/. Jensen, P.N. (Ed.) 2017. Estimation of Nitrogen Concentrations from root zone to marine areas around the year 1900. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 126 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 241. http://dce2.au.dk/pub/SR241.pdf

/2/: Askegaard, M., Olesen, J.E., Rasmussen, I.A. & Kristensen, K. (2011). Nitrate leaching from organic arable crop rotations is mostly determined by autumn field management. Agriculture, Ecosystems and Environment 142, 149-160.

/3/: Bøgestrand, J., Kronvang, B., Windolf,. J & Kjeldgaard, A. Baggrundsbelastning med total N og nitrat-N. 11 s. Notat fra DCE 2014.

Chefkonsulent Poul Nordemann Jensen, DCE Nationalt center for miljø og energi, Aarhus universitet. Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg. pnj@dce.au.dk

Professor Brian Kronvang, Institut for Bioscience, Aarhus Universitet, Vejlsøvej 25, 8600 Silkeborg. bkr@bios.au.dk

Professor Jørgen E. Olesen, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet, Blichers Alle 20, 8830 Tjele. jeo@agro.au.dk