

Næringsstofbelastningen til vandområder omkring år 1900

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 15. december 2014

Jens Bøgestrand, Jørgen Windolf & Brian Kronvang

Institut for Bioscience

Rekvirent:
Naturstyrelsen
Antal sider: 9

Faglig kommentering:
Internt i forfattergruppen
Kvalitetssikring, centret:
Poul Nordemann Jensen



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000
E-mail: dce@au.dk
<http://dce.au.dk>

Indhold

Forord	3
Baggrund	3
Elementer som skal tages i betragtning	4
Sammenligning med andre undersøgelser	5
Konklusion	7
Referencer	8

Forord

Naturstyrelsen har anmodet DCE om en ekspertvurdering på størrelsen af kvælstof og fosforafstrømningen til kystvandene år 1900. Baggrunden herfor er at miljøtilstanden i kystvande i Danmark i perioden omkring år 1900 anses for at repræsentere en referencesituation (jfr Vandrammedirektivets definitioner heraf) og at der derfor er behov for at kende størrelsesordenen af belastningen af kystvandene med kvælstof og fosfor i en situation med referencetilstand i kystvandene. En belastning som reflekterer den næringsstofpåvirkning som var i år 1900 som et resultat af den menneskelige aktivitet og arealanvendelse som fandt sted på daværende tidspunkt.

Baggrund

Belastningen med næringsstoffer til de danske kystvande i slutningen af 1800 tallet er ikke kendt, da der på det tidspunkt ikke eksisterede en egentlig overvågning af vandmiljøet. Der findes derfor kun spredte målinger af indholdet af næringsstoffer i de danske vandløb, som kan anvendes til i bedste fald at kvalificere et nutidigt forsøg på at estimere forholdene på den tid (Westermann, 1904). En anden oplagt mulighed er at forsøge med en modelmæssig beregning af belastningerne med input af datidens landbrugsforhold, befolkning, kloakeringsforhold, mv. En sådan øvelse er ikke gennemført i Danmark, men et nyligt forsøg herpå i det nordtyske område, der afvandet til Østersøen, kan igen anvendes som en slags referenceramme under hensyntagen til forskellige landskabsforhold mellem denne region og regionerne i Danmark.

DCE, AU har i et andet notat beregnet det der benævnes 'baggrundskoncentrationer' af kvælstof fra forskellige landskabstyper i Danmark (Bøgestrand et al., 2014). Derudover blev der i 2006 udviklet et kort over baggrundskoncentrationen af fosfor (Kronvang et al., 2007). De udviklede kort kan danne baggrund for beregning af dagens baggrundsbelastning med næringsstoffer til vandområder som fjorde og søer – d.v.s. den 'minimale' belastning, som vi i dag kan komme ned på i et landskab uden dyrkning. Beregningen sker ved at inddrage den ferskvandsafstrømning af vand, der i dag gennem vandløb strømmer til vandområderne i en given referenceperiode. I beregningen skal der så også tages hensyn til den retention der er af kvælstof og fosfor i de enkelte vandområders større vandløb, vådområder og søer.

Indtil begyndelsen af 1900 tallet anvendtes i landbruget næsten udelukkende husdyrgødning produceret på det enkelte landbrug og mindre mængder anden organisk gødning som f.eks. affald af forskellig art. Anvendelse af handelsgødning var meget begrænset og begyndte først så småt i sidste halvdel af 1800 tallet. Tilførslen af næringsstoffer til landbruget fra kilder udenfor selve landbruget var i det store hele begrænset til import af foderstoffer, som muliggjorde en øget husdyrproduktion og dermed også øgede mængden af husdyrgødning. Specielt for kvælstof var det dog også muligt at skaffe sig kvælstof ved dyrkning af bælgplanteafgrøder, som kan udnytte luftens indhold af frit kvælstof.

Derfor var udvaskningen og tabet af kvælstof og fosfor fra de dyrkede arealer meget lavt i årene før år 1900, sammenholdt med nutidens landbrug. Man kan formentlig forvente at niveauet har været i en størrelsesorden som nutidens baggrundsbelastning fra et opland med meget ringe indslag af dyrkning (< 10%). I dette notat vil vi forsøge at kvalificere om nutidens bag-

grundsbeklastning kan være en proxy for næringsstofbeklastningen til vandområderne i årene omkring år 1900.

Elementer som skal tages i betragtning

Landbrugets kvælstofoverskud

Kvælstofoverskuddet for landbrugserhvervet pr. ha dyrket areal var omkring år 1900 på kun 28 kg N pr. ha og toppede først i 1980'erne på op mod 180 kg N/ha mod i dag omkring 100 kg pr. ha (Kyllingsbæk, 2008; Vinther & Olesen, 2013). Tilsvarende var landbrugserhvervets fosforoverskud i år 1900 på ca. 2 kg P/ha, mod et overskud først i 1980'erne på 28 kg P/ha. I dag er det faldet til ca. 5 kg P/ha (Kyllingsbæk, 2008; Vinther & Olesen, 2013).

Atmosfærisk deposition og kvælstofinput i naturoplande

I dag er den atmosfæriske deposition af kvælstof i gennemsnit på landarealer i Danmark på omkring 14 kg N/ha (Jensen et al., 2013). I årene omkring år 1900 var den atmosfæriske deposition af kvælstof på omkring 5 kg N/ha (Kyllingsbæk, 2008). Analyser af tidsserier fra vandløb i naturoplande i NOVANA programmet viser, at kvælstofkoncentrationen har været faldende i de seneste 25 år i de fleste af vandløbene, måske som en effekt af den faldende atmosfæriske deposition i perioden 1990-2013.

I et nutidigt naturopland med et dyrkningsindslag på under 10% af arealet, som er grænsen anvendt ved fastlæggelse af nutidens baggrundsbidrag, er kvælstofinput fra atmosfærisk deposition og overskud ved dyrkning på i størrelsesordenen 20-25 kg N pr. ha opland. De tilsvarende tal ville omkring år 1900 have været på 15-20 kg N/ha i et lignende opland under antagelse af at ca. 65% af oplandet da var dyrket med et overskud på 25 kg N/ha.

Punktkilderne - byernes spildevand

I enkelte af de større danske byer var kloakeringen så småt i gang omkring år 1900. Desuden har der været en del spildevandsafløb fra gaderne under regn. Der er også mange historiske udsagn om stærk forurening af åer og søer i og omkring de større byer fra medierne på tiden omkring år 1900 (Kloakviden, 2014; Spildevandsafdelingens historie, 2014). Derfor har der været en vis - men i dette projekt ubestemmelig - udledning af urensset spildevand til overfladevand i årene omkring år 1900.

Nedbør og vandafstrømningen

Analyser af lange tidsserier af nedbør og afstrømning har vist at begge er steget igennem de sidste 100 år (Larsen et al., 2006). I de sidste 100 år er nedbøren på landsplan steget med 100 mm, men med større stigninger i Vestjylland og mindre på Øerne. Samtidig viser analyser af afstrømningsdata fra vandløb, at der også er sket markante stigninger igen mest i Sydvestjylland faldende med mindre stigninger mod nord og øst.

Retentionen i vandsystemerne

Det udviklede kort over baggrundskoncentrationer under dagens forhold tager ikke hensyn til retentionen undervejs i vandsystemernes indskudte større vandløb, vådområder og søer. Derfor skal der ved beregning af baggrundsbeklastningen i hvert vandsystem fraregnes en dertil hørende retention.

I tiden omkring år 1900 var hovedafvandingen i Danmark i gang med afvanding af søer, moser og udretning af vandløb. Der var også etableret mange engvandingensanlæg. Der må derfor forventes at have været en større

retention i vandløb, enge, vådområder og søer end i dag hvor retentionen især for kvælstof betyder en del for hvor meget som når frem til kystvande-
ne (Windolf et al., 2011).

Som vist i tabel 1 trækker de viste elementer i forskellige retninger i forhold til næringsstofbelastningen omkring år 1900 sammenholdt med den nuværende baggrundsbelastning. Og for især spildevandsudledninger vil det i år 1900 være afgørende med de lokale forhold for udledningens størrelse. Det er derfor vanskeligt i dag at kvantificere næringsstofbelastningen til de enkelte vandområder omkring år 1900.

Tabel 1. Forhold der influerer på estimering af landbaseret N og P belastning af marine vande omkring år 1900 med udgangspunkt i aktuelle distribuerede 'baggrundskoncentrationer' af N og P udledt til fersk overfladevand. Forventet effekt er angivet relativt med maksimum 3 plus eller minus set i forhold til de aktuelle baggrundskoncentrationer og nutidens vandafstrømning.

Forhold der influerer på estimering af NP tilførsel ud fra 'Baggrundskoncentrationer' og niveau for aktuel ferskvandsafstrømning	N tilførsel	P tilførsel
Byernes spildevand*	++	+++
Ferskvandsafstrømningen	-	--
Atmosfærisk N deposition og oplands overskud	-	Ingen ændring
N & P retention i overfladevand	-	-

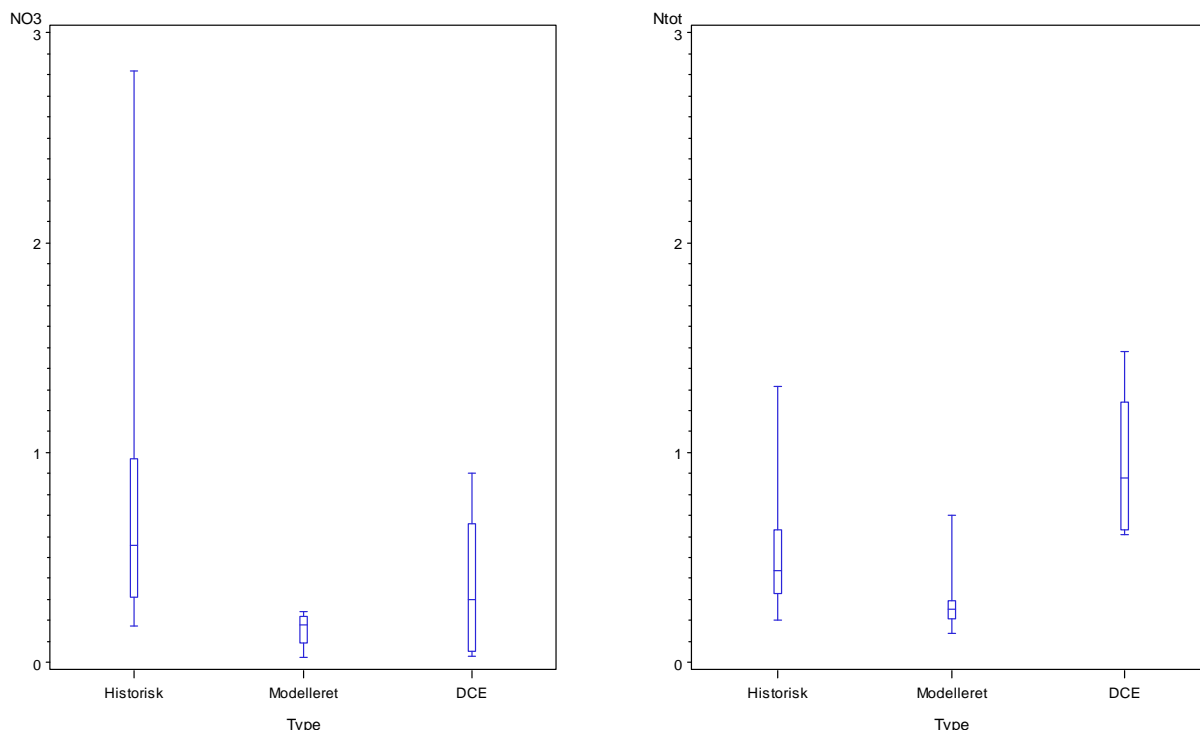
*Afgørende er her de helt lokale forhold i det enkelte opland.

Sammenligning med andre undersøgelser

Der er i litteraturen en række forsøg på at estimere referencetilstanden mht. kvælstofkoncentrationer i vandløb. Hirt et al. (2013) har samlet resultaterne af mange af disse, med særligt henblik på at vurdere brugen af belastningsmodellen MONERIS, som værktøj ved fastlæggelse af den historiske referencetilstand omkring år 1900 i den nordlige del af Tyskland som afvander til Østersen. Hirt et al. (2013) har i 4 forskellige scenarier gennemført modelkørsler med MONERIS til belysning af koncentrationen og belastningen med kvælstof og fosfor i perioden før år 1900 (1880). Disse modelresultater er i artiklen så sammenholdt med en række historiske og mere nutidige målinger i relativt upåvirkede vandløb.

En sammenligning af MONERIS modelkørslerne og litteraturværdierne for nitrat og total kvælstof koncentrationen i vandløb er vist i figur 1, sammen med DCE's nyeste resultater omkring baggrundskoncentrationen af kvælstof i vandløb (Bøgestrand et al., 2014).

Som det fremgår af figur 1 er der en stor variation i de forskellige estimater. De modelberegnete scenarier med MONERIS modellen for Nordtyskland for perioden omkring år 1900 er dog generelt noget lavere end studier baseret på historiske målinger fra litteraturen og de målte nuværende baggrunds koncentrationer. DCE modellen giver en del højere koncentrationer og er mere sammenlignelig med det øvrige målte. For de historiske undersøgelser er der en tilsyneladende modstrid ved at nitrat-N spænder over et større område end total-N og i særdeleshed omfatter nogle meget høje koncentrationer. Den bagved liggende årsag er at der ikke nødvendigvis er målt både nitrat og total N i de samme undersøgelser. For ældre historiske data skal der generelt fæstes større lid til målinger af nitrat end af total N. Sammenligningen giver os ikke anledning til at forkaste brugen af DCE resultaterne som en "indikator" for år 1900 koncentrationerne, da vi alt andet lige betragter måledata som mere robuste end modellerede.



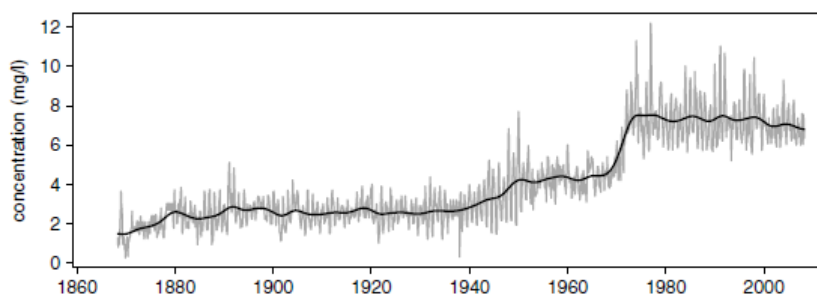
Figur 1. Koncentrationer af nitrat og total kvælstof som henholdsvis er målt i upåvirkede vandløb fra litteraturen (Historisk) (Hirt et al., 2013), modellerede koncentrationer i vandløb fra den tyske MONERIS model (Modelleret) (Hirt et al., 2013), samt DCE's nyligt beregnede baggrundskoncentrationer fra målinger i upåvirkede danske vandløb i 2011 (DCE) (Bøgestrand et al., 2014). Box-whiskers repræsenterer median, 25/75-percentiler og max/min-værdier.

Som supplement til resultaterne fra Hirt et al. (2013) kan nævnes at et canadisk studie (Chambers et al., 2012) vurderer at der i provinsen i den atlantiske maritime del (med formentlig en del moræneaflejringer) er en baggrundskoncentration af total N på 0,87-1,2 mg N/L.

I Danmark findes der historiske målinger af en række næringsstoffer fra 1889-1892 i 6 større vandløb (Westermann, 1904). Målingerne er taget opstrøms de større byer (Holstebro, Silkeborg, Odense osv.) for så vidt muligt at undgå påvirkning fra byspildevand. Gennemsnittet af de op til 3 målinger i hvert vandløb ligger i intervallet 0,1 (Storåen) til 1,0 (Susåen) mg NO₃-N/l. Målingerne støtter størrelsesordenen på DCE's opgørelse af baggrundskoncentrationerne i nyere tid og bekræfter ikke mindst, at der er en forskel betinget af landskabstyper på baggrundskoncentrationen af nitrat.

Endelig skal nævnes at der i Themsen opstrøms London har været lavet målinger af nitrat-N ugentligt siden 1868 (Figur 4). Koncentrationen af nitrat-N lå her på et niveau omkring 2-3 mg N/l fra starten og helt frem til efter 2. verdenskrig, hvorefter der sker en betragtelig stigning. Disse data demonstrerer, at der kan være forholdsvis høje baggrundskoncentrationer selv langt tilbage i tid, hvor kombinationer af spildevand, afvanding og anvendelsen af Chile-salpeter som kvælstofgødning kan spille en rolle. Chilesalpeter er et naturprodukt, som udvindes af et råsalt (caliche), der findes i Chile på Sydamerikas vestkyst.

Figur 2. Månedlige middelkoncentrationer af nitrat-N med 1-års glidende gennemsnit fra Themsen. Fra Howden et al. 2010.



Konklusion

Ved beregning af en baggrundsbelastning fra et givet opland skal den arealvægtede baggrundskoncentration i oplandet multipliceres med en vandafstrømning for den periode, som belastningen ønskes opgjort for. Desuden skal der fratrækkes en retention af nitrat-N i overfladevand (vandløb, søer m.v.) som ved en tidligere beregning for perioden 2007-2011 på landsplan er anslået til at udgøre ca. 20% af baggrundsbidraget på landsplan, men med store variationer fra vandløbsopland til vandløbsopland.

Der er ikke i Danmark gennemført modelanalyser og scenarier, som det er gjort i den del af Tyskland der afvander til Østersøen. Der er derfor vanskeligt på det foreliggende datagrundlag fra NOVANA målingerne og den udenlandske litteratur at etablere en 'reference'-koncentration af total kvælstof for perioden omkring år 1900 for de forskellige danske landskabstyper.

Det anbefales som et muligt alternativ at anvende de udførte målinger fra NOVANA-vandløb i naturoplande, som er gennemført til fastlæggelse af den aktuelle baggrundskoncentration i Danmark. Disse målinger er en indikator for en situation med mindst mulig menneskelig påvirkning af vandløbskoncentrationen af næringsstoffer og afspejler derudover den regionale variation, som er betinget af forskelle i jordbunds- og geologiske forhold.

Der må dog tages forbehold for ændringer i den atmosfæriske deposition, retention i overfladevand og ændrede nedbørsforhold, som vil kunne påvirke, at udledningen omkring år 1900 reelt har været mindre, ligesom der må tages forbehold for spildevandsudledninger omkring år 1900, som evt. har påvirket udledningerne i modsat retning.

Baggrunden for at søge at beregne N og P tilførsler til danske kystvande – herunder til de specifikke fjorde – omkring år 1900 er, at disse belastninger kan indgå i analyser der kobler N- og P- tilførsel og miljøtilstand i marine vande sammen. Man får således i bedste fald ét 'reference'-punkt omkring 1900 for belastning og tilstand for så først igen via det standardiserede nationale overvågningsprogram i 1989 at få tilgang til standardiserede og dokumenterede beregninger af N og P tilførslen. Tilførsler der er steget meget markant i forhold til omkring 1900. Der foreligger faktisk måledata fra en lang række vandløb (og kystvande) også fra perioden før 1989, men ingen standardiserede eller veldokumenterede belastningsberegninger.

Med udgangspunkt i ovenstående anbefales at der gennemføres et projekt som sikrer de 'gamle' målinger af kvælstof i danske vandløb og etablerer en DK reference-tidsserie af landbaseret kvælstofbelastning til fjorde og kystvande tilbage i tid.

Referencer

Jens Bøgestrand, Brian Kronvang, Jørgen Windolf & Ane Kjeldgaard Baggrundsbelastning med total N og nitrat-N. DCE notat.

Chambers et al. 2012. Development of environmental thresholds for nitrogen and phosphorus in streams. *JEQ* 41: 7-20.

Hirt et al. 2013. Reference conditions for rivers of the German Baltic Sea catchment: reconstructing nutrient regimes using the model MONERIS. *Reg Environ Change* 13: ??.

Howden et al., 2010. Nitrate concentrations and fluxes in the River Thames over 140 years (1868-2008): are increases irreversible? *Hydrol. Process.* 24, 2657-2662.

Jensen, P.N., Boutrup, S., Svendsen, L.M., Blicher-Mathiesen, G., Wiberg-Larsen, P., Bjerring, R., Hansen, J.W., Ellermann, T., Thorling, L. & Holm, A.G. 2013. Vandmiljø og Natur 2012. NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 86 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 78 <http://dce2.au.dk/pub/SR78.pdf>

Kloakviden.dkm (2014): http://www.kloakviden.dk/historisk_oversigt.htm

Kronvang et al. 2014. Background concentrations and loadings of nitrogen in Danish surface waters. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science* (in Press.).

Kronvang, B., Bøgestrand, J. Ovesen, N.B., Nyegaard, P. og Troldborg, L. 2007. Baggrundskoncentration af kvælstof og fosfor i grundvand og overfladevand. Bøgestrand, J. (red.) 2007: Vandløb 2006. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 96 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 642 <http://www.dmu.dk/Pub/FR642.pdf>.

Kyllingsbæk, A. (2008): Landbrugets husholdning med næringsstoffer, 1900-2005. Kvælstof, Fosfor, Kalium. DJ F markbrug nr. 18, august 2008. Aarhus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø

Spildevandsafdelingens historie (2014): i <http://www.vandcenter.dk/om-os/historie>

Westermann, T. ca. 1904. Om Indholdet af Plantenæring i Vandet fra vore Vandløb.

Vinther, F. P. & Olsen, P. (2013): NÆRINGSSTOFBALANCER OG NÆRINGSSTOF-OVERSKUD. Videnskabelig DCA rapport, Nr. 25. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet.

Windolf, J., Thodsen, H., Troldborg, L., Larsen, S.E., Bøgestrand, J., Ovesen, N.B. and Kronvang, B. 2011. A distributed modelling system for simulation of monthly runoff and nitrogen sources, loads and sinks for ungauged catchments in Denmark. *Journal of Environmental Monitoring*. 13: 2645-2658