

Præcisering af trendanalyser af den normaliserede totale og diffuse kvælstoftransport i perioden 2005-2012

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 7. april 2014
30. april 2014

Søren E. Larsen, Jørgen Windolf, Brian Kronvang

Institut for Bioscience

Rekvirent:
Naturstyrelsen
Antal sider: 9

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

Baggrund	3
Resume	3
Indledning	4
Litteratur	8
Bilag 1	9

Baggrund

Naturstyrelsen har som baggrund for bestillingen af et notat anført:

"I forbindelse med drøftelser af udviklingen i den landbaserede kvælstoftilførsel til kystvande har interessenter anvendt resultatet af DCE's trendanalyse for perioden 2005-2012 som et udtryk for, at tilførslen af kvælstof faktisk er faldet med 12.000 tons i perioden ("Notat om basisanalyse: Opgave 2.2 – Stofbelastning (N,P af søer og kystvande, DCE d. 11. oktober 2013")."

Opgaven (NST):

På baggrund af ovennævnte notat fra DCE med trendanalyser ønskes især bemærkninger til:

DCE's normaliserede tal for kvælstoftilførsler for perioden 2005-2012 viser højst en forskel mellem det højeste og det laveste belastningstal på 10.550 tons. På denne baggrund bedes DCE beskrive, hvordan tallet på 12.000 tons er fremkommet, og hvad det præcis består af. Svaret fra DCE skal kunne forstås og kommunikeres eksternt, herunder eventuelt kunne oversendes til Folketinget. Svaret bedes sendt i udkast til Naturstyrelsen til kommentering. I svaret bør indgå følgende:

- De konkrete normaliserede belastningstal for årene i perioden 2005-2012
- Baggrundsoplysninger om og beskrivelse af den gennemførte trendanalyse af kvælstoftilførslerne 2005-2012, både for total belastning (de 12.000 t) og belastning fra diffuse kilder (de 10.000 t)
- Beskrivelsen bør både være grafisk, talmæssig og i tekst. Det bør fremgå, hvordan de målte tilførsler indgår i analysen, hvad er metoden, hvad viser tallet 12.000/10.000 helt præcist, og indgår der i tallene talværdier, som ikke stammer fra målte tilførsler, men fra den statistiske metode i sig selv? I givet fald hvor meget?

Resume

DCE udarbejdede i forbindelse med basisanalysearbejdet et notat med en analyse af udvikling i kvælstoftilførsel til havet i forskellige perioder. Den seneste periode der blev analyseret var 2005-12. Analysen viste for denne periode et fald i kvælstoftilførslen til havet, der for den samlede total kvælstofbelastning udgjorde ca. 12.000 ton N, samt for den diffuse andel af belastningen ca. 10.000 ton N. Når man refererer til disse fald over perioden er det nødvendigt samtidig at medtage, at der er knyttet en forholdsvis stor usikkerhed til estimaterne (for faldet i total N et interval på 6.600-17.000 ton N og for diffus N på 5.900–15.900 ton N).- især på grund af den korte periode der ligger til grund for analysen. Den udførte analyse af udviklingen bygger på en statistisk analyse af data fra den angivne periode, da man herved kan angive et usikkerhedsinterval. Naturstyrelsen (NST) har bedt DCE uddybe de statistiske analyser, der er anvendt.

Grundlæggende bygger alle analyser på de målinger og beregninger, der gennemføres i det nationale overvågningsprogram NOVANA. Disse konkrete årlige målinger er imidlertid påvirket af en række naturlige faktorer, og her især først og fremmest de enkelte års nedbørsmængder. Når man leder efter en generel udvikling i kvælstoftransporten fra land til hav, er det derfor som et første skridt nødvendigt at udligne for de forskelle, der er i nedbør/vandafstrømning for at kunne teste for udviklingen over en årrække.

Selv med denne udligning i forhold til år til år ændringer i vandafstrømning (nedbør) er det nødvendigt at anvende en statistisk analyse for at teste udviklingen hen over en periode, idet der stadigvæk er år-til-år variationer tilbage efter udligningen. Den gennemførte statistiske test viser den mest sandsynlige udvikling i kvælstofudledningen i perioden 2005-12 – igen med et forholdsvis stort usikkerhedsinterval. Fordelen ved at anvende en statistisk metode er endvidere, at det er muligt at angive usikkerheden på den konstaterede udvikling i kvælstofudledningerne til havet. Det er endvidere nødvendigt at foretage en statistisk analyse for at kunne afgøre, om udviklingstendensen i kvælstofudledningen til havet kan anses for at være statistisk sikker eller blot en tilfældig udvikling i perioden.

Indledning

DCE har i notatet ("Notat om basisanalyse: Opgave 2.2 – Stofbelastning (N, P af søer og kystvande, DCE d. 11. oktober 2013", Windolf et al, 2013) præsenteret resultater for trendanalyser af normaliserede kvælstoftilførsler i 3 forskellige perioder, 1990-2012, 2000-2012 samt 2005-2012. Dette notat omhandler analysen af den sidste periode med beskrivelser af de anvendte statistiske metoder, samt grafiske og tekstmæssige bemærkninger til selve analysen af normaliserede total og diffuse kvælstoftilførsler.

Det skal dog nævnes, at det er den samme statistiske analyse, der er anvendt for alle tidsperioderne.

Beskrivelse af data i perioden 2005-2012

I tabel 1 er vist den normaliserede totale og diffuse N tilførsel for perioden 2005-2012.

Generelt er der i tabellerne anvendt de beregnede værdier og præsentationerne er ikke et udtryk for beregningens nøjagtighed.

Tabel 1. Baggrundsdata til trendanalyserne, normaliserede N tilførsler (transporter).

	Normaliseret diffus N-transport (ton)	Normaliseret total N-transport (ton)
2005	57.145	63.278
2006	59.032	65.531
2007	56.046	62.933
2008	54.654	60.508
2009	52.132	58.227
2010	49.858	55.675
2011	49.312	55.083
2012	49.309	54.979

Basis for de normaliserede N-tilførsler er de aktuelle års målinger i vandløbene og den deraf beregnede årlige kvælstoftransport. Da kvælstoftransporten er meget afhængig af det enkelte års vandafstrømning i vandløbene, foretages der en normalisering for bedre at kunne sammenligne mellem årene og dermed analysere for en udvikling, hvor klimasvingninger i forhold til nedbør bedst muligt er slået fra. De normaliserede N-tilførsler er beregnet ved anvendelse af en normaliseringsmetode, som har til formål at beregne N-tilførsler, som er justeret med udgangspunkt i den gennemsnitlige vandføring i perioden 1990-2012. Normaliseringsmetoden er nærmere beskrevet i bilag 1

Det fremgår af Windolf et al, 2013 vedr. perioden 2005-2012 at den statistiske analyse har givet følgende resultater:

2005-2012: Trend test resultater

Normaliseret total N udledning alle kilder: $Z=-3,09$, $P=0,0020$,
Faldet er på -18% [-25%;-10%] og udgør over perioden ca. 12000 ton N [6.600;17.000].

Normaliseret total N udledning fra diffuse kilder:
 $Z=-3,09$, $P=0,0020$,
Faldet er på -17% [-27%;-10%] og udgør over perioden ca. 10000 ton N [5.900;15.900].

De anvendte statistiske metoder er Mann-Kendall trend test og Theil-Sen slope estimator og er beskrevet i Carstensen og Larsen (2006). Kort om statistisk metode: Trendanalysen er en ikke-parametrisk statistisk metode, dvs. metoden antager ikke noget om den statistiske fordeling af data i tidsserierne. Metoden beregner en testsandsynlighed for trenden, et estimat for den årlige ændring i tidsserien (Theil-Sen estimatet), samt et tilhørende 95% konfidensinterval (mål for usikkerhed) for estimatet for den årlige ændring (trend) og endelig et estimat for værdien af tidsserien i det første år. Det er år-til-år variationen, som er byggestenen i den statistiske metode, og denne bidrager således til muligheden for at beregne et 95% konfidensinterval. De nævnte statistiske teststørrelser og estimater bliver alt andet lige mere sikkert bestemt desto flere år tidsserien indeholder (dvs. der dannes et "smalle-re" 95 % konfidensinterval).

Det er de statistiske estimater som anvendes til beregning af det samlede fald angivet i procent:

$$\text{Samlet fald over perioden udtrykt i procent} = 100 \cdot \frac{(n-1) \cdot \hat{\beta}}{\hat{\alpha}},$$

hvor $\hat{\beta}$ er estimatet for den årlige ændring, $\hat{\alpha}$ er estimatet for værdien i det første år i tidsserien og n er antallet af år i tidsserien.

På tilsvarende vis kan et 95% konfidens interval for det samlede fald udtrykt i procent beregnes ved at anvende mindste og største værdi i 95% konfidensintervallet for den årlige ændring i formlen ovenfor.

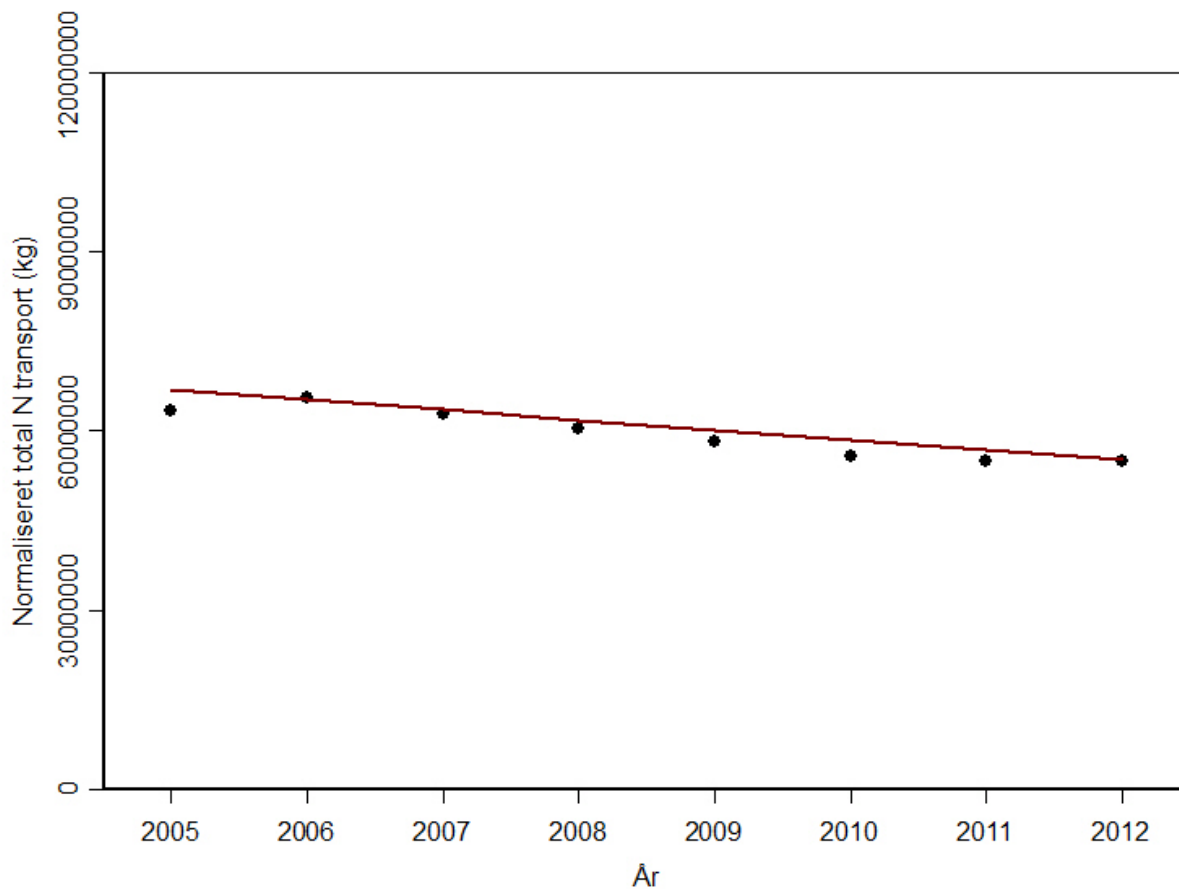
Det er den samme statistiske analyse, der er gennemført for såvel den totale normaliserede kvælstoftransport, som den diffuse normaliserede transport.

Den statistiske metode er således baseret på at anvende hele informationen i tidsserien.

Den teoretiske forklaring af et 95% konfidensinterval er det interval som indeholder 95% af alle estimater hvis tidsserien kunne genobserveres 100 gange og med den samme statistiske fordeling som den oprindelige tidsserie.

Kommentarer til analysens resultater

I de to figurer (figur 1 og 2) er de estimerede trendlinjer, som de statistiske analyser giver, indtegnet og desuden er tidsserien med normaliserede N tilførsler vist (punkter).



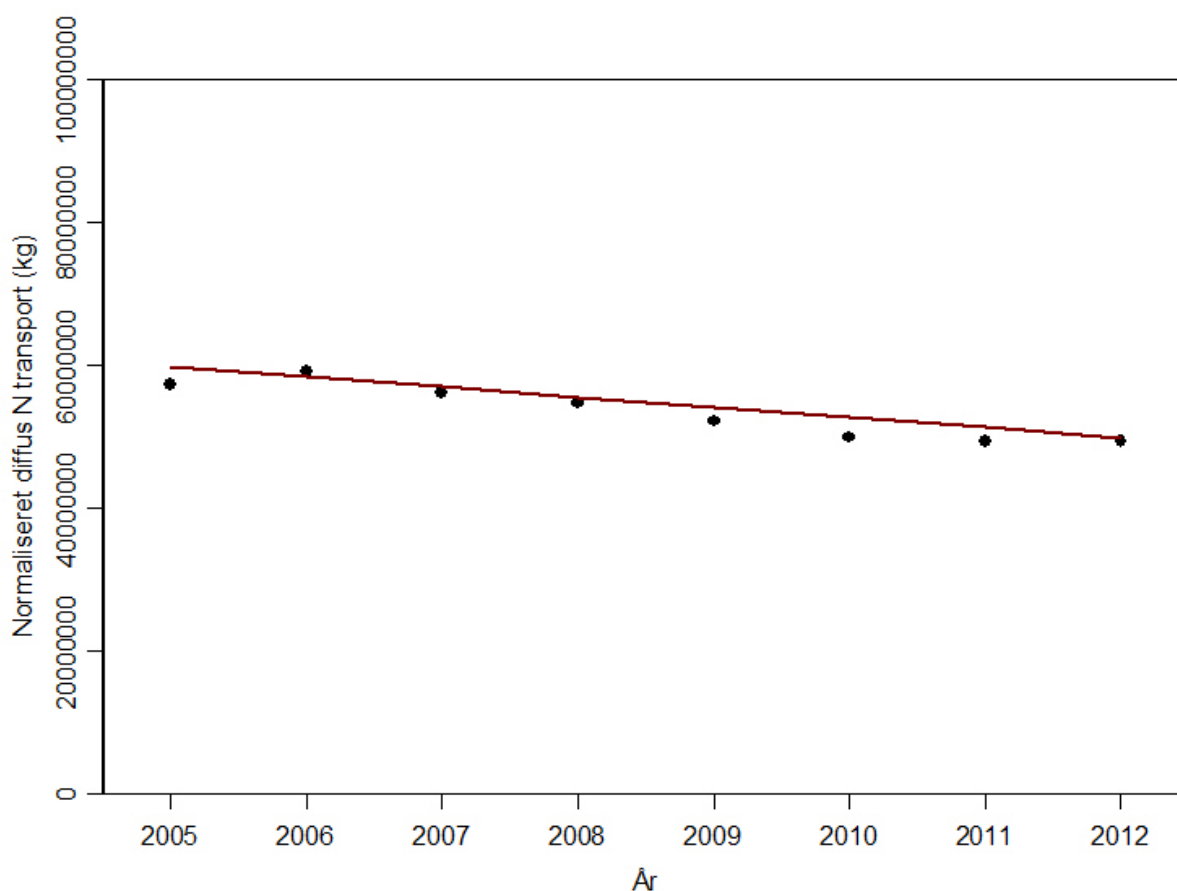
Figur 1. Tidsserie med normaliseret total N transport med trend linje for perioden 2005 til 2012.

Figur 1 viser, at den statistiske metode giver et andet udgangspunkt for året 2005, nemlig ca. 66.900 tons N i stedet for ca. 63.300 tons N, som er den normaliserede total N tilførsel i 2005. Med andre ord på baggrund af de 8 normaliserede totale N tilførsler i perioden 2005-2012 estimeres værdien i 2005 til at være 66.900 ton i stedet for 63.300 tons N. Selvom der tilsyneladende er en stagnation i faldet i årene 2011 og 2012 (i forhold til de 6 forudgående år) kan det bero på tilfældigheder. Det vurderes derfor som mest plausibelt med den anvendte tidsserie at antage et konstant fald over perioden. Det konstante fald estimeres til at være ca. 1.675 tons N per år, og ganges dette tal med 7 får man 11.725 tons N som i Windolf et al, 2014 var rundet op til 12.000 tons N. Forskellen mellem højeste og laveste værdi af normaliserede total N tilførsler er ifølge tabel 1 ca. 10.500 tons N og forskellen mellem værdierne i 2005 og 2012 ca. 8.300 tons N. I tabel 2 har vi angivet alle de estimerede normaliserede total N tilførsler ved anvendelse af den statistiske metode i perioden 2005 til 2012.

Dette betyder, at ser man på de eksakte tal fra hhv. trendanalysen (tabel 2) og de beregnede værdier (tabel 1) er forskellen for hele perioden på 8 år mellem de to måder at opgøre det på mindre end 1.200 ton N (11.725 ton N fra trendanalysen og 10.550 ton N som forskellen mellem højeste/laveste beregnede værdi) eller kun ca. 5 % af den gennemsnitlige beregnede transport.

Det er så lille en forskel, at den ligger klart indenfor usikkerheden – både for trendanalysen og den beregnede transport – og at der statistisk set ikke er forskel på de to tal.

Man kan ikke sige, at den statistiske analyse i sig selv bidrager til talværdien, som anført i bestillingen. Den statistiske analyse viser på baggrund af det samlede datasæt for perioden 2005-12 den mest sandsynlige udvikling over perioden. Herved kan man såvel få beregnet en usikkerhed på estimatet samt få testet, hvorvidt en udvikling er statistisk sikker.



Figur 2. Tidsserie med normaliseret diffus N transport med trend linje for perioden 2005 til 2012.

Figur 2 viser på tilsvarende vis, at den statistiske model estimerer en anden værdi i 2005 end den angivne i tabel 1 – 59.800 tons N mod 57.100 tons N, som er den beregnede normaliserede diffuse N tilførsel i 2005. Selvom der tilsyneladende er en stagnation i faldet i årene 2011 og 2012 (i forhold til de 6 forudgående år) kan det bero på tilfældigheder. Det vurderes derfor som mest plausibelt med den anvendte tidsserie at antage et konstant fald over perioden. Faldet estimeres til ca. 1.440 tons N per år og dermed ca. 10.000 tons i hele perioden. Forskellen mellem højeste og laveste værdi af normaliserede diffus N tilførsler er ifølge tabel 1 ca. 9.700 tons N og forskellen mellem værdierne i 2005 og 2012 ca. 7.800 tons N. I tabel 2 har vi angivet alle de estimerede normaliserede diffus N tilførsler ved anvendelse af den statistiske metode i perioden 2005 til 2012.

Tabel 2. Estimerede normaliserede N tilførsler (transporter ved anvendelse af statistisk model).

	Estimeret normaliseret diffus N-transport (ton)	Estimeret normaliseret total N-transport (ton)
2005	59.845	66.904
2006	58.412	65.230
2007	56.978	63.555
2008	55.544	61.880
2009	54.110	60.205
2010	52.676	58.530
2011	51.243	56.856
2012	49.809	55.181

Et 95% konfidensinterval for det samlede fald i normaliserede total N tilførsler er estimeret til [6.600;17.000], og det er beregnet på baggrund af et 95% konfidensinterval for estimatet for det årlige fald, og dette sidste konfidensinterval er baseret på år-til-år variationen i tidsserien fra 2005 til 2012. Men den statistiske metode angiver de 11.725 tons N (og afrundet til 12.000 ton N), som det mest sandsynlige fald i perioden. På tilsvarende vis er det mest sandsynlige samlede fald for den diffuse N tilførsel 10.000 tons N med et konfidensinterval på [5.900;15.900].

Litteratur

Carstensen, J. og Larsen, S. E. (2006) Statistisk bearbejdning af overvågningsdata – Trendanalyser. Teknisk anvisning fra DMU nr. 24. 38 s.

Windolf, J. et al, 2013: Notat om basisanalyse: Opgave 2.2 – Stofbelastning (N, P) af søer og kystvande.

Bilag 1:

Normaliseringen af de diffuse kvælstoftransporter er gennemført ved først at opstille en lineær afstrømnings/transport (QT) sammenhæng på logaritmetransformerede vandafstrømninger (Q_{mm} / år) og de beregnede totale kvælstoftransporter fra diffuse kilder (T). Sammenhængen opstillet på data fra årene 1990-2012 kan udtrykkes således:

$$\ln T = \alpha + \beta \cdot \ln(Q),$$

Den logaritme-transformerede og afstrømningsnormaliserede sammenhæng opstilles herefter således:

$$\ln T_{norm} = \ln T - \beta \cdot (\ln Q - \ln(Q_{mm_gns})),$$

hvor T er total kvælstoftransport fra diffuse kilder i et givet år, Q er vandafstrømning i mm i samme givne år, og β er den estimerede hældning. Q_{mm_gns} er i ligningen den gennemsnitlige afstrømning i mm/år for hele perioden.

Efterfølgende transformeres tilbage for at beregne den afstrømningsnormaliserede kvælstoftransport i ferskvand fra diffuse kilder (tons N):

$$T_{norm} = K_{kor} \cdot \exp(\ln T_{norm}),$$

hvor K_{kor} korrigerer for, at der er anvendt logaritme-transformerede data. K_{kor} beregnes som $\exp(1/2 * \text{MeanSquareError})$.

Den afstrømningsnormaliserede diffuse kvælstofafstrømning er således – ideelt set – renset for betydningen af de år-til-år varierende vandafstrømninger. Metoden har dog vanskeligt ved at generere helt realistiske værdier for eksempelvis meget tørre år som 1995/96. Det er heller ikke med metoden muligt at korrigere for eventuelle forskelle og udviklinger i sæsonfordeling af kvælstofafstrømningen.

Lægges spildevandsudledningerne i de enkelte år til den afstrømningsnormaliserede diffuse N-transport fås et estimat for, hvad den samlede N-tilførsel ville have været det givne år ved den gennemsnitlige årlige vandafstrømning.