

Notat

SEGES, Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.
PlantelInnovation

Mulighed for at måle kvælstofudledningen af spildevand fra en by ved at måle i vandløbene opstrøms og nedstrøms byen	Ansvarlig	KRP
	Oprettet	24-09-2019
	Side	1 af 7

Projekt: 4566 - Måltrettet regulering

Mulighed for at måle kvælstofudledningen af spildevand fra en by ved at måle i vandløbene opstrøms og nedstrøms byen

Formål og metode:

Notatets formål er at afdække om det er realistisk at måle spildevandsbelastningen fra en by som forskellen mellem vandløbstransporten af næringsstoffer opstrøms og nedstrøms byen. I dette notat afdækkes om denne teknik vil være mulig ud fra betragtninger om usikkerheder og ud fra enkelte målinger af næringsstoffer, salte og organiskstof i Susåen nær Næstved.

Baggrund:

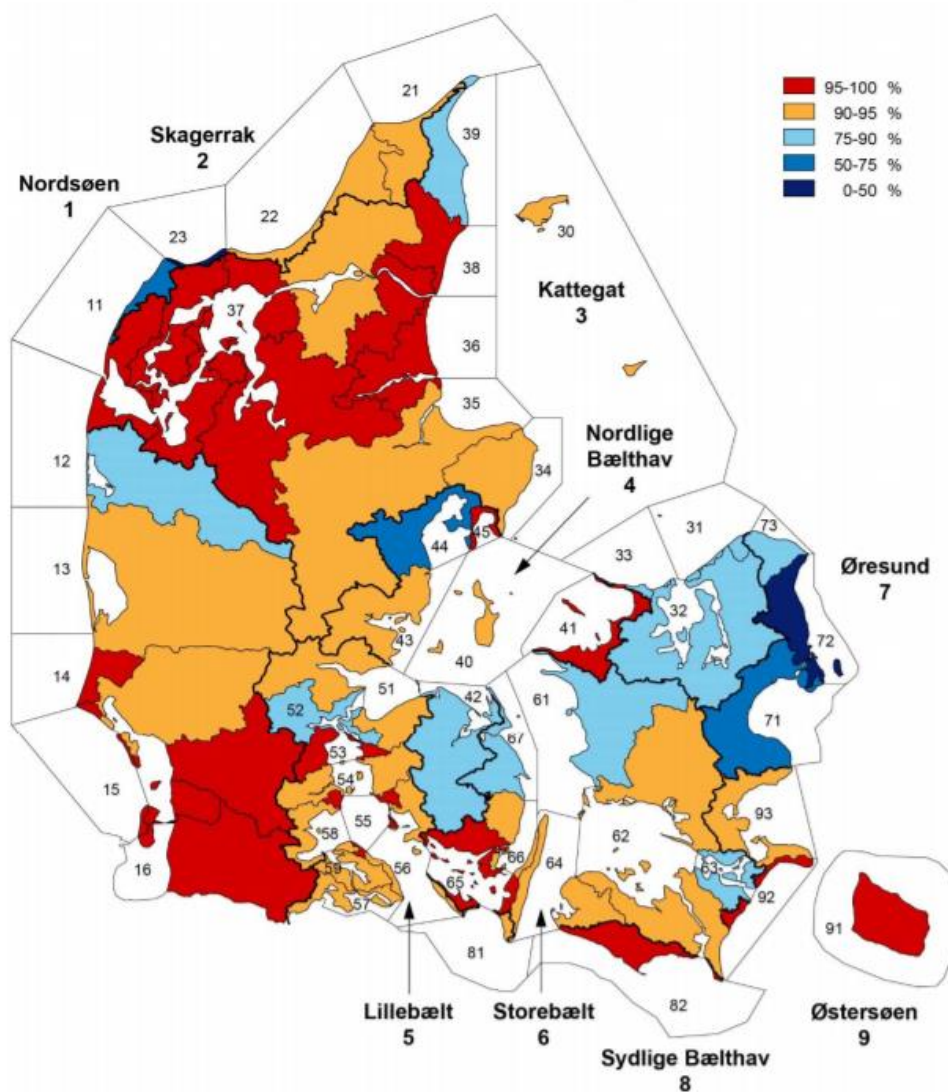
Tilførslen af kvælstof og fosfor til havmiljøet kan groft deles i to hovedgrupper. Disse to grupper er:

- 1) Diffuse kilder, der omfatter næringsstoffer udvasket fra landbrugs- og naturarealer samt udledning af spildevand fra spredt bebyggelse.
- 2) Punktkilder, der omfatter næringsstoffer udledt fra kendte punkter, herunder rensningsanlæg, dambrug og industri, samt overløb ved kraftige regnhændelser fra overløbsbygværker og rensningsanlæg.

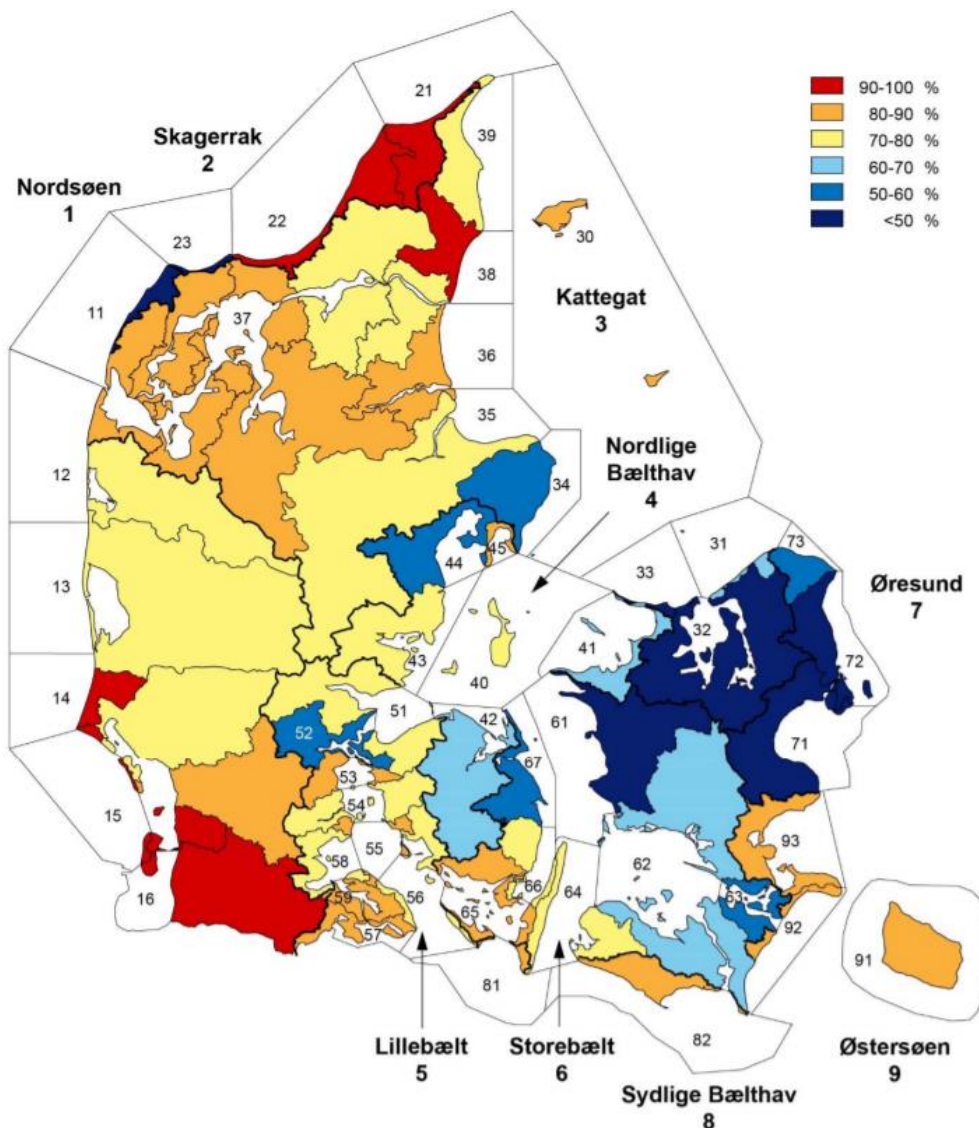
I 2017, som er det sidst opgjorte år, var den diffuse udledning ca. 64.000 ton total-kvælstof (TN) og 2.500 ton total-fosfor (TP) mens punktkildeudledningen var på ca. 6.200 ton TN og 790 ton TP. Bemærk at disse tal er de faktisk målte for 2017 og ikke er korrigeret til en normal årsafstrømning. Af den samlede belastning udgjorde punktkildebelastningen i 2017 derfor 91 pct. af TN og 76 pct. af TP. Den relative betydning af diffus og punktkildebelastning er dog meget variabel, idet punktkildebelastningen er relativt mere betydende nær de store byer. Faktisk varierer punktkilders andel af TN-transporten fra mindre end 5 pct. til mere end 50 pct. (Thodsen m.fl., 2019). Dette fremgår af figur 1 og 2, der viser den diffuse belastnings andel af den samlede belastning for TN og TP fordelt på oplande.

Datakvaliteten i punktkilddatasættet er ikke den samme for alle kilder. For den daglige drift af industri og rensningsanlæg er den baseret på egenkontrolprogrammer med målinger af udledningen. For regnbetingede overløb er den baseret på kommunernes indberetninger af overløbspunkter og modellering af antallet og størrelsen af overløb ud fra nedbørsmængder og kloaksystemets kapacitet. SEGES har tidligere beskrevet, at datakvaliteten i disse indberetninger ikke er tilfredsstillende, og at dette medfører en underestimering af stofbelastningen fra regnbetingede overløb (Kristensen og Piil, 2017).

Usikkerhederne vedr. overløb og punktkildeudledninger har medført, at flere landmænd efterspørger bedre metoder til at bestemme udledninger fra byer, uden at alle udledningskilder er kendt og estimeres særskilt.



Figur 1. Andelen af kvælstoftransporten der sker diffust fordelt på oplande. Den resterende del sker som punktkildeudledning. Fra: Thodsen m.fl. (2019)



1

Figur 2. Andelen af fosfortransporten der sker diffust fordelt på oplande. Den resterende del sker som punktkildeudledning. Fra: Thodsen m.fl. (2019)

Det er vanskeligt at bestemme tilvæksten i stoftransport mellem en opstrøms og nedstrøms målestation med god nøjagtighed

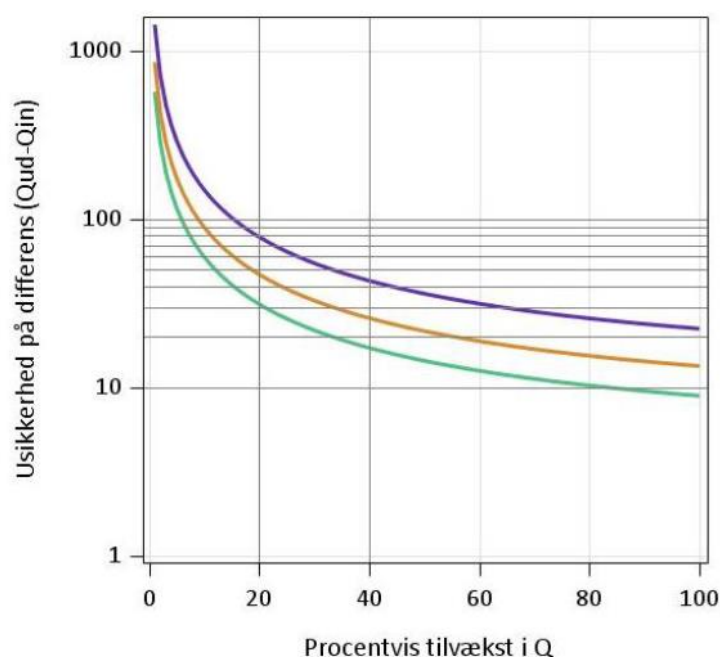
For at kunne estimere bidraget fra punktkilder og regnbetingede overløb fra et byområde, har det været foreslået, at man kan måle næringsstoftransporten i et vandløb opstrøms byen og nedstrøms byen. Forskellen i stoftransport vil så udgøre byens samlede bidrag af næringsstoffer til vandløbsudledningen. I praksis er det dog nødvendigt at have en betydelig tilvækst i stoftransport mellem den opstrøms og nedstrøms målestation for at kunne bestemme forskellen i næringsstoftransport mellem to stationer præcist. Det skyldes den måde, som usikkerheden på forskellen matematisk skal beregnes på.

Forskellen mellem to stoftransporter beregnes enkelt som: $\Delta T = T_{ned} - T_{op}$, hvor T_{ned} angiver stoftransporten nedstrøms byen, T_{op} angiver stoftransporten opstrøms byen, og ΔT angiver tilvæksten i stoftransport, dvs. hvor meget kvælstof eller fosfor byarealet har bidraget med. Usikkerheden (standardafvigelsen) på ΔT beregnes derimod efter formelen: $\sigma_{\Delta T} = \sqrt{\sigma_{ned}^2 + \sigma_{op}^2}$, hvor σ er standardafvigelsen på stoftransporten for de enkelte led af T . Da usikkerheden på vandløbsmålinger ofte opgøres som en procentdel af den målte vandløbstransport skal den samlede usikkerhed forskellen mellem to transporter udtrykkes som:

$\sigma_{\Delta T} = \frac{\sqrt{(T_{ned} \times U_{ned})^2 + (T_{ned} \times \sigma_{op})^2}}{T_{ned} - T_{op}}$, hvor U er usikkerheden i % af stoftransporten T .

Det fremgår, at usikkerhederne på målingen opstrøms og nedstrøms skal summeres, for at finde usikkerheden på ΔT . Usikkerheden på ΔT vil altså altid blive større end for den største af de målte transporter, hvilket i praksis vil sige den nedstrøms. Hvis den opstrøms og nedstrøms transport kan bestemmes med f.eks. 10 pct. nøjagtighed, følger der derfor at usikkerheden på ΔT bliver større end 10 pct. af den nedstrøms transport. Hvis ΔT er lille relativt til den nedstrøms transport vil dette betyde, at usikkerheden bliver overvældende stor i forhold til størrelsen på ΔT .

I GUDP-projektet "Emissionsbaseret kvælstof- og arealregulering" blev det beregnet hvad usikkerheden på forskellen i vandtransport (ΔQ) mellem en opstrøms og nedstrøms station ville være ved forskellige størrelser af ΔQ og ved forskellige målenøjagtigheder. Resultatet af denne beregning ses i figur 3, og er også gældende for næringsstoftransporter, hvis man antager at disse kan bestemmes med samme nøjagtighed. Det er tydeligt at tilvæksten imellem de to målestationer skal være større end 30 pct. for at der kan måles en forskel i årlig transport med 20 pct. nøjagtighed, såfremt usikkerheden på bestemmelsen ved ind og udløb er fire procent.



Figur 3. Usikkerheden i procent på bestemmelsen af differensen imellem indløb og udløb fra et opland, ved tre forskellige usikkerheder (4 (grøn), 6 (gul) og 10% (lilla)) på bestemmelsen af den årlige ind- og udstrømning. Fra: Poulsen m.fl. (2016)

I praksis betyder ovenstående, at det ikke er muligt at bestemme en lille forskel i næringsstoftransport opstrøms og nedstrøms en by. Tilvæksten i transporten af næringsstoffet skal være på mere end 30 pct. fra den opstrøms station til den nedstrøms station, hvis usikkerheden på forskellen skal være mindre end 20 pct. hvor usikkerheden på bestemmelsen af transporten op og nedstrøms åen er fire procent. I praksis vil usikkerheden på bestemmelsen ved en målestation kun være omkring 4 pct. i de mest stabile vandløb, mens den i vandløb med stor forskel mellem sommer og vintervandføring ofte er så høj som ti pct. (Poulsen m.fl. 2016).

Langt hovedparten af Danmarks større byer er beliggende ved større åers udmunding i havet (f.eks. København, Århus, Odense, Esbjerg, Randers, Vejle, Horsens, Næstved, Kalundborg, Svendborg og Vordingborg) eller har større åer der løber igennem byen (f.eks. Silkeborg, Holstebro og Viborg). I disse tilfælde vil byens udledning af vand og næringstoffer være lille i forhold til den totale transport i vandløbet, og byens bidrag vil derfor ikke kunne måles med tilfredsstillende nøjagtighed.

Opblanding med havvand i den nederste del af en å gør det svært at bestemme stoftransporten helt nedstrøms i vandløbet

Næringsstoftransporten i vandløb beregnes simplificeret sagt ved at gange den målte vandtransport med målte næringsstofkoncentrationer. Som nævnt ligger de fleste større danske byer helt nedstrøms i vandløbssystemerne, og vandløbsstationer nedstrøms disse byer vil ligge helt ude ved vandløbets udmunding i havet eller fjorden. Det medfører to problemer med at estimere vandføringen. For det første skal man bestemme en vandtransport i et miljø, hvor der i perioder kan forekomme tilbageløb af vand fra hav eller fjord ind i åen, f.eks. ved kraftig vind eller højvande. Det er dog muligt at bestemme en netto vandtransport ud af åen med måleudstyr, der kan registrere vandets bevægelsesretning. For det andet skal man have en målt næringsstofkoncentration, som kan ganges på vandføringen for at bestemme næringsstoftransporten. Ved tilbageløb af vand fra hav eller fjord ind i åen, vil de målte næringsstofkoncentrationer naturligvis blive en blanding af næringsstofkoncentrationen i havvandet og åvandet.

For at undersøge, i hvor høj grad opblanding af havvand og åvand er et problem for måling af næringsstofkoncentrationer helt nedstrøms i vandløbssystemerne, er der 21/8-2019 udtaget tre vandprøver i Susåen, i forskellige afstande fra Karrebæk fjord. Prøverne er udtaget ved Skeby bro, nær NOVANA målestationen i Susåen ca. 18 km opstrøms for Susåens udløb i Karrebæk fjord, ved Nolds havn ca. 2 km fra åens udløb i fjorden men før udløbet fra Næstved renseanlæg, og ved kanalhavnen lige ved åens udløb og nedstrøms for Næstved renseanlæg. Placeringen af prøveudtagningssteder fremgår af figur 4, mens prøveresultaterne fremgår af tabel 1.

Tabel 1. Næringsstoffer, organisk stof (COD) og saltholdighed på tre stationer i Susåen udtaget den 21/8-2019. Prøverne er alle udtaget i vandoverfladen.

Prøvested	Beskrivelse	TN (mg pr. L)	Nitrat-N (mg pr. L)	TP (mg pr. L)	COD (mg pr. L)	Saltholdighed (Promille)
Skelby bro	Opstrøms nær målestation	2,39	0,72	0,14	40	<1
Nolds havn	Nedstrøms før renseanlæg	1,34	0,16	0,08	63	6
Kanalhavn	Nedstrøms efter renseanlæg	1,44	0,19	0,05	300	7



Figur 4. Steder for prøveudtagning 21/8-2019. Vandprøverne blev udtaget i overfladen og er analyseret hos et akkrediteret laboratorium.

Ved fortolkning af prøveresultaterne skal man naturligvis være opmærksom på, at der er tale om et øjebliksbillede fra én enkelt dag. Det er dog tydeligt at:

- 1) På de to nedstrøms stationer sker en betydelig opblanding med saltvand i selve åløbet, idet saltindholdet er 6-7 promille på disse stationer. Saltindholdet i Karrebæk fjord er typisk omkring 8-12 promille salt, hvorfor vandet på de to nedstrøms stationer må være en blanding af halvt fjordvand og halvt åvand.
- 2) Koncentrationerne af alle næringsstoffer er lavere på de to nedstrøms stationer end på den opstrøms. Det viser, at indblandingen af saltvand, hvor sommerkoncentrationen af især kvælstof typisk er meget lav, overdøver en eventuel stigning i næringsstofkoncentration der skyldes bispildevand eller udledning fra rensningsanlægget.

Selvom prøverne er et øjebliksbillede viser de, at det vil være vanskeligt at måle næringsstoftransporten helt nedstrøms i vandløbssystemet, fordi åvandet i den nederste del af vandløbssystemet opblandes med saltvand.

Konklusion

For at det er muligt at måle en eventuel tilvækst i stoftransport mellem to målestationer skal der være en betydelig tilvækst i stoftransport mellem de to stationer. Ved en måleusikkerhed på ca. 10 pct. skal tilvæksten være større end 30 pct. for at tilvæksten kan bestemmes med en præcision på 20 pct. selv i de vandløb hvor måleusikkerheden er lavest.

Indblanding af havvand gør, at det ikke er muligt at opnå koncentrationsdata fra målestationer, der ligger helt nedstrøms i et vandløbssystem. Det skyldes, at de næringsstofkoncentrationer man vil måle på en

sådan station, vil være en blanding af næringsstoffets koncentration i havvandet og i vandløbsvandet. Da de fleste større danske byer ligger helt nedstrøms i vandløbssystemet vil det ofte være umuligt at opnå brugbare næringsstofkoncentrationsdata nedstrøms disse byer.

Hvis man ønsker at måle byspildevands bidrag til næringsstoftransporten i vandløbene er det nødvendigt, at der er en tilstrækkelig tilvækst i næringsstoftransport, og at byen ikke er beliggende nær vandløbets udløb i havet.

/KRP

Referencer

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rasmussen, J.J., Bøgestrand, J., Blicher-Mathiesen, G., Larsen S.E., Ovesen, N.B., Windolf, J., Kjeldgaard, A. (2019), Vandløb 2017. NOVANA. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 306.

Kristensen, R.K. og Piil, K. (2017) Notat om NPO belastning og spildevandsforurening fra regnvandsbetingede spildevandsudløb. SEGES notat.

Poulsen, J.R., Tornbjerg, H., Windolf, J., Larsen, S.E., Kronvang, B., Højberg, A.L. (2016) [Vandløbsmålinger som grundlag for emissionsbaseret kvælstofregulering. Delrapport A: Måleprocedurer i vandløb.](#) GUDP projekt om emissionsbaseret regulering.