

# Udredning af næringsstofftilførslen til Vandplankystvandet Rødsand og Bredningen imellem forskellige NOVANA-opgørelser

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 17. april 2023 | 19



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

## Datablad

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Udredning af næringsstofflørslen til Vandplankystvandet Rødsand og Bredningen imellem forskellige NOVANA-opgørelser

Forfattere: Hans Thodsen & Henrik Tornbjerg  
Institution: Institut for Ecoscience

Faglig kommentering: Jonas Rolighed  
Kvalitetssikring, DCE: Signe Jung-Madsen

Ekstern kommentering: VKST Kommentarerne findes her: [http://dce2.au.dk/pub/komm/N2023\\_19.pdf](http://dce2.au.dk/pub/komm/N2023_19.pdf)

Rekvirent: VKST

Bedes citeret: Thodsen, H. & Tornbjerg, H. 2023. Udredning af næringsstofflørslen til Vandplankystvandet Rødsand og Bredningen imellem forskellige NOVANA-opgørelser. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 11 s. Fagligt notat nr. 2023 | 19

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: Colorbox – Rødsand ved Nysted

Sideantal: 11

# Indhold

<b>1</b>	<b>Baggrund</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Uddybning for Rødsand og Bredningen</b>	<b>5</b>
	2.1 Rødsand og Bredningen	6
<b>3</b>	<b>Konklusion</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Referencer</b>	<b>10</b>

# 1 Baggrund

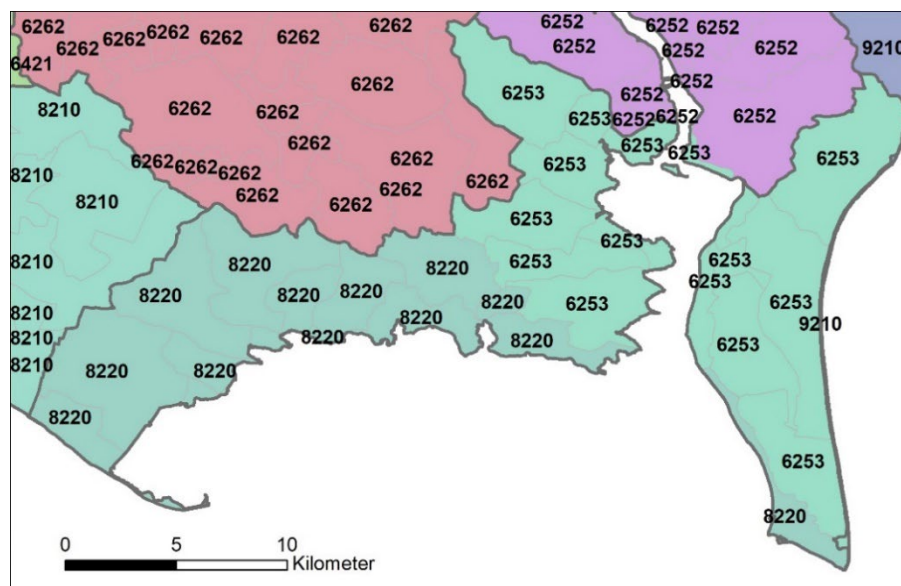
Rådgivningsvirksomheden VKST f.m.b.a. (VKST) har ønsket en uddybning af data bag opgørelsen af kvælstoftilførslen til Rødsand og Bredning i vandplan 2 (VP2) og vandplan 3 (VP3). Uddybningen ønskes i forbindelse med høring af vandområdeplanerne 2021-2027. I nærværende notat gennemgås årsager til forskelle i opgørelser mellem VP2 og VP3 samt den seneste opgørelse (Vandløb 2020/2021) for de konkrete havområder.

DCE/AU har tidligere udgivet et lignende notat for områderne Nakskov fjord, Isefjorden, Roskilde fjord og farvandet omkring Bornholm (Thodsen og Tornbjerg, 2022). I det notat præsenteres en række forhold, der kan gøre at opgørelsen af tilførsler af vand og næringsstoffer ændrer sig for en given tidsperiode imellem forskellige NOVANA-rapporter og vandplaner (Thodsen og Tornbjerg, 2022). Det drejer sig bl.a. om anvendelse af nye og forbedrede modeller for vandafstrømning og næringsstofkoncentrationer for umålte oplande, korrektion af næringsstofkoncentrationer analyseret med forkert metode, ændret normaliseringsmetode, ændring i input data til modeller fx nedbør (Svendsen & Jung-Madsen (red), 2020; Andersen (red), 2021), beregningsprocedure for biaskorrektion, inddragelse af nye målestationer, almindelig fejlretning og ændringer i de opgjorte udledninger fra punktkilder, i alt er der listet 11 forhold. Disse forhold gør sig også gældende i dette notat

## 2 Uddybning for Rødsand og Bredningen

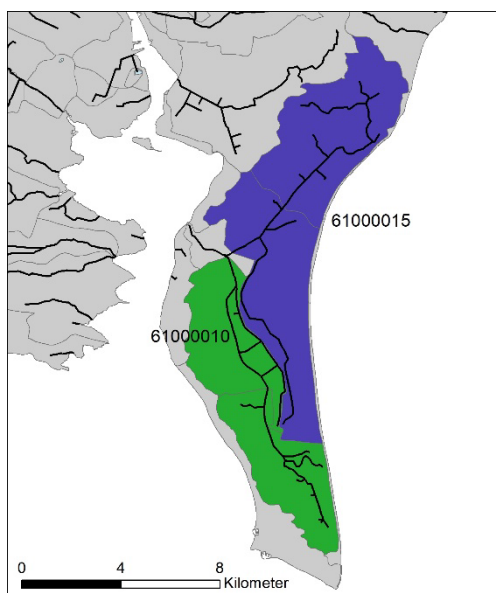
Rødsand og Bredningen er farvandet mellem den sydlige del af Falster og den sydøstlige del af Østlolland, som inkluderer den sydligste del af Guldborgsundområdet kaldet Bredningen. Mod syd er farvandet afgrænset af en række tynde barriere-øer (Figur 1). Oplandet til Rødsand og Bredning består af de to 4. ordens-kystoplande 8220 og 6253 (Figur 1) og har VP-opland nr. 209.

**Figur 2.1.** Kort over området. VP3-området "Rødsand og Bredningens" opland består af de to 4. ordens kystoplande 8220 og 6253. I kortet ses de enkelte ID15-oplande i området.



I oplandet er der lokaliseret to målestationer begge i forbindelse med Bøtø inddæmningen på det sydlige Falster (Figur 2).

**Figur 2.2.** Opland til to målestationer 61000010 og 61000015 på Falster (kort er ID15v2.5)



VKST har ønsket en uddybning af årsagerne ændringer i tilførslerne til havet imellem VP2 og VP3 for det specifikke havområde Rødsand og Bredning. Tilførsler anvendt i VP2 er baseret på NOVANA-rapporten "Vandløb 2014" (Wi-berg-Larsen m.fl. 2015), mens VP3 er baseret på "Vandløb 2018" (Thodsen m.fl. 2019a). Metoderne og datagrundlaget til de to opgørelser er forskellige og forskellene er skitseret i de ovenstående referencer og bl.a. Windolf m.fl.

(2011), Thodsen m.fl. (2019b) og Thodsen & Tornbjerg (2022). Tilførsler fra seneste NOVANA-rapport "Vandløb 2021" er også præsenteret for at give en sammenligning til den nyeste opgørelse (Thodsen m.fl. 2023).

Sammenligningen imellem VP2 og VP3 tilførsler foretages ved at sammenligne tre sæt data:

Vandløb 2014 (VP2)	2010-2014
Vandløb 2018 (VP3)	2016-2018
Vandløb 2018	2010-2014

Desuden præsenteres data fra seneste opgørelse:

Vandløb 2021	2010-2014
Vandløb 2021	2016-2018

En sammenligning imellem opgørelser af fx perioden 2010-2014 er således en sammenligning af resultatet for de forskellige beregningsmetoder og input-datasæt.

I det nedenstående er der givet en uddybning omkring de opgjorte aktuelle tilførsler. Med aktuelle tilførsler menes, at næringsstofftilførslerne ikke er normaliseret for år-til-år variationer i afstrømningen. I NOVANA-rapporterne rapporteres både de aktuelle og afstrømningsnormaliserede næringsstofftilførsler.

Statusbelastningen, der beregnes af MST for VP2 og VP3, er dog baseret på afstrømningsnormaliserede tilførsler (beregnet med to forskellige metoder). Afstrømningsnormaliseringsberegningen er for VP2 og VP3 foretaget af Miljøstyrelsen og er derfor ikke inkluderet i nedenstående uddybning. En del af forskellen på VP2 og VP3 statusbelastningerne kan således skyldes forskelle i normaliseringsmetode. Afstrømningsnormaliseringen betyder endvidere at en del af forskellen imellem forskellige tidsperioder i samme opgørelse forsvinder, da afstrømningsnormaliseringen søger at beskrive, hvad kvælstoftilførslen ville have været ved en normal/gennemsnitlig vandafstrømning.

## 2.1 Rødsand og Bredningen

Oplandet består dels af en "målt"- og dels af en "umålt" del. Den målte del er lokaliseret opstrøms en målestation, hvor der i hele eller noget af perioden siden 1990 er beregnet en stoftransport(tilførsel) på baggrund af målinger. For den umålte del er tilførslerne beregnet på baggrund af modellerede vandafstrømninger (DK-modellen kørt af GEUS, Stisen m.fl. 2019) og næringsstoffkoncentrationer (Windolf m.fl. 2011; Larsen m.fl. 2022, Andersen m.fl. 2005). Begge de to målestationer i oplandet til Rødsand og Bredningen er kun målt i en del af perioden siden 1990. Det målte oplandsareal er 76,9 km<sup>2</sup> for VP3, men kun 47,5 km<sup>2</sup> for VP2 pga. at kun en af de to målestationer i oplandet er anvendt i "Vandløb 2014". For "Vandløb 2021" opgørelsen er det målte oplandsareal, som for VP3, 76,9 km<sup>2</sup>. Det samlede oplandsareal er 302,7 km<sup>2</sup>. Der er i løbet af dette projekt opstået tvivl om arealet af det målte opland (og dermed også det umålte opland). Tvivlen er primært omkring oplandstørrelserne til de to målestationer. Grænsen imellem de to er muligvis ikke entydig, da der nok findes tværkanaler imellem de to oplande. Det samlede målte opland er desuden muligvis lidt større end det der er anvendt i beregningerne af de forskellige opgørelser. Hvis det er tilfældet, at det reelle målte areal er større

end det anvendte, betyder det, at de opgjorte vand- og næringsstofftilførsler til "Rødsand og Bredningen" er lidt for høje. Det skyldes, at det areal der er betragtet som umålt, men måske reelt er målt, så er medtaget to gange. Det er ikke en del af dette projekt, at opspore og rette evt. fejl i fx kortmaterialet og gennemføre nye beregninger. Evt. rettelser i kortgrundlaget vil således tidligst have effekt på beregningen af tilførsler fra og med NOVANA-rapporten "Vandløb 2022".

I "Vandløb 2021" er der anvendt opgjorte stoftransporter fra to målestationer der afvander hhv. den nordlige- (61000015) og den sydlige del (61000010) af Bøtø inddæmningen på det sydlige Falster. For begge stationer er der anvendt målte data for årene 1990-2005 og 2020 & 2021. For 61000015 er der dog ikke anvendt data fra 1997. Der er ikke grundlag for at beregne stoftransporter på stationerne i perioden 2006-2019. Begge målestationer i oplandet er således kun delvist målt i perioden 1990-2021, og har altså ikke fuld måletidsserie (delvist målt). Perioderne uden måledata til beregning af stoftransporter er derfor huludfyldte (Windolf m.fl. 2013). Dvs. at der er lavet en relation imellem hhv. målt og modelleret måneds-vandafstrømning og beregnet en vandafstrømning for alle manglende måneder (Thodsen m.fl. 2019b). Det samme er efterfølgende gjort for kvælstof- og fosfortransporterne i de pågældende måneder (Windolf m.fl. 2013). For begge de to VP-perioder er de "målte" transporter således beregnede ud fra huludfyldningsmetoderne og ikke direkte ud fra målte vandafstrømninger og -næringsstoffkoncentrationer. Det er en større usikkerhed på de huludfyldte vand- og næringsstofftransporter end på stoftransporter baseret på målinger. Desuden varierer de huludfyldte vand- og næringsstofftransporter mere imellem de forskellige opgørelser end transporter beregnet direkte på baggrund af målinger. Dette skyldes dels, at de modellerede transporter ændres ved introduktion af nye forbedrede modeller, ændrede model-input-data og evt. rettelser/ændringer i de målte transporter (se evt. Thodsen og Tornbjerg, 2022), og dels, at der, som i dette tilfælde, er tilføjet to nye år, 2020 og 2021, med transporter beregnet ud fra målinger, som også ændrer huludfyldningsrelationerne (Thodsen og Tornbjerg, 2022). Dette er de væsentligste grunde til, at der er forholdsvis stor forskel på afstrømningerne fra det målte opland i de to VP-perioder (2010-2014 samt 2016-2018) imellem "Vandløb 2018" og "Vandløb 2021" opgørelserne. De to målestationer er endvidere "pumpestationer" hvor vandmængden ikke er målt direkte, men for perioden 1990-2005 opgjort ud fra driftata fra pumperne. Vandafstrømninger opgjort for pumpestationer er mere usikre end fra almindelige målestationer hvor der anvendes en Qh metode.

For Rødsand og Bredning er der forholdsvis stor forskel på de beregnede tilførsler i (VP2) perioden 2010-2014 imellem VP2 (Vandløb 2014) og VP3 (Vandløb 2018) opgørelserne. Det skyldes flere forhold, men primært, at næringsstofftilførslerne er beregnet med en højere vandafstrømning (70 %) i det umålte opland i VP3- ift. VP2-opgørelsen. I den seneste opgørelse "Vandløb 2021" er vandafstrømningen for 2010-2014 opgjort til 212 mm/år. Dette er tættere på afstrømningen i "Vandløb 2014"/VP2-opgørelsen hvor den er opgjort til 186 mm/år end på VP3-opgørelsen, hvor den er 313 mm/år (Tabel 1). Det vurderes, at den seneste opgørelse er den bedste og at forskellen på opgørelserne primært skyldes forbedringer i den hydrologiske model og dens inputdata (Stisen m.fl., 2019; Thodsen m.fl. 2019b). Hvori forskellene imellem 2018 og 2021 opgørelserne teknisk set består, er ikke klarlagt nøjagtigt, men skyldes enten ændringer i DK-modellen eller overføringslaget imellem DK-modellen og beregningskomplekset anvendt til NOVANA-rapporterne (DK-QNP). Der er udover rammen af dette projekt at afklare dette.

Den opgjorte kvælstoftilførsel varierer ligeledes en del imellem opgørelserne (Tabel 1). I forhold til VP2- opgørelsen er kvælstoftilførslen i VP3- og 2021- opgørelsen hhv. 82 % og 31 % højere i perioden 2010-2014. Variationen er størst for det umålte opland, som følge af variation i vandafstrømningen. 2018 (VP3) og 2021-opgørelserne har samme målte opland og specielt for perioden 2016-2018 forholdsvis forskellige opgjorte tilførsler, af de årsager, der er beskrevet herover omkring huludfyldningen. VP3-opgørelsen (2018) har en noget større opgjort tilførsel end de to andre, hvilket primært skyldes en højere modelleret vandafstrømning. Det vurderes igen, at den seneste opgørelse på nuværende tidspunkt er den bedste.

For fosfortilførslen er billedet det samme som for vandafstrømning og kvælstoftilførslen. 2018-opgørelsen (VP3) har den største opgjorte tilførsel primært pga. en højere vandafstrømning men det ses også, at huludfyldningen giver markant højere tilførsler fra det (delvist)målte opland i denne opgørelse end i seneste opgørelse (2021). Havde tilførslen fra målt opland været beregnet på baggrund af målte vandafstrømninger og målte fosforkoncentrationer havde den varieret mindre (eller slet ikke) imellem opgørelserne. Da der ikke findes måledata for de to målestationer i hele opgørelsesperioden (1990-2021) er dette ikke en mulighed og huludfyldningsmetoderne er anvendt i stedet. Igen vurderes det, at den seneste opgørelse er den bedste, da den dels er baseret på den bedste vandafstrømning og dels er baseret på en ny og forbedret model for diffuse fosforkoncentrationer (Larsen m.fl. 2022).

**Tabel 2.1.** Uddybning af forskelle imellem opgjort kvælstof- og fosfortilførsel til hhv. VP2 og VP3 samt seneste opgørelse "2021" for Rødsand og Bredning.

<b>Opgørelse år</b>	<b>2014 (VP2)</b>	<b>2018</b>	<b>2018 (VP3)</b>	<b>2021</b>	<b>2021</b>
<b>Middel periode</b>	<b>2010-2014</b>	<b>2010-2014</b>	<b>2016-2018</b>	<b>2010-2014</b>	<b>2016-2018</b>
<b>Målt opland (km<sup>2</sup>)</b>	47,5	76,9	76,9	76,9	76,9
<b>Ferskvandafstrømning</b>			<b>mm</b>		
Samlet opland	186	313	292	212	215
Målt opland	206	325	262	279	279
Umålt opland	182	310	302	189	194
<b>Ferskvandafstrømning</b>	<sup>3</sup>		<b>Mio m</b>		
Samlet opland	56	95	88	64	65
Målt opland	10	25	20	22	21
Umålt opland	46	70	68	43	44
<b>Kvælstofafstrømning</b>			<b>KgN/ha</b>		
Samlet opland	9,8	17,2	17,9	12,8	14,1
Målt opland	9,3	11,8	12,2	12,8	15,2
Umålt opland	9,9	19,1	19,8	12,9	14,2
<b>Kvælstoftilførsel</b>			<b>Ton N</b>		
Samlet opland	298	523	542	389	437
Målt opland	44	91	94	98	117
Umålt opland	254	432	448	290	320
Punktkilder (målt & umålt)	16,5	16,7	10,7	16,7	10,7
<b>Kvælstofkoncentration</b>			<b>mgN/l</b>		
Samlet opland	5,3	5,5	6,1	6,1	6,7
Målt opland	4,5	3,6	4,7	4,6	5,5
Umålt opland	5,5	6,2	6,6	6,8	7,3
<b>Fosfortilførsel</b>			<b>Ton P</b>		
Samlet opland	14,4	22,1	14,8	12,7	8,6
Målt opland	3,8	14,2	7,8	6,5	3,6
Umålt opland	10,6	7,9	7,0	6,2	5,0
Punktkilder (målt & umålt)	2,1	2,2	2,7	2,1	2,7



### 3 Konklusion

For oplandet til Rødsand og Bredningen er variationen i de opgjorte næringsstofftilførsler forholdsvis stor. Variationen i de opgjorte tilførsler af næringsstofmængder imellem VP2 og VP3 skyldes flere forhold. Den primære grund er at vandafstrømningen modelleret for det umålte opland var opgjort til at være markant højere (70 %) for VP3 end for VP2. Den seneste opgørelse er (Vandløb 2021) har også en høje afstrømning end VP2 (ca. 15 %) men noget lavere end VP3-opgørelsen. Den nyeste opgørelse af vandafstrømningen anses for at være den bedste.

Variationen for det målte opland er forholdsvis stor. Det skyldes primært, at de to målestationer i oplandet begge kun er delvist målte, altså at der mangler måledata fra en del af perioden 1990-2021. De to perioder for VP2 (2010-2014) og VP3 (2016-2018) er begge i perioder uden beregnede stoftransporter (uden måledata) og er således beregnede ud fra metoden for huludfyldning. Stoftransporter beregnet efter huludfyldningsmetoden er naturligvis mere usikre end stoftransporter baseret på målinger og kan variere imellem de forskellige opgørelser.

For opgørelsen af fosfortilførslen er der ved seneste opgørelse (2021) taget en ny, forbedret, statistiskmodel i brug for beregning af diffuse fosforkoncentrationer.

Ift. de i Thodsen og Tornbjerg (2022) listede faktorer der kan påvirke opgørelserne af tilførslen af vand, kvælstof og fosfor til havet, giver følgende parametre anledning til ændringer imellem VP2 "Vandløb 2014" og seneste opgørelse "Vandløb 2021" (der kan være ændringer som følge af andre faktorer også fx almindelig fejlretning)

- Hydrologisk model er opdateret
- Gridnedbør (observeret og korrigeret) er justeret
- Den anvendte dyrkningsgrad er for seneste opgørelse gjort varierende over tid
- Biaskorrektionsmetoder er opdaterede (har ikke betydning for tal præsenteret i denne rapport men har betydning for statusbelastningen)
- Ny målestation er tilføjet
- Små ændringer i punktkildeudledningerne af kvælstof og fosfor

## 4 Referencer

Andersen R.C. (red.). (2021). Undersøgelser af DMI's nedbørsdata til anvendelse for hydrologiske formål. Afrapportering til miljøministeriet. Danmarks Meteorologiske Institut. [https://www.dmi.dk/fileadmin/Rapporter/2021/Undersoegelser\\_af\\_DMI\\_s\\_nedboersdata\\_til\\_anvendelse\\_for\\_hydrologiske\\_formaal.pdf](https://www.dmi.dk/fileadmin/Rapporter/2021/Undersoegelser_af_DMI_s_nedboersdata_til_anvendelse_for_hydrologiske_formaal.pdf)

Andersen, H. E., B. Kronvang & S. E. Larsen, 2005. Development, validation and application of Danish empirical phosphorus models. *Journal of Hydrology* 304(1-4):355-365 doi:DOI 10.1016/j.jhydrol.2004.07.039

Larsen, S.E., Kjeldgaard, A., Windolf, J., Tornbjerg, H. & Kronvang, B. 2022. Ny fosformodel til estimering af årlig vandføringsvægtet koncentration af total fosfor fra diffuse kilder i ID15-oplande. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 80 s. - Teknisk rapport nr. 246 <http://dce2.au.dk/pub/TR246.pdf>

Stisen S., Ondracek M., Troldborg L., Schneider R.M.J., van Til M.J., (2019). National Vandressource Model Modelopstilling og kalibrering af DK-model 2019. GEUS rapport 2019/31. s 125. [https://vandmodel.dk/media/8096/geusrapport2019\\_31\\_dkmodel2019\\_web-1.pdf](https://vandmodel.dk/media/8096/geusrapport2019_31_dkmodel2019_web-1.pdf)

Svendsen, L.M. & Jung-Madsen, S. (red.) 2020. Homogenitetsbrud og potentielle fejl i nedbørsdata. Eksempler på konsekvenser for myndighedsbetjeningen. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 28 s. - Fagligt notat nr. 2020 | 51 [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet\\_2020/N2020\\_51.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet_2020/N2020_51.pdf)

Thodsen, H. & Tornbjerg, H. 2022. Årsager til år til år forskelle i de beregnede tilførsler af vand og næringsstoffer til havet imellem forskellige NOVANA-opgørelser. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 17 s. - Fagligt notat nr. 2022 | 72 [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater\\_2022/N2022\\_72.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2022/N2022_72.pdf)

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rasmussen, J.J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., Blicher-Mathiesen, G., Kjeldgaard, A. & Windolf, J. 2019a. Vandløb 2018. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 70 s. - Videnskabelig rapport nr. 353 <http://dce2.au.dk/pub/SR353.pdf>

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Troldborg, L., Windolf, J., Ovesen, N.B., Kjeldgaard, A. & Højbjerg, A.L. 2019b. Udvikling af vanddelen af DK-QNP til havbelastningsberegninger. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 20 s. - Teknisk rapport nr. 145 <http://dce2.au.dk/pub/TR145.pdf>

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rolighed, J., Baattrup-Pedersen, A., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., Blicher-Mathiesen, G. & Kjeldgaard, A. 2021. Vandløb 2020. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 82 s. - Videnskabelig rapport nr. 473 <http://dce2.au.dk/pub/SR473.pdf>

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rolighed, J., Kjær, C., Larsen, S.E., Ovesen, N.B. & Blicher-Mathiesen, G. 2023. Vandløb 2021. -Kemisk vandkvalitet, stoftransport og miljøfarlige forurenende stoffer. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 90 s. - Videnskabelig rapport nr. 527 <http://dce2.au.dk/pub/SR527.pdf>

Wiberg-Larsen, P., Windolf, J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Tornbjerg, H., Ovesen, N.B., Nielsen, A., Kronvang, B., & Kjeldgaard, A. 2015. Vandløb 2014. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 54 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 165 <http://dce2.au.dk/pub/SR165.pdf>

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(9): 2645-2658.

Windolf, J., Timmermann, A., Kjeldgaard, A., Bøgestrand, J., Larsen, S. E., & Thodsen, H. (2013) Landbaseret tilførsel af kvælstof og fosfor til danske fjorde og kystafsnit, 1990-2011. Teknisk rapport fra DCE nr. 31. Aarhus Universitet. <http://dce2.au.dk/pub/TR31.pdf>