



NÆRINGSSTOFBELASTNING, KILDEOPSPLITNING OG KVÆLSTOFRETENTION

– AP1 i "Second opinion" fase III (Vandplan 3 genbesøg)

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 293

2023



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

NÆRINGSSTOFBELASTNING, KILDEOPSPLITNING OG KVÆLSTOFRETENTION

– AP1 i ”Second opinion” fase III (Vandplan 3 genbesøg)

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 293

2023

Hans Thodsen¹

Henrik Tornbjerg¹

Dennis Trolle¹

Anders Erichsen²

Trine Larsen²

¹ Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience

² DHI



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 293
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Næringsstofbelastning, kildeopsplitning og kvælstofretention
Undertitel:	-AP1 i "Second opinion" fase III (Vandplan 3 genbesøg)
Forfatter(e):	Hans Thodsen ¹ , Henrik Tornbjerg ¹ , Dennis Trolle ¹ , Anders Erichsen ² , Trine Larsen ²
Institution(er):	¹ Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience ² DHI
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivesesår:	december 2023
Redaktion afsluttet:	december 2023
Faglig kommentering:	Hans Estrup Andersen
Kvalitetssikring, DCE:	Signe Jung-Madsen
Ekstern kommentering:	Kommentarerne findes her: https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske_rapporter_250-299/KommentarerTR/TR293_komm.pdf
Finansiell støtte:	Ingen ekstern finansiering
Bedes citeret:	Thodsen. H., Tornbjerg. H., Trolle. D., Erichsen. A. & Larsen. T. 2023. Næringsstofbelastning, kildeopsplitning og kvælstofretention -AP1 i "Second opinion" fase III (Vandplan 3 genbesøg). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 41 s. - Teknisk rapport nr. 293.
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	I denne rapport er anvendte metoder og diverse leverancer fra Arbejdspakke 1 i projektet "Second opinion" fase III, "styrket modelgrundlag" beskrevet og præsenteret.
Emneord:	Vandplan 3, Second opinion
Layout:	Grafisk Værksted
Foto forside:	Colourbox
ISBN:	978-87-7156-823-3
ISSN (elektronisk):	2244-9991
Sideantal:	41

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
1 Metodebeskrivelse for AP1 i second opinion fase III projekt	7
1.1 Introduktion	7
1.2 M1.1 Overfladevands-N-retention relateret til punktkilder for 4. ordens-kystvandsoplante se afsnit 2.5.	7
1.3 M1.2 Kildeopsplitning af kvælstof- og fosfortilførsler på månedsbasis til de enkelte kystvande fordelt på punktkilder og diffuse kilder	7
1.4 M1.3 Metoder til beregning af månedsdudledninger fra havbrug og regnvandsbetingede udløb (RBU)	7
1.5 M1.4 Månedstilførsler af kvælstof og fosfor til de enkelte 4. ordens kystvande fordelt på punktkilder og diffuse kilder	8
2 Leverancer	10
2.1 Betydningen af søer i vandløbssystemet på retention og transport af kvælstof og fosfor	10
2.2 Kvælstof-, fosfor- og ferskvands-tilførsler og kildefordeling til kystvande på 4. orden kystoplante for middelår 2016-2018	11
2.3 Månedstilførsler af kvælstof og fosfor til de enkelte kystvande fordelt på punktkilder og diffuse kilder, opgjort på 4. ordens kystoplante	13
2.4 Oplandskort med identifikation af søoplante inden for helolandet (4. ordens kystoplante/ID15 oplante)	14
2.5 Overfladevandsretention for punktkilder relateret til de enkelte punktkilder, placeret i de enkelte kystvande	14
3 Referencer	18

Forord

I aftalen om grøn omstilling af dansk landbrug" af 4. oktober 2021 blev det besluttet at der skulle udføres en second opinion på det faglige og juridiske grundlag for vandområdeplanerne og herunder at supplere modelgrundlaget der ligger til grund for VP3 med yderligere beregninger.

Denne korte tekniske rapport udgør sammen med en række dataleveringer, leverancerne fra arbejdspakke 1 (AP1) i projektet "Second opinion" fase III, "styrket modelgrundlag" og dokumentere dataleverancerne. Projektet AP1 har titlen "Belastning og kildefordeling af kvælstof og fosfortilførsler". Desuden er nye beregninger af kvælstofretentionen i ferskvandssystemet også en del af leverancerne. Der har været fokus på at forbedre opgørelserne af tilførsler af næringsstoffer til havet på måneds basis. Derfor er der bl.a. anvendt en ny månedsfordeling af punktkildeudledningerne.

Leverancerne anvendes dels som input til marine modeller og til de økonomiske optimeringsmodeller. Resultater præsenteret i denne rapport har været præsenteret for projektets styregruppe. Projektet består desuden af en række andre APere som rapporterer separat, mens projektets overordnede resultater også rapporteres samlet.

Formålet med projektet er formuleret således "*I "Second Opinion" fase III, som omhandler "Styrket modelgrundlag", skal gennemføres analyser frem mod genbesøget af VP3 i 2023/2024, som skal afdække muligheder for supplerende fosforindsats og muligheder for sæsonfokuseret kvælstofindsats, herunder omkostningseffektivitetsvurderinger af disse potentielle supplerende indsatsmuligheder. Det marine VP3 økosystemmodelkompleks videreudvikles i fornødent omfang med henblik på at kunne gennemføre disse analyser. Derudover skal de marine økosystemmodeller anvendes til at gennemføre analyser baseret på input fra SO fase I og II og eventuelt analyser relateret til udviklingsprojekt om "lokalt funderede analyser", herunder gennemførelse af analyser/scenarier, der for de enkelte kystvande og tilhørende oplande viser potensialer for indsats, miljøeffekter og omkostningseffektivitet af disse forskellige indsatsmuligheder i forhold til at adressere et resterende indsatsbehov for kvælstof og/eller fosfor ved genbesøget af VP3 i 2024. Behovet for og omfanget af disse analyser vil først blive identificeret i løbet af projektet (se senere)".*

Sammenfatning

I denne rapport er anvendte metoder og diverse leverancer fra Arbejdspakke 1 i projektet "Second opinion" fase III, "styrket modelgrundlag" beskrevet og præsenteret.

1 Metodebeskrivelse for AP1 i second opinion fase III projekt

Hans Thodsen, Henrik Tornbjerg & Anders Erichsen

1.1 Introduktion

I AP1 (arbejdspakke 1) er metoderne fastlagt efter projektets start og var således ikke en del af projektbeskrivelsen. I det følgende er de anvendte metoder til de forskellige relevante milepæle (M1.x) og leverancer af AP1 beskrevet.

1.2 M1.1 Overfladevands-N-retention relateret til punktkilder for 4. ordens-kystvandsoplante se afsnit 2.5.

1.3 M1.2 Kildeopsplitning af kvalstof- og fosfortilførsler på månedsbasis til de enkelte kystvande fordelt på punktkilder og diffuse kilder

En kildeopsplittet middelmånedlig tilførsel til hvert FV4- (4. ordens kystvand/opland) og VP3-kystvand (Vandplan 3 kystvand/opland) for perioden 2016-2018 er beregnet på baggrund af det datasæt, der er beskrevet under afsnit M1.4 (afsnit 1.5).

1.4 M1.3 Metoder til beregning af månedsudledninger fra havbrug og regnvandsbetingede udløb (RBU)

Forfatter: Anders Erichsen og Trine Larsen

I dette afsnit beskrives metoden for neddeling af årsudledninger til månedsudledninger for havbrug og regnbetingede udløb (RBU).

1.4.1 Havbrug

Årsværdien for N- og P-udledninger fra havbrug er vurderet til at følge forbruget. Denne metode har også været brugt af fx Nielsen m.fl. (2015). Der er anvendt en middelmånedlig udledning af næringsstoffer fra 10 havbrug, som har været indhentet i forbindelse med tidligere studier af DHI. Data dækker årene 2014-2019. Der er generelt ikke fisk i buren på havbrugene imellem midt november og start april. Månedsfordelingen ses i Tabel 1.

Tabel 1. Procentvis månedsfordeling af N og P udledning fra havbrug

Måned	Procent af årsudledning
Jan	0
Feb	0
Mar	0
Apr	2
Maj	13
Jun	17
Jul	19
Aug	16
Sep	18
Okt	11
Nov	3
Dec	0

1.4.2 Regnbetingede udløb

Månedsfordelingen af udledninger fra regnbetingede udløb (RBU) er baseret på RBU'ere inkluderet i DHIs modeller for badevandsudsigtter. Derfor udgør data fra de anvendte RBU'er alene udledninger fra RBU med kombineret spildevand og regnvand. Data er for årene 2017 til 2021, og stammer fra RBU'er i følgende kommuner: Helsingør, Fredensborg, Hørsholm, Rudersdal, Lyngby-Taarbæk, Gentofte, København, Hvidovre, Brøndby, Vallensbæk, Ishøj, Svendborg, Aarhus, Vejle, og Kolding. På grund af manglende baggrundsdata skelnes der ikke imellem forskellige typer af RBU'er. Gennemsnitlig månedsfordeling af N- og P-udledning ses i Tabel 2. Det antages at næringsstofkoncentrationer følger samme fordeling som vandføringen.

Tabel 2 Procentvismåneds fordeling af vand, N- og P-udledning fra RBU'ere

Måned	Procent af årsudledning
Jan	5
Feb	10
Mar	13
Apr	5
Maj	3
Jun	10
Jul	10
Aug	18
Sep	13
Okt	8
Nov	2
Dec	3

1.5 M1.4 Månedstilførsler af kvalstof og fosfor til de enkelte 4. ordens kystvande fordelt på punktkilder og diffuse kilder

Månedstilførsler af N og P samt ferskvand er beregnet/opgjort for hvert 4. ordens kystvand. Beregningen er baseret på opgørelsen til NOVANA-rapporten "Vandløb 2018" (Thodsen m.fl. 2019), som statusbelastningen i VP3 er beregnet ud fra.

De diffuse N- og P-tilførsler er de samme som i Thodsen m.fl. (2019), mens der anvendes et nyt punktkildedatasæt. Den primære forskel på det originale og det nye punktkildedatasæt er, at månedsfordelingen af punktkilderne er ændret. I det originale datasæt var den, af FDC for punktkilder hos MST, oplyste årsudledning delt i 12 lige store månedsfordelinger. I det nye datasæt er månedsfordelingen baseret dels på data fra PULS-databasen for tre typer af renseanlæg, industriudledninger og dambrug og dels på de i afsnit 1.4 præsenterede månedsfordelinger for RBU og havbrug. Data fra PULS-databasen, metode til middel-månedsfordeling og modelberegninger er beskrevet i Lassen & Frank-Gopolos (2022). Der forekommer også enkelte andre ændringer i det nye punktkildedatasæt leveret af FDC-punktkilder, der er fx ændrede/korrigerede udledningsmængder, ændrede udledningspunkter (til andet 4. ordens kystvand) og tilføjet nye udledningspunkter. Månedsfordelingen for punktkilder hhv. N og P opgjort i Lassen & Frank-Gopolos (2022) er vist i Tabel 3.

Tabel 3 Månedlig fordeling (%) af N- og P-årsudledning fra rensningsanlæg, dambrug og industri ifølge Lassen & Frank-Gopulos (2022).

Punktkilde type	Måned											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kvælstof (TN)												
Renseanlæg, avanceret rensning	12,4	12,9	11,4	8,1	6,7	5,7	5,5	5,9	6,1	7,1	8,5	9,6
Renseanlæg, mellem rensning	12,3	12,7	11,2	8,2	6,5	5,6	5,8	6,2	6,2	7,2	8,6	9,4
Renseanlæg, mekanisk rensning	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Dambrug	8,6	8,7	9,1	8,5	8,2	7,8	7,8	7,5	8,1	8,5	8,6	8,6
Industri	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Havbrug	0	0	0	2	13	17	19	16	18	11	3	0
Regn Betingede Udløb (RBU)	5	10	13	5	3	10	10	18	13	8	2	3
Fosfor (TP)												
Renseanlæg, avanceret rensning	10,0	10,1	9,8	8,2	7,9	7,4	7,2	7,6	7,3	7,6	8,2	8,5
Renseanlæg, mellem rensning	10,4	10,6	9,9	8,4	8,1	7,4	7,3	7,4	6,9	7,4	8,0	8,1
Renseanlæg, mekanisk rensning	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Dambrug	8,7	8,6	8,5	8,1	8,2	8,9	8,7	7,9	7,7	7,8	8,4	8,6
Industri	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Havbrug	0	0	0	2	13	17	19	16	18	11	3	0
Regn Betingede Udløb (RBU)	5	10	13	5	3	10	10	18	13	8	2	3

2 Leverancer

I AP1 er der følgende leverancer.

- L1.0: Kortfattet beskrivelse af betydningen af søer i vandløbssystemet på retention og transport af kvælstof og fosfor.
- L.1.1: Kvælstof-, fosfor- og ferskvands-tilførsler og kildefordeling til kystvande på 4. orden kystoplante for middelår 2016-2018 (Tabeller).
- L.1.2: Tabeller med månedstilførsler af kvælstof og fosfor til de enkelte kystvande fordelt på punktkilder og diffuse kilder. Opgøres på 4. ordens kystoplante.
- L.1.3: Oplandskort med identifikation af søoplante inden for helolandet (4. ordens kystoplant/ID15 oplante).
- L.1.4. Tabeller med overfladevandsretention for punktkilder relateret til de enkelte punktkilder, placeret i de enkelte kystvande.
- L.1.5 Bidrag til slutrapport inkl. metodebeskrivelse, afgrænsning og resultater (denne rapport og samlet projektrapport).

2.1 Betydningen af søer i vandløbssystemet på retention og transport af kvælstof og fosfor

Hans Thodsen, Dennis Trolle

I søer lokalisert på vandløbssystemerne foregår der en retention af kvælstof og fosfor. Med retention menes der for kvælstof primært en fjernelse af kvælstof fra vandfasen idet nitrat omdannes til gassen N₂ igennem denitrifikation. For fosfor er der i stedet tale om en opslagring primært på sør bunden, ved at organisk bundet fosfor eller fosfor adsorberer til mineralske partikler aflejres midlertidigt eller permanent på bunden.

For kvælstof afhænger retentionen primært af vandets opholdstid i søen, (dvs. hvor lang tid vandet i gennemsnit opholder sig i søen/tiden det ville det tage at fyde søen op hvis den var tom) og vandtemperaturen. Disse to parametre indgår oftest i modelleringen af retentionen, fx (Windolf et al. 1996). Retentionen kan også afhænge af en række andre faktorer, som fx sødybden, biologisk struktur, andelen af organisk bundet kvælstof tilført søen og afstanden imellem de primære vandløbstilløb og udløbet af søen. Retentionen i søer er i mange tilfælde betydelig og fjerner en stor del af det tilførte kvælstof (Saunders & Kalff, 2001). Det betyder, at indsatser/virkemidler til nedbringelse af kvælstoftilførslen til havet har en mindre effekt, hvis placeret opstrøms for søer end hvis placeret nedstrøms for søer. Den forholdsvis lange opholdstid i søer betyder også at effekten af indsatser/virkemidler opstrøms søer udjævnnes over tid. Derfor kan effekten af indsatser opstrøms søer generelt ikke forventes at have en klar årstidsmæssig effekt på tilførslen til havet. Dvs. at fx en indsats, opstrøms en større ø, for at nedsætte N-tilførslen i sommerhalvåret ikke kan forventes at give en tilsvarende nedsættelse til havet i sommerhalvåret.

For fosfor tilført søer kan der også ske en retention/tilbageholdelse. Men da fosfor modsat kvælstof ikke har en gasfase, er der ikke tale om en egentlig fjernelse. Fosfor kan aflejres/begraves mere eller mindre permanent eller bindes hårdt til mineralske partikler i søbunden. Men en stor del af den fosfor der aflejres i form af organisk materiale eller løst bundet til mineralske partikler, kan frigøres til svævet igen og indgå som søens interne fosforpulje. Søndergaard et al. (2001) giver et overblik over de vigtigste mekanismer omkring fosforretention i søer ud fra danske data. Søndergaard et al. (2001) finder positiv fosforretention (tilbageholdelse) på op til ca. 25 % af tilførslen for søer i vinterhalvåret. Perioden, hvor der sker retention, er længere for søer med forholdsvis lav totalfosfor-koncentration ($<0,1 \text{ mgP/l}$) end for søer med højere koncentrationer. I sommerhalvåret ses der derimod typisk en negativ retention (frigivelse, P-ud $>$ P-ind). For søer med fosforkoncentrationer $>0,2 \text{ mgP/l}$ kan den negative retention være $>50\%$ af tilførslen. Den negative retention skyldes, at der frigives fosfor fra søens interne pulje i sommerperioden, hvilket giver en forholdsvis høj koncentration i det svæv, der løber ud af søen. Frigivelsen fra søens interne pulje kan desuden ske i lange perioder efter et markant fald i fosfortilførsel, typisk som følge af en nedsat punktkildetilførsel. Her kan søer generelt have en negativ retention, idet der skal indstille sig en ny ligevægt med en lavere intern pulje der balancerer den reducerede eksisterne tilførsel. Denne proces kaldes ofte aflastning. Aflastninger kunne ofte ses for søer med fald i punktkildetilførslen i 1990erne, hvor der introduceredes forbedret rensning, men ses stort set ikke for perioden efter ca. 2005, hvor tilførslerne af fosfor har været forholdsvis stabile (Søndergaard et al. 2020).

2.2 Kvælstof-, fosfor- og ferskvands-tilførsler og kildefordeling til kystvande på 4. orden kystoplante for middelår 2016-2018

Hans Thodsen og Henrik Tornbjerg

De diffuse N- og P-tilførsler er på nær for oplandet til Nakskov fjord og for vestkysten af Rømø de samme som i Thodsen m.fl. (2019), mens der anvendes et nyt punktkildedatasæt. Der forekommer enkelte ændringer i det nye punktkildedatasæt leveret af FDC-punktkilder. Det er fx ændrede/korrigerede udledningsmængder, ændrede udledningspunkter (til andet 4. ordens kystvand) og tilføjelse af nye udledningspunkter. De diffuse tilførsler til Nakskov fjord (FV4=6421) er blevet opdaterede til denne nye opgørelse, herved er der bl.a. inkluderet endnu en målestation i beregningerne, og en urealistisk vandmængde i den umålte del af oplandet er erstattet. De små diffuse tilførsler fra vestkysten af Rømø (FV4=1530) er blevet opdaterede til denne nye opgørelse. Herved er en urealistisk vandmængde i den umålte del af oplandet korrigeres (Thodsen & Tornbjerg, 2022).

I Tabel 4 ses et udsnit af den tabel, der er leverance L.1.1. Hele tabellen ses i bilag 1. I bilag 2 se samme data splittet op på en sommerperiode (maj – september) og en vinterperiode (oktober – april).

	TN_andel_pkt	TP_andel_pkt	TN_total	TN_diff	TN_pkkt	TN_rens	TN_dambrug	TN_havbrug	TN_industri	TN_rbu	TP_total	TP_diff	TP_pkkt	TP_rens	TP_dambrug	TP_havbrug	tp_industri	tp_rbu
fv4	andel af total	andel af total	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	
1110	0.44	0.41	47142	26440	20702	20255	0	0	0	0	448	2891	1719	1172	1075	0	0	97
1200	0.80	0.49	14285	2799	11486	0	0	0	0	11064	422	434	223	212	0	0	0	95
1210	0.41	0.70	52136	30673	21463	0	0	0	0	21463	0	4094	1211	2883	0	0	0	0
1241	0.01	0.07	284129	280157	3977	433	2806	0	0	0	732	7980	7437	543	61	328	0	154
1242	0.05	0.09	130948	124483	6464	2490	3792	0	0	0	183	2845	2578	266	58	169	0	39
1243	0.12	0.38	1832499	1618884	213616	107698	81844	0	0	0	24074	48327	29935	18592	8951	5058	0	4583
1250	0.00	0.00	1643	0	0	0	0	0	0	0	67	67	0	0	0	0	0	0
1310	0.00	0.00	92	92	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0
1321	0.09	0.26	623832	567633	56198	15947	34380	1638	0	4233	19790	14645	5145	1437	2337	409	0	962
1322	0.00	0.03	61705	61549	156	0	0	0	0	156	1229	1194	35	0	0	0	0	35
1323	0.05	0.25	3906835	3706232	200603	34442	136744	0	0	8759	20658	85666	64415	21251	3504	12454	0	4155
1330	0.00	0.00	1245	0	0	0	0	0	0	0	50	50	0	0	0	0	0	0
1410	0.00	0.01	193746	192884	862	416	0	0	0	447	11879	11727	152	52	0	0	0	100
1510	0.00	0.00	975	975	0	0	0	0	0	0	35	35	0	0	0	0	0	0
1520	0.00	0.00	2909	2909	0	0	0	0	0	0	82	82	0	0	0	0	0	0
1530	0.00	0.00	128	128	0	0	0	0	0	0	211	211	0	0	0	0	0	0
1610	0.08	0.29	2820949	2587829	233120	107341	82394	0	1478	41907	84664	60048	24617	9126	6404	0	192	8895
1620	0.05	0.23	2894031	2744281	149750	42070	96744	0	0	11436	73456	56743	16713	6718	7505	0	0	2490
1630	0.01	0.06	332595	329486	3110	2316	0	0	0	794	10457	9790	667	498	0	0	0	169
1651	0.03	0.07	2030501	1976188	54313	36183	8804	0	473	8854	83101	77566	5534	2595	866	0	45	2028

Tabel 4 Udsnit af tabel med middel årlig tilførsel af total kvælstof (TN), total fosfor (TP) og kildeopsplitede tilførsler, for perioden 2016-2018 for 4. orden kystoplante (FV4). pkt = punktkilder, diff = diffuse kilder (landskabet), rbu = regnbetingede udloeb, rens = rensningsanlæg, total = samlet udledning/tilførsel

2.3 Månedstilførsler af kvælstof og fosfor til de enkelte kystvande fordelt på punktkilder og diffuse kilder, opgjort på 4. ordens kystoplande

Hans Thodsen og Henrik Tornbjerg

Der er beregnet en ny version af opgørelse af vand- og næringsstoftilførslen til havet. Den opdaterede tilførselsopgørelse er baseret på NOVANA-rapporten "Vandløb 2018", som danner grundlag for VP3 (Thodsen m.fl. 2019). Forskellen til den oprindelige opgørelse er primært, at alle punktkilder i den nye version er fordelt på årets enkelte måneder med nye fordelingsnøgler. I den oprindelige version var årsopgørelserne delt ligeligt imellem månederne, mens de nu er fordelt efter forskellige månedssprocentdele for hver punktkildetype. Rensningsanlæg, industrielle udledninger og dambrug er fordelt efter en analyse foretaget af MST (Lassen & Frank-Gopolos, 2022). Havbrug er fordelt efter et middelmånedligt foderforbrug for en række havbrug, der indgår i DHIs marine modelopsætninger (se M1.3 beskrivelse, afsnit 1.4.1). Regnbetingede udledninger er fordelt på måneder efter fordeling af data, der indgår i DHIs badevandsudsigt-modeller (se M1.3 beskrivelse, afsnit 1.4.2). Enkelte steder er der imellem punktkildeopgørelsen for 2018 og tidspunktet for dataudtræk fra punktkildedatabasen PULS, der danner basis for ovenstående analyser fra MST i efteråret 2022, foretaget ændringer/fejlrettelser i PULS-databasen (Miljøstyrelsen, 2019). Derfor er der enkelte steder opgjort forskellig mængde tilført næringsstof fra rensningsanlæg, industri eller dambrug i de to opgørelser. Der er også enkelte steder, hvor placeringen af punktkildeudtløb er ændret imellem de to punktkildedatasæts. I tilfælde af ændringer er det besluttet at anvende de nyeste data, da det er sandsynligt, at de er de mest retvisende. For Nakskov fjord (FV4=6421) er det desuden besluttet at opdatere tilførslen fra diffuse kilder. Det skyldes, at opgørelsen i NOVANA-rapporten "Vandløb 2018" er opgjort med en vandmængde, der sandsynligvis er for stor, og at der ved en genberegning af dette kystområde også kan inkluderes et betydeligt større målt opland i opgørelsen (Thodsen & Tornbjerg, 2022). Der er ligeledes foretaget en opdatering af de små diffuse tilførsler fra vestsiden af Rømø (FV4=1530).

I Tabel 5 ses de betydeligste ændringer imellem den "originale VP3" opgørelse og denne "opdaterede VP3" opgørelse, uover ændringerne i månedstilførsler fra punktkilder.

Tabel 5 De væsentligste ændringer af VP3-opgørelsen, som ikke er relateret til ændrede månedstilførsler fra punktkilder

4. ordens kystopland	Ændring
1530	Ferskvandsafstrømningen er rettet => diffuse afstrømning og næringsstoftilførsel er større
3742	Ændring i punktkildedata (TP)
6400	Flytning af punktkilde fra 6420
6420	Flytning af punktkilde til 6400
6421	Ferskvandsafstrømningen er rettet => diffuse næringsstoftilførsler er mindre
9100	Ændring af punktkildedata

For havområder, hvor punktkilder udgør en betydelig del af den samlede næringsstoftilførsel, kan de ændrede månedstilførsler have en væsentlig betydning, fx på sommertilførslen. Betydningen vil være mindre for havområder, hvor punktkildetilførslen udgør en mindre del af den samlede tilførsel.

Der er beregnet 6 punktkildescenarier, hvor de månedlige udledninger fra hhv. renseanlæg, dambrug, industri, havbrug, RBU og alle punktkilder er reduceret 30 %. Udledningen for hver enkelt måned er reduceret 30 %.

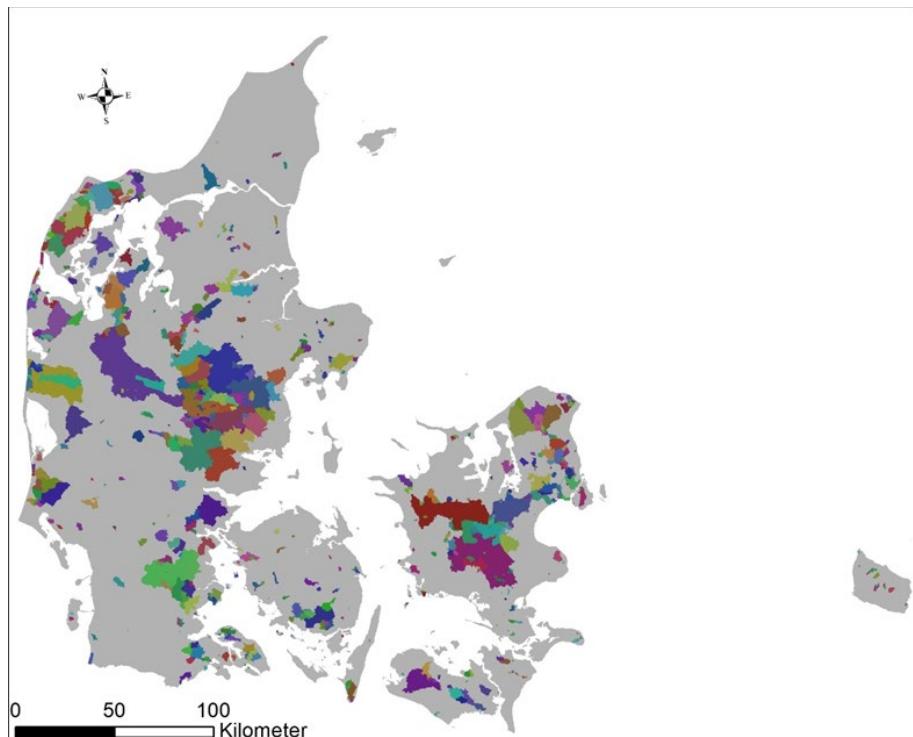
Der er leveret et datasæt på 4.ordens kystoplande med daglige værdier af tilførsler af vand, kvælstof og fosfor for perioden 1990-2018 til DHI i november 2022. Desuden er der leveret punktkildeudledningsscenarier, som beskrevet herover i samme rumlige og tidslige opløsning.

2.4 Oplandskort med identifikation af søoplante inden for højlandet (4. ordens kystopland/ID15 oplande)

Hans Thodsen og Henrik Tornbjerg

Der er leveret et GIS-kort med oplandet opstrøms hver af de sører, der er identificeret som "store sører", og dermed med en beregnet kvælstofretention i den Nationale KvælstofModel (NKMv2020) (Højberg m.fl. 2021). I Figur 1 ses kortet med søoplante. I kortet er nærmeste nedstrøms sør angivet, der ses således flere steder fx i Gudenå-systemet, at der er ligger flere sører nedstrøms hinanden (ligger på kæde).

Figur 1 Oplande med nedstrøms beliggende sører (ingen betydning af de forskellige farver).

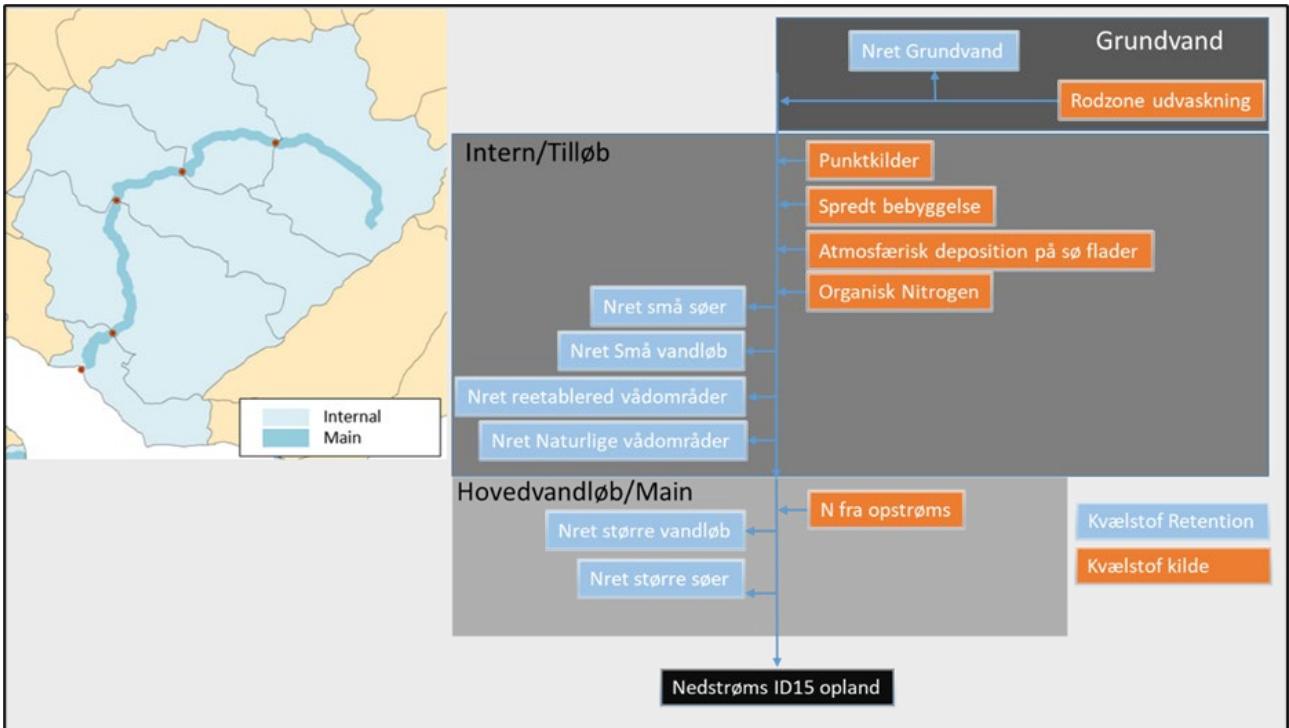


2.5 Overfladevandsretention for punktkilder relateret til de enkelte punktkilder, placeret i de enkelte kystvande

Hans Thodsen og Henrik Tornbjerg

En ny beregning af N-retention fra landbaserede punktkilder er foretaget med udgangspunkt i overfladevands-N-retentionskortet fra Højberg m.fl. (2021). Den beregnede N-retention fra overfladevands-N-retentionskortet er modificeret ved kun at anvende N-retentionen i større vandløb og større gennemstrømmede sører og således udelade retentionen i de "interne" retentionsmiljøer i ID15-oplandene (Højberg m.fl. 2021) (Figur 2). Det vil sige, at retention i små sører, små vandløb, naturlige- og reetablerede vådområder er udeladt. Dette er gjort ud fra en betragtning om, at punktkilder, i modsætning til diffuse kilder, udleder en betragtelig mængde kvælstof i et enkelt punkt, og at denne kvælstofmængde således ikke reduceres igennem diverse små sører, vådområder, grøfter og mindre sidevandløb. Derfor er der lavet en ny version

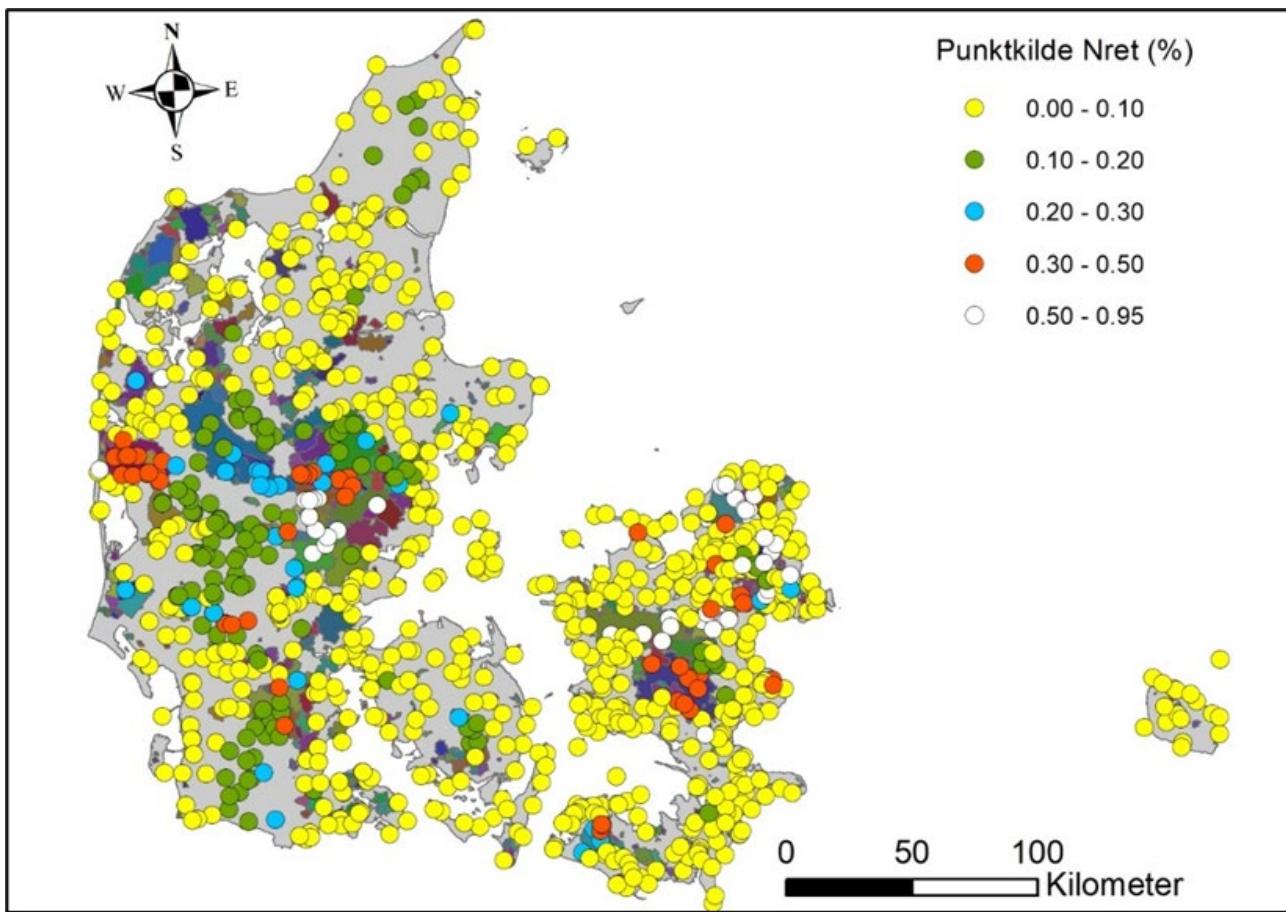
af overfladevandsretentionskortet, der kun inkluderer kvælstofretentionen i hovedvandløbene og de større sører, der er placeret nedstrøms punktkilden, svarende til at udelade N-retentionsmiljøerne nævnt i boksen "Intern/Tilløb" i Figur 2 og kun medregne miljøer nævnt i boksen "Hovedvandløb/Main". Denne version er således målrettet imod anvendelse for ikke-diffuse kilder og tilsvarende retentionsmiljøer.



Figur 2 Kvælstofkilder og -retentionsmiljøer inkluderede i Den Nationale Kvælstofmodel (Højberg m.fl. 2021).

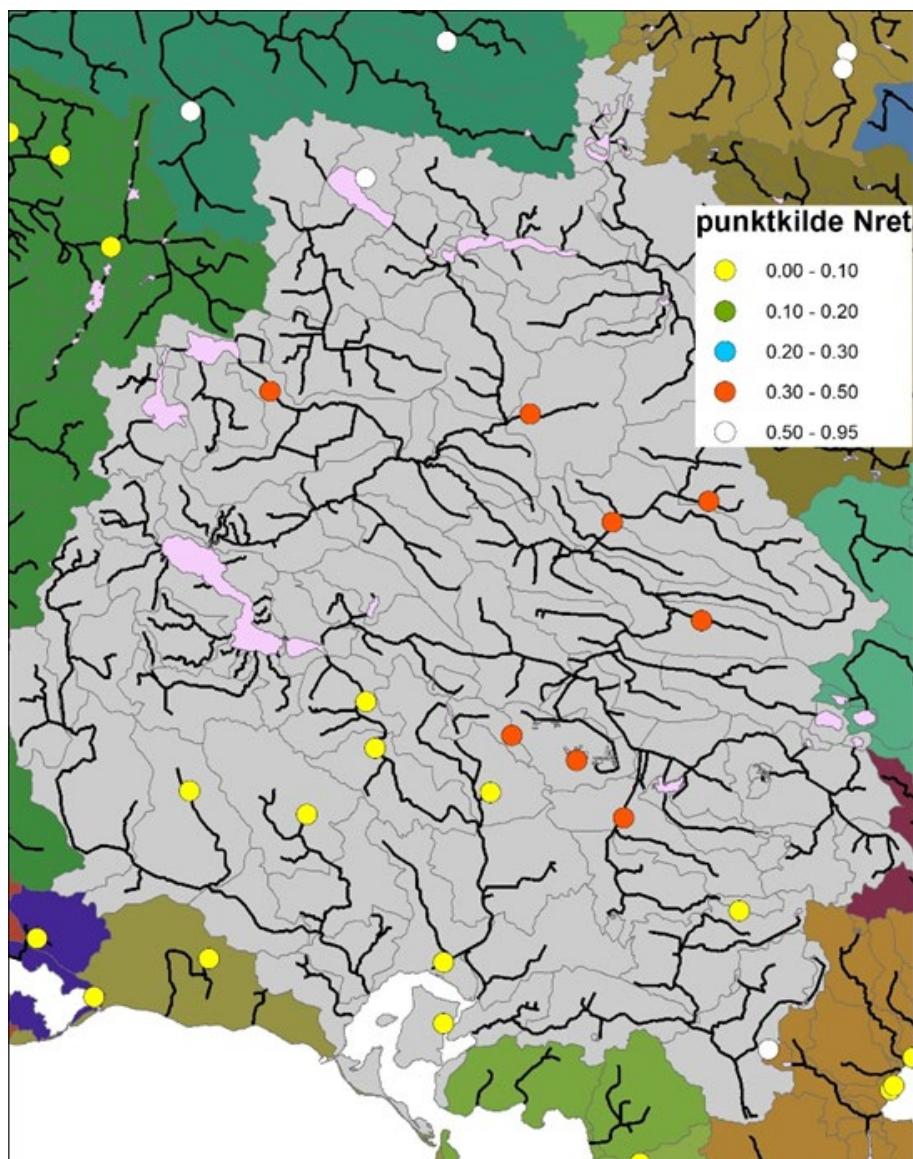
Alle punktkilder med et udledningspunkt mere end 100 m inde i land fra kysten betragtes som landbaserede. Dette er samme kriterie som aftalt imellem DCE og FDC for punktkilder for NOVANA-rapporteringen (Thodsen m.fl. 2021). I Figur 3 og Figur 4 ses det målrettede punktkilde-overfladevands-N-retentionskortet. De største retentioner ses i de dele af landet, der er lokaliseret opstrøms større sører.

Der er foretaget en beregning af den samlede middelårlige N-retention i procent imellem hvert ID15-opland og havet. Derefter er det bestemt i hvilket ID15-opland, hver punktkilde er placeret, og hver enkelt punktkilde er derefter givet den N-retention, der hører til det pågældende ID15-opland.



Figur 3 Kvælstofretention for punktkilder (ikke RBU) med udledning imellem 1990-2018. En del af de angivne punktkilder har ikke udledninger i den senere del af perioden. Gul angiver en Nret% (kvælstofretention/fjernelse i %) imellem udledningspunktet og havet på 0-10 %, disse punktkilder er placeret i oplande med kort transporttid til havet, oplande uden større sører. Hvid angiver en Nret% på >50% og vil være placeret opstrøms ofte flere større sører med væsentlig kvælstoffjernelse

Figur 4 Kvælstofretention (Nret) for punktkilder i Suså systemet (gråt opland). Hvide punkter er punktkilder er placeret opstrøms flere sører, Røde punktkilder placeret opstrøms Tysstrup-Bavelse sørerne, Gule punktkilder placeret nedstrøms sører. Gul indikerer 0-10 % Nret, Hvid 50-95 % Nret osv.



Der er leveret tabeller/datasæt med overfladenvands-N-retentionen nedstrøms hver enkelt punktkilde (mellem punktkildens udløb og havet) sammen med information over hver punktkildes placering i FV4-opland og ID15-opland.

3 Referencer

Saunders, D., Kalff, J. Nitrogen retention in wetlands, lakes and rivers. Hydrobiologia 443, 205–212 (2001). <https://doi.org/10.1023/A:1017506914063>

Søndergaard, M., Nielsen, A., Levi, E.E., Johansson, L.S., Sørensen, P.B. & Trolle, D. 2020. Empiriske sømodeller for sammenhænge mellem indløbs- og søkoncentrationer af fosfor og kvælstof. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 32 s. - Videnskabelig rapport nr. 376. <http://dce2.au.dk/pub/SR376.pdf>

Søndergaard, M., P. J. Jensen & E. Jeppesen, 2001. Retention and internal loading of phosphorus in shallow, eutrophic lakes. The Scientific World Journal 1:427-442.

Windolf, J., E. Jeppesen, J. P. Jensen & P. Kristensen, 1996. Modelling of seasonal variation in nitrogen retention and in-lake concentration: A four-year mass balance study in 16 shallow Danish lakes. Biogeochemistry 33(1):25-44.

Højberg, A.L., Thodsen, H., Børgesen, C.D., Tornbjerg, H., Nordstrøm, B.O., Troldborg, L., Hoffmann, C.C., Kjeldgaard, A., Holm, H., Audet, J., Ellermann, T., Christensen, J.H., Bach, E.O. & Pedersen, B.F. 2021. National kvælstofmodel – version 2020, Metode rapport. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland. GEUS Specialrapport. S 104. https://www.geus.dk/Media/637576521860083405/NKM2020_Rapport_18maj2021_web.pdf

Lassen J. & Frank-Gopolos T. 2022. Undersøgelse af månedsvariation for stofudledning fra renseanlæg (samt ferskvandsdambrug og industri). Notat fra miljøstyrelsen. 2022. s 25.

Nielsen P, Saurel C, Dalsgaard AJT (2015) Samtidigt opdræt af blåmuslinger og tang i forbindelse med havbrug. Rapport nr. 297-2015, DTU Aqua, Hirshals.

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rasmussen, J.J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., Blicher-Mathiesen, G., Kjeldgaard, A. & Windolf, J. 2019. 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., 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. 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, 16 s. - Fagligt notat nr. 2022|72. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2022/N2022_72.pdf

Bilag 1

Tabel med gennemsnitlige årlige kildeopsplittede tilførsler for perioden 2016 til og med 2018 for hver 4. ordenskystopland (FV4). Svare til tabel udsnit i afsnit 2.2. pkt = punktkilder, diff = diffuse kilder (landskabet), rbu = regnbetingede udløb, rens = rensningsanlæg, total = samlet udledning/tilførsel

	TN andel_pkt	TP andel_pkt	TN total	TN diff	TN pkt	TN rens	TN dambrug	TN havbrug	TN industri	TN rbu	TP total	TP diff	TP pkt	TP rens	TP dambrug	TP havbrug	TP industri	TP rbu
fv4	andel af total	andel af total	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	
1110	0.44	0.41	47142	26440	20702	20255	0	0	0	448	2891	1719	1172	1075	0	0	97	
1200	0.80	0.49	14285	2799	11486	0	0	0	11064	422	434	223	212	0	0	117	95	
1210	0.41	0.70	52136	30673	21463	0	0	0	21463	0	4094	1211	2883	0	0	0	2883	0
1241	0.01	0.07	284129	280157	3972	433	2806	0	0	732	7980	7437	543	61	328	0	0	154
1242	0.05	0.09	130948	124483	6464	2490	3792	0	0	183	2845	2578	266	58	169	0	0	39
1243	0.12	0.38	1832499	1618884	213616	107698	81844	0	0	24074	48527	29935	18592	8951	5058	0	0	4583
1250	0.00	0.00	1643	1643	0	0	0	0	0	0	67	67	0	0	0	0	0	
1310	0.00	0.00	92	92	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	
1321	0.09	0.26	623832	567633	56198	15947	34380	1638	0	4233	19790	14645	5145	1437	2337	409	0	962
1322	0.00	0.03	61705	61549	156	0	0	0	0	156	1229	1194	35	0	0	0	0	35
1323	0.05	0.25	3906835	3706232	200603	34442	136744	0	8759	20658	85666	64415	21251	3504	12454	0	1139	4155
1330	0.00	0.00	1245	1245	0	0	0	0	0	0	50	50	0	0	0	0	0	
1410	0.00	0.01	193746	192884	862	416	0	0	0	447	11879	11727	152	52	0	0	0	100
1510	0.00	0.00	975	975	0	0	0	0	0	0	35	35	0	0	0	0	0	
1520	0.00	0.00	2909	2909	0	0	0	0	0	0	82	82	0	0	0	0	0	
1530	0.00	0.00	128	128	0	0	0	0	0	0	211	211	0	0	0	0	0	
1610	0.08	0.29	2820949	2587829	233120	107341	82394	0	1478	41907	84664	60048	24617	9126	6404	0	192	8895
1620	0.05	0.23	2894031	2744281	149750	42070	96244	0	0	11436	73456	56743	16713	6718	7505	0	0	2490
1630	0.01	0.06	332595	329486	3110	2316	0	0	0	794	10457	9790	667	498	0	0	0	169
1651	0.03	0.07	2030501	1976188	54313	36183	8804	0	473	8854	83101	77566	5534	2595	866	0	45	2028
2100	0.00	0.00	130	130	0	0	0	0	0	0	13	13	0	0	0	0	0	
2110	0.05	0.09	677654	641158	36496	2343	7695	21694	132	4632	26636	24120	2517	334	806	304	30	1043
2200	0.80	0.72	5246	1050	4196	4196	0	0	0	0	289	82	207	207	0	0	0	
2213	0.06	0.11	560889	527805	33084	29153	0	0	0	3931	23067	20516	2551	1648	0	0	0	904
2216	0.02	0.05	33226	32705	520	486	0	0	0	34	2076	1974	102	95	0	0	0	8
2310	0.99	0.99	92621	562	92060	0	0	12420	79565	75	8305	65	8240	0	0	2271	5953	16
3000			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3011	0.00	0.01	35856	35805	51	0	0	0	0	51	1152	1140	12	0	0	0	0	12
3012	0.00	0.01	22407	22370	37	0	0	0	0	37	711	702	9	0	0	0	0	9
3013	0.38	0.74	15270	9452	5818	5364	0	0	0	454	1111	287	824	717	0	0	0	108
3020	0.00	0.00	8630	8630	0	0	0	0	0	0	270	270	0	0	0	0	0	
3110	0.27	0.58	55385	40157	15228	14780	0	0	0	448	2665	1128	1537	1436	0	0	0	102
3210	0.00	0.00	1325	1325	0	0	0	0	0	0	13	13	0	0	0	0	0	
3211	0.79	0.82	8672	1822	6850	6504	0	0	0	346	620	112	507	429	0	0	0	78
3213	0.07	0.48	29880	27895	1985	1676	0	0	0	309	858	443	415	344	0	0	0	71
3215	0.04	0.31	7713	7423	290	284	0	0	0	7	186	129	57	55	0	0	0	2
3216	0.03	0.32	386683	373580	13103	11411	0	0	0	1692	6011	4097	1915	1544	0	0	0	371
3217	0.00	0.00	5532	5532	0	0	0	0	0	0	102	102	0	0	0	0	0	

	TN an-del_pkt	TP an-del_pkt	TN total	TN diff	TN pkt	TN rens	TN dambrug	TN havbrug	TN industri	TN rbu	TP total	TP diff	TP pkt	TP rens	TP dambrug	TP havbrug	TP industri	TP rbu
9220	0.05	0.37	54001	51119	2882	2795	0	0	0	87	905	566	339	317	0	0	0	21
9300	0.00	0.00	1694	1694	0	0	0	0	0	39	39	0	0	0	0	0	0	0
9310	0.02	0.28	61185	59853	1332	1332	0	0	0	0	1082	780	301	301	0	0	0	0
9320	0.21	0.68	22084	17418	4667	3757	0	0	0	910	751	243	508	303	0	0	0	205
9321	0.01	0.14	23648	23439	209	0	0	0	0	209	358	309	49	0	0	0	0	49
9330	0.03	0.15	104935	101699	3236	2621	0	0	0	615	1950	1663	287	151	0	0	0	137
9331	0.00	0.05	13993	13956	37	0	0	0	0	37	174	166	9	0	0	0	0	9
9350	0.03	0.21	199256	193448	5809	4108	0	0	0	1701	4975	3942	1033	667	0	0	0	366
9360	0.08	0.29	224473	206806	17667	12304	0	0	0	5363	6604	4708	1896	838	0	0	0	1058

fv4	Peri- ode	TN an- del pkt	TP an- del pkt	TN total	TN diffus	TN pkt	TN rens	TN damb	TN havb	TN indus	TN rbu	TP total	TP diffus	TP pkt	TP rens	TP damb	TP havb	TP indus	TP rbu
9300	s	0	0	90	90	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	
9300	v	0	0	1604	1604	0	0	0	0	0	0	31	31	0	0	0	0	0	
9310	s	0.63	2.48	2626	961	1665	1665	0	0	0	0	152	-225	377	377	0	0	0	
9310	v	0.04	0.57	58559	56228	2331	2331	0	0	0	0	930	403	527	527	0	0	0	
9320	s	0.72	0.85	2246	622	1624	1129	0	0	0	495	265	41	225	113	0	0	0	112
9320	v	0.15	0.58	19838	16796	3043	2628	0	0	0	414	486	203	283	190	0	0	0	93
9321	s	0.1	0.44	1138	1024	114	0	0	0	0	114	60	34	26	0	0	0	26	
9321	v	0	0.07	22510	22415	95	0	0	0	0	95	298	276	22	0	0	0	22	
9330	s	0.23	0.4	5057	3878	1178	844	0	0	0	335	331	197	134	60	0	0	0	74
9330	v	0.02	0.09	99878	97820	2058	1778	0	0	0	280	1619	1466	153	91	0	0	0	62
9331	s	0.05	0.19	417	397	20	0	0	0	0	20	25	20	5	0	0	0	5	
9331	v	0	0.03	13576	13559	17	0	0	0	0	17	149	146	4	0	0	0	4	
9350	s	0.19	0.47	11392	9187	2205	1279	0	0	0	926	968	517	452	252	0	0	0	199
9350	v	0.02	0.15	187864	184260	3604	2829	0	0	0	775	4006	3425	581	414	0	0	0	167
9360	s	0.44	0.43	15089	8406	6683	3763	0	0	0	2920	2077	1183	894	318	0	0	0	576
9360	v	0.05	0.22	209383	198400	10984	8540	0	0	0	2443	4527	3525	1002	520	0	0	0	482

NÆRINGSSTOFBELASTNING,

KILDEOPSPLITNING OG

KVÆLSTOFRETENTION

- AP1 i "Second opinion" fase III (Vandplan 3 genbesøg)

I denne rapport er anvendte metoder og diverse leverancer fra Arbejdspakke 1 i projektet "Second opinion" fase III, "styrket modelgrundlag" beskrevet og præsenteret.