OVERVÅGNING AF VÅDOMRÅDER 2018 – 2019 – 2020 - 2021

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 513 2022

AARHUS
UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

OVERVÅGNING AF VÅDOMRÅDER 2018 – 2019 – 2020 - 2021

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 513 2022

Carl Christian Hoffmann
Joachim Audet
Niels Bering Ovesen
Ane Kjeldgaard

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience

AARHUS
UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 513
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Overvågning af vådområder 2018 – 2019 – 2020 - 2021.
Undertitel:	NOVANA
Forfattere:	Carl Christian Hoffmann, Joachim Audet, Niels Bering Ovesen, Ane Kjeldgaard
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	November 2022
Redaktion afsluttet:	November 2022
Faglig kommentering:	Hans Estrup Andersen
Kvalitetssikring, DCE:	Signe Jung-Madsen
Ekstern kommentering:	Miljøstyrelsen Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/SR513_komm.pdf
Finansiel støtte:	Miljøministeriet
Bedes citeret:	Hoffmann, C.C., Audet, J., Ovesen, N.B. og Kjeldgaard, A. 2021. Overvågning af vådområder 2018 - 2019 – 2020 - 2021. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 80 s. - Videnskabelig rapport nr. 513. http://dce2.au.dk/pub/SR513.pdf

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Sammenfatning: Overvågningsprogrammet for vådområder er udført for 12 områder i årene 2018 – 2019 – 2020 - 2021 med henblik på at dokumentere den miljømæssige effekt af genopretningen af vådområder. Kvælstoffjernelsen er negativ i et enkelt område og ligger i intervallet 22 til 324 kg TN ha^{-1} projektområde $år^{-1}$ (4 til 62 %). Der er både nettotab af fosfor og tilbageholdelse af fosfor i vådområderne. Tilbageholdelse af total fosfor varierer fra -3,00 til + 3,35 kg TP ha^{-1} projektområde $år^{-1}$ (-86 % til 55 %). Herudover er der lavet sammenfatning og analyse af alle overvågede vådområder siden 2015 rapporteret i Hoffmann et al, 2018a og Hoffmann et al, 2021

Emneord:	Ferske vådområder, kvælstoftilbageholdelse, fosfortilbageholdelse, overvågning, Vandbalance
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Foto: Carl Christian Hoffmann
ISBN:	978-87-7156-719-9
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	80
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR513.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både vandmiljø og terrestrisk natur. NOVANA erstattede 1. januar 2004 det tidligere overvågningsprogram NOVA-2003, som alene omfattede vandmiljøet.

Indhold

Forord **5**

Sammenfatning **6**

Summary **7**

1 Introduktion **8**

2 Projektområder **11**

3 Måleprogram **16**

3.1 Vand- og stofbalanceberegninger 16

3.2 Formler for N tab fra oplandet, N tilbageholdelse i søer samt P risikoanalyse 16

4 Resultater **18**

4.1 Torsted Sø 18

4.2 Tolstrup Enge 22

4.3 Tissing Vig 26

4.4 Slivsø 30

4.5 Rævs Å 34

4.6 Mollerup 40

4.7 Hundsø Nord 44

4.8 Gundesbøl Å 49

4.9 Grynderup Sø 53

4.10 Feldsted Kog 57

4.11 Bundsø 61

4.12 Mjels Sø 65

5 Kulstofindhold i de overvågede vådområder **69**

6 Sammenfatning og analyser **70**

7 Referencer **79**

Forord

Overvågningen af vådområder er iværksat med det formål at levere viden om effekten af Grøn Vækst virkemidlet "vådområder", at levere data til effektopgørelser af indsatser medfinansieret af landdistriktsprogrammet til EU-Kommissionen, og for at levere vidensgrundlag for videreudvikling af vådområder som virkemiddel til reduktion af kvælstof- og fosforudledning fra de dyrkede arealer til vandmiljøet.

Denne rapport er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (DCE) som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af VAndmiljøet og NAturen (NOVANA). Rapporten er baseret på data indsamlet af Miljøstyrelsen. Miljøstyrelsen har haft mulighed for at kommentere på udkast til rapporten.

Denne rapport er den sidste i rækken af overvågningsrapporter vedrørende genetablerede vådområder og lavvandede søer (Hoffmann et al, 2018a; Hoffmann et al, 2021)

Sammenfatning

I årene 2018-2019 – 2020 – 2021 blev der foretaget overvågning af 12 genetablerede vådområder med henblik på at dokumentere de miljømæssige effekter af genopretningen af disse områder. De overvågede vådområder indbefatter 8 lavvandede søer: Torsted Sø (lille sø med store vådengsarealer), Tissing Vig, Slivsø, Mollerup, Hundsø Nord, Grynderup Sø (også store engarealer), Mjels Sø og Bundsø; 2 ådalsprojekter: Tolstrup Enge og Rævs Å; 2 eng - moseområder: Feldsted Kog og Gundesbøl Å.

Måleprogrammet bestod i vandføringsmålinger i ind- og udløb fra vådområderne samt vandprøvetagning samme steder til analyse for nitrat-N, total kvælstof (TN), fosfat-P og total fosfor (TP). Der er beregnet månedlige vandtransporter for indløb og udløb samt opstillet stoftransporter for ind- og udløb. Endelig er der beregnet årlige vand- og stofbalancer for vådområderne.

Massebalanceresultaterne viser, at nitratfjernelse varierer fra 34 til 320 kg NO_3^- -N ha^{-1} projektområde $år^{-1}$, og at der fjernes 22 til 324 kg TN ha^{-1} projektområde $år^{-1}$ (Det skal dog bemærkes, at der for Rævs Å er 2 sæt beregninger, hvor den ene giver tab af kvælstof).

Der er både nettotab af fosfor og retention af fosfor i de overvågede vådområder. Retentionen af fosfat varierer fra -2,16 til 5,36 kg PO_4^{3-} -P ha^{-1} projektområde $år^{-1}$ (- betyder nettotab af fosfat). Retention af total fosfor varierer fra -3,00 til 3,35 kg TP ha^{-1} projektområde $år^{-1}$.

Tidligere overvågningsresultater fra perioden 2015 og frem er inddraget i en samlet analyse og sammenfatning sidst i rapporten.

Konklusion

Der er stor variation i kvælstoffjernelsen i de 12 vådområder, idet 7 vådområder tilbageholder mellem 7 og 45 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$, 3 områder tilbageholder 185 - 346 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$, et område tilbageholder 100 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$ og et enkelt område er udeladt pga. usikkerhed på beregningerne.

Der er tilbageholdelse af TP i 8 af de overvågede vådområder og tab af TP i 3, mens der kun er tab af PO_4^{3-} -P i 2 af de overvågede områder.

Inddragelse af alle overvågede vådområder siden 2015 viste, at søer og ådale havde den højeste kvælstoffjernelse med i gennemsnit 132 - 167 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$. Lavmoseprojekterne lå markant lavere med en gennemsnitlig fjernelse på 51 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$.

Ådalsprojekterne - alle overvågede siden 2015 - havde den markant største tilbageholdelse af TP, som i gennemsnit lå på 5,67 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$, søerne havde en TP-tilbageholdelse på i gennemsnit 0,68 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$, men lavmoseprojekterne havde et tab på 0,13 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$.

Summary

In the years 2018-2019 and 2020-2021, twelve re-established wetlands and shallow lakes were monitored with the aim of documenting the environmental effects following restoration. The monitoring included eight shallow lakes: Lake Torsted (small lake surrounded by large wet meadows) and the lakes Tissing Vig, Slivsø, Mollerup, Hundsø Nord, Grynderup (also surrounded by large wet meadows), Mjels and Bundsø, two river valley projects: Tolstrup Meadows and Rævs River, and two meadow–fen areas: Feldsted Kog and Gundesbøl River.

The measurements included stream discharge at the inlet and outlet of the lakes and wetlands as well as water sampling. The water samples were analysed for nitrate-N, total nitrogen, phosphate-P and total P. For each site, the monthly transport of water and nutrients was calculated for inlets and outlets, and also yearly water and nutrient balances were calculated.

The results of the mass balances revealed that nitrate removal varied from 34 to 320 kg NO_3^- -N ha^{-1} project area $year^{-1}$. Removal of total nitrogen ranged between 22 and 324 kg TN ha^{-1} project area $year^{-1}$. For Rævs River, two sets of calculations exist, of which one showed nitrogen loss.

The mass balances for phosphorus in the monitored areas varied between net retention and net loss. Thus, retention of phosphate varied between -2.16 and 5.36 kg PO_4^{3-} -P ha^{-1} project area $year^{-1}$ (- means net loss of phosphate). Retention of total phosphorus varied from -3.00 to 3.35 kg TP ha^{-1} project area $year^{-1}$.

The results presented in earlier monitoring reports are included in the current report in order to conduct an overall analysis of all results from the entire monitoring program (2015-2021).

Conclusion

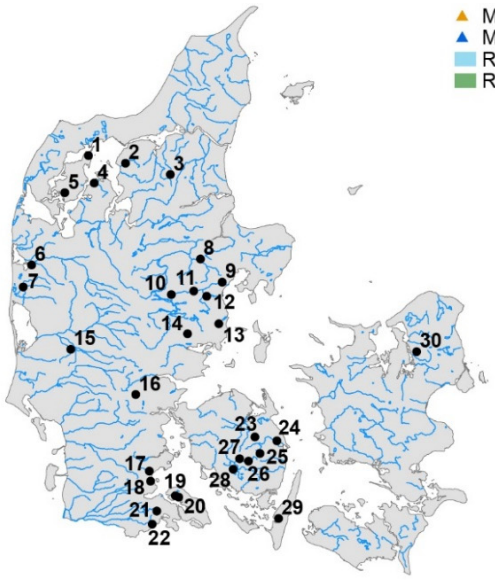
Nitrogen removal in the twelve monitored areas was highly variable. Seven areas removed between 7 and 45 kg TN ha^{-1} $year^{-1}$, three areas removed 185 - 346 kg TN ha^{-1} $year^{-1}$, one area removed 100 kg TN ha^{-1} $year^{-1}$ and one area was discarded due to uncertainty in the calculations.

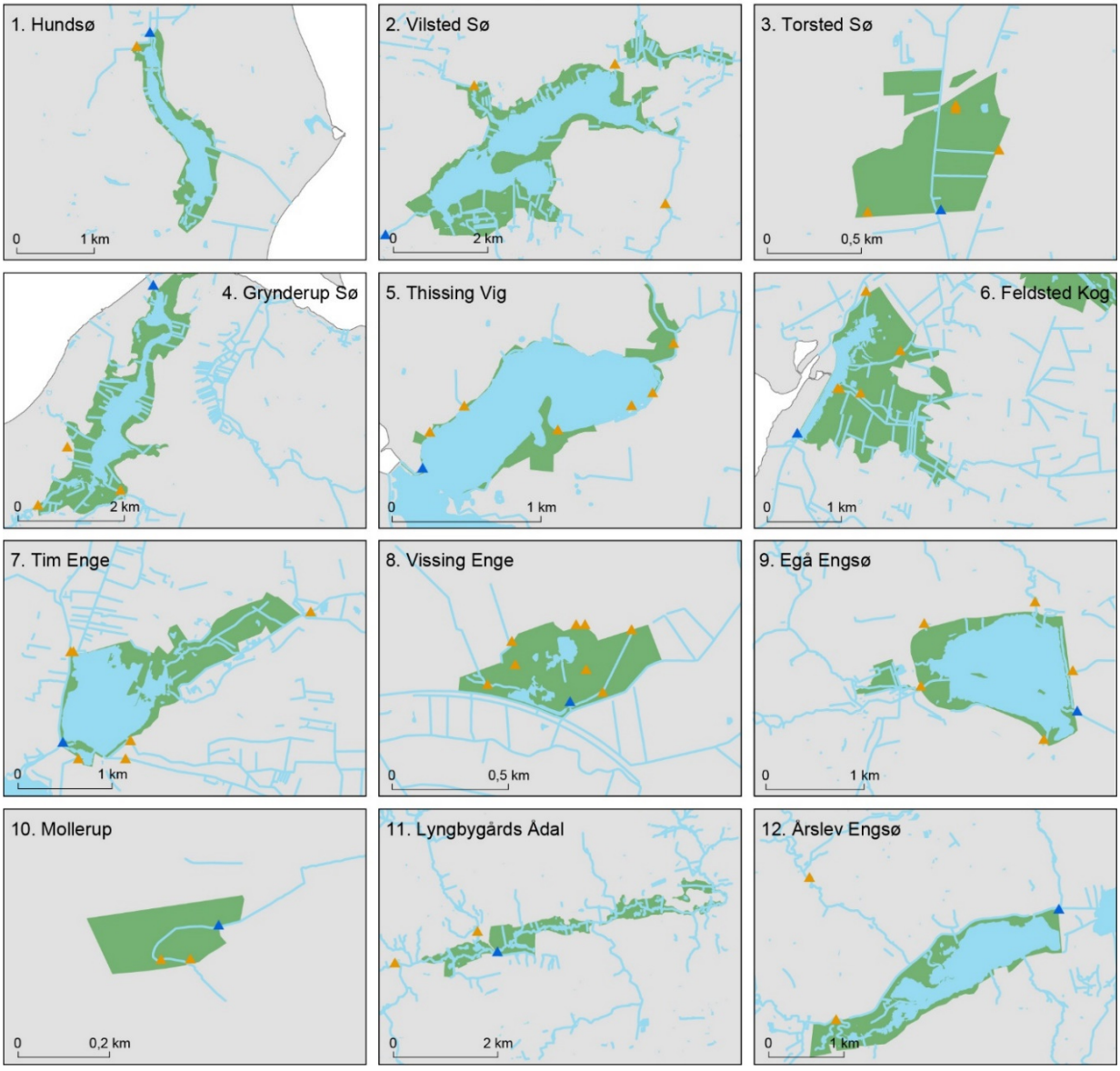
There was retention of TP in eight of the monitored areas and loss of TP in three areas. Only two areas showed loss of PO_4^{3-} -P. Including all monitored areas since 2015 revealed that lakes and river valleys had the highest nitrogen removal with a mean of 132 - 167 kg TN ha^{-1} $year^{-1}$, respectively, while fens only removed 51 kg TN ha^{-1} $year^{-1}$. The river valleys projects showed the highest retention of TP with a mean of 5.67 kg TP ha^{-1} $year^{-1}$, while the lakes retained 0.68 kg TP ha^{-1} $year^{-1}$ and the fens had a net loss of 0.13 kg TP ha^{-1} $year^{-1}$.

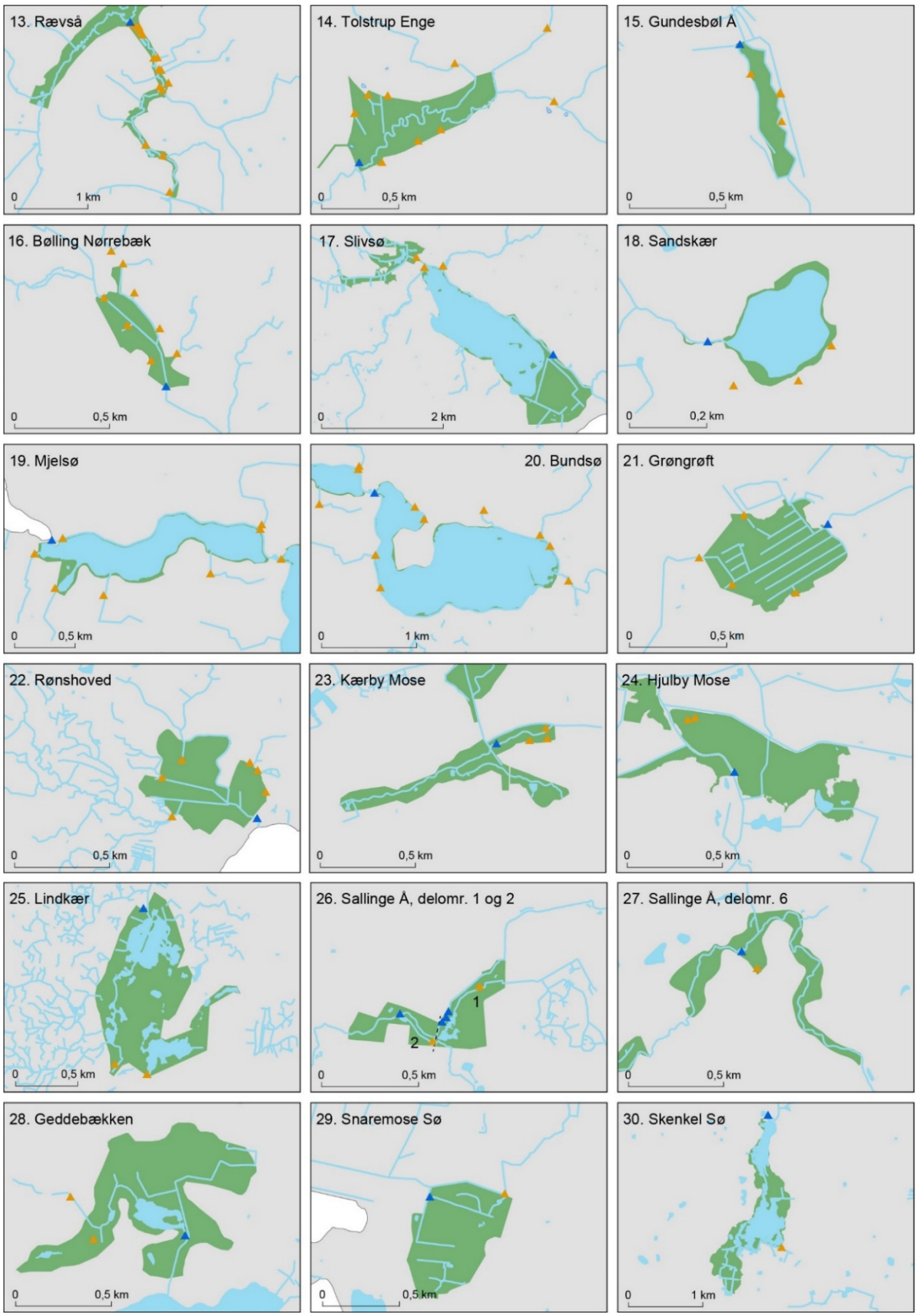
1 Introduktion

Denne rapport afslutter overvågningen af Grøn Vækst vådområder, der startede i 2015. De sidste 12 overvågede vådområder afrapporteres her. Herudover inddrages alle de tidligere overvågede vådområder i analyse og samlet vurdering, i alt 30 områder (se figur 1). Basale informationer og overordnede resultater fra alle de tidligere overvågede vådområder er derfor inkluderet i denne rapport. Endelig er der lavet en opgørelse over kulstofindholdet i alle de 30 afrapporterede vådområder og lavvandede søer ud fra data rapporteret af Greve et al, 2019, (tekstur 2014 kort over danske jorders kulstofindhold).

1. Hundsø
2. Vilsted Sø
3. Torsted Sø
4. Grynderup Sø
5. Thissing Vig
6. Feldsted Kog
7. Tim Enge
8. Vissing Enge
9. Egå Engsø
10. Mollerup
11. Lyngbygårds Ådal
12. Årslev Engsø
13. Rævså
14. Tolstrup Enge II
15. Gundesbøl Å
16. Bølling Nørrebæk
17. Slivsø
18. Sandskær
19. Mjelsø
20. Bundsø
21. Grøngrøft
22. Rønshoved
23. Kærby Mose
24. Hjulby mose
25. Lindkær
26. Sallinge Å, delomr. 1 og 2
27. Sallinge Å, delomr. 6
28. Geddebækken
29. Snaremose Sø
30. Skenkel Sø







Figur 1. Ovenstående figurer viser de 30 områder, hvor overvågningen er tilendebragt.

2 Projektområder

Bundsø på det nordlige Als har et overfladeareal på 143 ha og 11 ha randområder. Søen blev etableret i 2015, men på grund af langsom opfyldning - ca. 500 dage – var søen først endelig etableret i 2016. Søens volumen er opgjort til 3,26 mill. m^3 og vandets opholdstid i søen forventes at ligge på ca. 500 dage. Fordampningstabet blev skønsmæssigt beregnet til 400 000 m^3 $år^{-1}$, og i tørre år vil der være perioder på 3-4 måneder uden afstrømning. Langs Bundsøs sydside, rundt om østenden og et stykke op ad nordsiden løber en kanal –kaldet Landgrøften, der er bibeholdt. Landgrøften modtager flere steder drænvand fra denne del af oplandet, og vandet føres gennem 5 rørtilløb (400 mm) videre gennem diget/jordvolden ind i Bundsø. Landgrøften er afbrudt ved Meldsgård Mølledamsbæk men fortsætter herefter. Det største tilløb til Bundsø er Meldsgård Mølledamsbæk med et opland på 5 km^2. Meldsgård Mølledamsbæk er vurderet til at tilføre 50 % af vandet til Bundsø. På nordsiden af søen er ligeledes et tilløb, Tornbæk, der periodevis kan have stor vandføring. Endelig har Landgrøften også udløb til søen i den nordlige ende (fig. 1).

I umiddelbar forlængelse af Bundsø ligger Mjels Sø, som er på 55 ha heraf 44 ha sø. Søen blev reetableret i 2005 (fyldt i 2006), og den får i dag 70 % af sit vand fra Bundsø. Indløbet fra Bundsø er ved Søholm mellem Broballe og Oksbøl. Der er 5 offentlige vandløb, der løber til Mjels Sø, hvoraf de fire løber til fra sydsiden. På nordsiden løber en landkanal - også kaldet Landgrøften - langs søen. Landkanalen modtog før Bundsø retableringen vand fra den afvandede Bundsø, men denne tilførsel er nu afbrudt, og Landkanalen modtager nu kun overfladisk diffus afstrømning fra nordsiden. Landkanalen har ikke forbindelse til Mjels Sø, udover hvad der måtte være af diffus indsivning. De 5 tilløb til Mjels Sø er: Stegsmose Bæk med indløb via en brønd på sydsiden tættest på udløbet til Mjels Vig; Lykkebæk med indløb via en brønd og en kuppelrist på sydsiden af søen; Trampemose Bæk med frit indløb også på sydsiden af søen; Spangsmose Bæk, hvor vandet pumpes ud i søen på sydsiden af søen; Brokbæk med frit indløb ved Søholm på nordsiden af søen tæt ved indløbet fra Bundsø. Mjels Sø har udløb til Mjels Vig ved Mjelsgård. Der er en højvandsklap i udløbet.

Slivsø omfatter 164 ha sø og 41 ha omkransende engarealer. Middeldybden i søen er ca. 2,2 m, og den maksimale dybde er 3-4 m. Søens volumen er beregnet til 3,5 mio. m^3 vand og søen har en opholdstid på gennemsnitligt 52 døgn. Søen har 3 tilløb og 1 udløb, der tilsammen afvander 98,6 km^2 opland. Dertil kommer et direkte opland på ca. 7 km^2 (herunder landvindingslaget). Hoptrup Å har et opland 19,4 km2, og kommer ind fra vest som en ligeløbende kanal, der løber under Hoptrup Hovedgade. Hoptrup Bæk løber til Slivsø fra syd ved Hoptrup tæt ved Hoptrup Å. Kestrup Bæk har et opland på 14,6 km^2 og kommer ind fra nord. Udløbskanalen fra Slivsø, også benævnt Hoptrup Å, har udløb til Diernæs Bugt og er stuvningspåvirket og oplandet er her på 52,8 km^2.

Gundesbøl Å. Projektområdet ligger mellem Ølgod og Hoven, nærmere betegnet ved Nørholmvej 2, 6880 Tarm. I forprojektet angives området til at være på 6,8 ha, men er af denne rapports forfattere opgjort til 7,2 ha. Det drænede opland angives til at være på 34 ha. Det topografiske opland er på 119 ha, og det må antages, at der er diffus indsivning af grundvand langs grænsen mellem opland og vådområde, udover hvad der tilføres af drænvand via det drænede

opland. Gundesbøl Å er gensnoet, og på denne del af strækningen er de vandløbsnære arealer vådlagt, idet en åben grøft og et drænsystem er blevet afbrudt og vandet herfra overrisler de vandløbsnære arealer via en fordelergrøft.

Tolstrup Enge. Projektområdet er på 30 ha, beliggende øst for Gedved by, ved landsbyerne Tammestrup og Tolstrup (i den vestlige ende). Der er indløb til projektområdet via Gedved Mølleå, Ørskov Bæk og Vindå, som løber sammen og bliver til Tolstrup Å. Tolstrup Å blev gensnoet i forbindelse med restaureringen af ådalen. Udløbet fra Tolstrup Enge sker via Tolstrup Å/Lille Hansted Å (samme å men to navne). Projektgrænsen er ved Kirkevej, Tolstrup sogn øst for Gedved. Der er 3 drændtilløb, som er afbrudte på hver side af den gensnoede Tolstrup Å.

Rævs Å ved Odder. Vådområdeprojektet omfatter Odder Å, Rævs Å, Kragebæk og Assedrup Bæk. De generelle tiltag i projektet var gensnoning af vandløbene og samtidig tilbageføring til laveste kote i terrænet. Endvidere er mange drænsystemer blevet afbrudt, og drænvandet infiltrerer nu de vandløbsnære arealer, ofte konstrueret ved at drænene ender i såkaldte bekkasinskrab (dvs. små fladvandede damme) uden afløb, hvorfra vandet siver mod vandløbet. Den nedre projektgrænse er ved Assedrup. Efter at alle vandløbene er løbet sammen til en å, hedder denne Rævs Å, og den munder ud i Norsminde Fjord. Projektet er i sin helhed meget kompliceret, idet det omfatter både oversvømmelser og overrisling fra afbrudte dræn samtidig med at store dele af projektområdet er stuvningspåvirket af Norsminde Fjord. Overvågningen omfatter alene Rævs Å fra Rørthvej (opstrøms) og ned til sammenløbet med Odder Å, i alt 29 ha med et direkte opland på 665 ha. Ved sammenløbet med Odder Å er der en rørbro, som vandet skal igennem. Ved sammenløbet med Odder Å er Rævs Å stuvningspåvirket. På strækningen mellem Rørt Bro og den nedstrøms liggende rørbro er der afbrudte dræn, der munder ud i ovennævnte bekkasinskrab. Endvidere er der arealer, der hyppigt vil blive oversvømmet.

Mollerup tæt ved Silkeborg. Projektet hedder Gudenåens sidedale og omfatter flere mindre arealer. Kun vådområdet ved Mollerup er overvåget. Projektområdet er beliggende umiddelbart vest for Mollerup By, langs Linåvej, med indkørsel ved Linåvej 69. Projektområdet ligger ved den øvre del af Mollerup Bæk, og området afvander mod nordøst via Mollerup Bæk. Projektområdet består af en sø på 1,5 ha omkranset af 2,5 ha engarealer. Der er veldefineret indløb med pæn hældning, men også med en del sandtransport. Der er ligeledes et veldefineret udløb via et firkantet overfald. Endelig er der et drændtilløb direkte til søen.

Grynderup Sø er på ca. 423 ha heraf ca. 140 ha sø. Projektet er finansieret af Den Særlige Vand- og Naturindsats (Miljømilliarden) og blev realiseret i 2011. Der er to tilløb til søen, nemlig Nautrup-Glynge Bæk (også lokalt kaldet Sæby Bæk/Spøttrup Bæk) og Durup Bæk og der et udløb med stem, der hindrer saltvandsindtrængen, og udløbet er således stuvningspåvirket. Durup Bæk har indløb til søen ved Bystedmøllevej, mens Nautrup-Glynge Bæk løber til på Grynderupvej ved Bysted Bro. Udløbet fra Grynderup Sø til Sallingsund ligger for enden af Grynderupvej (efter at man har passeret stien ned til trækfærgen). Udløbet er påmonteret en højvandsklap, der styres af to vandstandsmålere, en på hver side af klappen. Ved Grynderupvej 28 ligger et stort markareal med en drænbrønd, der modtager drænvand fra fire drænledninger.

Feldsted Kog. Projektområdet er på 180 ha og var tidligere den nordlige del af landvindingslaget Felsted Kog Enge. Området består dels af et permanent

vanddækket område – sø og mose på 31,5 ha – samt omkransende eng- og mosearealer. Feldsted Kog vådområdet åbnede november 2015. Der er udløb til Nissum Fjord via et nyt veldefineret udløb med højvandsklap, som ligger for enden af Kytterupvej. Udløbet er stuvningspåvirket, hvilket i øvrigt også gør sig gældende for alle indløbene. Den sidste sidevej på højre hånd når man kører på Kytterupvej, inden man når til udløbet, fører hen til en nyopført pumpestation, der pumper vand ud i Feldsted Kog fra et 50 ha stort landbrugsareal. Tæt ved pumpestationen har Nørgård Bæk sit udløb i projektområdet. Nørgård Bæk ligger i et nyt gravet forløb. Længere ude ad Moesgårdvej er der endvidere tilløb til Feldsted Kog fra Nr. Vosborg via Gammelåen. Det sidste tilløb, som ligger for enden af Moesgårdvej, er et konstrueret tilløb, hvor en mindre del af Storåens vand ledes ind i Feldsted Kog (ca. 10 %).

Torsted Sø. Størstedelen af projektområdet ligger ved Torsted Bæk mellem Ulvkærvej, Viborgvej (Hovedvej 13) og den Nordjyske Motorvej (E45), men en mindre del på 6,3 ha ligger på den anden side af Viborgvej. Projektområdet er på 44 ha, hvoraf søen udgør ca. 4,9 ha, mens der yderligere er en del lavvandede områder omkring selve søen. Indløbet til søen sker via Torsted bæk, som løber under Viborgvej og ind i projektområdet. Kigger man ind i projektområdet fra Viborgvej, vil der tæt på indløbet også være indløb af drænvand fra en brønd beliggende til venstre for indløbet. Denne brønd samler flere dræn til et samlet drænindløb. Fra motorvejssiden kommer et indløb, der går under motorvejen. Udløbet fra Torsted Sø ligger ved Ulvkærvej, og det er udformet som et slynget stryg. I den vestlige del af Torsted Sø er der indløb fra dræn. Langs Ulvkærvej løber en kanal, der "knækker" og løber vinkelret ind langs projektområdet ca. 375 m vest for udløbet. Området mellem Viborgvej og ned mod Ulvkærvej på i alt 37,7 ha blev overvåget.

Tissing Vig på Mors blev genskabt som ferskvandssø i 2011, men var oprindelig en fjordarm. Projektområdet er på 98 ha, heraf ca. 88 ha sø, og ca. 10 ha våde enge, der omkranser søen. Tissing Vig har udløb til Glomstrup Vig ved Tissinghuse. Udløbet er en lige kanal, der er ført under Thissingvej / Ålekistevej og det er forsynet med højvandklap, der hindrer indtrængning af saltvand. Nørå har sit indløb i søen i den diametralt modsatte ende ved Mariesmindevej / Nøråvej. Udover indløb fra Nørå er der tilløb fra en række drænsystemer både på nordsiden og sydsiden af søen. På grund af højvandsklappen er både indløb og udløb stuvningspåvirkede.

Hundsø Nord ligger på Nordmors og er en del af Hundsø restaureringen (89 ha), men hydraulisk adskilt fra den noget større sydlige del (figur 1, område 1). Projektområdet ligger ved Kongevejen på Nordmors. Hundsø Nord er på 13,2 ha, heraf udgør søearealet ca. 4 ha. Der er indløb til projektområdet fra Sejerslev Bæk. Der er også udløb til Sejerslev bæk, og der er etableret en stensætning ved udløbet.

Tabel 1. Basale informationer om de 12 vådområder overvåget i 2018-2019-2020-2021. Projekttype, oplandsarealer til projektområderne hvor *, ** og *** markerer supplerende information, størrelse på projektområde samt i parentes eventuelt søareal i projektområdet, ratio mellem projektområdets og oplandets størrelse i procent, år for etablering af projektet, procent landbrugsareal i oplandet til vådområdet, jordtype, årlig nedbør og årlig gennemsnitlig lufttemperatur (2011-2020).

Lokalitet	Type	Opland areal ha	Vådomr. areal ha (sø)	Ratio Våd: opl %	Etabl. år	Land-brug %	Jordtype Sand %	Ler %	Tørv %	Nedbør mm	Temp °C
Torsted Sø	Sø og eng	613	38 (4,9)[A]	6,1	2016	76	83	0	17	878	8,6
Tolstrup Enge	Ådal	896*	30	3,3	2017	79	28	71	1	795	8,9
Tissing Vig	Sø	1298	98 (88)	7,5	2011	82	68	29	4	939	9,1
Slivsø	Sø	4945	205 (160)	4,1	2004	73	34	63	3	979	9,3
Rævs Å	Ådal	665**	29	4,3	2016	82	4	95	1	729	8,9
Mollerup	Sø	261	4 (1,5)	1,5	2017	72	72	26	2	872	8,8
Hundsø Nord	Sø	356	13 (4)	3,6	2017	78	43	53	4	930	8,8
Gundesbøl Å	Eng, mose	119	7,2[B]	6,0	2016	89	100	0	0	1005	8,9
Grynderup Sø	Sø, eng	2536	423 (150)	16,6	2007-12	79	98	0	2	924	8,9
Feldsted Kog	Eng, mose, sø	695	180 (31,5)	25,8	2015	81	99	0	1	1017	9,3
Mjels Sø	Sø	246***	55 (45)	22,3	2005	64	2	98	0	827	9,7
Bundsø	Sø	1024	154 (143)	15,0	2016	78	4	95	1	827	9,33

A: Torsted Sø: projektarealet er på 44, men der er kun målt på 37,7 ha

B: Gundesbøl Å: areal officielt 6,8 ha areal opgjort af denne rapports forfattere 7,2 ha

*: Vandløbsoplandet til Tolstrup Enge er på 5861 ha (74 % landbrug; 72% ler, 26 % sand, 2% tørv)

**: Vandløbsoplandet til Rævs Å er på 3495 ha

*** Direkte opland til Mjels sø er 246 ha. Hertil kommer tilløb fra Bundsø med et opland på 1024 ha og et søareal på 154 ha. Samlet oplandsareal er derfor 1414 ha.

Tabel 2. Basale informationer om vådområder overvåget i 2016- 2017 – 2018 (Hoffmann et al., 2021). Projekttype, oplandsarealer til projektområderne, størrelse på projektområde samt i parentes eventuelt søareal i projektområdet, ratio mellem projektområdets og oplandets størrelse i procent, år for etablering af projektet, procent landbrugsareal i oplandet til vådområdet, jordtype, årlig nedbør og årlig gennemsnitlig lufttemperatur (2011-2020). Stjernemarkeringerne oplyser om det faktiske areal der blev overvåget.

Lokalitet	Type	Opland areal ha	Vådomr. areal ha (sø)	Ratio Våd:opl %	Etabl. år	Land-brug %	Jordtype Sand %	Ler %	Tørv %	Nedbør mm	Temp °C
Bølling Nørre-bæk	Ådal	143	24	17	2014	86	95	1	4	932	8,8
Egå Engsø	Sø, mose, eng	5182	160 (117)	3	2006	46	11	87	2	752	8,9
Vissing Enge	Eng, mose og sø	176	21 (8)	12	2013	90	9	90	1	762	8,8
Rønshoved	Mose og eng	269	21	8	2014	48	21	77	2	977	9,4
Kærby Mose	Mose	38	2*	6	2014	82	30	70		757	9,3
Hjulby Mose	Mose	3	28**	-	2012	70	49	1	50	710	9,5
Sallinge Å, 1	Mose & våd eng	9	6			81	82	18		769	9,5
Sallinge Å, 2	Mose	702	2***		2014	75	46	53	1	769	9,5
Sallinge Å, 6	Mose	20	2§	16	2014	97	98		2	769	9,5
Skenkelsø	Sø og eng	1013	84 (44)	8	2010	44	38	56	6	666	9,3

* Kun et lille selvstændigt område "afløb fra Tving" er blevet overvåget. Hole Bæk er på 10,5 ha

** Projektområdet består desuden af to små søer på 0,5 og 0,9 ha uden hydraulisk forbindelse til det store projektområde på 28 ha. Det store projektområde modtager vand via to Ø110 mm rør fra Vindinge Å, som ifølge den tekniske forundersøgelse tilsammen skulle give 6 l s^{-1}.

*** Kun arealet på den ene side af Sallinge Å blev overvåget (1ha)

§ projektområdets størrelse usikker, men er opgjort til 2 ha af denne rapports forfattere.

Tabel 3. Basale informationer om vådområder overvåget i 2015 (Hoffmann et al., 2018a). Projekttype, oplandsarealer til projektområderne, størrelse på projektområde herunder areal af overvåget del af projektområdet markeret med * samt i parentes eventuelt søareal i projektområdet, ratio mellem projektområdets og oplandets størrelse, år for etablering af projektet, procent landbrugsareal i oplandet til vådområdet, jordtype, årlig nedbør og årlig gennemsnitlig lufttemperatur.

Lokalitet	**Type**	**Opland areal ha**	**Vådomr. areal ha (sø)**	**Ratio Våd:opl %**	**Etabl. år**	**Land-brug %**	**Jordtype Sand %**	**Ler %**	**Tørv %**	**Nedbør mm**	**Temp °C**
Aarslev Engsø	Sø & våd eng	27134	215 (117)	0.8	2003	60	43	54	3	897	8,9
Geddebækken	Småsøer mose, eng	229	39/20*(3)	8.7	2003	76	87	0	13	841	9,6
Grøngrøft	Mose	245	25,4	10.4	2012	83	0	82	18	1088	9,6
Lyngbygårds Å	Ådal våd eng	5721	173/40*	0.7	2007	62	60	37	3	914	8,8
Sandskær	Sø & våd eng	114	5,8(4,5)	5.1	2011	48	92	5	3	986	9,4
Snaremose sø	Mose	565	31	5.5	2002	87	9	91	0	791	9,8
Tim Enge	Sø & våd eng	10059	152 (103)	1.5	2007	58	79	5	16	1024	9,4
Vildsted sø	Sø & rørskov, våd & tør eng	9588	930 (451)	9.5	2006	71	83	0	17	945	8,7

* Overvåget areal

** Vilsted Sø hele projektarealet er på 913/923 ha men der er kun målt på selve søen samt omkransende arealer på i alt 833,5 ha.

3 Måleprogram

Måleprogrammet bestod i måling af vandføring i indløb og udløb. Udtagning af vandprøver til analyse for total kvælstof (TN) nitrat (NO_3—N) samt i nogle tilfælde også ammonium (NH_4^+-N) hvilket i disse tilfælde gjorde det muligt at beregne organisk kvælstof (org-N) som org-N = TN – NO_3^--N – NH_4^+-N. Vandprøverne blev endvidere analyseret for total fosfor (TP) og fosfat (PO_4^{3-}-P).

3.1 Vand- og stofbalanceberegninger

Det har ikke været muligt at måle alle indløb, som fx grundvandsindsivning samt indløb fra små grøfter og dræn, til de overvågede vådområder. For den umålte del af oplandet blev tilførslen af vand beregnet ved at tage det målte tilløb fra et givet opland og dividere med oplandsarealet for at få den arealspecifikke tilførsel, og næringsstoftilførslen herfra blev beregnet ved at multiplicere arealet af det umålte opland med den arealspecifikke tilførsel fra det målte opland. De opstillede vandbalancer er korrigeret for nedbør og fordampning. Her er anvendt data fra DMI, 10 × 10 km^2 grid for korrigeret nedbør og 20 × 20 km^2 for potentiel evapotranspiration. Målinger af vandtransport i tilløb og afløb blev foretaget ved at foretage vandføringsmålinger og opstille Q / H- eller QQ-relationer. En Q / H-relation er en matematisk relation mellem vandstand (h), som måles kontinuerligt, og Q (vandføring), som beregnes. En QQ-relation er en matematisk relation mellem simultant målte vandføringer (Q) ved to vandløb. Efterfølgende kan vandføring ved et vandløb udtrykkes som funktion af vandføring ved det andet vandløb. Ved Bundsø, Grynderup Sø, Slivsø og Tissing Vig var der vandstuvning eller risiko for vandstuvning ved udløbene, og her blev der installeret doppler vandføringsmålere. Ved Gundesbøl Å blev opstillet elektromagnetiske vandføringsmålere i drænindløbet, som var et 50 cm cementrør. Næringsstofbidraget fra det umålte opland blev beregnet på tilsvarende måde som vandtransporten fra det umålte opland. Næringsstoftransporten fra det målte opland blev divideret med oplandsarealet for at få den arealspecifikke tilførsel og denne blev så multipliceret med arealet af det umålte opland.

Vandprøver blev taget som punktprøver 1 gang per måned i 14 måneder - dog blev Torsted Sø, Bundsø og Mjelssø overvåget i 2 år. Månedlige stoftransporter blev beregnet som vandføringsvægtede koncentrationer ved lineær interpolation mellem de målte næringsstofkoncentrationer og ved anvendelse af beregnet daglig vandføring (Q / H, QQ, dopplermålinger eller vandføringsmålinger med elektromagnetisk vandføringsmåler).

3.2 Formler for N tab fra oplandet, N tilbageholdelse i søer samt P risikoanalyse

I denne rapport nævnes formel for beregning af N tab fra oplandet (N regnearket), en formel for beregning af N reduktion i søer, og beregning af N reduktion ved ændret arealanvendelse. For mere information om disse formler med tilhørende vejledninger henvises til Miljøstyrelsens hjemmeside (https: / / mst.dk / natur-vand / vandmiljoe / tilskud-til-vand-og-klimaprojektNyBer / kvaelstof-og-fosforvaadomraader / for-projektejer /)

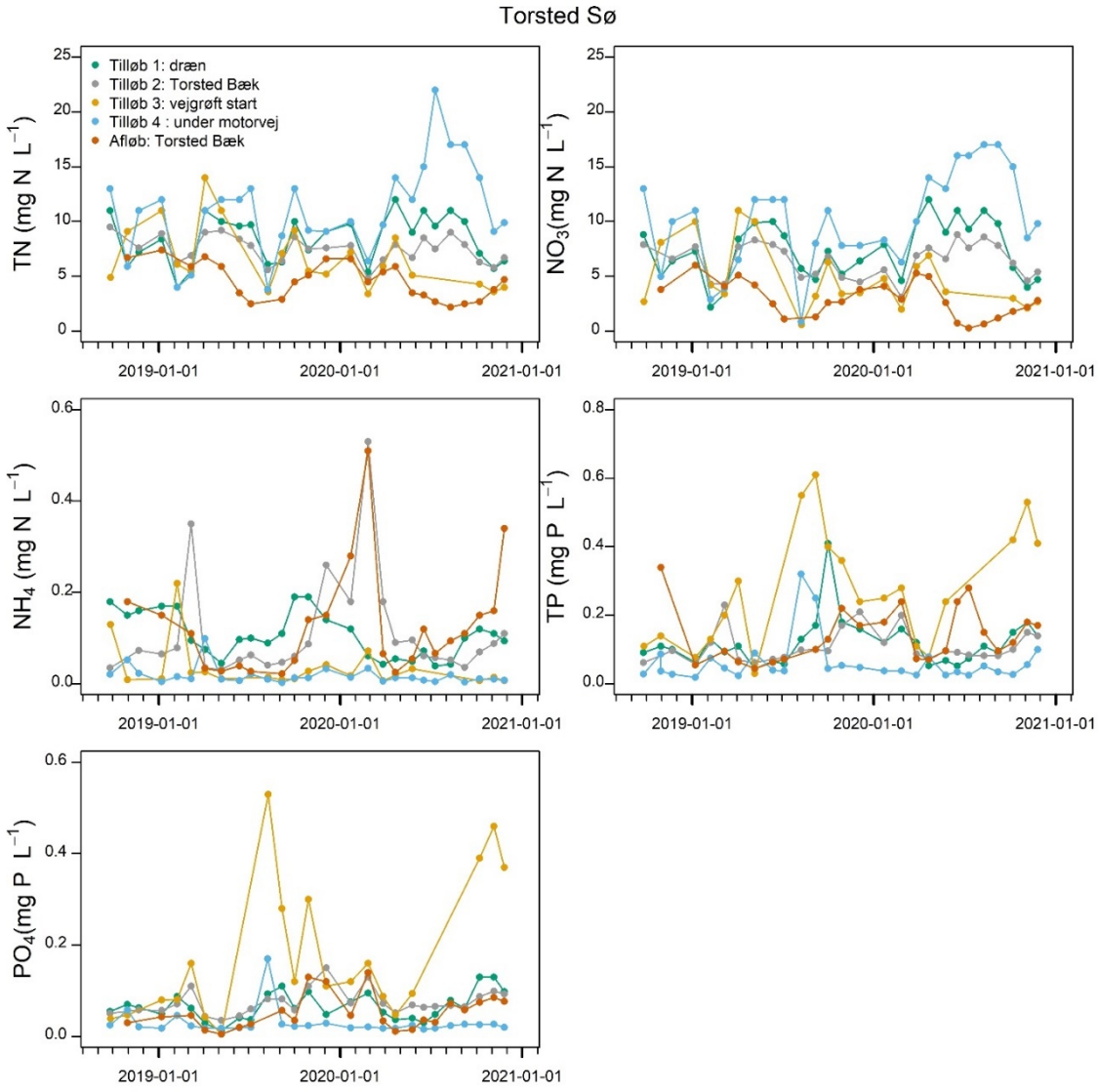
I denne rapport nævnes også P risikoanalyse ved anvendelse af et P regneark. Regnearket med tilhørende vejledning (Hoffmann et al, 2018b) findes ligeledes på Miljøstyrelsens hjemmeside (https://mst.dk/natur-vand/vandmiljoe/tilskud-til-vand-og-klimaprojekter/kvaelstof-og-fosforvaadomraader/for-projektejer/. Se også Kronvang et al, 2011, vedrørende kvalitativ bedømmelse af Fe:P forhold og P tab.

4 Resultater

4.1 Torsted Sø

Søarealet er på 4,9 ha ud af et samlet projektområde på 44 ha. Heraf blev 37,7 ha overvåget over en toårig periode. For at forlænge opholdstiden i søen til 7 dage blev topjorden bortgravet. Det betydeligste tilløb til projektområdet er Torsted Bæk, men herudover er der også tilløb af nogle store drænsystemer, der overrisler arealerne omkring søen. Søen har tidligere været undersøgt i forbindelse med et afgangsprojekt fra Aalborg Universitet (Pedersen, 2017).

De lavest målte TN og NO_3^--N koncentrationer ses i afløbet, Torsted Bæk, dog lige med undtagelse af nogle målinger i vinterperioderne (figur 2 og tabel 4), hvor koncentrationerne i alle tilløb og afløb ligger tæt. TP-og PO_4^{3-}-P koncentrationerne er meget høje i Tilløb 3, Vejgrøft, og også udløbet ligger højt (Figur 2 og tabel 4). PO_4^{3-}-P koncentrationerne i udløbet, Torsted bæk er lave i sommerperioderne, mens TP-koncentrationerne er højere og stiger i efterårsperioderne, hvilket tyder på at der har været optag af P i alger og andre primærproducenter, som efterfølgende skylles ud som organisk P (figur 2 og tabel 4).



Figur 2. Torsted Sø. Næringsstofkoncentrationer i tilløb og afløb målt over en toårig periode.

Tabel 4. Gennemsnitskoncentrationer i tilløb og afløb. Enhed mg/l.

Område	Station	TN	NO_3^--N	NH_4^+-N	TP	PO_4^{3-}-P
Torsted Sø	Tilløb 1: dræn	8,4	7,4	0,11	0,12	0,07
Torsted Sø	Tilløb 2: Torsted Bæk	7,5	6,4	0,11	0,11	0,08
Torsted Sø	Tilløb 3: vejgrøft start	6,7	4,9	0,04	0,27	0,18
Torsted Sø	Tilløb 4 : under motorvej	11,1	10,2	0,02	0,06	0,03
Torsted Sø	Afløb: Torsted Bæk	4,6	2,9	0,13	0,14	0,05

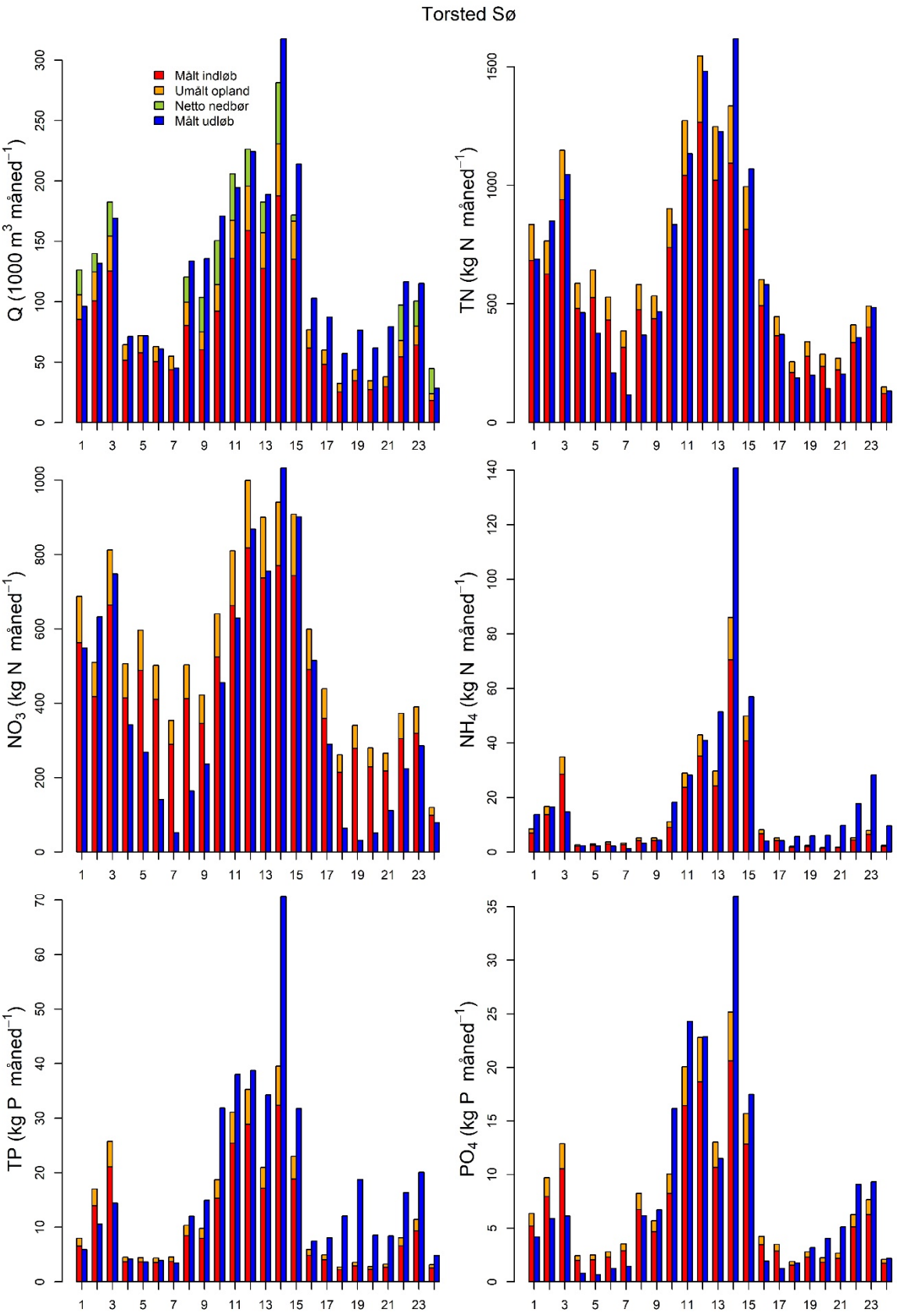
De månedlige vand- og stoftransporter for 2019 og 2020 er vist på figur 3. Fra august 2019 til april 2020 er vand- og stoftransporten meget høj. Vandtransporterne ind og ud af projektområdet er stort set lige store i 2019 (tabel 5), men i 2020 er udløbsmængden noget større end indløbsmængden.

Usikkerheden på vandføringsmålingerne i Torsted Bæks ind- og udløb er bedømt acceptabel ved kvalitetssikringen, mens vandføringen i de øvrige tilløb er målt med nogen usikkerhed. Hertil kommer at der har været indsivning af grundvand, som ifølge Pedersen (2017), har ligget på ca. 0,6 l s^{-1}, hvilket har indgået i beregningerne.

Årsagen til at vandtransporten ud af projektområdet var noget større end transporten ind i området i 2020, kan bl.a. skyldes en øget grundvandsindsivning, da perioden august 2019 til april 2020 var usædvanlig nedbørsrig og grundvandsmagasinerne dermed "overfyldte", hvorefter de faldt til mere normale niveauer i løbet af 2020.

Februar måned 2020 er bemærkelsesværdig ved både at have høj vandtransport og højest stoftransport ud af projektområdet (Figur 3, måned 14). Især NH_4-N, TP og PO_4^{3-}-P transporterne ud af projektområdet er betydeligt større end tilførslen til Torsted Sø.

Stofbalancerne (tabellerne 6 – 10) for N og P viser, at der tilbageholdes NH_4-N, NO_3^--N, TN og PO_4^{3-}-P i 2019 mens der er et mindre tab af TP på 0,21 kg P ha^{-1} $år^{-1}$. I 2020 er der tab af NH_4-N, PO_4^{3-}-P og TP, mens tilbageholdelsen af NO_3^- N og TN i 2020 er noget mindre end i 2019 (tabel 7 og 8). Det kan endvidere ses, at der har været et tab af organisk kvælstof i begge år på henholdsvis 16 og 29 kg N ha^{-1} $år^{-1}$, og et tab af organisk P på henholdsvis ca. 0,5 og 2,5 kg P ha^{-1} $år^{-1}$ i 2019 og 2020, der i begge tilfælde formentlig skyldes optagelse af NH_4-N, NO_3^--N, og PO_4^{3-}- P i alger og andre primærproducenter, som derefter delvis kan være skyllet ud med udløbsvandet som organisk N.



Figur 3. Torsted sø, månedlige vand- og stoftransporter i årene 2019 og 2020.

Tabel 5. Vandbalancerne for årene 2019 og 2020 for Torsted Sø.

År	Q_ind (10^3 m^3)	Q_ud (10^3 m^3)	Q_ud – Q_ind/Q_ind * 100 (%)
2019	1462	1505	2,9
2020	1083	1445	33,4

Tabel 6. NH_4^+-N balancerne for Torsted Sø for kalenderårene 2019 og 2020.

År	NH_4^+ ind kg N $år^{-1}$	NH_4^+ ud kg N $år^{-1}$	NH_4^+ fjernelse %	NH_4^+ fjernelse kg N ha^{-1} $år^{-1}$
2019	166	148	11	0,48
2020	202	340	-68	-3,71

Tabel 7. NO_3^--N balancerne for Torsted Sø for kalenderårene 2019 og 2020.

År	NO_3^- ind kg N $år^{-1}$	NO_3^- ud kg N $år^{-1}$	NO_3^- fjernelse %	NO_3^- fjernelse kg N ha^{-1} $år^{-1}$
2019	7342	5084	31	61
2020	5816	4338	25	40

Tabel 8. TN balancerne for Torsted Sø for kalenderårene 2019 og 2020.

År	TN ind kg N $år^{-1}$	TN ud kg N $år^{-1}$	TN fjernelse %	TN fjernelse kg N ha^{-1} $år^{-1}$
2019	9728	8032	17	
2020	6834	6576	4	7

Tabel 9. PO_4^{3-} -P balancerne for Torsted Sø for kalenderårene 2019 og 2020.

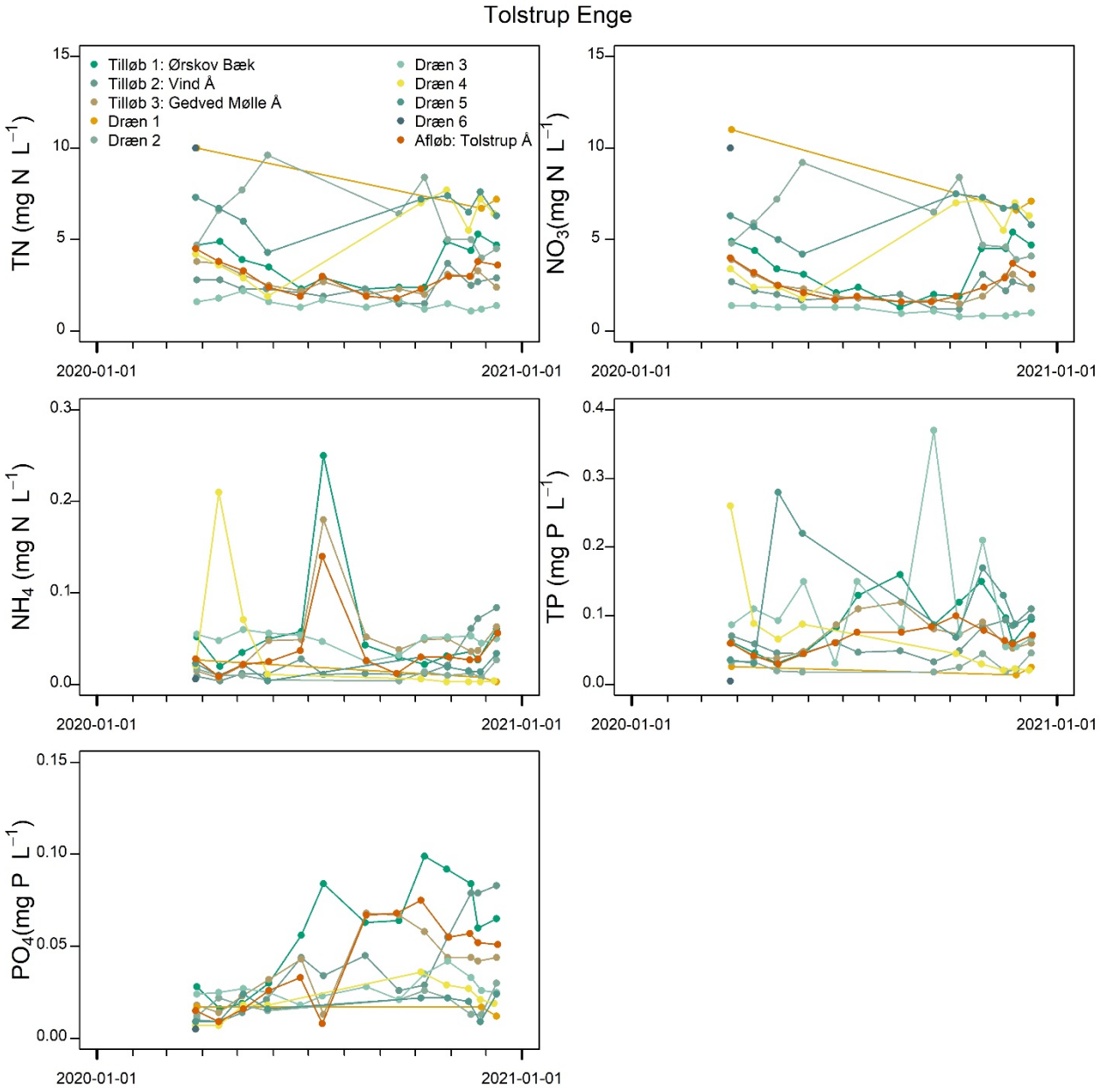
År	PO_4^{3-} ind kg P $år^{-1}$	PO_4^{3-} ud kg P $år^{-1}$	PO_4^{3-} retention %	PO_4^{3-} retention kg P ha^{-1} $år^{-1}$
2019	107	97	10	0,28
2020	87	103	-18	-0,42

Tabel 10. TP-balancerne for Torsted Sø for kalenderårene 2019 og 2020.

År	TP ind kg P $år^{-1}$	TP ud kg P $år^{-1}$	TP retention %	TP retention kg P ha^{-1} $år^{-1}$
2019	174	182	-5	-0,21
2020	129	241	-86	-3,00

4.2 Tolstrup Enge

Tolstrup Enge blev kun overvåget fra marts – april 2020 til december 2020, men med 13 måleomgange. De viste årsbalancer er ekstrapoleret på baggrund af måleserien. Der er 3 større tilløb og 6 drænstilløb, hvorfra der blev udtaget vandprøver (figur 4). Kvælstofkoncentrationerne i de målte tilløb, Ørskov Bæk, Vind Å og Gedved Mølle Å, som løber sammen og bliver til Tolstrup Å, afviger ikke meget fra de målte afløbskoncentrationer målt i Torsted Å / Lille Hansted Å ved projektgrænsen ved Kirkevej øst for Gedved. Kvælstofkoncentrationerne i drænstilløbene er noget højere end i udløbet (figur 4 og tabel 11) på nær dræn 3 med de lavest målte TN og NO_3^--N koncentrationer. Det skal bemærkes, at der kun er 3 målinger fra dræn 1 og en måling fra dræn 6. Dræn 3, 4 og 5 havde høje TP-koncentrationer, men ligesom de øvrige dræn lave PO_4^{3-}-P koncentrationer (figur 4 og tabel 11).



Figur 4. Tolstrup Enge. Målte næringsstofkoncentrationer i perioden marts 2020 til december 2020.

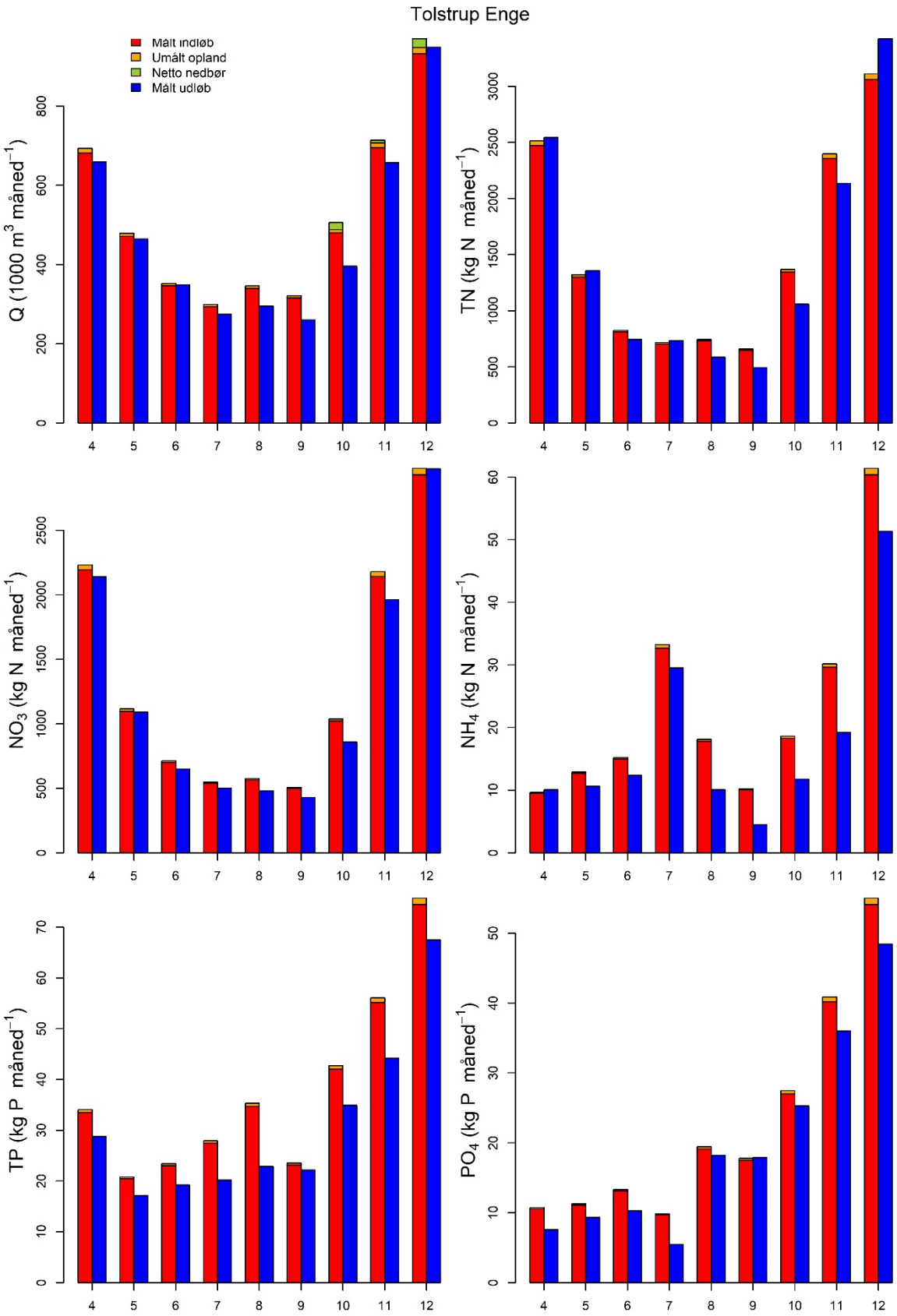
Tabel 11. Beregnede gennemsnitskoncentrationer for tilløb, drændtilløb og udløb. Enhed: mg/l.

Område	Station	TN	NO_3^--N	NH_4^+-N	TP	PO_4^{3-}P
Tolstrup Enge	Tilløb 1: Ørskov Bæk	3,74	3,43	0,06	0,09	0,06
Tolstrup Enge	Tilløb 2: Vind Å	2,41	2,08	0,03	0,06	0,04
Tolstrup Enge	Tilløb 3: Gedved Mølle Å	2,78	2,35	0,05	0,07	0,04
Tolstrup Enge	Dræn 1 (kun 3 målinger)	8	8	0,01	0,02	0,02
Tolstrup Enge	Dræn 2	6,19	5,93	0,01	0,03	0,02
Tolstrup Enge	Dræn 3	1,51	1,11	0,05	0,12	0,03
Tolstrup Enge	Dræn 4	5,16	4,78	0,04	0,07	0,02
Tolstrup Enge	Dræn 5	6,59	6,14	0,02	0,12	0,02
Tolstrup Enge	Dræn 6 (kun 1 måling)	10,00	10,00	0,01	0,01	0,01
Tolstrup Enge	Afløb: Tolstrup Å	2,95	2,51	0,04	0,07	0,04

De månedlige vand- og stoftransporter viser tydelig årstidsvariation med højeste transporter i forår, efterår og vintermåneden december. Der er lidt større indløb af vand end udløb (tabel 12), som må tilskrives måleusikkerhed med så mange tilløb. For Ørskov bæk, Gedved Mølleå og Tolstrup Å (udløbet) var der ingen høje vandføringsmålinger til beregning af Q / H relationen. For Vind Å var der ringe Q / H sammenhæng. Dræn 1 og 6 er ikke medtaget i beregningerne grundet meget få målinger.

De opgjorte stofbalancer viser tilbageholdelse af både kvælstof og fosfor (tabellerne 13 – 17), om end tilbageholdelsen af NO_3^-- N og TN kun er på henholdsvis 34 og 25 kg N ha^{-1} $år^{-1}$ (ekstrapoleret til årlig tilbageholdelse; tabellerne 12 - 17). Der er tilbageholdelse af både PO43--P og TP med 1,16 og 2,68 kg P ha-1 år-1. Dette burde gavne vandkvaliteten i søen Nørrestrand ved Horsens.

I den tekniske forundersøgelse, der blev foretaget forud for etablering af vådområdet (Alectia, 2012), er der opgivet fosfordata (volumenvægt, Fe_{BD}, P_{BD}, og gridarealer), der kan anvendes til beregning af P-tabet ved indsættelse i P-regnearket (Hoffmann et al., 2018b). Mængden af fosfor bundet til let reducerbare Fe^{3+}-oxider lå i intervallet 31 – 99 mg P kg tør jord, og mængden af Fe^{3+} lå i intervallet 2399 – 3889 mg Fe kg tør jord. Fe_{BD}:P_{BD} forholdene varierede fra 19,7 – 50,3, og kun et enkelt grid havde en kombination af lavt Fe_{BD}:P_{BD} forhold og højt P_{BD} indhold. Worst case beregningen viste et tab på 479 kg TP $år^{-1}$ svarende til 16 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$ og tabet med anvendelse af formlen for aerob grænseflade gav et tab på 197 kg TP $år^{-1}$ svarende til 6,6 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$. Den samlede P-pulje ville blive udvasket på henholdsvis 11 og 26 år (i.e. worst case og aerob grænseflade). Oplandsarealet er ca. 30 gange større end projektområdet (i.e. 896 ha og 30 ha). Den beregnede balance i nærværende rapport for PO_4^{3-}-P og TP viste tilbageholdelse på henholdsvis 1,16 og 2,68 kg P ha^{-1} $år^{-1}$ (tabel 16 og 17), dog beregnet på baggrund af 8 måneders data. En mulig forklaring på forskellen mellem P risikoberegningen fra P regnearket og den faktisk målte P retention kunne være at mængden af fosfor i den reducerbare jernpulje er gået markant ned i de mellemliggende 8 år og har vendt sig fra P tab til en mindre P retention. Men for at verificere dette skulle der i forbindelse med overvågningen i 2020 være udtaget jordprøver til analyse af for mængden af P i den reducerbare jernpulje.



Figur 5. Tolstrup Enge. Månedlige vand- og stoftransporter.

Tabel 12. Vandbalance for Tolstrup Enge opgjort for april – december 2020, i alt 8 måneder.

Vandbalance	Q_ind (10^3 m^3)	Q_ud (10^3 m^3)	Q_ud – Q_ind/Q_ind * 100 (%)
Tolstrup Enge	4611	4301	-6,7

Tabel 13. NH_4^+-N balancen for Tolstrup Enge opgjort for overvågningsperioden på 8 måneder og herefter ekstrapoleret til 1 år i højre kolonne.

NH_4^+ ind	NH_4^+ ud	NH_4^+ fjernelse	NH_4^+ fjernelse
kg N / 8 mdr	kg N / 8 mdr	%	kg N ha^{-1} $år^{-1}$
209	159	24	2,14

Tabel 14. NO_3^--N balancen for Tolstrup Enge opgjort for overvågningsperioden på 8 måneder og herefter ekstrapoleret til 1 år i højre kolonne.

NO_3^- ind	NO_3^- ud	NO_3^- fjernelse	NO_3^- fjernelse
kg N / 8 mdr	kg N / 8 mdr	%	kg N ha^{-1} $år^{-1}$
11890	11088	7	34

Tabel 15. TN balancen for Tolstrup Enge opgjort for overvågningsperioden på 8 måneder og herefter ekstrapoleret til 1 år i højre kolonne.

TN ind	TN ud	TN fjernelse	TN fjernelse
kg N / 8 mdr	kg N / 8 mdr	%	kg N ha^{-1} $år^{-1}$
13659	13073	4	25

Tabel 16. PO_4^{3-} -P balancen for Tolstrup Enge opgjort for overvågningsperioden på 8 måneder og herefter ekstrapoleret til 1 år i højre kolonne

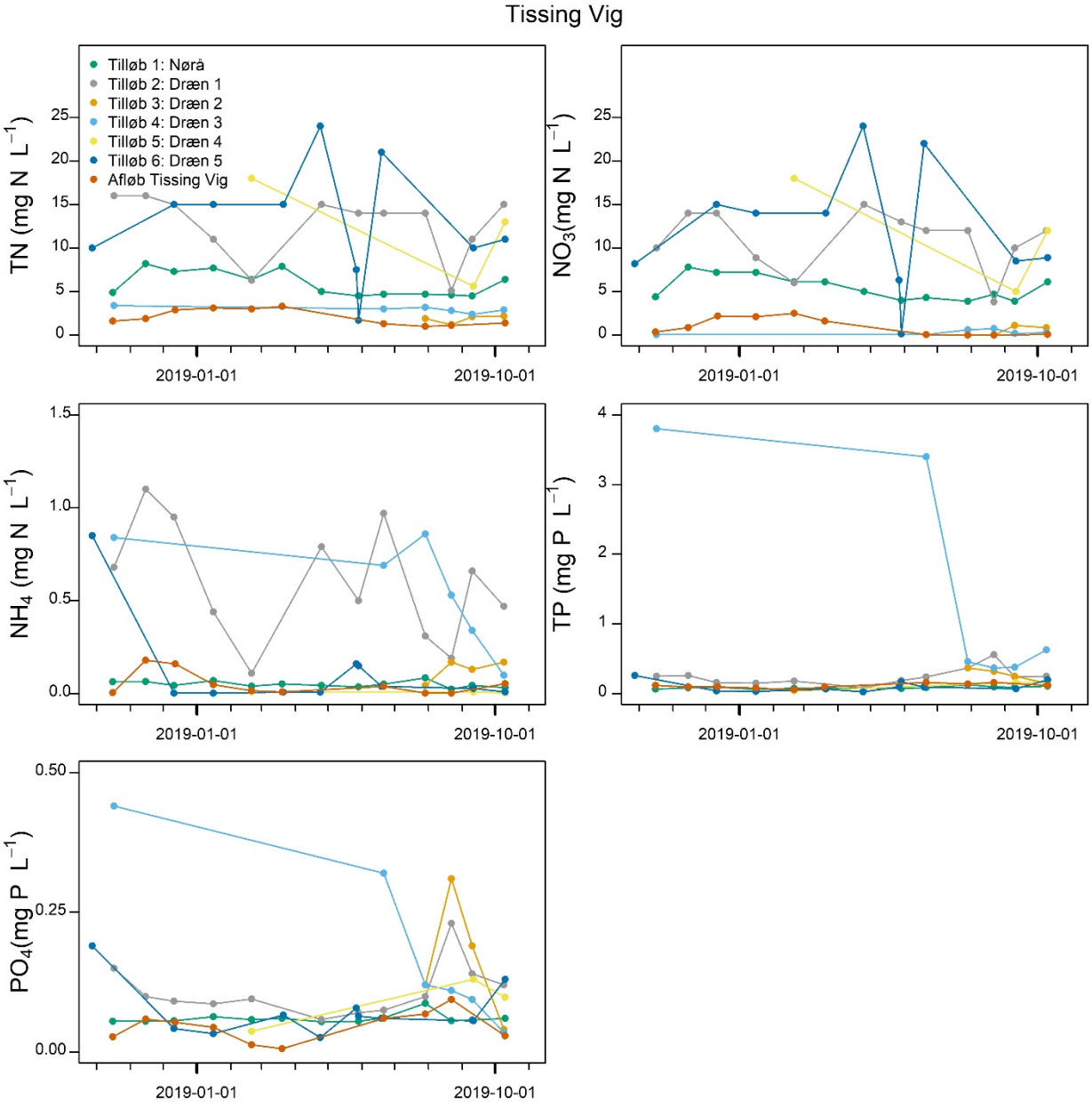
PO_4^{3-} ind	PO_4^{3-} ud	PO_4^{3-} retention	PO_4^{3-} retention
kg P / 8 mdr	kg P / 8 mdr	%	kg P ha^{-1} $år^{-1}$
206	178	13	1,16

Tabel 17. TP-balancen for Tolstrup Enge opgjort for overvågningsperioden på 8 måneder og herefter ekstrapoleret til 1 år i højre kolonne.

TP ind	TP ud	TP retention	TP retention
kg P / 8 mdr	kg P / 8 mdr	%	kg P ha^{-1} $år^{-1}$
340	277	18	2,68

4.3 Tissing Vig

Nørå's indløb i Tissing Vig er det helt dominerende tilløb til søen. Der er endvidere 5 mindre drænttilløb, hvorfra der er udtaget vandprøver, men ikke målt vandføring. Udløbet til Glomstrup Vig var ligesom indløbet forsynet med doppler vandføringsmåler og vandbalancen anslås at være bestemt med en usikkerhed på 5 – 10 %. Dog skal det bemærkes, at maj og juli måned 2019 havde meget mindre udløb end indløb (figur 7). De målte kvælstofkoncentrationer i Nørå varierer ret stabilt omkring 6 mg TN l^{-1}, 5,5 mg NO_3^- -N l^{-1} og 0,05 mg NH_4^+-N l^{-1} (figur 6 og tabel 18). Også udløbskoncentrationerne er ret stabile for de forskellige kvælstoffraktioner med TN liggende omkring 2 mg N l^{-1}, 1 mg NO_3^- -N l^{-1} og 0,05 mg NH_4^+-N l^{-1} (figur 6 og tabel 18). Tre drænttilløb havde meget høje kvælstofkoncentrationer, mens to havde lave kvælstofkoncentrationer. De højeste fosforkoncentrationer ses i drænttilløbene (figur 6 og tabel 18), specielt dræn 3.



Figur 6. Tissing Vig. Målte næringsstofkoncentrationer.

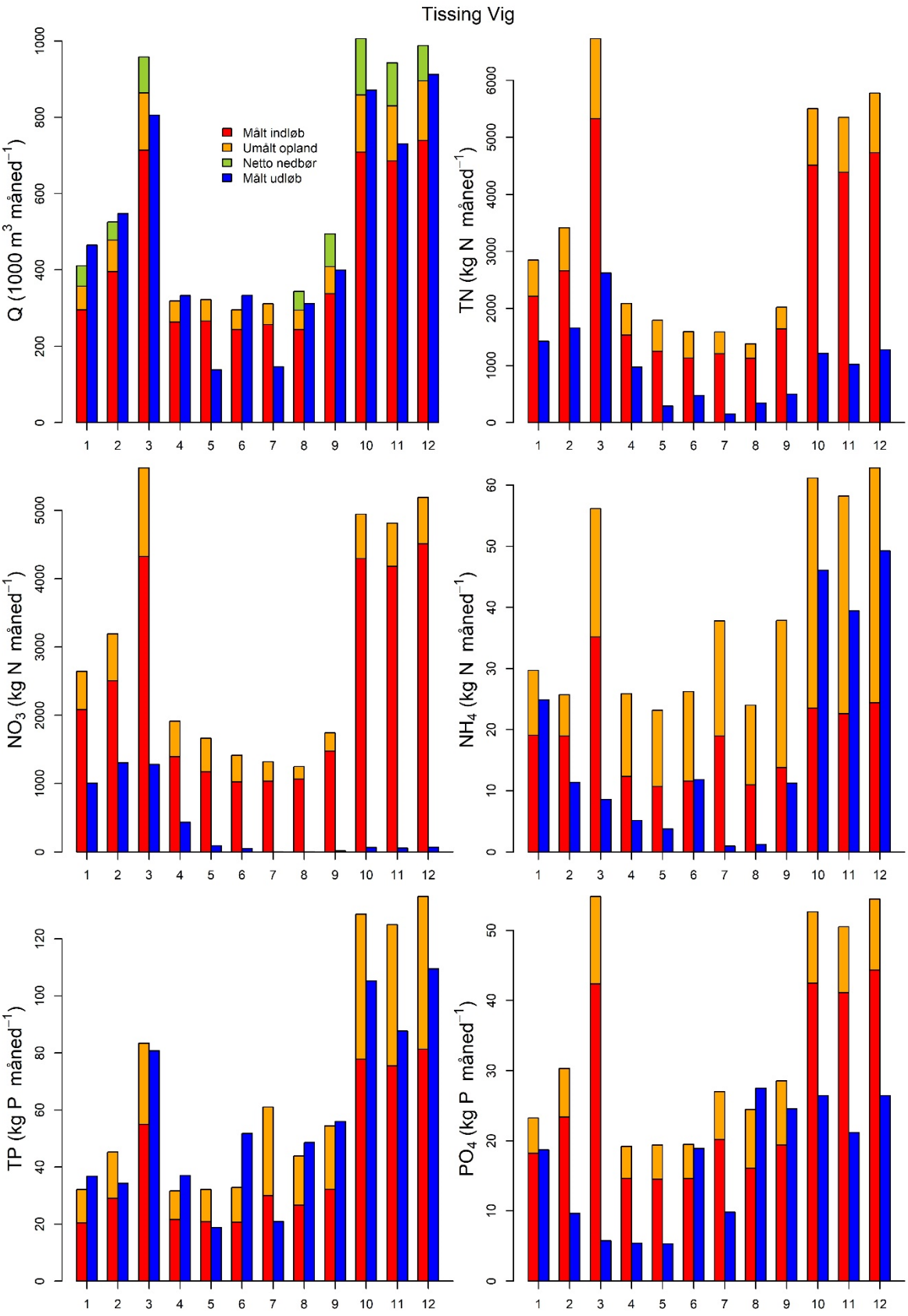
Indløbs- og udløbskoncentrationerne for TP og PO_4^{3-}-P for henholdsvis Nørå og udløbet til Glomstrup Vig ligger meget stabilt på henholdsvis 0,09 – 0,11 mg TP l^{-1} og 0,06 – 0,05 mg PO_4^{3-}-P l^{-1} (figur 6 og tabel 18).7

Tabel 18. Beregnede gennemsnitskoncentrationer for Nørå (tilløb), de 5 drændtilløb og udløbet til Glomstrup Vig. Enhed: mg/l

Område	Station	TN	NO_3^--N	NH_4^+-N	TP	PO_4^{3-}-P
Tissing Vig	Tilløb 1: Nørå	5,91	5,44	0,05	0,09	0,06
Tissing Vig	Tilløb 2: Dræn 1	12,70	10,89	0,60	0,24	0,11
Tissing Vig	Tilløb 3: Dræn 2	1,85	0,49	0,13	0,27	0,17
Tissing Vig	Tilløb 4: Dræn 3	2,95	0,32	0,56	1,51	0,19
Tissing Vig	Tilløb 5: Dræn 4	12,20	11,67	0,01	0,12	0,09
Tissing Vig	Tilløb 6: Dræn 5	13,02	12,11	0,13	0,11	0,07
Tissing Vig	Afløb Tissing Vig	2,06	0,97	0,05	0,11	0,05

De månedlige vandtransporter ind og ud af søen følges pænt ad på nær maj og juli 2019 (figur 7). Både indløb og udløb var stuvningspåvirkede og udløbet til Glomstrup var tillige forsynet med en højvandsklap. Der er ikke oplysninger om eventuelle specielle forhold i maj og juli (f.eks. længere tids lukning af højvandsklappen pga. vandstuvning).

De månedlige kvælstoftransporter viser større tilførsel end fraførsel i alle måneder, og specielt er der meget lille tab af NO_3^- -N (figur 7) fra maj og resten af året. Massebalancerne for N tilbageholdelse (tabellerne 20 – 22) viser både høj effektivitet og høj kvantitativ fjernelse. Tilbageholdelse af TN er dog mindre end NO_3^- -N og NH_4^+-N tilbageholdelsen, hvilket betyder at der har været et tab af organisk kvælstof på ca. 36 kg org-N ha^{-1} $år^{-1}$. Dette kan formodentlig tilskrives optagelse af NO_3^- -N og NH_4^+-N i alger og andre primærproducenter, hvoraf en del efterfølgende er skyllet ud i Glomstrup Vig. Dette passer sammen med P balancen, der viser høj tilbageholdelse af PO_4^{3-}-P på 2,09 kg P ha^{-1} $år^{-1}$, men kun en TP-tilbageholdelse på 1,21 kg P ha^{-1} $år^{-1}$ (tabel 23 og 24). Dette indikerer tab af organisk P, som dog også kunne være partikulært fosfor, men som ikke er målt (forskellen mellem TP og PO_4^{3-}P udgøres teoretisk af opløst organisk P, partikelbundet uorganisk P og partikelbundet organisk P, men forholdet mellem disse P-former er ukendt, medmindre der måles specifikt herfor).



Figur 7. Tissing Vig. Månedlige vand- og stoftransporter.

Tabel 19. Vandbalance for Tissing Vig for kalenderåret 2019

Vandbalance	**Q_ind (10^3 m^3)**	**Q_ud (10^3 m^3)**	**Q_ud – Q_ind /Q_ind (%)**
Tissing Vig	6784	5992	-11,7

Tabel 20. Vandbalance for Tissing Vig for kalenderåret 2019.

NH_4^+ ind	**NH_4^+ ud**	**NH_4^+ fjernelse**	**NH_4^+ fjernelse**
Kg N $år^{-1}$	**Kg N $år^{-1}$**	**%**	**Kg N ha^{-1} $år^{-1}$**
469	214	54	2,6

Tabel 21. NO_3^--N balancen for Tissing Vig for kalenderåret 2019.

NO_3^- ind	**NO_3^- ud**	**NO_3^- fjernelse**	**NO_3^- fjernelse**
Kg N $år^{-1}$	**Kg N $år^{-1}$**	**%**	**Kg N ha^{-1} $år^{-1}$**
35713	4377	88	320

Tabel 22. TN balancen for Tissing Vig for kalenderåret 2019.

TN ind	**TN ud**	**TN fjernelse**	**TN fjernelse**
Kg N $år^{-1}$	**Kg N $år^{-1}$**	**%**	**Kg N ha^{-1} $år^{-1}$**
40091	11949	70	287

Tabel 23. PO_4^{3-} -P balancen for Tissing Vig for kalenderåret 2019.

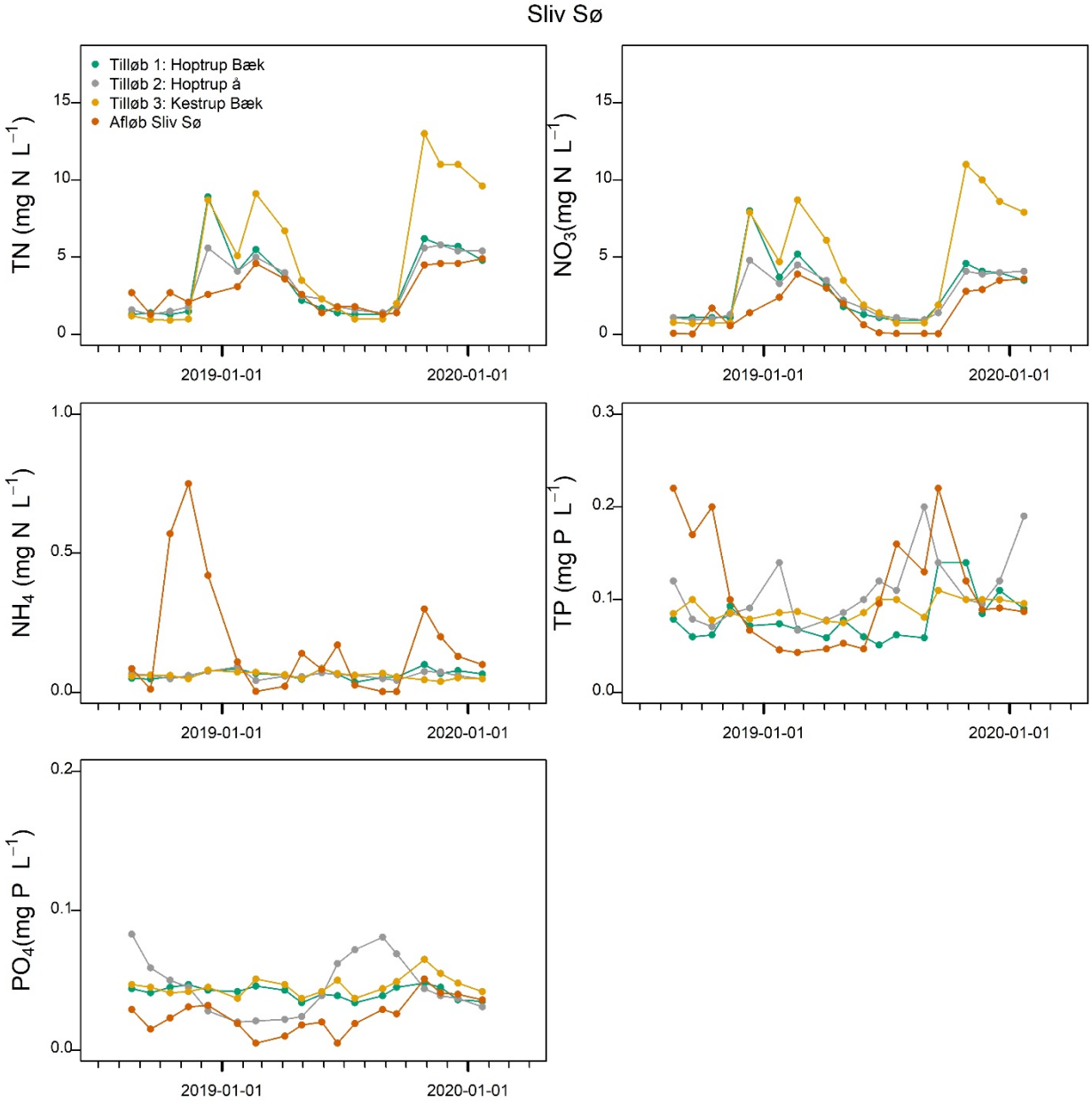
PO_4^{3-} ind	**PO_4^{3-} ud**	**PO_4^{3-} fjernelse**	**PO_4^{3-} fjernelse**
Kg P $år^{-1}$	**Kg P $år^{-1}$**	**%**	**Kg P ha^{-1} $år^{-1}$**
404	200	51	2,09

Tabel 24. TP-balancen for Tissing Vig for kalenderåret 2019.

TP ind	**TP ud**	**TP retention**	**TP retention**
Kg P $år^{-1}$	**Kg P $år^{-1}$**	**%**	**Kg P ha^{-1} $år^{-1}$**
805	687	15	1,21

4.4 Slivsø

Slivsø ved Hoptrup i Sønderjylland blev overvåget i perioden august 2018 til februar 2020. Søen blev også overvåget i 2004-05 kort efter genetableringen i 2004. Der blev opstillet Q / H stationer i alle 3 tilløb. Afløbet, Hoptrup Å, var forsynet med Doppler vandføringsmåler grundet stuvning i udløbsenden. Vandføringsmålingerne betegnes som acceptable med nogen usikkerhed grundet langsom vandføring og ustabile Q / H relationer (10 – 20 % usikkerhed). De målte næringsstofkoncentrationer er vist på figur 8. TN og NO3- -N koncentrationerne i både tilløb og afløb er lave indtil december 2018, hvilket formodentlig skyldes den ekstremt tørre sommer i 2018 (kun 45 mm nedbør ifølge DMI). I oktober, november og december 2018 er NH4+-N koncentrationerne forholdsvis høje i afløbet fra Slivsø, og det samme gør sig gældende i slutningen af 2029. Fra maj 2019 til september 2019 er TN, NO3- -N og NH4+-N koncentrationerne lave i både indløbene og udløbet.



Figur 8. Slivsø. Målte næringsstofkoncentrationer i perioden august 2018 til februar 2020.

Gennem stort set hele måleperioden er NO_3^- -N koncentrationen lavest i udløbet, hvilket også ses i den beregnede gennemsnitskoncentration for hele måleperioden (tabel 25). Det samme gør sig gældende for PO_4^{3-}-P koncentrationerne (figur 8 og tabel 25). Derimod er TP-koncentrationerne højest i udløbet fra august og frem til december 2018, og derefter lavest i perioden december – juni 2019 for igen at stige markant til 0,2 mg PO_4^{3-}-P l^{-1} i oktober 2019.

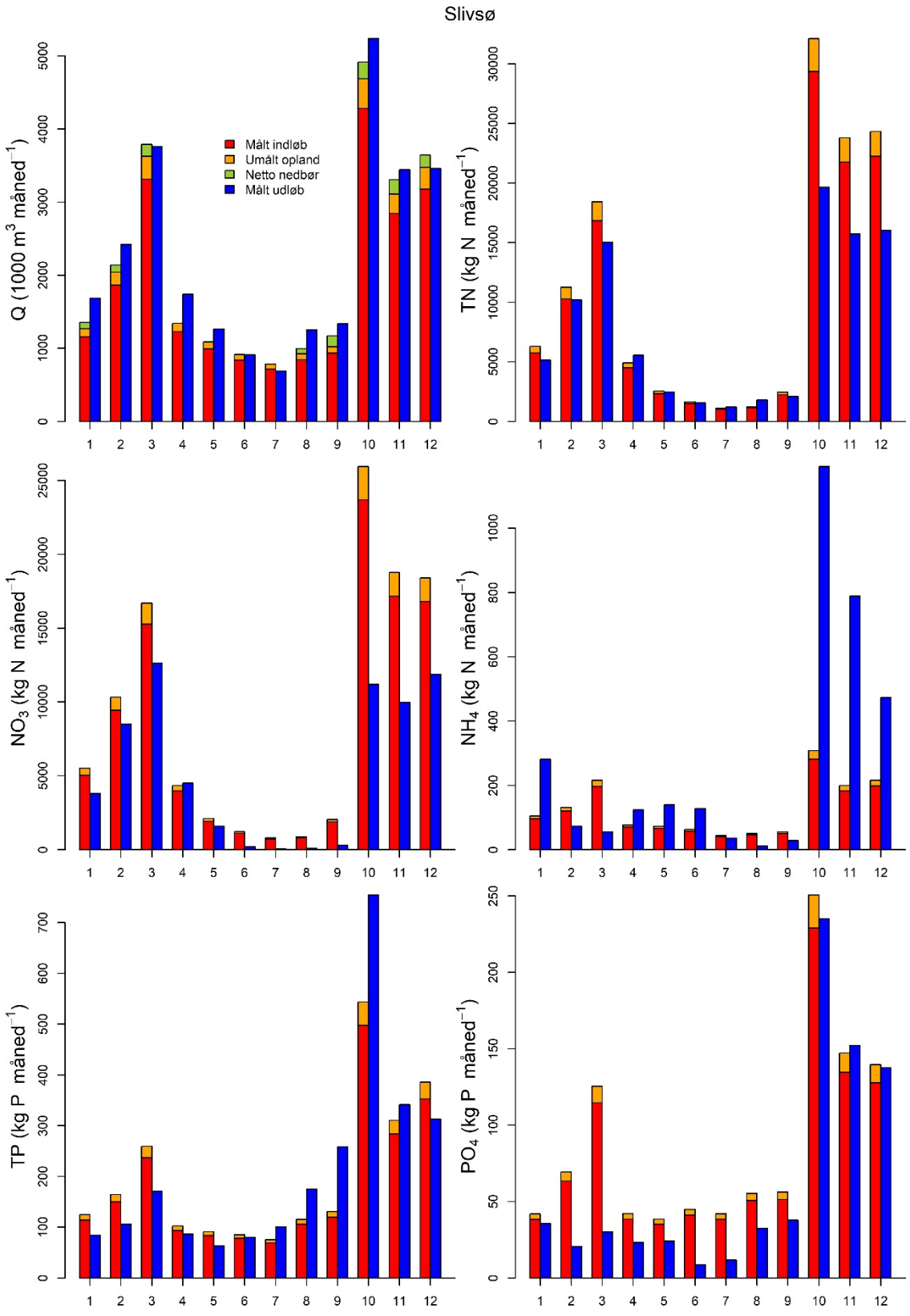
Tabel 25. Beregnede gennemsnitskoncentrationer for tilløbene til Slivsø og afløb fra Slivsø.

Område	Station	TN	NO_3^--N	NH_4^+-N	TP	PO_4^{3-}-P
Slivsø	Tilløb 1: Hoptrup Bæk	3,90	3,16	0,07	0,08	0,04
Slivsø	Tilløb 2: Hoptrup å	3,74	2,91	0,06	0,12	0,04
Slivsø	Tilløb 3: Kestrup Bæk	6,12	5,36	0,06	0,09	0,05
Slivsø	Afløb Slivsø (Hoptrup Å)	3,06	1,89	0,12	0,09	0,03

De månedlige vandtransporter (figur 9) viser god overensstemmelse mellem indløb og udløb, dog er der lidt større udløb i 8 af de 12 måneder, og vandbalancen for kalenderåret 2019 (tabel 26) viser også større udløb end indløb. Som nævnt er der usikkerhed på vandføringsmålingerne, som kan være årsag til forskellen, men også diffus indsivning af grundvand kan være en medvirkende årsag.

De månedlige transporter af TN og NO_3^- -N viser tilbageholdelse i stort alle måneder, dog balancerer TN indløb-udløb i sommermånederne, mens der er stor tilbageholdelse af NO_3^- -N også i sommermånederne (figur 9). Der ses relativt stort tab af NH_4^+-N i oktober, november og december 2019, hvilket også fremgår af massebalancen for 2019 (tabel 27), der viser et tab på 1,8 ton N svarende til knap 10 kg NH_4^+-N ha^{-1} $år^{-1}$. Ud over tabet af ammonium tabes der også organisk kvælstof svarende til ca. 37 kg N ha^{-1} $år^{-i}$, da tilbageholdelsen af NO_3^- -N er på 232 kg N ha^{-1} $år^{-1}$ (tabel 28), mens der kun tilbageholde 185 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$ (tabel 29). Tabet af organisk kvælstof antages at hænge sammen med stor primærproduktion i søen, som efterfølgende delvis tabes.

Der tilbageholdes TP i årets første 6 måneder (figur 9), hvorefter der er tab af TP frem til december 2019. Derimod tilbageholdes PO_4^{3-}-P i alle måneder på nær november (2019). Dette kan formentlig delvis tilskrives optagelse af PO_4^{3-}-P i primærproducenter i vækstsæsonen. Samlet set tilbageholdes der 304 kg PO_4^{3-}-P svarende til 1,67 kg PO_4^{3-}-P ha^{-1} $år^{-1}$. I modsætning hertil er der et tab på 144 kg TP, eller 0,79 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$, og det må det antages, at det skyldes tab af organisk P, som følge af transport af alger og dødt organisk materiale ud af søen. Det er også muligt, at der kan have været tab af partikulært P, men dette blev ikke målt.



Figur 9. Slivsø. Månedlige vand- og stoftransporter.

Tabel 26. Vandbalancen for Slivsø for kalenderåret 2019.

Vandbalance	**Q_ind (10^3 m^3)**	**Q_ud (10^3 m^3)**	**Q_ud – Q_ind /Q_ind (%)**
Slivsø	25256	27204	7,7

Tabel 27. NH_4^+-N balancen for Slivsø for kalenderåret 2019.

NH_4^+ ind	**NH_4^+ ud**	**NH_4^+ fjernelse**	**NH_4^+ fjernelse**
Kg N $år^{-1}$	**Kg N $år^{-1}$**	**%**	**Kg N ha^{-1} $år^{-1}$**
1539	3329	-116	-9,8

Tabel 28. NO_3^--N balancen for Slivsø for kalenderåret 2019

NO_3^- ind	**NO_3^- ud**	**NO_3^- fjernelse**	**NO_3^- fjernelse**
Kg N $år^{-1}$	**Kg N $år^{-1}$**	**%**	**Kg N ha^{-1} $år^{-1}$**
107045	64732	40	232

Tabel 29. TN-balancen for Slivsø for kalenderåret 2019.

TN ind	**TN ud**	**TN fjernelse**	**TN fjernelse**
Kg N $år^{-1}$	**Kg N $år^{-1}$**	**%**	**Kg N ha^{-1} $år^{-1}$**
130184	96491	26	185

Tabel 30. PO_4^{3-} -P balancen for Slivsø for kalenderåret 2019.

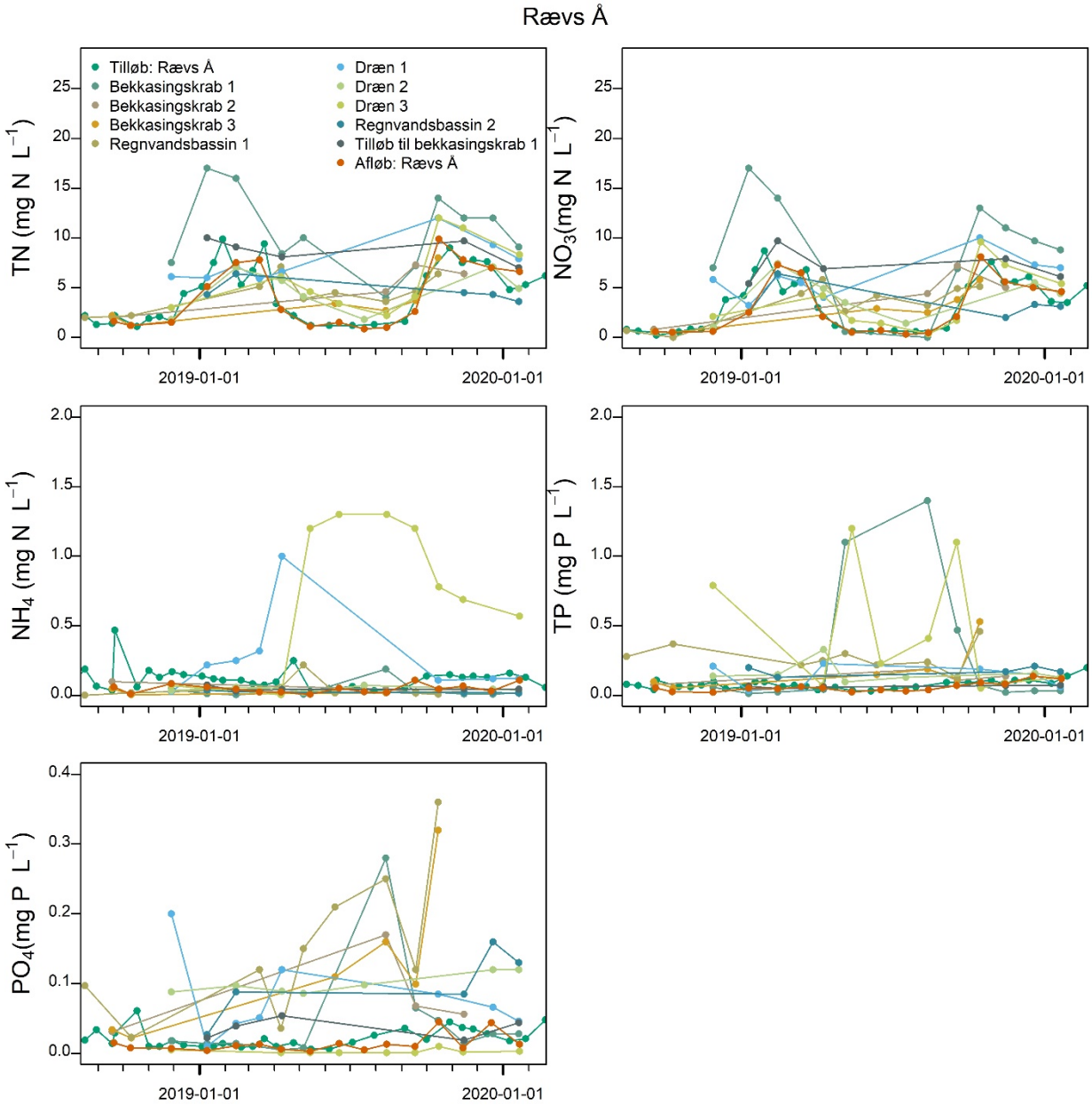
PO_4^{3-} ind	**PO_4^{3-} ud**	**PO_4^{3-} fjernelse**	**PO_4^{3-} fjernelse**
Kg P $år^{-1}$	**Kg P $år^{-1}$**	**%**	**Kg P ha^{-1} $år^{-1}$**
1053	749	29	1,67

Tabel 31. TP-balancen for Slivsø for kalenderåret 2019.

TP ind	**TP ud**	**TP retention**	**TP retention**
Kg P $år^{-1}$	**Kg P $år^{-1}$**	**%**	**Kg P ha^{-1} $år^{-1}$**
2389	2533	-6	-0,79

4.5 Rævs Å

Overvågningen af Rævs Å foregik i perioden september 2018 til februar 2020. Den gensnoede Rævs Å løber gennem projektområdet, som også har tilløb fra dræn, regnvandsbassiner og såkaldte bekkasinskrab (små lavvandede damme hvorfra vandet diffust siver ud til åen). Ved Rævs Å indløb til projektområdet var opstillet en vandløbsstation med Q / H, hvor der i alt blev foretaget 51 vandføringsmålinger. Ved Rævs Ås udløb fra projektområdet var opstillet en doppler vandføringsmåler, og her blev der foretaget i alt 15 vandføringsmålinger. Usikkerheden på den nedstrøms beregnede vandføring blev estimeret til at ligge på 10 – 25 %. Der blev ikke lavet vandføringsmålinger på de øvrige tilløb (dræn, bekkasinskrab og regnvandsbassiner). Derfor er der beregnet to sæt månedlige vand- og stoftransporter og to sæt årlige vand- og stofbalancer. Ved første sæts beregninger er anvendt målte vandføringer ved Rævs Ås indløb i projektområdet og udløb fra projektområdet samt bidrag fra umålt opland og nettonedbør.



Figur 10. Rævs Å. Målte næringsstofkoncentrationer fra diverse tilløb og afløb.

Ved andet sæts beregninger er det antaget at differencen mellem målt indløb og målt udløb – korrigeret for umålt opland samt nettonedbør – stammer fra drænstilløb, bekkasinskrab og regnvandsbassiner, og samlet indløb er sat lig målt udløb. Den beregnede difference i vandmængde er tildelt beregnede gennemsnitskoncentrationer inkluderende alle bekkasinskrab, dræn og regnvandsbassiner på den enkelte prøvetagningsdato.

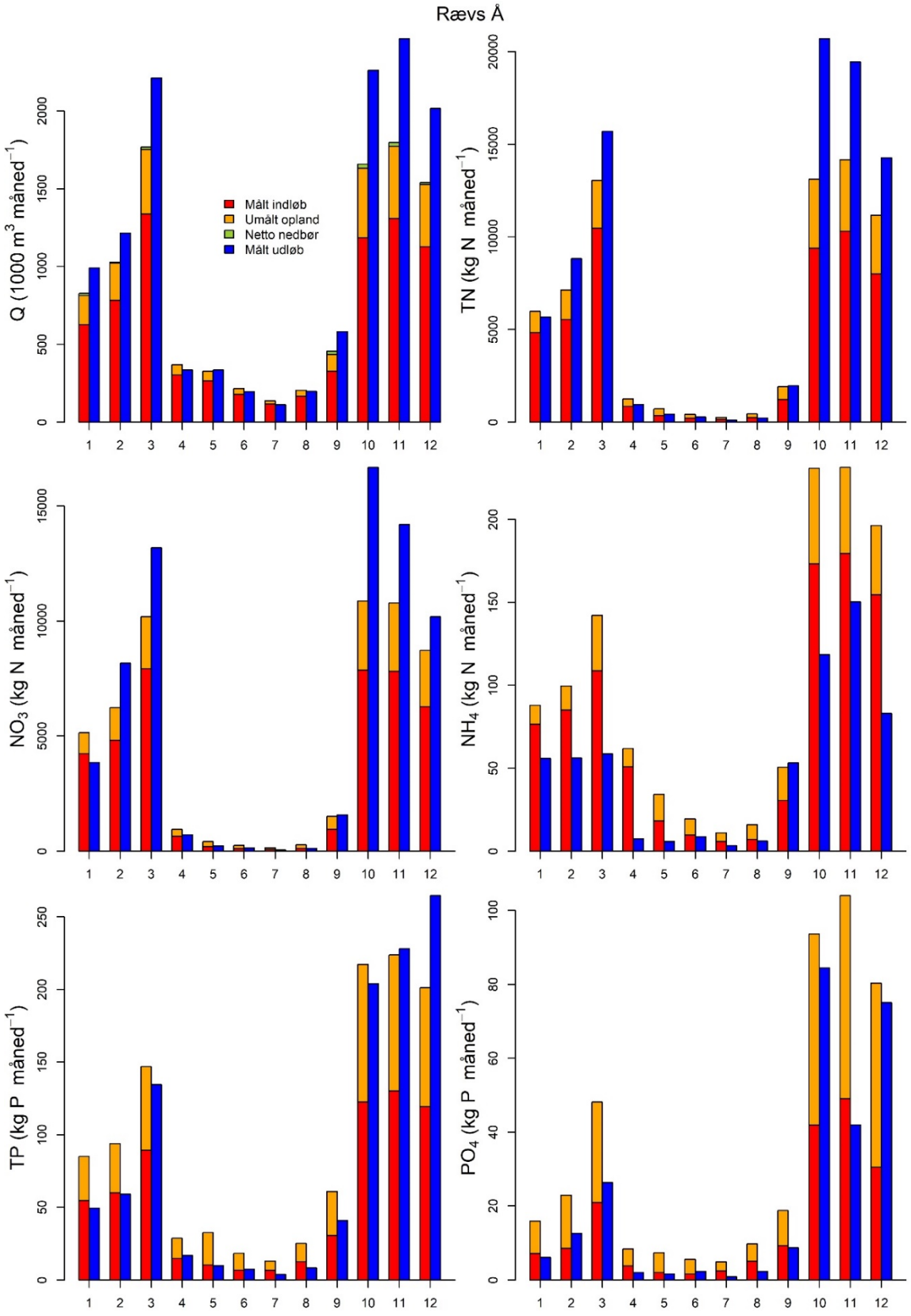
De målte næringsstofkoncentrationer er vist på figur 10. De målte TN og NO_3^--N koncentrationer målt på den opstrøms station i Rævs Å og på den nedstrøms station i Rævs Å følges ad gennem måleperioden (figur 10). I 2018 ligger TN på ca. 2 mg N l^{-1} fra september til december mens NO_3^--N koncentrationerne i både tilløb og afløb er tæt på 0 i samme periode. I vinterperioden stiger både TN og NO_3^--N koncentrationerne i både Rævs Å tilløb og afløb til 5- 7 mg N l^{-1} for derefter at falde til omkring 2 mg TN l^{-1} og 0 – 1 mg NO_3^--N l^{-1} fra maj 2019 til september/oktober 2019, hvorefter både TN og NO_3^--N koncentrationerne stiger markant. De målte TN, NO_3^--N og NH_4^+-koncentrationer i bekkasinskrab, dræn og regnvandsbassiner varierer meget gennem hele måleperioden og fra flere af disse tilløb er der ikke målinger fra sommerhalvåret, da disse var tørlagte.

De målte TP og PO_4^{3-}-P koncentrationer målt på den opstrøms station i Rævs Å og på den nedstrøms station i Rævs Å følges ad gennem måleperioden (figur 10), dog med en tendens til - ligesom for TN og NO_3^- - at de nedstrøms målte koncentrationer er lidt lavere. De målte TP og PO_4^--P koncentrationer i bekkasinskrab, dræn og regnvandsbassiner varierer meget gennem hele måleperioden og fra flere af disse tilløb, er der ikke målinger fra sommerhalvåret, da disse var tørlagte. De beregnede gennemsnitskoncentrationer for alle N og P specier ses i tabel 32. Det skal især bemærkes, at der er høje gennemsnitlige TP og PO_4^{3-}-P koncentrationer i bekkasinskrab, dræn og regnvandsbassiner.

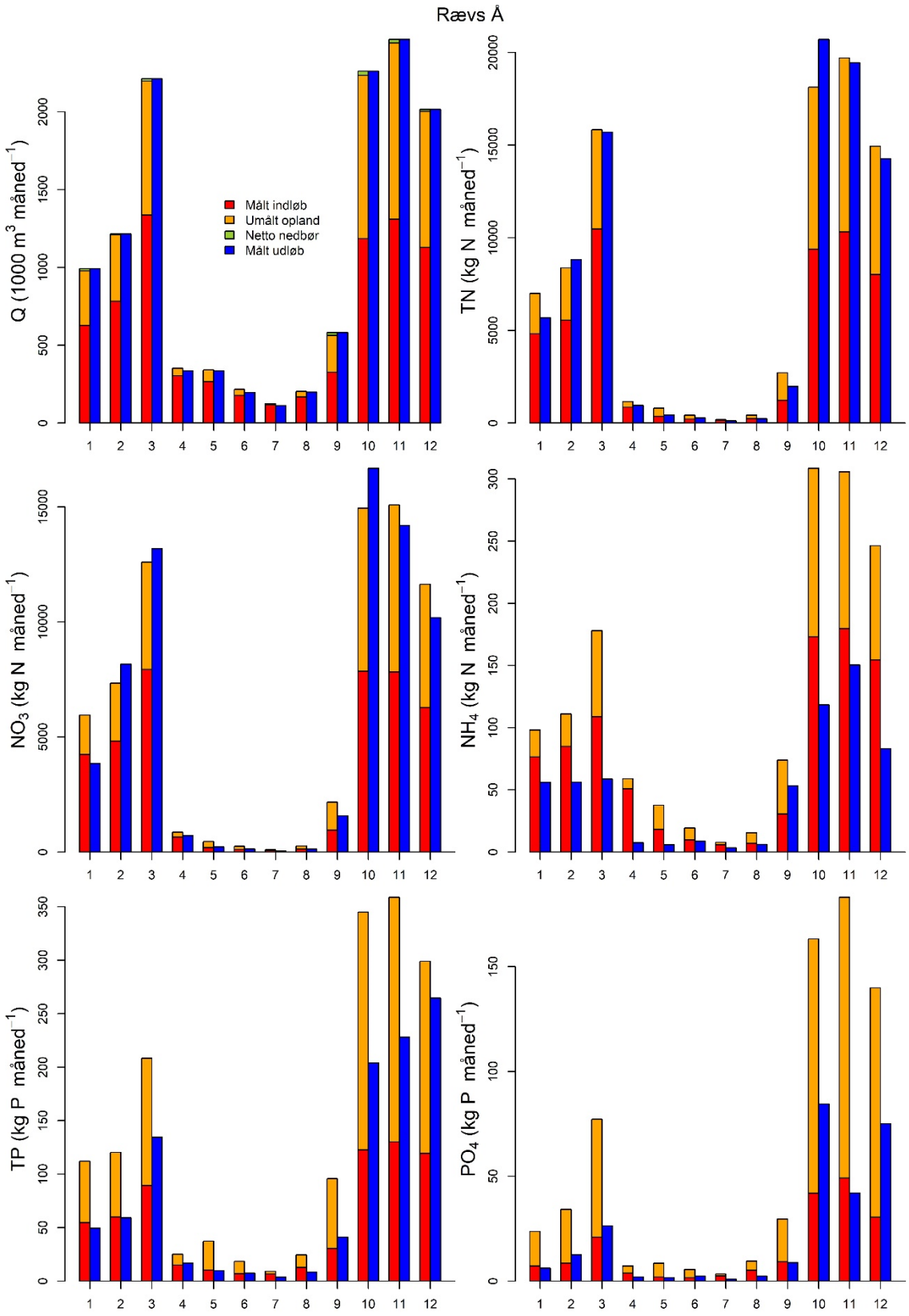
Tabel 32. Beregnede gennemsnitskoncentrationer for Rævs Å opstrøms og nedstrøms projektområdet samt for forskellige tilløb i form af bekkasinskrab, dræn og regnvandsbassiner.

Område	Station	TN	NO_3^--N	NH_4^+-N	TP	PO_4^{3-}-P
Rævs Å	Tilløb: Rævs Å	5,17	4,05	0,11	0,08	0,02
Rævs Å	Bekkasingskrab 1	10,97	8,79	0,03	0,32	0,05
Rævs Å	Bekkasingskrab 2	6,10	5,53	0,03	0,15	0,10
Rævs Å	Bekkasingskrab 3	4,45	3,75	0,02	0,25	0,17
Rævs Å	Regnvandsbassin 1	5,04	4,31	0,06	0,26	0,18
Rævs Å	Dræn 1	7,84	6,17	0,31	0,11	0,06
Rævs Å	Dræn 2	5,10	4,52	0,05	0,17	0,10
Rævs Å	Dræn 3	6,46	3,95	0,88	0,41	0,00
Rævs Å	Regnvandsbassin 2	4,62	3,46	0,02	0,18	0,10
Rævs Å	Tilløb til bekkasingskrab 1	8,78	7,20	0,05	0,06	0,04
Rævs Å	Afløb: Rævs Å	4,73	3,52	0,05	0,07	0,01

De månedlige vand- og stoftransporter (figur 11A og 11B) beregnet med henholdsvis målt Q_ind - målt Q_ud (1) og Q_ind = målt Q_ud (2) er markant forskellige mht. til massebalancerne for TN og NO_3^--N. Beregning 1 viser stort tab af både TN og NO_3^--N i månederne med stor afstrømning (januar – marts og oktober – december), mens beregning 2 viser tilbageholdelse i sommerhalvåret samt i flere af månederne med stor afstrømning (januar, november, december). Begge sæt massebalanceberegninger viser tilbageholdelse af NH_4^+-N samt TP og PO_4^{3-}-P.



Figur 11 A. Rævs Å. Månedlige vand- og stoftransporter beregnet med målt Q_ind og målt Q_ud.



Figur 11 B. Rævs Å. Månedlige vand- og stoftransporter beregnet under antagelse af at indløb af vand er lig målt udløb. Legenden umålt opland repræsenterer det umålte opland, samt hvad der antages være kommet af vand fra dræn, bekkasinskrab og regnvandsbassiner

Vand – og stofbalancerne for kalenderåret 2019 er vist i tabellerne 33 – 38. Begge sæt beregninger viser markant tilbageholdelse af NH_4^+-N, TP og PO_4^{3-}-P, mens der er tab af både NO_3^--N og TN ved beregningen med Q_ind målt – Q_ud målt (beregning 1).

Det faktum, at der ikke er lavet vandtransportberegning for bekkasinskrab, dræn og regnvandsbassiner, gør det mest sandsynligt, at beregning 2 er den mest korrekte, dog med den bemærkning at det ikke vides eksakt, hvorledes vandmængderne fordeler sig mellem bekkasinskrab, dræn og regnvandsbassiner. Endelig bør det også bemærkes, at der kan have foregået grundvandsindsivning til Rævs Å ved dens løb gennem projektområdet.

Tabel 33. Vandbalance for Rævs Å. Der er lavet to balancer hvor 1 refererer til målt indløb og målt udløb og hvor 2 refererer til at indløb (i.e. alle indløb) sættes lig målt udløb.

Vandbalance	Q_ind (10^3 m^3)	Q_ud (10^3 m^3)	Q_ud – Q_ind /Q_ind (%)
Rævs Å 1	10270	12919	25,8
Rævs Å 2	12919	12919	0

Tabel 34. NH_4^+-N balancen for Rævs Å projektområdet for kalenderåret 2019. Beregning 1: Q_ind målt og Q_ud målt. Beregning 2: Q_ud målt og Q_ind alle indløb sat lig Q_ud målt.

NH_4^+ ind Kg N $år^{-1}$	NH_4^+ ud Kg N $år^{-1}$	NH_4^+ fjernelse %	NH_4^+ fjernelse Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
1182 (1)	607	49	19,8
1461 (2)	607	58	29,5

Tabel 35. NO_3^--N balancen for Rævs Å projektområdet for kalenderåret 2019. Beregning 1: Q_ind målt og Q_ud målt. Beregning 2: Q_ud målt og Q_ind alle indløb sat lig Q_ud målt.

NO_3^- ind Kg N $år^{-1}$	NO_3^- ud Kg N $år^{-1}$	NO_3^- fjernelse %	NO_3^- fjernelse Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
55480 (1)	69045	-24	-468
71622 (2)	69045	4	89

Tabel 36. TN-balancen for Rævs Å projektområdet for kalenderåret 2019. Beregning 1: Q_ind målt og Q_ud målt. Beregning 2: Q_ud målt og Q_ind alle indløb sat lig Q_ud målt.

TN ind Kg N $år^{-1}$	TN ud Kg N $år^{-1}$	TN fjernelse %	TN fjernelse Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
69590 (1)	88584	-27	-655
89625(2)	88584	1	36

Tabel 37. PO_4^{3-}-P balancen for Rævs Å projektområdet for kalenderåret 2019. Beregning 1: Q_ind målt og Q_ud målt. Beregning 2: Q_ud målt og Q_ind alle indløb sat lig Q_ud målt.

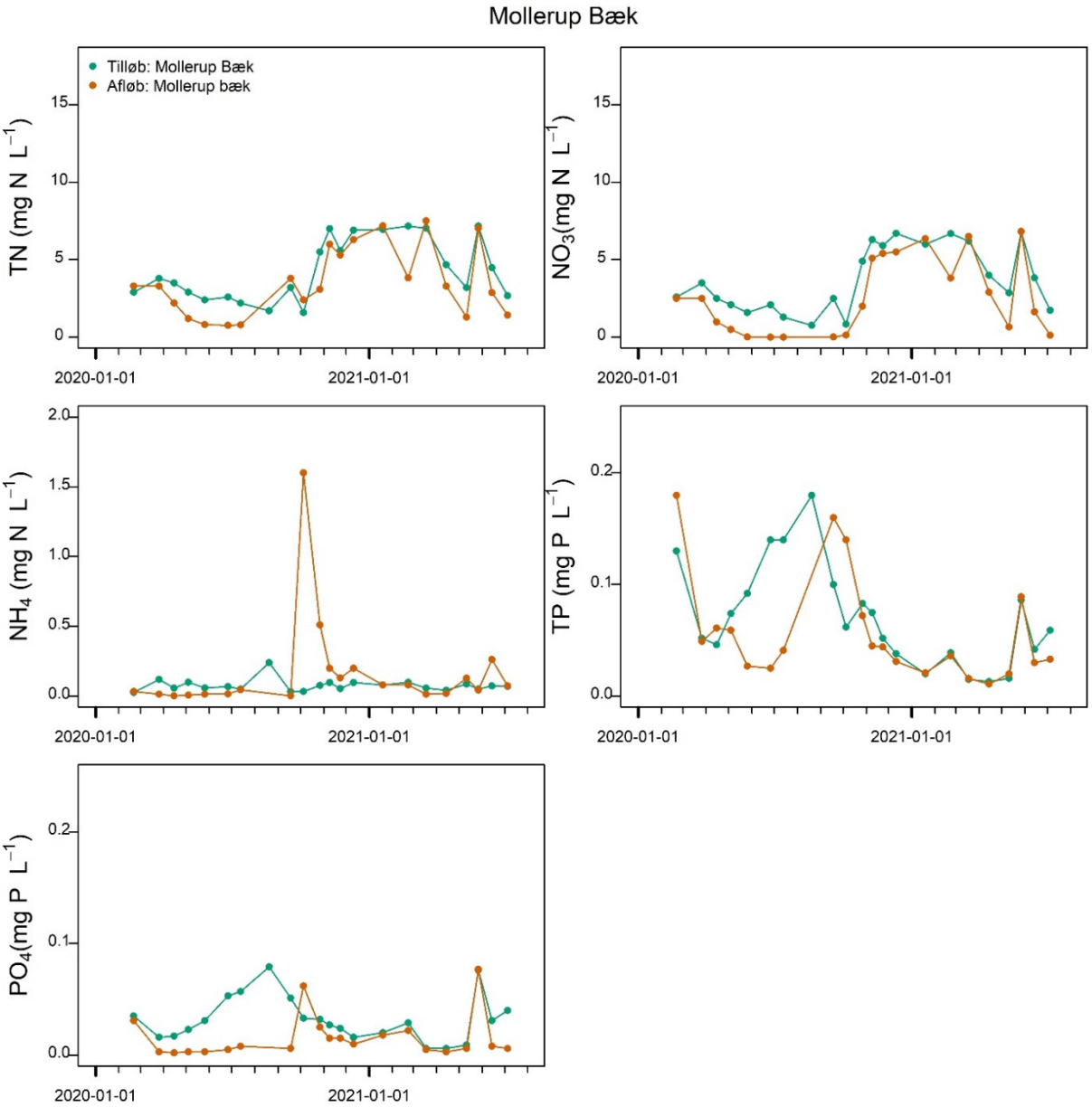
PO_4^{3-} ind Kg P $år^{-1}$	PO_4^{3-} ud Kg P $år^{-1}$	PO_4^{3-} fjernelse %	PO_4^{3-} fjernelse Kg P ha^{-1} $år^{-1}$
420 (1)	264	37	5,36
685 (2)	264	61	14,50

Tabel 38. TP-balancen for Rævs Å projektområdet for kalenderåret 2019. Beregning 1: Q_ind målt og Q_ud målt. Beregning 2: Q_ud målt og Q_ind alle indløb sat lig Q_ud målt.

TP ind	TP ud	TP retention	TP retention
Kg P $år^{-1}$	Kg P $år^{-1}$	%	Kg P ha^{-1} $år^{-1}$
1147 (1)	1027	10	4,14
1653 (2)	1027	38	21,59

4.6 Mollerup

Mollerup blev overvåget fra februar 2020 til juli 2021. Der er kun målt på indløbet Mollerup bæk og udløbet Mollerup bæk i den 1,5 ha store sø. Der skulle være 3 drænstilløb, men disse blev ikke lokaliseret. Vandføringsmålinger i indløb og udløb er vurderet målt med en usikkerhed på 10 -25 %. Grundet sandtransport i indløbet og udløbet var det nødvendigt at have et firkantet overfald monteret, hvor selv små ændringer i vandstanden gav store ændringer i vandføringen, således at Q / H beregninger gav nogen usikkerhed. De målte næringsstofkoncentrationer er vist på figur 12. Generelt ligger udløbskoncentrationerne lidt lavere end indløbskoncentrationerne, dog ses markant høje udløbskoncentrationer for NH_4^+-N, TP og PO_4^{3-} -P i oktober november 2020. I tabel 39 ses de beregnede gennemsnitskoncentrationer for hele måleperioden.



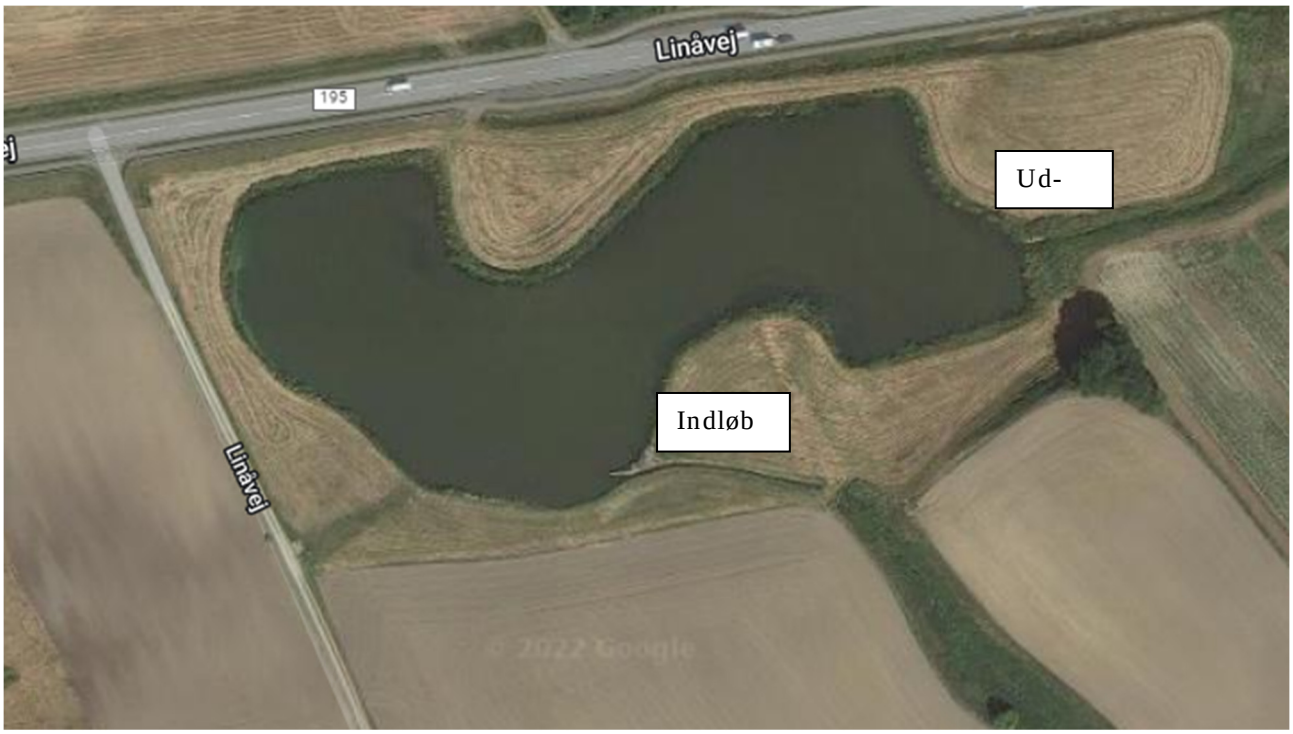
Figur 12. Mollerup. Målte næringsstofkoncentrationer i indløb og udløb fra den 1,5 ha store sø.

Tabel 39. Beregnede gennemsnitskoncentrationer (n=22). Enhed mg/l.

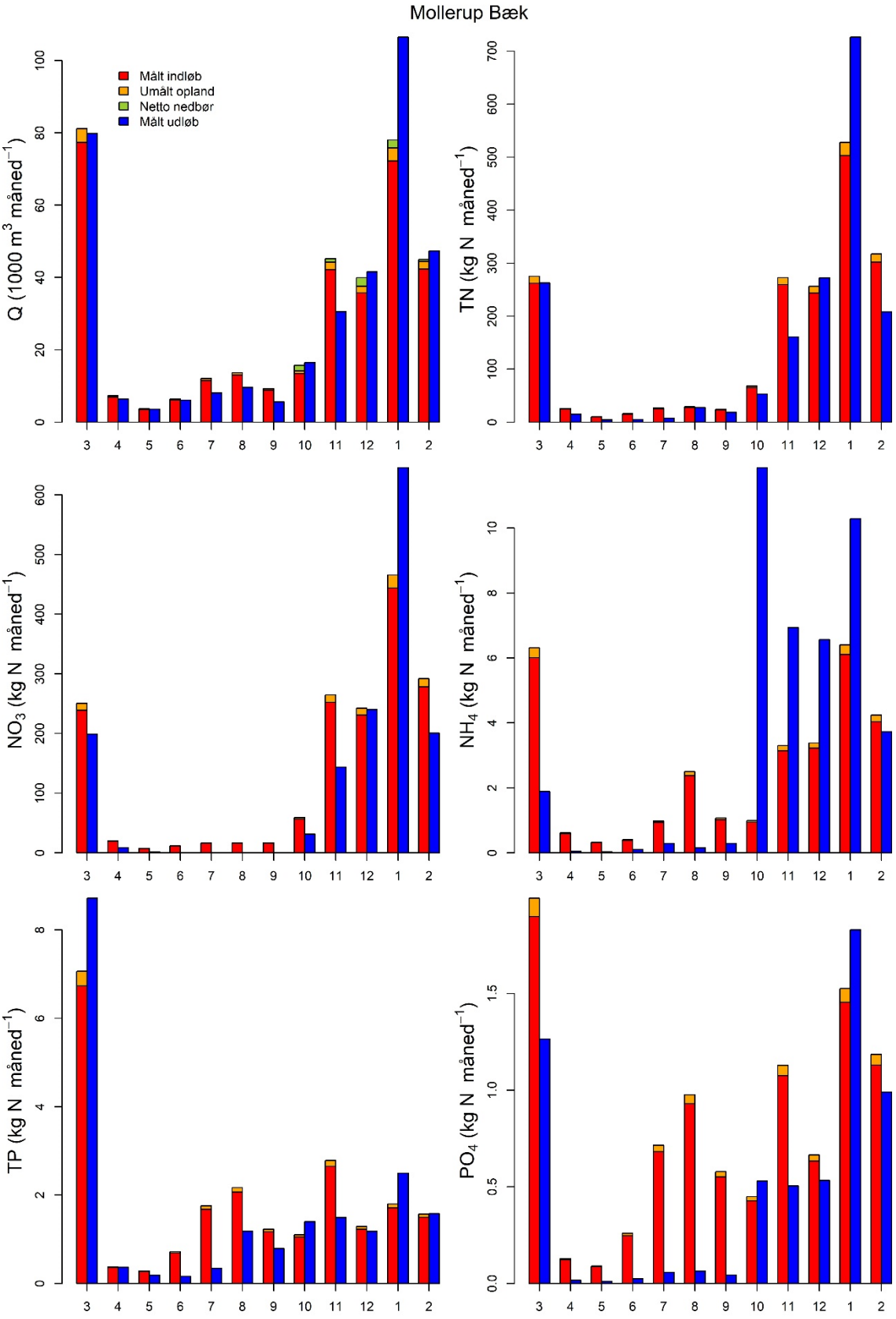
Område	Station	TN	NO_3^--N	NH_4^+-N	TP	PO_4^{3-}-P
Mollerup Bæk	Tilløb: Mollerup Bæk	4,32	3,71	0,08	0,07	0,03
Mollerup Bæk	Afløb: Mollerup bæk	3,51	2,55	0,17	0,06	0,02

Månedlige vand- og stoftransporter er vist på figur 13. Der er meget stor udstrømning af vand i januar 2021, hvilket også medfører nettotab af alle N og P specier. NO_3^--N og TN (bortset fra december) tilbageholdes i de resterende måneder, hvorimod der er markant tab af NH_4^+-N i oktober, november december 2020. Der er også tilbageholdelse af PO_4^{3-}-P i alle de øvrige måneder, mens der er tab af TP i marts og oktober 2020.

Vand- og stofbalancerne fremgår af tabellerne 40 – 45. Vandbalancen viser lidt større udløb end indløb, hvilket kan skyldes at drænindløbene ikke blev lokaliseret og derfor ikke målt. Der kan også have været diffus indsivning af grundvand. Der tilbageholdes 48 kg NO_3^--N ha^{-1} $år^{-1}$ og 22 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$, hvilket er noget mindre end de 121 kg N ha^{-1} $år^{-1}$, der blev beregnet i den tekniske forundersøgelse (Alectia, 2013). Det kan skyldes, at indløb og udløb ikke ligger i hver sin ende af søen, hvilket muligvis bevirker, at der ikke er fuld opblanding af indløbsvandet med hele søens volumen.



Der tilbageholdes både PO_4^{3-}-P og TP henholdsvis 0,96 kg PO_4^{3-}-P ha^{-1} $år^{-1}$ og 0,56 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$. Inden søen blev etableret, blev den fosforholdige topjord bortgravet. Da både TN- og TP-tilbageholdelsen er mindre end henholdsvis NO_3^--N og PO_4^{3-}-P tilbageholdelsen tabes der organisk kvælstof og organisk fosfor, formodentlig som følge af algevækst i søen.



Figur 13. Mollerup. Månedlige vand- og stoftransporter.

Tabel 40. Vandbalance for Mollerup marts 2020 – februar 2021.

Vandbalance	Q_ind (10^3 m^3)	Q_ud (10^3 m^3)	Q_ud – Q_ind /Q_ind (%)
Mollerup	346	361	4,4

Tabel 41. NH_4^+-N balancen for Mollerup for marts 2020 – februar 2021.

NH_4^+ ind	NH_4^+ ud	NH_4^+ fjernelse	NH_4^+ fjernelse
Kg N $år^{-1}$	Kg N $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
31	42	-38	-2,9

Tabel 42. NO_3^--N balancen for Mollerup for perioden ma- ind rts 2020 – februar 2021.

NO_3	NO_3^- ud	NO_3^- fjernelse	NO_3^- fjernelse
Kg N $år^{-1}$	Kg N $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
1663	1470	12	48

Tabel 43. TN balancen for Mollerup for perioden marts 2020 – februar 2021.

TN ind	TN ud	TN fjernelse	TN fjernelse
Kg N $år^{-1}$	Kg N $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
1848	1761	5	22

Tabel 44. PO_4^{3-}-P balancen for Mollerup for perioden marts 2020 – februar 2021.

PO_4^{3-} ind	PO_4^{3-} ud	PO_4^{3-} retention	PO_4^{3-} retention
Kg P $år^{-1}$	Kg P $år^{-1}$	%	Kg P ha^{-1} $år^{-1}$
10	6	39	0,96

Tabel 45. TP balancen for Mollerup for perioden marts 2020 – februar 2021.

TP ind	TP ud	TP retention	TP retention
Kg P $år^{-1}$	Kg P $år^{-1}$	%	Kg P ha^{-1} $år^{-1}$
22	20	10	0,56

4.7 Hundsø Nord

Projektområdet på 13,2 ha er hydraulisk adskilt fra det store Hundsø projekt. I denne del af projektet udgør søarealet ca. 4 ha. Moniteringen startede i efteråret 2018 og forsatte i 2019 og 2020. Der var installeret Q / H vandløbsstationer i både indløb og udløb, og disse vurderes at havefungeret tilfredsstillende, men med en betydelig usikkerhed (dvs. op til 25%). De målte næringsstofkoncentrationer er vist på figur 14. TN og NO_3^- -N koncentrationerne i indløbet, Sejerslev Bæk, fluktuerer henholdsvis omkring 10 og 9 mg N l^{-1}, mens udløbskoncentrationerne ligger lavere og meget lavt i sommerhalvåret. De højeste NH_4^+-N koncentrationer ses i udløbet i sommerperioderne, mens de er lavere end indløbskoncentrationerne i de resterende perioder.

TP og PO_4^{3-} -P koncentrationerne er lavest i udløbet, dog ses enkelte høje udløbskoncentrationer i sommerperioderne. Beregnede gennemsnitskoncentrationer i indløb og udløb er vist i tabel 46.

Tabel 46. Simpelt gennemsnit af de målte næringsstofkoncentrationer i indløb og udløb. Enhed mg/l.

Område	Station	TN	NO3--N	NH4+-N	TP	PO43--P
Hundsø	Tilløb: Sejerslev Bæk	9,58	8,93	0,08	0,10	0,05
Hundsø	Afløbskanal	4,64	3,64	0,09	0,08	0,03

Månedlige vand- og stoftransporter for kalenderårene 2019 og 2020 er vist på figur 15. Vandløbsoplandet til Hundsø Nord er på 275 ha, og det direkte umålte topografiske opland er beregnet til at være på 81 ha. Det direkte topografiske opland har form af en lang smal ”tange” tæt på projektområdet, og der kan stilles spørgsmål til, om der også tilføres vand til projektområder fra hele dette opland. I forundersøgelsen fra 2010 er det direkte opland iN-regnearket angivet til at være 26 ha, og det kunne tyde på, at nogle af oplandets drænsystemer fører drænvandet til andre områder, og ikke til projektområdet.

Hundsø Nord. Vandløbsopland (nederst) og direkte topografisk opland (øverst) til Hundsø Nord. Station 12000531 er indløbsstationen ved Sejerslev bæk. Station 12000530 er udløbsstationen. Området afgrænset med hvidt øverst på billedet er det umålte topografiske opland. Grøn skravering er projektområdet

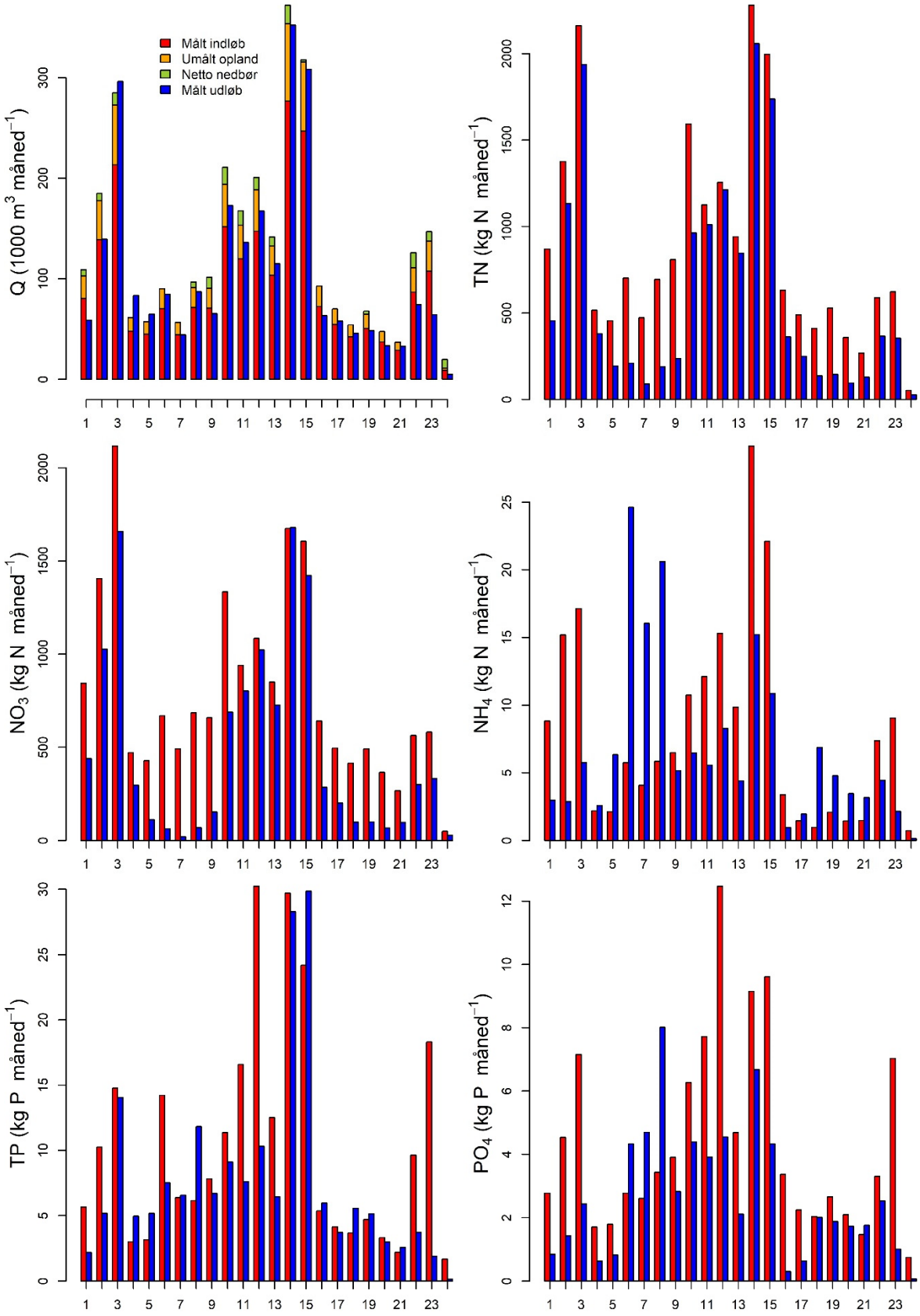
De månedlige transporter af vand ind og ud af projektområdet følges pænt ad i de fleste måneder. De årlige vandbalancer for 2019 og 2020 viser større indløb af vand end udløb, og det kan eventuelt også være forårsaget af, at grundvandsoplandet er mindre end det topografiske opland til projektområdet (tabel 47). I beregningen af grundvandsinputtet er grundvandsoplandet antaget at være af samme størrelse som det topografiske opland.

De månedlige transporter af TN og NO_3^--N viser større tilførsel end fraførsel, og specielt sommermånederne viser stor kvælstoftilbageholdelse (figur 15). Derimod ses tab af NH_4^+-N i sommermånederne mest udpræget i 2019.

Der er større tilførsel end tab af både TP og PO_4^{3-}-P i efterårs- og vintermånederne, mens det varierer mellem tab og tilbageholdelse i de øvrige måneder.

De årlige N- og P-balancer er vist i tabellerne 48 – 52. Der er markant tilbageholdelse af alle N og P specier i begge år. Da vandføringen ud (Q_ud) er henholdsvis 12,9 og 18,3 % mindre end vandføringen ind (Q_ind) (tabel 47) i henholdsvis 2019 og 2020 kan de beregnede tilbageholdelser af N og P specierne være for store. Hvis man antager at Q_ud skal være lig Q_ind, bliver NO3-fjernelsen reduceret til 329 (38%) og 140 (22%) kg N ha-1 år-1 i 2019 og 2020. Tilsvarende bliver TN-fjernelsen reduceret til 257 (27%) og 123 (17%) kg N ha-1 år-1 i 2019 og 2020. Stadig under antagelse af at Q_ud skal være lig Q_ind går også retentionen af TP og PO43- -P ned. PO43- -P retentionen går ned til 1,14 (25%) og 1,53 (40%) kg P ha-1 år-1 i henholdsvis 2019 og 2020. TP-retention reduceres tilsvarende til 2,37 (23%) og 0,56 (6%) kg P ha-1 år-1.

Det bør tilføjes, at i forundersøgelsen fra 2010 er tilførslen af kvælstof fra det direkte opland beregnet til 666 kg N (som nævnt ovenfor blev oplandet angivet til 26 ha). Denne post er ikke inkluderet i herværende beregninger. Hvis det direkte opland er på 81 ha vil den beregnede tilførsel herfra være 2075 kg TN, mens den målte TN tilførsel via Sejerslev Bæk lå på 12612 og 9608 kg TN i henholdsvis 2019 og 2020 (tabel 50), og den var således den kvantitativt mest betydende.



Figur 15. Hundsø Nord. Månedlige vand- og stoftransporter.

Tabel 47. Vandbalance for Hundsø Nord for årene 2019 og 2020.

Vandbalance	Q_ind (10^3 m^3)	Q_ud (10^3 m^3)	Q_ud – Q_ind /Q_ind (%)
Hundsø Nord 2019	1608	1401	-12,9
Hundsø Nord 2020	1470	1201	-18,3

Tabel 48. NH_4^+-N balancerne for Hundsø Nord for kalenderårene 2019 og 2020.1.

År	NH_4^+ ind kg N $år^{-1}$	NH_4^+ ud kg N $år^{-1}$	NH_4^+ fjernelse %	NH_4^+ fjernelse kg N ha^{-1} $år^{-1}$
2019	111	107	3	0,4
2020	93	58	37	2,6

Tabel 49. NO_3^--N balancerne for Hundsø Nord for kalenderårene 2019 og 2020.

	NO_3^- ind kg N $år^{-1}$	NO_3^- ud kg N $år^{-1}$	NO_3^- fjernelse %	NO_3^- fjernelse kg N ha^{-1} $år^{-1}$
2019	11666	6349	46	400
2020	8389	5334	36	230

Tabel 50. TN balancerne for Hundsø Nord for kalenderårene 2019 og 2020.

	TN ind kg N $år^{-1}$	TN ud kg N $år^{-1}$	TN fjernelse %	TN fjernelse kg N ha^{-1} $år^{-1}$
2019	12612	8010	36	346
2020	9608	6509	32	233

Tabel 51. PO_4^{3-} -P balancerne for Hundsø Nord for kalenderårene 2019 og 2020.

	PO_4^{3-} ind kg P $år^{-1}$	PO_4^{3-} ud kg P $år^{-1}$	PO_4^{3-} retention %	PO_4^{3-} retention kg P ha^{-1} $år^{-1}$
2019	60	39	35	1,58
2020	51	25	51	1,93

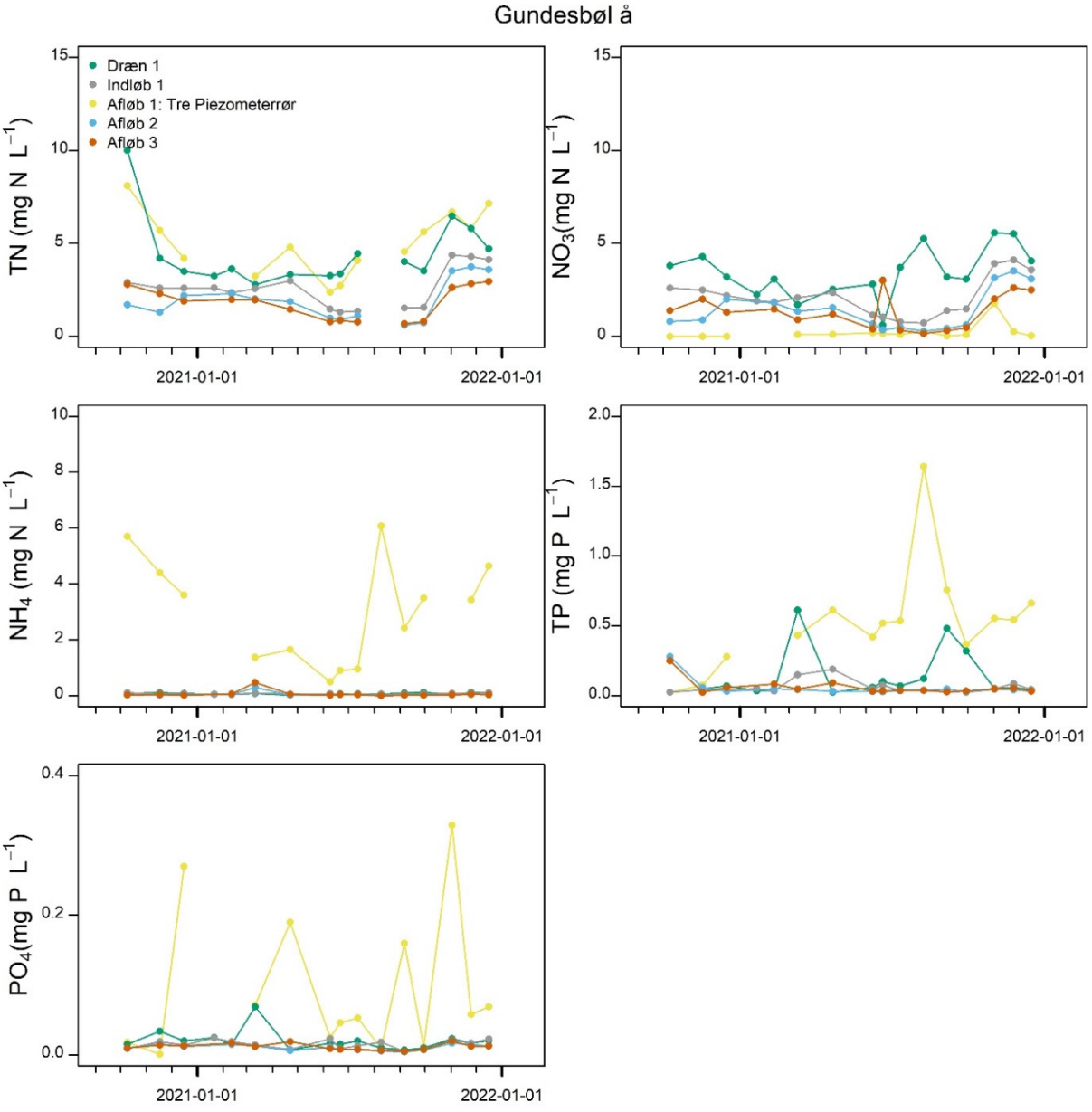
Tabel 52. TP-balancerne for Hundsø Nord for kalenderårene 2019 og 2020.

	TP ind kg P $år^{-1}$	TP ud kg P $år^{-1}$	TP retention %	TP retention kg P ha^{-1} $år^{-1}$
2019	136	91	33	3,35
2020	125	96	23	2,18

4.8 Gundesbøl Å

Overvågningen af det vandløbsnære areal ved Gundesbøl Å foregik i perioden oktober 2020 og frem til udgangen af 2021. Det helt dominerende tilløb til det overrislede område sker via et 400 mm betonrør, indløb 1, kommende fra et 34 ha drænopland, som var stærkt okkerbelastet. Dette indløb var monteret med en elektromagnetisk vandføringsmåler. De målte næringsstofkoncentrationer ses på figur 16. TN og NO_3^- -N koncentrationerne i det store indløb 1 er overraskende lave, da drænvandet kommer fra en mark i omdrift. For begge de to overfladiske udløb, afløb 1 og 2, ligger TN og NO_3^- -N koncentrationerne lavere end i det store indløb 1. De højeste indløbskoncentrationer ses i det lille drænindløb, både hvad angår N og P.

Koncentrationerne i piezometerrørene tyder på stærkt reducerende forhold med høje TN, NH_4^+-N og TP-koncentrationer, men meget lave NO_3^- -N koncentrationer. De beregnede gennemsnitskoncentrationer i måleperioden er vist i tabel 53.



Figur 16. Gundesbøl Å, overrislet vandløbsnært areal. Målte næringsstofkoncentrationer. En enkelt TP værdi på 6,6 mg TP l^{-1} målt i dræn 1 den 10. september 2021, er udeladt for at gøre de øvrige målinger mere læsbare.

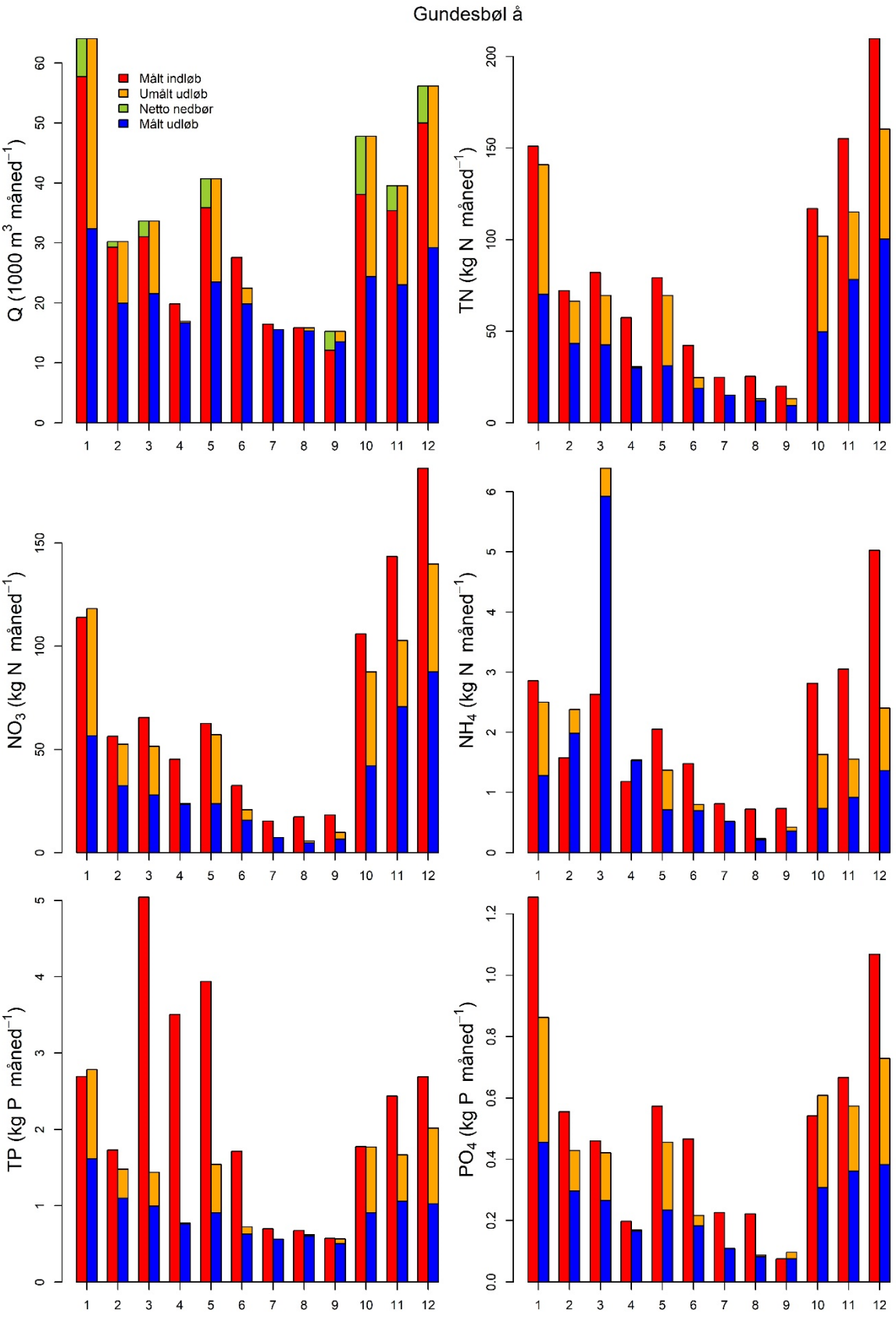
Tabel 53. Beregnede gennemsnitskoncentrationer i måleperioden. Enhed mg/l

Område	Station	TN	NO_3^--N	NH_4^+-N	TP	PO_4^{3-}-P
Gundesbøl Å	3 Piezometerrør	4,55	0,10	2,74	0,52	0,10
Gundesbøl Å	Dræn 1	4,11	3,04	0,07	0,62	0,02
Gundesbøl Å	Indløb 1	2,16	1,70	0,06	0,06	0,01
Gundesbøl Å	Afløb 1	1,43	0,94	0,05	0,06	0,01
Gundesbøl Å	Afløb 2	1,48	1,08	0,07	0,06	0,01

De månedlig vand- og stoftransporter fremgår af figur 17. Der er tilbageholdelse af TN i alle måneder og tilbageholdelse af NO_3^- -N i alle måneder på nær januar. Der tabes NH_4^+- N i marts og april. Der ses stor tilbageholdelse af TP i marts, april, maj og juni og ligeledes stor tilbageholdelse af PO_4^{3-} -P i januar, juni og december. Årsbalancerne for 2021 (tabel 54 – 59) viser en mindre tilbageholdelse af kvælstof på 30 kg TN ha $år^{-1}$. Dette skyldes formentlig den lave koncentration i det primære tilløb, som er okkerbelastet, og nitrat medvirker muligvis ved iltningen af pyrit, som derved reducerer koncentrationen allerede i drænoplandet.

Okkerbelastningen medvirker sandsynligvis til, at projektområdet tilbageholder både TP og PO_4^{3-} -P. I rapporten fra Naturstyrelsen Gundesbøl Å – Vådområdeprojekt (2013) blev der udtaget 10 jordbundsprøver til P-risikoanalyse.

Her angives Fe_{BD}:P_{BD} forholdet at ligge mellem 116 og 222 med et gennemsnit på 185 og med et P-indhold på mellem 39 og 57 mg P kg tørstof. Der har således ikke været risiko for P-tab. Det skal bemærkes, at der ikke blev beregnet P-tab, da det var før P-risikoanalysen med P regnearket blev indført og eventuelle P-tab blev vurderet alene ud fra Fe:P forholdet i BD-fraktionen. Derimod var vurderingen i forprojektet, at der kunne forventes en tilbageholdelse af jern på op mod 900 kg Fe, som således ville nedsætte okkerbelastningen af Gundesbøl å tilsvarende.



Figur 17. Gundesbøl Å. Månedlige vand- og stoftransporter for kalenderåret 2021.

Tabel 54. Vandbalance for Gundesbøl Å.

Vandbalance	Q_ind (10^3 m^3)	Q_ud (10^3 m^3)	Q_ud – Q_ind /Q_ind (%)
Gundesbøl Å	397	398	0,3

Tabel 55. NH_4^+-N balancen for Gundesbøl Å for kalenderåret 2021.

NH_4^+ ind Kg N $år^{-1}$	NH_4^+ ud Kg N $år^{-1}$	NH_4^+ fjernelse %	NH_4^+ fjernelse Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
25	22	12	0,4

Tabel 56. NO_3^--N balancen for Gundesbøl Å for kalenderåret 2021

NO_3^- ind Kg N $år^{-1}$	NO_3^- ud Kg N $år^{-1}$	NO_3^- fjernelse %	NO_3^- fjernelse Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
863	677	22	26

Tabel 58. PO_4^{3-} -P balancen for Gundesbøl Å for kalenderåret 2021.

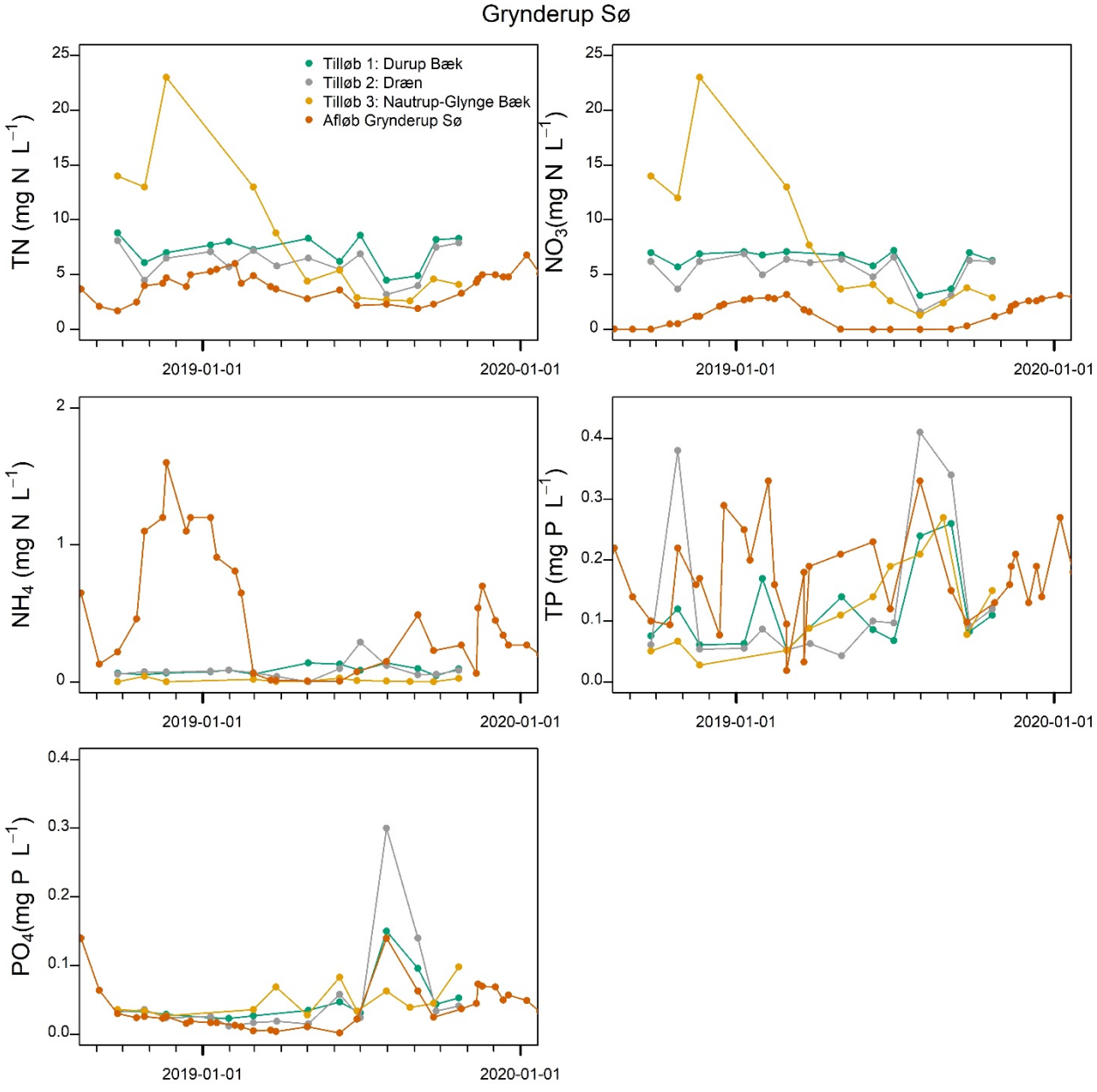
PO_4^{3-} ind Kg P $år^{-1}$	PO_4^{3-} ud Kg P $år^{-1}$	PO_4^{3-} retention %	PO_4^{3-} retention Kg P ha^{-1} $år^{-1}$
6,3	4,8	25	0,22

Tabel 59. TP-balancen for Gundesbøl Å for kalenderåret 2021.

TP ind Kg P $år^{-1}$	TP ud Kg P $år^{-1}$	TP retention %	TP retention Kg P ha^{-1} $år^{-1}$
27	16	42	1,60

4.9 Grynderup Sø

Overvågningen af Grynderup SØ foregik fra efteråret 2018 og frem til og med januar 2020. Vandføringsmålingerne i Durup Bæk er behæftet med nogen usikkerhed på grund af ringe Q / H-relation. Det samme gør sig gældende for Nautrup-Glynge Bæk. Udløbet til Salling Sund var monteret med en doppler vandføringsmåler og vandføringsmålingerne her var acceptable, idet der i måleperioden samtidig er foretaget 36 ledsagende vandføringsmålinger til hjælp til optimering af vandføringsberegningerne. Der er 30-32 målinger fra udløbet til Salling sund af TN, NO_3^- -N, NH_4^+-N, TP og PO_4^{3-} -P (figur 18). Både TN og NO_3^- -N koncentrationerne ligger lavest i udløbet i hele moniteringsperioden. Derimod ligger NH_4^+-N koncentrationerne højt i udløbet specielt i efteråret og vinteren 2018, og igen i efterår vinter 2019. Også PO_4^{3-} -P koncentrationerne er vedvarende lave i udløbet, dog med en enkelt undtagelse i august 2019. TP-koncentrationerne i udløbet fluktuerer meget og er samtidig blandt de højeste i hele måleperioden.



Figur 18. Grynderup Sø. Målte næringsstofkoncentrationer i tilløb og afløb

De beregnede gennemsnitskoncentrationer for måleperioden er vist i tabel 60.

Tabel 60. Beregnede gennemsnitskoncentrationer for måleperioden. Enhed mg/l.

Område	Station	TN	NO_3^--N	NH_4^+-N	TP	PO_4^{3-}-P
Grynderup Sø	Tilløb 1: Durup Bæk	7,22	6,19	0,09	0,12	0,05
Grynderup Sø	Tilløb 2: Dræn	6,17	5,39	0,08	0,14	0,06
Grynderup Sø	Tilløb 3: Nautrup-Glynge Bæk	8,21	7,54	0,01	0,12	0,05
Grynderup Sø	Afløb Grynderup Sø	3,64	1,24	0,54	0,17	0,03

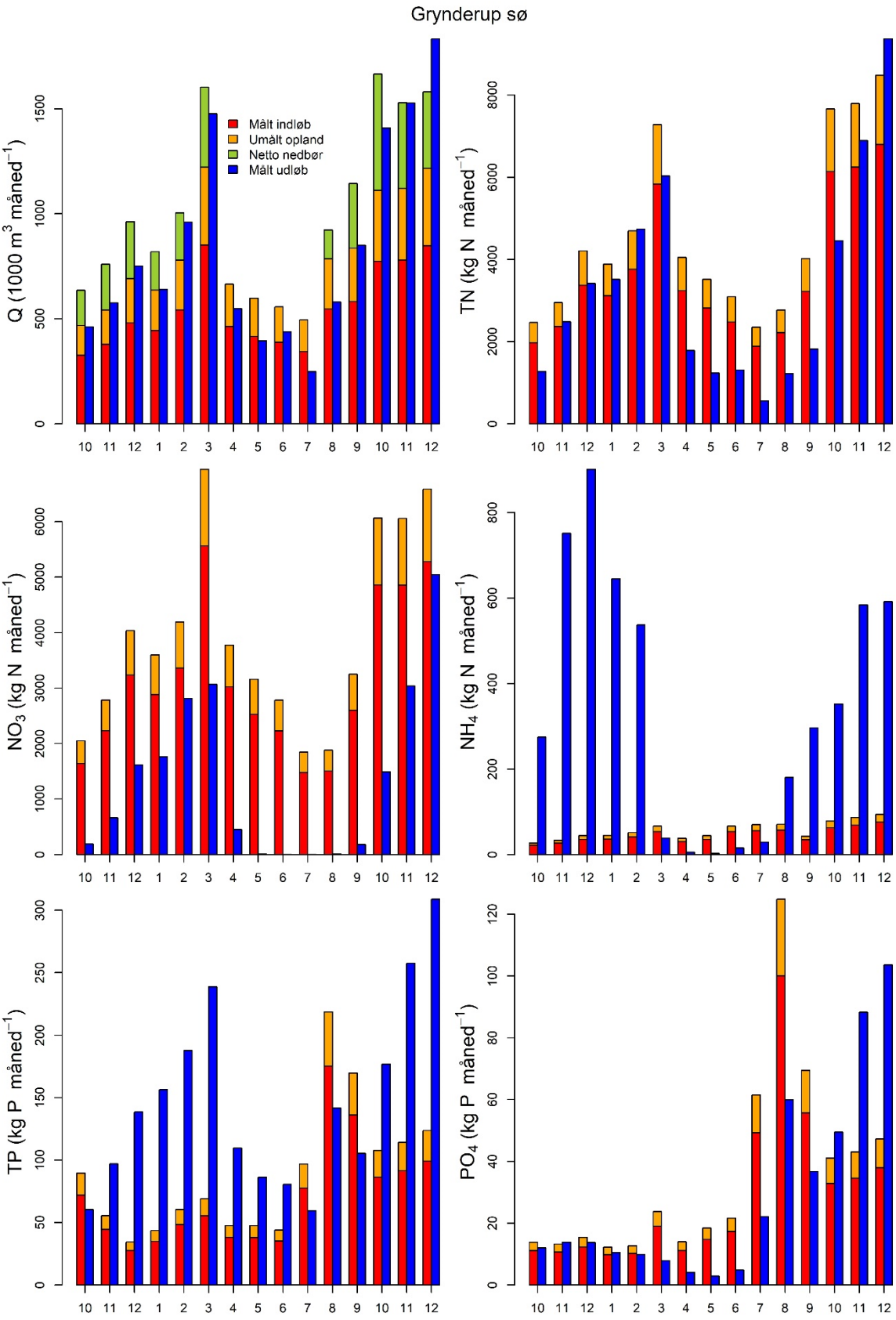
De månedlige vand-og stoftransporter er vist på figur 19. Vandtransporterne i indløb og udløb er noget forskellige, hvilket primært må tilskrives den store usikkerhed på vandføringsmålingerne i indløbene.

De månedlige NO_3^- -N transporter viser markant større tilførsel end fraførsel fra oktober 2018 og helt frem til december 2019. Det samme gælder TN-transporterne men knap så markant og der ses tab i december 2020. Der er store tab af NH_4^+-N undtaget i perioden marts 2019 - juli 2019.

Vand- og stofbalancerne for kalenderåret 2019 fremgår af tabellerne 61 – 66. Som nævnt ovenfor er Q / H relationerne for indløbene behæftet med nogen usikkerhed og der er ikke målt vandføring i drænbrønden. Det er derfor mest sandsynligt, at den beregnede indløbsmængde er beregnet med nogen usikkerhed (tabel 61).

Kvælstofbalancerne viser at der fjernes 70 kg NO_3^--N ha^{-1} $år^{-1}$, men kun 39 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$, hvilket betyder, at der er et tab på 25 kg organisk N ha^{-1} $år^{-1}$ og et tab på 6 kg NH_4^+-N ha^{-1} $år^{-1}$. Tabet af NH_4^+-N skyldes formentlig, at lige inden udløbet til Sallingsund i nordenden løber søen gennem et stort vådengsområde (tabel 62). Da der ikke er tab af NH_4^+-N i perioden marts til og med juli optages NH_4^+-N formentlig af primærproducenterne, mens der mineraliseres organisk materiale uden for dette tidsrum. Tabet af organisk kvælstof er formentlig et resultat af stor algeproduktion i selve søen samt eventuelt tab fra de omkringliggende eng- og mosearealer.

Der er tilbageholdelse af PO_4^{3-} -P på henholdsvis 0,21 kg P ha^{-1} $år^{-1}$. Der er dog et tab af TP på 1,81 kg P ha^{-1} $år^{-1}$.



Figur 19. Grynderup Sø. Månedlige vand- og stoftransporter i perioden oktober 2018 – december 2019.

Tabel 61. Vandbalance for Grynderup sø.

Vandbalance	Q_ind (10^3 m^3)	Q_ud (10^3 m^3)	Q_ud – Q_ind /Q_ind (%)
Grynderup Sø	12134	10902	-10,2

Tabel 62. NH_4^+-N balancen for Grynderup Sø for kalenderåret 2019.

NH_4^+ ind	NH_4^+ ud	NH_4^+ fjernelse	NH_4^+ fjernelse
Kg N $år^{-1}$	Kg N $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
754	3276	-335	-6,0

Tabel 63. NO_3^--N balancen for Grynderup Sø for kalenderåret 2019

NO_3^- ind	NO_3^- ud	NO_3^- fjernelse	NO_3^- fjernelse
Kg N $år^{-1}$	Kg N $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
50127	20335	59	70

Tabel 64. TN-balancen for Grynderup Sø for kalenderåret 2019.

TN ind	TN ud	TN fjernelse	TN fjernelse
Kg N $år^{-1}$	Kg N $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
59591	42934	28	39

Tabel 65. PO_4^{3-}-P balancen for Grynderup Sø for kalenderåret 2019.

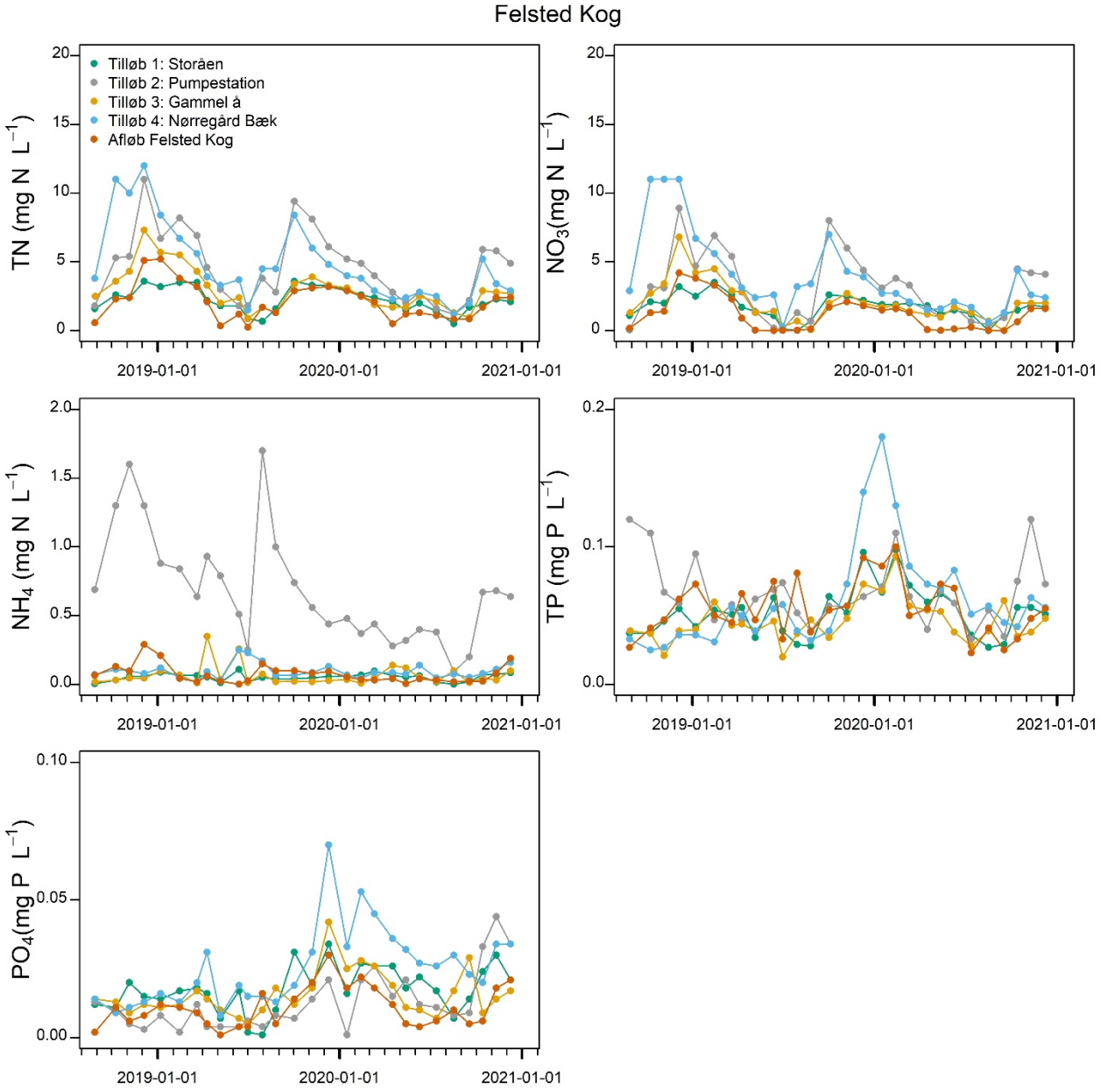
PO_4^{3-} ind	P $år^-$	PO_4^{3-} retention	PO_4^{3-} retention
Kg P $år^{-1}$		%	Kg P ha^{-1} $år^{-1}$
490	400	18	0,21

Tabel 66. TP-balancen for Grynderup Sø for kalenderåret 2019.

TP ind	TP ud	TP retention	TP retention
Kg P $år^{-1}$	Kg P $år^{-1}$	%	Kg P ha^{-1} $år^{-1}$
1142	1908	-67	-1,81

4.10 Feldsted Kog

Moniteringen af Feldsted Kog foregik over en toårig periode i kalenderårene 2019-20. Vandføringsmålinger blev foretaget ved hjælp af doppler vandføringsmålere, dog med undtagelse af pumpestationen fra det 50 ha re drænopland, hvor det ikke lykkedes af få beregnet udpumpet mængde. Tilløbet fra Storåen er specielt på den måde, at indtaget er konstrueret til at tage 10 % af vandføringen i Storåen. Vandføringsberegningerne fra udløbet ved Kytterupvej samt ved indløbet Nørregård Bæk er beregnet med nogen usikkerhed (25%). De målte næringsstofkoncentrationer (Figur 20) viser, at udløbskoncentrationerne af både TN og NO_3^--N er lavest eller blandt de laveste gennem hele måleperioden (figur 20 og tabel 67), mens de højeste TN og NO_3^--N koncentrationer ses i tilløbene Nørregård Bæk og pumpestation (figur 20 og tabel 67).



Figur 20. Feldsted kog. Målte næringsstofkoncentrationer i tilløb og afløb i årene 2019-20.

Der ses markant høje koncentrationer af NH_4^+-N fra det drænede opland gennem hele perioden, dog også med nogen variation (0,2 – 1,6 mg NH_4^+-N l^{-1}). Ind- og udløbskoncentrationerne af TP varierer generelt mellem 0,02 og 0,1 mg P l^{-1} (figur 20 og Tabel 67). PO_4^{3-} -P koncentrationerne varierer generelt mellem 0,01 og 0,03 mg P l^{-1}, med Nørregård Bæk liggende i den høje ende og pumpestation samt udløb liggende i den lave ende (figur 20 og tabel 67).

Tabel 67. Feldsted kog. Beregnede gennemsnitskoncentrationer i tilløb og afløb (n=28). Enhed mg/l.

Område	Station	TN	NO_3^--N	NH_4^+-N	TP	PO_4^{3-}-P
Felsted Kog	Tilløb 1: Storåen	2,25	1,68	0,05	0,05	0,02
Felsted Kog	Tilløb 2: Pumpestation	4,64	3,10	0,68	0,07	0,01
Felsted Kog	Tilløb 3: Gammel å	2,91	1,99	0,07	0,05	0,02
Felsted Kog	Tilløb 4: Nørregård Bæk	4,77	3,86	0,10	0,06	0,03
Felsted Kog	Afløb Felsted Kog	2,09	1,14	0,07	0,06	0,01

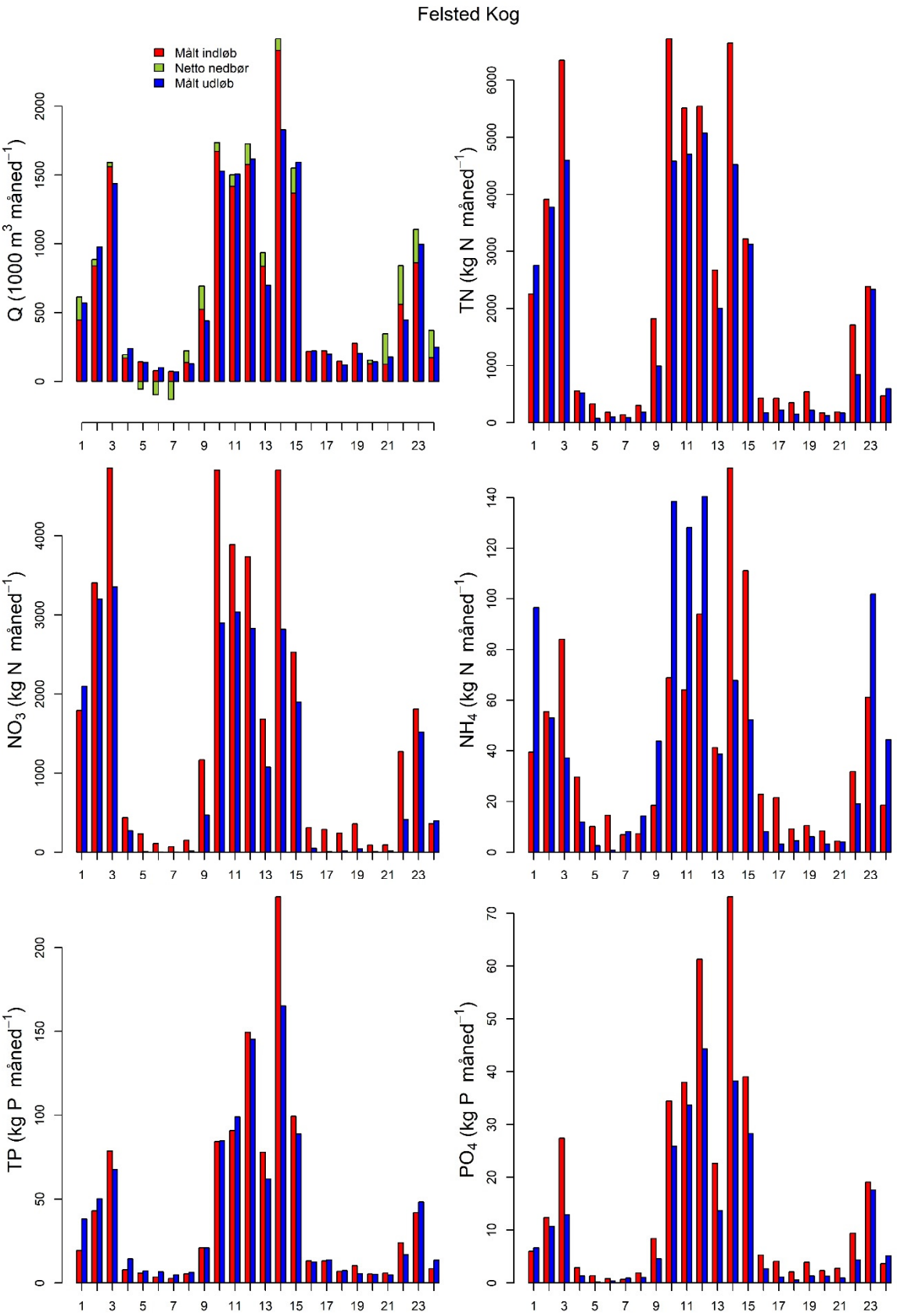
De månedlige vand- og stofbalancer viser, at der i begge måleår både er lav vandføring og lav stoftransport i april – september (figur 21). I månederne med høj vandtransport, januar – marts 2019, oktober 2019 – marts 2020 og oktober november 2020 er der samtidig også store stoftransporter. Der er kun tab af TN og NO_3^- -N i januar 2019 og december 2020. Der er periodevis tab af NH_4^+-N i efterårs- og vintermånederne.

Der er tab af TP i januar og februar 2019, et mindre tab i perioden april – august 2019 og TP tab igen i november 2019. Der er tilbageholdelse af TP i vintermånederne 2019-20 og derefter en lang periode med meget små transporter fra april 2020 til oktober 2020, inden der er tab af TP i november-december 2020. Bortset fra januar 2019 og december 2020 er der tilbageholdelse af PO_4^{3-} -P.

Vandbalancen (tabel 68) for 2019 viser god overensstemmelse mellem indløb og udløb, mens den beregnede udløbsmængde er noget mindre i 2020, hvilket primært skyldes et markant højt indløb i februar 2020, der ikke matches af et tilsvarende højt udløb (figur 21).

NO_3^- fjernelsen ligger på henholdsvis 36 og 31 kg NO_3^- -N ha^{-1} $år^{-1}$ for 2019 og 2020, mens den for TN ligger på 34 og 26 kg N ha^{-1} $år^{-1}$.

Der er tilbageholdelse af PO_4^{3-} -P i begge år på henholdsvis 0,29 og 0,40 kg P ha^{-1} $år^{-1}$. I 2019 er der et mindre tab af TP på 0,18 kg P ha^{-1} $år^{-1}$, mens der tilbageholdes 0,52 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$ i 2020. I 2011 har COWI (2011) i forbindelse med den tekniske forundersøgelse beregnet fosforfrigivelse fra Felsted Kog for Holstebro kommune. Der blev udtaget i alt 7 prøver, og i rapportens tabel 3-1 er resultaterne angivet (bl.a. volumenvægt, Total-Fe, Total-P, Fe_{BD}:P_{BD} molforhold og P frigivelse. Desværre er de angivne Fe_{BD}:P_{BD} molforhold ikke korrekte, idet de var mindre end angivet i tabel 3-1, såfremt de øvrige oplysninger i denne tabel er rigtige. De angivne volumenvægte samt de angivne analyser af total Fe udtrykt i mg kg tørstof^{-1} og total P i mg kg tørstof blev indsat i det nyeste P-regneark. Gridstørrelsen blev sat til 25 ha, og vandets strømning blev vurderet til at være overfladisk. Det samlede P-tab blev beregnet til ca. 400 kg P $år^{-1}$ svarende til 2 kg P ha^{-1} $år^{-1}$. Det skal nævnes, at T-Fe_{BD} indholdet i jordens øverste 30 cm varierede mellem 4,8 og 19,7 g Fe kg tørstof og TP_{BD} indholdet varierede mellem 0,4 og 0,86 g P kg tørstof^{-1}.



Figur 21. Feldsted Kog. Månedlige vand- og stoftransporter i årene 2019-20.

Tabel 68. Vandbalancerne for årene 2019 og 2020 for Feldsted Kog.

År	Q_ind (10^3 m^3)	Q_ud (10^3 m^3)	Q_ud – Q_ind/Q_ind * 100 (%)
2019	8875	8743	-1,5
2020	8335	6867	-17,6

Tabel 69. NH_4^+-N balancerne for Feldsted Kog for kalenderårene 2019 og 2020.

År	NH_4^+ ind kg N $år^{-1}$	NH_4^+ ud kg N $år^{-1}$	NH_4^+ fjernelse %	NH_4^+ fjernelse kg N ha^{-1} $år^{-1}$
2019	493	676	-37	-1,0
2020	493	353	28	0,8

Tabel 70. NO_3^--N balancerne for Feldsted Kog for kalenderårene 2019 og 2020.

År	NO_3^- ind kg N $år^{-1}$	NO_3^- ud kg N $år^{-1}$	NO_3^- fjernelse %	NO_3^- fjernelse kg N ha^{-1} $år^{-1}$
2019	24663	18168	26	36
2020	13856	8258	40	31

Tabel 71. TN-balancerne for Feldsted Kog for kalenderårene 2019 og 2020.

År	TN ind kg N $år^{-1}$	TN ud kg N $år^{-1}$	TN fjernelse %	TN fjernelse kg N ha^{-1} $år^{-1}$
2019	33624	27435	18	34
2020	19215	14474	25	26

Tabel 72. PO_4^{3-} -P balancerne for Feldsted Kog for kalenderårene 2019 og 2020.

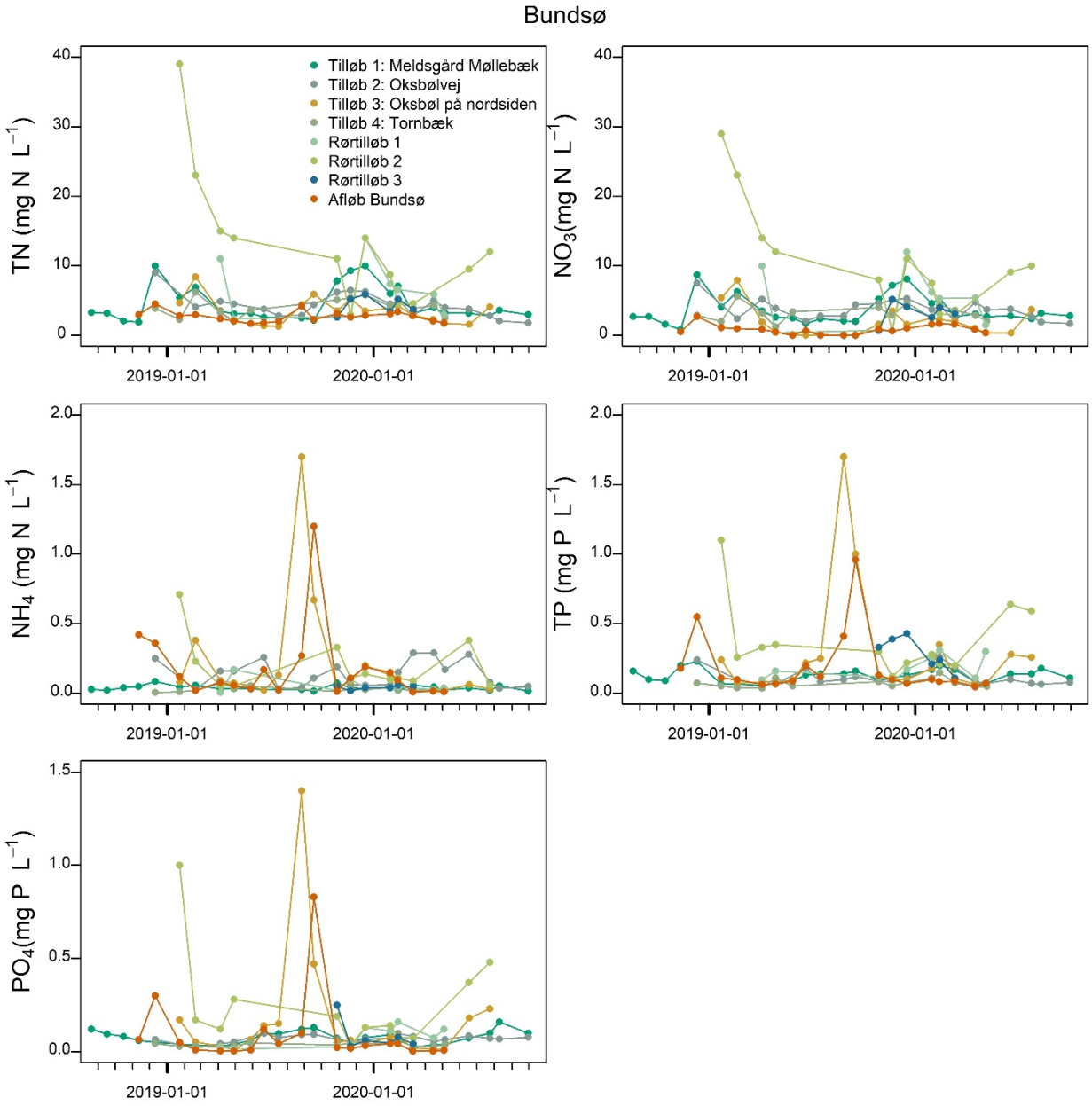
År	PO_4^{3-} ind kg P $år^{-1}$	PO_4^{3-} ud kg P $år^{-1}$	PO_4^{3-} retention %	PO_4^{3-} retention kg P ha^{-1} $år^{-1}$
2019	195	142	27	0,29
2020	187	115	39	0,40

Tabel 73. TP-balancerne for Feldsted Kog for kalenderårene 2019 og 2020.

År	TP ind kg P $år^{-1}$	TP ud kg P $år^{-1}$	TP retention %	TP retention kg P ha^{-1} $år^{-1}$
2019	512	545	-7	-0,18
2020	536	443	17	0,52

4.11 Bundsø

Der er 7 tilløb til Bundsø, hvoraf det vigtigste, Meldsgård Møllebæk, tilfører ca. 50 % af vandet. De 3 rørtilløb kommer fra Landkanalen på nordsiden, der er i bibeholdt og ligger uden for diget, der her afgrænser søen. Vandføringsmålingerne i Meldsgård Møllebæk (25 i alt) og den opstillede Q/H relation var i orden, mens de øvrige tilløb vurderes at være behæftet med betydelig usikkerhed (op til 50 %) på grund af ringe Q/H sammenhæng og ringe QQ stationerne imellem. Afløbet fra søen var monteret med doppler vandføringsmåler, men i perioder med lav vandføring fungerede den ikke tilfredsstillende.



Figur 22. Bundsø. Målte næringsstofkoncentrationer i tilløb og afløb.

Overvågningen af Bundsø foregik fra slutningen af 2018 og frem til oktober 2020. For Meldsgård Møllebæk er dataserien startet allerede i august 2018 (figur 22).

De målte næringsstofkoncentrationer er vist på figur 22. Rørtilløb 2 har meget høje TN og NO_3^--N koncentrationer, mens de øvrige tilløb varierer mellem 1 - 10 mg TN l^{-1} og med gennemsnitsværdier i området 3,5 – 6,2 mg TN l^{-1} (tabel 74). NO_3^--N koncentrationerne i tilløbene på nær ovennævnte ligger generelt set i området 3 - 5 mg NO_3^--N l^{-1} dog med enkelte lavere og højere koncentrationer. De laveste TN og NO_3^--N koncentrationer ses i afløbet med beregnede gennemsnitskoncentrationer på henholdsvis 2,72 og 0,84 mg N l^{-1}

Der er relativt høje TP-koncentrationer i alle tilløb (figur 22), hvilket også afspejles af de beregnede gennemsnitskoncentrationer, der ligger i området 0,07 – 0,38 mg TP l^{-1} (tabel 74). Også PO_4^{3-}-P koncentrationerne er høje i flere tilløb med gennemsnitskoncentrationer i området 0,04 – 0,26 mg PO_4^{3-}-P l^{-1}. TP og PO_4^{3-}-P koncentrationerne i afløbet ligger generelt set i den lave ende sammenlignet med indløbene, men med gennemsnitskoncentrationerne på henholdsvis 0,19 mg TP l^{-1} og 0,09 mg PO_4^{3-}-P l^{-1} er de relativt høje.

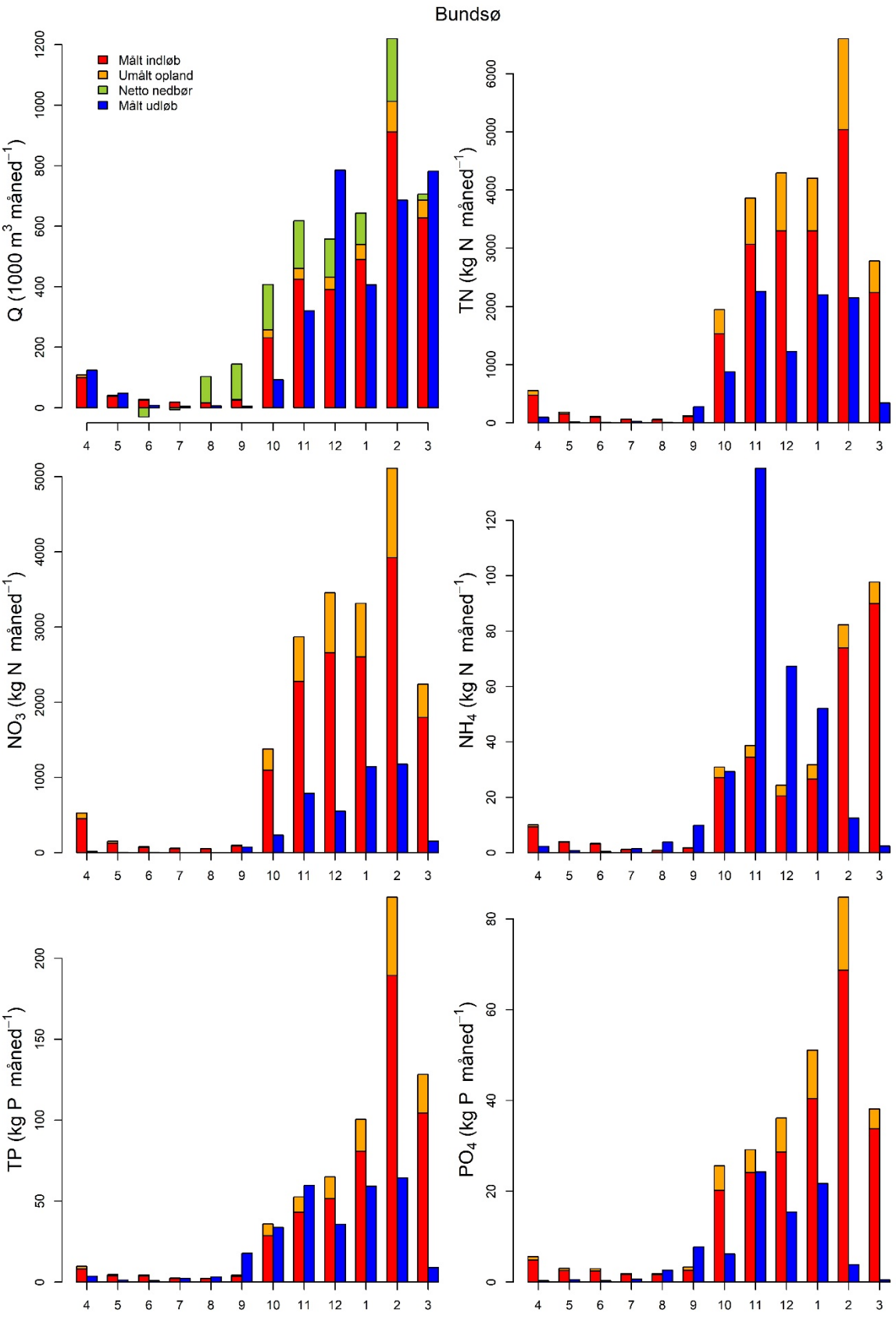
Tabel 74. Beregnede gennemsnitskoncentrationer. Enhed mg/l.

Område	Station	TN	NO_3^--N	NH_4^+-N	TP	PO_4^{3-}-P
Bundsø	Tilløb 1: Meldsgård Møllebæk	4,66	3,75	0,04	0,13	0,07
Bundsø	Tilløb 2: Oksbølvej	4,37	3,74	0,14	0,12	0,07
Bundsø	Tilløb 3: Oksbøl på nordsiden	3,49	1,84	0,20	0,28	0,17
Bundsø	Tilløb 4: Tornbæk	4,12	3,24	0,03	0,07	0,04
Bundsø	Rørtilløb 1	6,19	4,68	0,05	0,18	0,08
Bundsø	Rørtilløb 2	13,19	10,86	0,20	0,38	0,26
Bundsø	Rørtilløb 3	4,33	3,29	0,04	0,29	0,08
Bundsø	Afløb Bundsø	2,72	0,84	0,18	0,19	0,09

De månedlige vandtransporter viser dårlig sammenhæng mellem indløb og udløb, og årsbalancen viser, at der mangler knap 26 % af vandføringen i udløbet, hvis den skal være lig med indløbsmængden (tabel 75).

Da kvælstof- og fosforkoncentrationerne gennem overvågningsperioden generelt set er lavere i udløbet, samtidig med at den beregnede vandføring i udløbet er 26 % lavere end beregnet for indløbene, medfører det, at massebalancerne alene af denne grund giver en retention, der kan være overestimeret. Hvis man enten antager at vandføringen i afløbet skal være lig vandføringen i indløbene eller omvendt, så vil man alt andet lige skulle reducere den beregnede fjernelse af kvælstof og fosfor specier med 26 %. I nedenstående tabeller (76 – 80) er massebalancerne vist både for de beregnede vandføringer og en vandføring, hvor udløb er sat lig indløb (sidstnævnte anført i parentes).

Kvælstoffjernelsen i Bundsø ligger i området 92 - 100 kg NO_3^--N ha^{-1} $år^{-1}$ og 84 - 100 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$ med en effektivitet på henholdsvis 74 - 79 % og 52 - 62 % (tabel 77 og 78). Også retentionen af fosfor er markant med en PO_4^{3-}-P fjernelse på 1,15 - 1,30 kg P ha^{-1} $år^{-1}$ og en TP-fjernelse på 1,84 - 2,34 kg P ha^{-1} $år^{-1}$. Den store TP-fjernelse indikerer at der kan have været tilbageholdelse af partikulært P eller organisk P.



Figur 23. Bundsø. Månedlige vand- og stoftransporter.

Tabel 75. Bundsø vandbalance.

Vandbalance	Q_ind (10^3 m^3)	Q_ud (10^3 m^3)	Q_ud – Q_ind /Q_ind (%)
Bundsø	4398	3265	-25,8

Tabel 76. NH_4^+-N balancen for Bundsø for perioden april 2019 til marts 2020. Tallene i parentes viser balancen under antagelse af at Q_ud = Q_ind.

NH_4^+ ind	NH_4^+ ud	NH_4^+ fjernelse	NH_4^+ fjernelse
Kg N $år^{-1}$	Kg N $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
327	327 (412)	0 (-26)	0 (-0,6)

Tabel 77. NO_3^- -N balancen for Bundsø for perioden april 2019 til marts 2020. Tallene i parentes viser balancen under antagelse af at Q_ud = Q_ind.

NO_3^- ind	NO_3^- ud	NO_3^- fjernelse	NO_3^- fjernelse
Kg N $år^{-1}$	Kg N $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
19335	4065 (5122)	79 (74)	100 (92)

Tabel 78. TN-balancen for Bundsø for perioden april 2019 til marts 2020. Tallene i parentes viser balancen under antagelse af at Q_ud = Q_ind.

TN ind	TN ud	TN fjernelse	TN fjernelse
Kg N $år^{-1}$	Kg N $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
24794	9421 (11870)	62 (52)	100 (84)

Tabel 79. PO_4^{3-} -P balancen for Bundsø for perioden april 2019 til marts 2020. Tallene i parentes viser balancen under antagelse af at Q_ud = Q_ind.

PO^{3-} ind	PO_4^{3-} ud	PO_4^{3-} fjernelse	PO_4^{3-} fjernelse
Kg P $år^{-1}$	Kg P $år^{-1}$	%	Kg P ha^{-1} $år^{-1}$
283	84 (106)	70 (62)	1,30 (1,15)

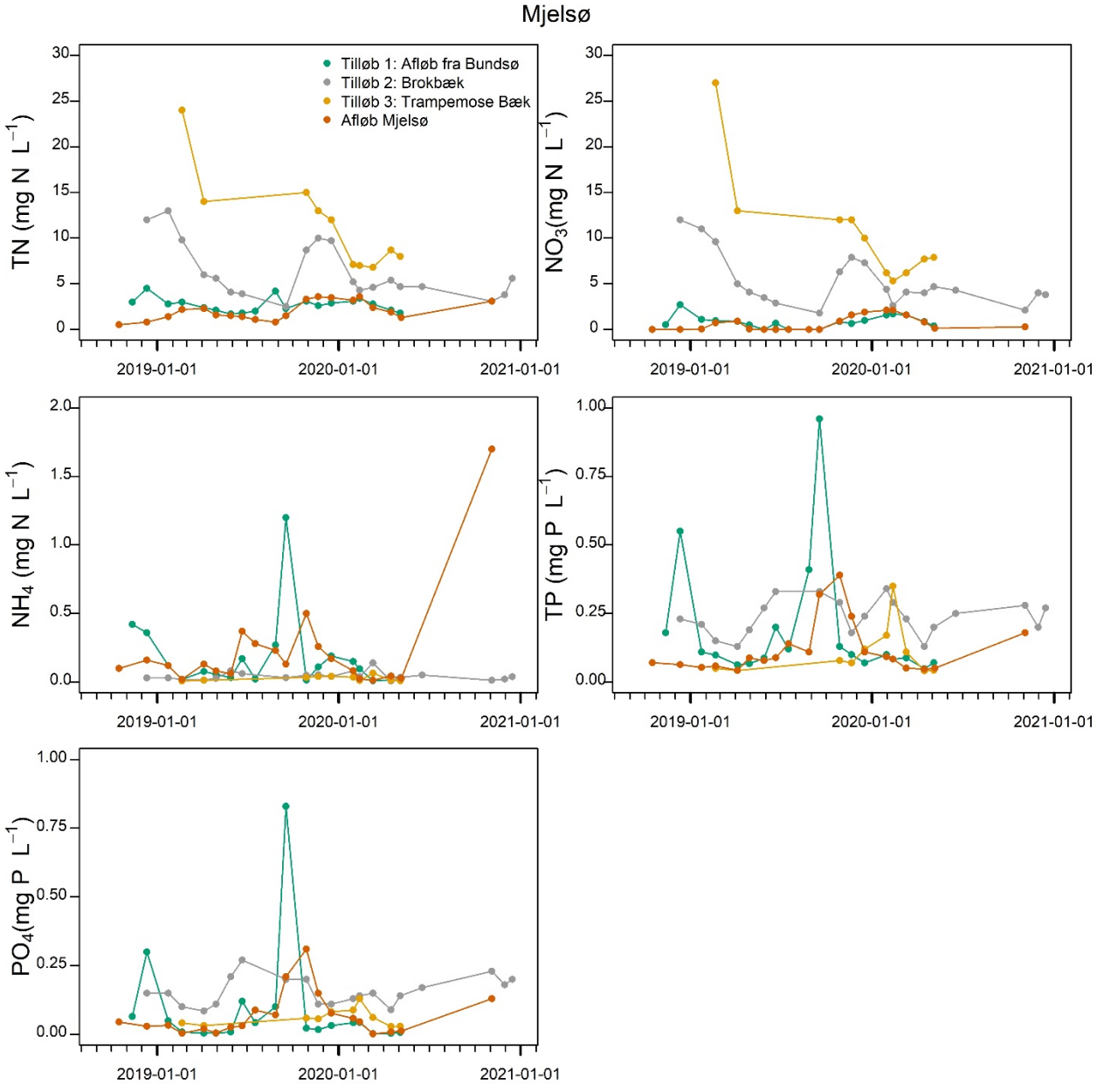
Tabel 80. TP-balancen for Bundsø for perioden april 2019 til marts 2020. Tallene i parentes viser balancen under antagelse af at Q_ud = Q_ind.

TP ind	TP ud	TP retention	TP retention
Kg P $år^{-1}$	Kg P $år^{-1}$	%	Kg P ha^{-1} $år^{-1}$
647	289 (364)	55 (44)	2,34 (1,84)

4.12 Mjels Sø

Moniteringen af Mjels Sø foregik i samme tidsrum som for den opstrøms liggende Bundsø, som også leverede lige godt 50 % af indløbsvandet til søen i moniteringsperioden. Der var monteret en doppler vandføringsmåler i udløbet til Mjels Vig, hvor der også var monteret en højvandsklap. Vandføringsmålingerne her vurderes at være acceptable, men med nogen usikkerhed (op til 25 %). Som nævnt ovenfor er vandføringen i tilløbet fra Bundsø målt med nogen usikkerhed i perioder med lille vandføring. Også vandføringen i de to øvrige tilløb Brokbæk og Trampemose er målt med nogen usikkerhed.

De målte næringsstofkoncentrationer fremgår af figur 24. Bort set fra enkelte datoer i vinteren 2019-20 er TN og NO_3^- -N koncentrationerne lavest i udløbet fra Mjels Sø med gennemsnitskoncentrationer på henholdsvis 2,00 og 0,68 mg N l^{-1} (tabel 81). De højeste TN og NO_3^- -N koncentrationer ses i tilløbet Trampemose Bæk med gennemsnitskoncentrationer på henholdsvis 11,56 og 10,73 mg N l^{-1}.



Figur 24. Mjels Sø. Målte næringsstofkoncentrationer i tilløb og afløb.

TP-koncentrationerne i de to tilløb Brokbæk og afløbet fra Bundsø ligger højt, men også med nogen variation specielt fra Bundsø. Det samme gælder PO_4^{3-} -P koncentrationerne. I udløbet er der høje TP og PO_4^{3-} -P koncentrationer i efteråret 2019.

Tabel 81. Beregnede gennemsnitskoncentrationer. Enhed mg/l

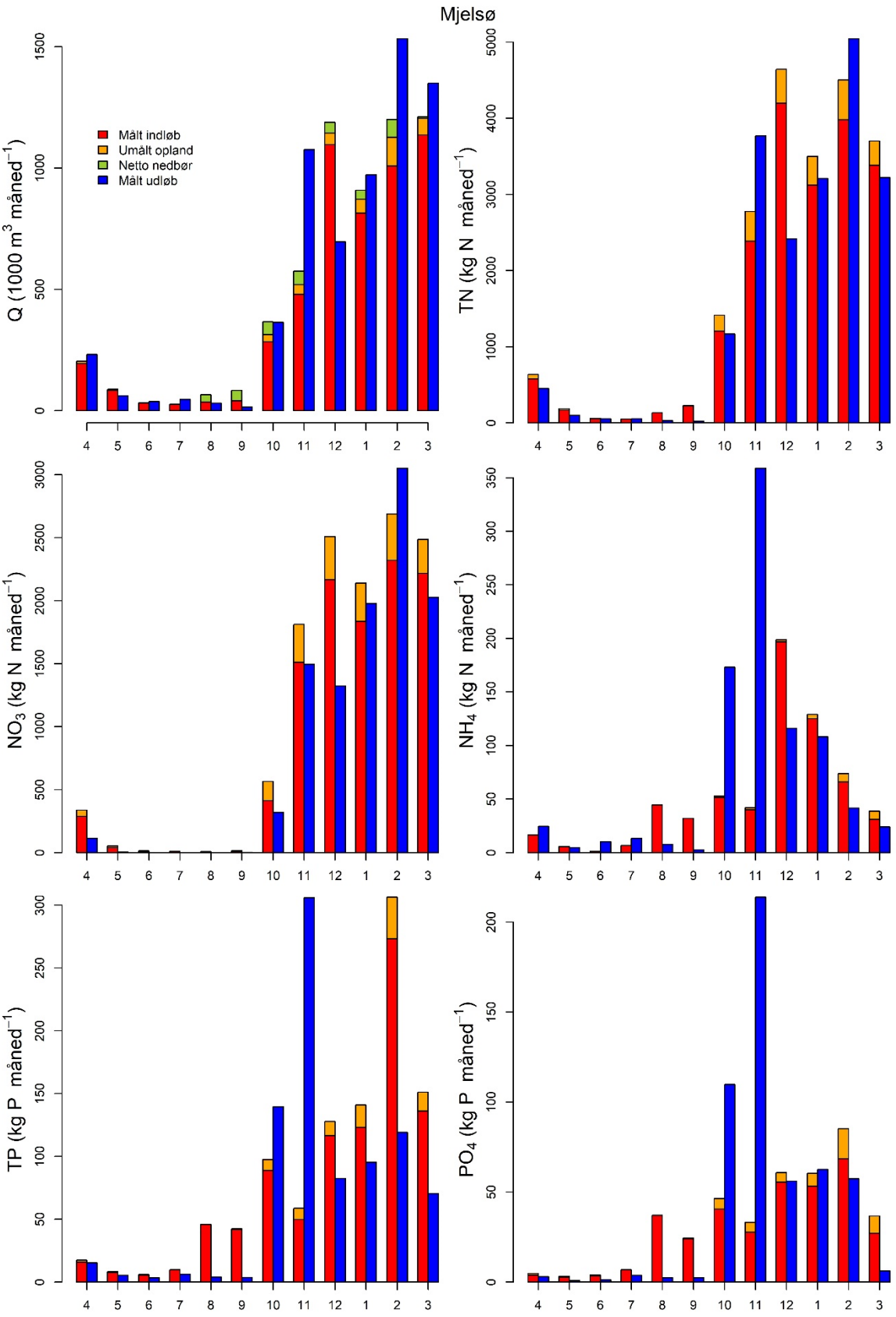
Område	Station	TN	NO_3^--N	NH_4^+-N	TP	PO_4^{3-}-P
Mjels Sø	Tilløb 1: Afløb fra Bundsø	2,72	0,84	0,18	0,19	0,09
Mjels Sø	Tilløb 2: Brokbæk	6,84	5,70	0,05	0,23	0,15
Mjels Sø	Tilløb 3: Trampemose Bæk	11,56	10,73	0,03	0,11	0,06
Mjels Sø	Afløb Mjels Sø	2,00	0,68	0,15	0,11	0,06

De månedlige vandtransporter (figur 25) viser meget høje tranporter i de sidste 6 måneder – vinterhalvåret - sammenlignet med de første 6 måneder. I november er der meget større transport af vand ud til Mjels Vig end indløb til søen, mens der er noget større indløb end udløb i december. I februar og marts 2020 er der større udløb end indløb til søen.

TN og NO_3^- -N transporterne viser, at de store transporter foregår i vinterhalvåret. Der er tab af TN i november 2019 og februar 2020 (figur 25). Der er kun tab af NO_3^- -N i februar 2020. Der er markante tab af NH_4^+ -N i oktober og november 2019 på henholdsvis 125 og 300 kg N.

Der er markante tab af både TP og PO_4^{3-} -P i oktober og november 2019 på henholdsvis 43 og 246 kg TP og 64 og 180 kg PO_4^{3-} -P (figur 25). Fra december 2019 til marts 2020 er der tilbageholdelse af TP, men kun lille tilbageholdelse af PO_4^{3-} -P.

Vand- og stofbalancerne fremgår af tabellerne 82 – 87. Både TN og NO_3^- fjernelsen ligger samlet på 2,3 tons N, hvilket således for begge giver en fjernelse på 43 kg N ha^{-1} $år^{-1}$. Tabet af NH_4^+-N på 243 kg N hidrører primært fra oktober november 2019 (figur 25) og er sammenfaldende med store tab af TP og PO_4^{3-} -P i de samme måneder. Bortset fra august og september er der ikke nævneværdig tilbageholdelse af PO_4^{3-} -P i de øvrige måneder, og det fører derfor til et tab på -2,16 kg PO_4^{3-} -P ha^{-1} $år^{-1}$. Derimod er der tilbageholdelse af TP i de sidste fire måneder af moniteringsperioden, som nævnt ovenfor, hvilket resulterer i en samlet tilbageholdelse på 2,99 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$ muligvis på grund af sedimentation og mineralisering af partikulært organisk P.



Figur 25. Mjels Sø. Månedlig vand- og stoftransporter.

Tabel 82. Mjels Sø vandbalance.

Vandbalance	Q_ind (10^3 m^3)	Q_ud (10^3 m^3)	Q_ud – Q_ind /Q_ind (%)
Mjels Sø	5881	6415	9,1

Tabel 83. NH_4^{3+}-N balancen for Mjels Sø for perioden april 2019 til marts 2020.

NH_4^+ ind	NH_4^+ ud	NH_4^+ fjernelse	NH_4^+ fjernelse
Kg N $år^{-1}$	Kg N $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
641	884	-38	-4,5

Tabel 84. NO_3^- -N balancen for Mjels Sø for perioden april 2019 til marts 2020.

NO_3^- ind	NO_3^- ud	NO_3^- fjernelse	NO_3^- fjernelse
Kg N $år^{-1}$	Kg N $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
12633	10307	18	43

Tabel 85. TN-balancen for Mjels Sø for perioden april 2019 til marts 2020.

TN ind	TN ud	TN fjernelse	TN fjernelse
Kg N $år^{-1}$	Kg N $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
21828	19531	11	43

Tabel 86. PO_4^{3-} -P balancen for Mjels Sø for perioden april 2019 til marts 2020.

PO_4^{3-} ind	PO_4^{3-} ud	PO_4^{3-} fjernelse	PO_4^{3-} fjernelse
Kg P $år^{-1}$	Kg P $år^{-1}$	%	Kg P ha^{-1} $år^{-1}$
403	519	-29	-2,16

Tabel 87. TP-balancen for Mjels Sø for perioden april 2019 til marts 2020.

TP ind	TP ud	TP retention	TP retention
Kg P $år^{-1}$	Kg P $år^{-1}$	%	Kg P ha^{-1} $år^{-1}$
1011	850	16	2,99

5 Kulstofindhold i de overvågede vådområder

Der er lavet en opgørelse over kulstofindholdet i alle de 30 afrapporterede vådområder og lavvandede søer ud fra data rapporteret af Greve et al, 2019, (tekstur 2014 kort over danske jorders kulstofindhold). De i tabel 88 viste data om kulstofindholdet i de overvågede vådområder og søer blev anvendt til at undersøge om der var en sammenhæng mellem kulstofindhold og kvælstoffjernelse og mellem kulstofindhold og fosfortab / fosforretention (se nedenstående afsnit **sammenfatning og analyser**).

Tabel 88. Kulstofindhold, C, i de overvågede projektområder. I nogle af de lavvandede søer er der angivet et areal på nul, da der **ikke** er oplysninger om kulstofindholdet

	Vådområde	Søbund	C < 3 %	C: 3-6 %	C: 6-12 %	C >12 %	% areal
	ha	ha	ha	ha	ha	ha	med C>6%
Hund Sø	95,9	0,00	16,76	28,78	33,47	16,91	52,5
Vilsted Sø	923	417,27	18,43	31,00	75,01	381,32	49,4
Torsted Sø	43,8	0	0,35	0,36	1,80	41,27	98,3
Grynderup Sø	423	123,29	163,35	28,05	72,55	35,77	25,6
Tissing Vig	97,9	74,37	8,13	6,59	8,76	0,07	9,0
Felsted Kog	179,3	0	48,16	14,9	66,61	49,67	64,9
Tim Enge	168,1	84,79	8,53	0,95	12,23	61,64	43,9
Vissing Enge	21,2	0	1,79	0,76	6,78	11,82	87,7
Egådalen	155,3	111,53	24,75	15,09	3,89	0,00	2,5
Mollerup	3,8	0	3,01	0,60	0,16	0,00	4,2
Lyngbygårds Ådal	174	0	67,17	40,58	51,33	14,88	38,1
Årslev Engsø	215,6	116,94	5,03	20,16	56,33	17,15	34,1
Rævs Å	99,9	0	23,01	17,62	35,17	24,06	59,3
Tolstrup Enge	29,8	0	13,80	13,57	2,39	0,00	8,0
Gundesbøl Å	7,2	0	0,95	1,51	3,46	1,28	65,8
Bølling Nørrebæk	9,6	0	3,65	2,59	3,00	0,34	34,8
Slivsø	319,2	168,96	39,37	50,33	50,22	10,34	19,0
Sandskær	5,8	0	1,12	1,99	2,73	0,00	47,1
Mjels Sø	53,7	45,36	6,52	1,79	0,05	0,00	0,1
Bundsø	151,9	0	137,62	13,88	0,37	0,00	0,2
Grøngrøft	25,4	0	1,05	0,59	5,06	18,70	93,5
Rønshoved	21,4	0	0,92	4,40	16,12	0,00	75,3
Kærby Mose	61,7	0	24,40	11,09	11,75	14,51	42,6
Hjulby Mose	33,7	0	4,60	6,06	17,27	5,81	68,5
Lindkær Å	84	12,01	1,66	14,09	39,34	16,93	67,0
Sallinge	6,9	0	5,55	1,32	0,01	0,00	0,1
Sallinge	16,4	0	7,61	3,42	4,51	0,83	32,6
Geddebækken	44,1	0	4,12	2,29	18,18	19,54	85,5
Snaremose Sø	34	0	31,11	2,62	0,22	0,00	0,6
Skenkel Sø	85,9	15,98	7,66	8,61	16,81	36,81	62,4
Totaler	3591,5	1170,5	680,18	345,59	615,58	779,56	
Procent		32,6	18,9	9,6	17,1	21,7	

6 Sammenfatning og analyser

Nedenstående tabeller viser resultater for overvågningen af vådområder i perioden 2015 – 2021 (tabellerne 89, 90, 91, 93, 94 og 95) samt data fra tidligere overvågning, som blev gentaget i perioden 2015 - 2021 (tabellerne 92 og 96). Der er lavet statistik på det samlede datamateriale fra perioden 2015 - 2021, dog er der udeladt data fra enkelte vådområder på grund af for stor usikkerhed på data. Det gælder: Tim Enge, Kærby Mose og Rævs Å.

Tabel 89. Samlet oversigt over den arealspecifikke kvælstoffjernelse i de overvågede vådområder i 2015 samt den procentuelle fjernelse i relation til belastningen. Fra Hoffmann et al. (2018a)

Vådområde	TN fjernelse		Nitrat-N fjernelse	
	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$	%
Årslev Engsø	261	15	299	21
Geddebækken	24	5	26	6
Grøngrøft	98	40	88	49
Lyngbygaards å	308	12	304	13
Sandskær	176	42	203	54
Snaremose sø!	191	39	190	42
Tim Enge	-8	-1	34	4
Tim Enge alternativ*	67	5	34	4
Vilsted sø	69	23	110	41

* Denne beregning tager højde for, at en observeret resuspension kun varede i 3 dage

! Snaremose sø er en lavmose og ikke en sø

Tabel 90. Samlet oversigt over den arealspecifikke kvælstoffjernelse i de overvågede vådområder i 2016 - 2017 - 2018 samt den procentuelle fjernelse i relation til belastningen. For Vissing Enge og Kærby mose er der medtaget to sæt beregninger. A: beregningen anvender målt indløb og B: beregningen anvender indløb=udløb (Q_ind=Q_ud). som anses for det mest sandsynlige. Fra Hoffmann et al. (2021)

Vådområde	TN fjernelse		Nitrat-N fjernelse	
	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$	%	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$	%
Bølling Nørrebæk	133	15	153	21
Egå Engsø	169	24	257	51
Vissing Enge A	20	34	29	58
Vissing Enge B	63	62	67	76
Rønshoved	-17	-10	0	0
Kærby Mose A	-25	-17	-19	-15
Kærby Mose B	24	12	21	13
Hjulby Mose	10	64	8	66
Sallinge Å. 1	274	24	237	24
Sallinge Å. 2	119	8	97	8
Sallinge Å. 6	143	27	145	30
Skenkelsø	6	25	14	96

Tabel 91. Samlet oversigt over den arealspecifikke kvælstoffjernelse i de overvågede vådområder i 2018 - 2019 – 2020 - 2021 samt den procentuelle fjernelse i relation til belastningen. For Rævs Å er der medtaget to sæt beregninger. 1: beregningen anvender målt indløb og 2: beregningen anvender indløb=udløb (Q_ind=Q_ud), som anses for det mest sandsynlige. Data fra denne rapport.

Vådområde	TN fjernelse		NO_3^- fjernelse	
	kg N ha^{-1} $år^{-1}$	%	kg N ha^{-1} $år^{-1}$	%
Sliv Sø	185	26	232	40
Tissing Vig	287	70	320	88
Grynderup Sø	39	28	70	59
Rævs Å (1)	-655	-27	-468	-24
Rævs Å (2)	36	1	89	4
Tolstrup Enge	25	4	34	7
Mollerup Bæk	22	5	48	12
Feldsted Kog 2019	34	18	36	26
Feldsted Kog 2020	26	25	31	40
Torsted Sø 2019	45	17	61	31
Torsted Sø 2020	7	4	40	25
Gundesbøl Å	30	21	26	22
Hund Sø 2019	346	36	400	46
Hund Sø 2020	233	32	230	36
Bundsø	100	62	100	79
Mjels Sø	43	11	43	18

Tabel 92. Arealspecifik kvælstoffjernelse fra tidligere monitering af 5 vådområder. Hoffmann et al. (2006) og Hoffmann et al. (2011).

Vådområde og år for monitering)	TN fjernelse	
	Kg N ha^{-1} $år^{-1}$	%
Årslev Engsø; 2003-04	252	20
Geddebækken; 2004-05	90	39
Lyngbygaards å*; 2008	196	8
Snaremose sø!; 2003-04	256	31
Slivsø; 2004-05	244	36

*Nitratfjernelse- ikke TN; ! Snaremose sø er en lavmose

Tabel 93. Oversigt over den arealspecifikke fosforfjernelse i de overvågede vådområder i 2015 samt den procentuelle fjernelse i relation til belastningen. Data fra Hoffmann et al. (2018a)

Vådområde	TP retention		Fosfat-P retention	
	kg ha^{-1} $år^{-1}$	%	kg ha^{-1} $år^{-1}$	%
Årslev Engsø	10,3	18	13,2	47
Geddebækken	-0,5	-8	1,5	60
Grøngrøft	0,0	0	-1,1	-16
Lyngbygaards å	6,4	13	3,2	20
Sandskær	-0,6	-5	-2,2	-36
Snaremose sø	-0,6	-10	-0,5	-11
Tim Enge	-5,8	-10	1,4	12
Tim Enge alternativ	13,0	21	1,4	12
Vilsted sø	-1,4	-29	2,0	65

Tabel 94. Samlet oversigt over den arealspecifikke fosforfjernelse i de overvågede vådområder i 2016 - 2017 – 2018 samt den procentuelle fjernelse i relation til belastningen. For Vissing Enge og Kærby mose er der medtaget to sæt beregninger. A: beregningen anvender målt indløb og B: beregningen anvender indløb=udløb (Q_ind=Q_ud). som anses for det mest sandsynlige. Data fra Hoffmann et al. (2021)

Vådområde	TP retention		Fosfat-P retention	
	kg ha^{-1} $år^{-1}$	%	kg ha^{-1} $år^{-1}$	%
Bølling Nørrebæk	0,0	0,2	0,3	12
Egå Engsø	-3,4	-20	5,6	76
Vissing Enge A	-1,3	-126	0,0	-4
Vissing Enge B	-0,6	-38	0,3	40
Rønshoved	-1,8	-20	1,0	25
Kærby Mose A	-0,1	-24	0,1	29
Kærby Mose B	0,7	53	0,4	73
Hjulby Mose	0,4	86	0,2	79
Sallinge Å. 1	12,9	47	6,5	46
Sallinge Å. 2	12,8	28	10,7	34
Sallinge Å. 6	-0,8	-50	-0,2	-28
Skenkelsø	-1,5	-146	-0,9	-321

Tabel 95. Samlet oversigt over den arealspecifikke fosforfjernelse i de overvågede vådområder i 2018 - 2019 – 2020 - 2021 samt den procentuelle fjernelse i relation til belastningen. For Rævs Å er der medtaget to sæt beregninger. 1: beregningen anvender målt indløb og 2: beregningen anvender indløb=udløb (Q_ind=Q_ud men med korrektion for nedbør og fordampning), som anses for det mest sandsynlige. Data fra denne rapport

Vådområde	TP retention		PO_4^{3-} retention	
	kg P ha^{-1} $år^{-1}$	%	kg P ha^{-1} $år^{-1}$	%
Sliv Sø	-0,79	-6	1,67	29
Tissing Vig	1,21	15	2,09	51
Grynderup Sø	-1,81	-67	0,21	18
Rævs Å (1)	4,14	10	5,36	37
Rævs Å (2)	21,59	38	14,50	61
Tolstrup Enge	2,68	18	1,16	13
Mollerup Bæk	0,56	10	0,96	39
Feldsted Kog	-0,18	-7	0,29	27
Feldsted Kog	0,52	17	0,40	39
Torsted Sø 2019	-0,21	-5	0,28	10
Torsted Sø 2020	-3,00	-86	-0,42	-18
Gundesbøl Å	1,60	42	0,22	25
Hund Sø 2019	3,35	33	1,58	35
Hundsø 2020	2,18	23	1,93	51
Bundsø	2,34	55	1,30	70
Mjels Sø	2,99	16	-2,16	-29

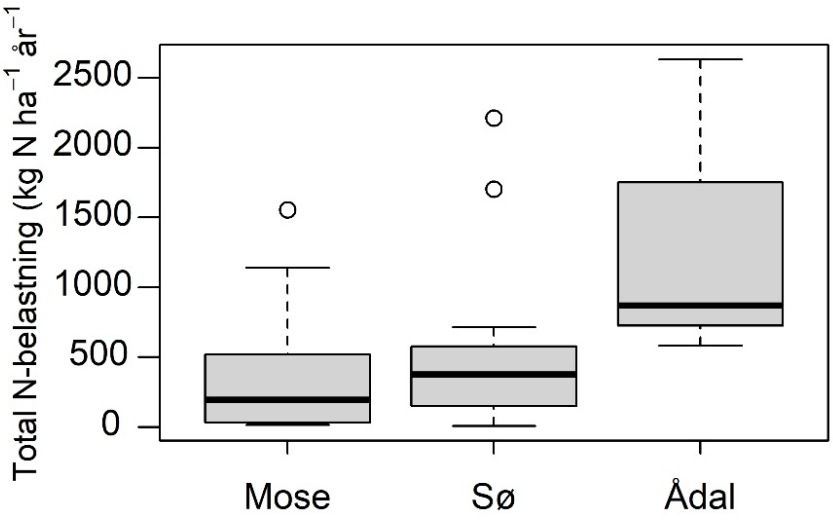
Tabel 96. Arealspecifik fosforfjernelse fra tidligere monitering af 5 vådområder. Data fra Hoffmann et al. (2006) og Hoffmann et al. (2011)

Vådområde og år for monitering)	TP retention	
	Kg P ha^{-1} $år^{-1}$	%
Årslev Engsø; 2003-04	-1,43	-5
Geddebækken; 2004-05	0,56	21
Lyngbygaards å*; 2008	-1,58	-4
Snaremose sø; 2003-04-05	2,63	18
Slivsø; 2004-05	2,9	23

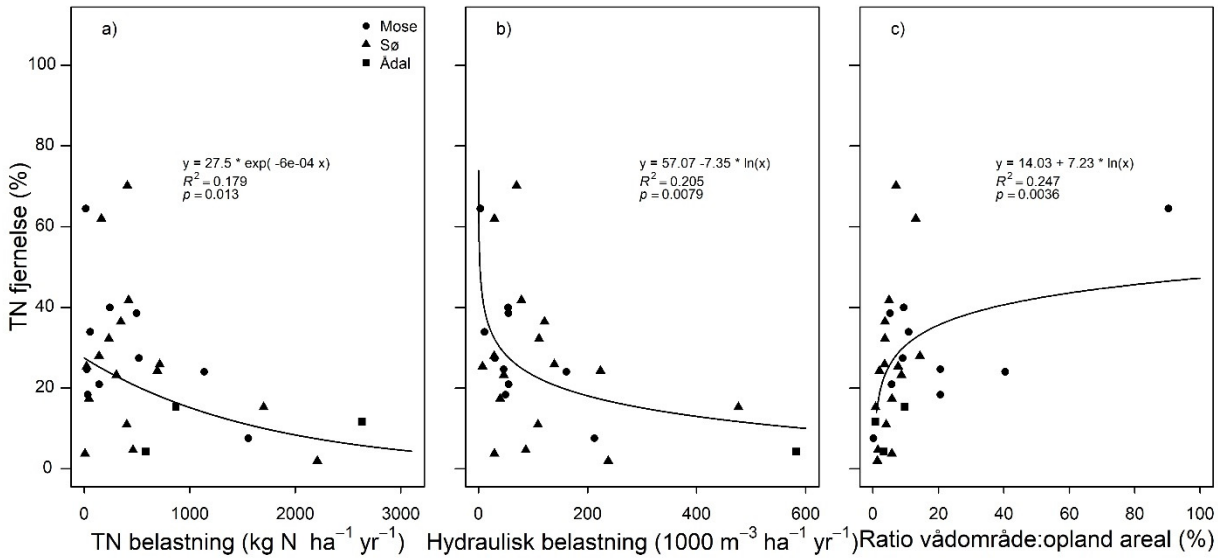
De overvågede områder er delt i 3 typer: lavmose-, sø- og ådalsprojekter, hvor lavmosetypen er lavbundsarealer med mosepræg beliggende uden for egentlige ådale eller i ådale, hvor lavmosepartier er genskabt, men hvor hele ådalen ikke er restaureret. TN medianbelastningen var størst i ådalsprojekterne 869 kg ha^{-1} $år^{-1}$, mens den lå noget lavere for sø og lavmoseprojekterne, der kun havde en medianbelastning på henholdsvis 375 og 194 kg N ha^{-1} $år^{-1}$ (figur 26)

Statistisk analyse af TN-fjernelseseffektiviteten viste, at den var afhængig af TN-belastningen, som kunne forklare 18 % af variationen, den hydrauliske belastning kunne forklare 21 % af variationen og endelig kunne forholdet mellem opland og vådområde forklare 25 % af variationen (figur 27).

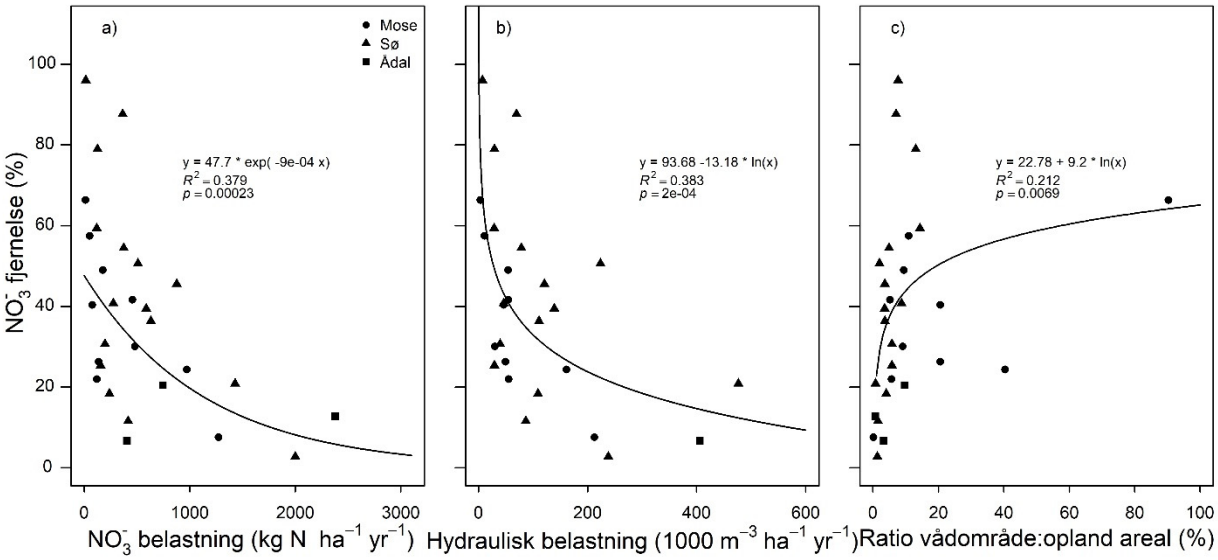
På tilsvarende vis viste den statiske analyse af NO_3^- -N fjernelses-effektiviteten, at NO_3^- -N belastningen kunne forklare 38 % af variationen, den hydrauliske belastning kunne ligeledes forklare 38 % af variationen og endelig kunne forholdet mellem opland og vådområde forklare 21 % af variationen.



Figur 26. Analyse af total N-belastning i forhold til type af vådområde. Boksplot viser median og 1,5 kvartilbredde, min og maks (uden outliers). Outliers (cirkler) er de observationer, som ligger uden for 1,5 kvartilbredde.



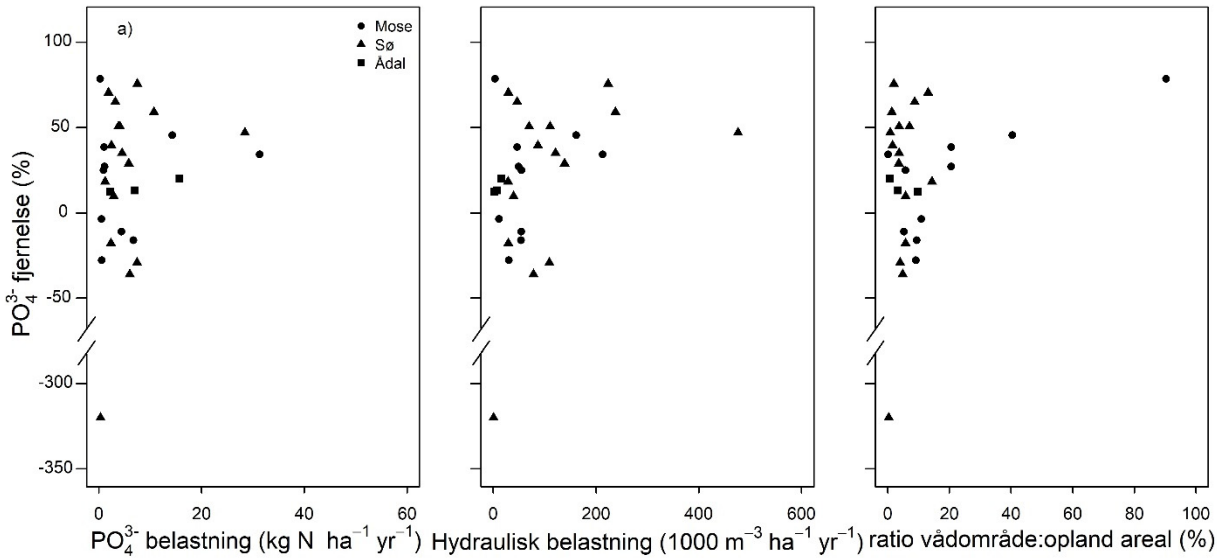
Figur 27. Analyse af TN-effektiviteten i forhold til TN-belastning, Hydraulisk belastning og Ratio mellem vådområde og oplands areal.



Figur 28. Analyse af NO_3^- -N effektiviteten i forhold til NO_3^- -N belastning, Hydraulisk belastning og Ratio mellem vådområde og oplands areal.

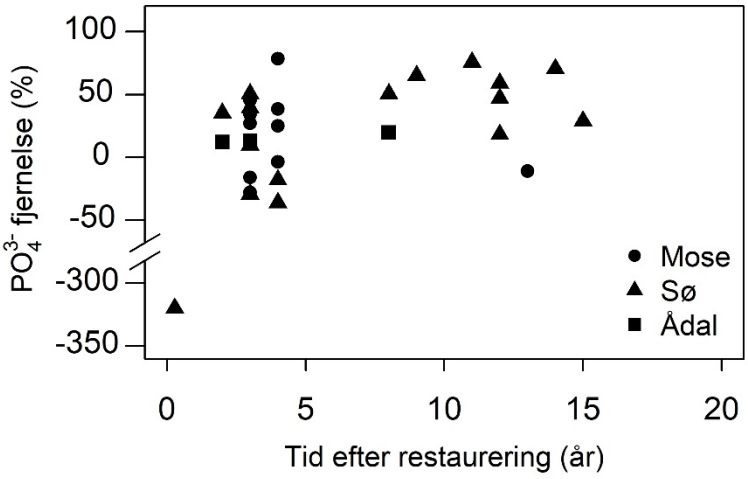
Både TP og PO_4^{3-} -P fjernelsen blev analyseret for mulig afhængighed af P-belastning, hydraulisk belastning og forholdet mellem opland og vådområde. Men her var ingen sammenhæng (figur 29; kun PO_4^{3-} -P vist).

Det blev også undersøgt, om tiden efter restaurering kunne have indflydelse på TP og PO_4^{3-} -P fjernelsen. Men der kunne ikke findes nogen sammenhæng (figur 30; kun vist for PO_4^{3-} -P fjernelsen)



Figur 29. Analyse af PO_4^{3-} -P effektiviteten i forhold til PO_4^{3-} -P belastning, Hydraulisk belastning og Ratio mellem vådområde og oplands areal.

Figur 30. PO_4^{3-} -P fjernelseseffektiviteten i relation til tid efter restaurering for de 3 typer vådområder.



Den største kvælstoffjernelse fandtes i sø- og ådalsprojekterne med en gennemsnitlig NO_3^- -N fjernelse på 162 kg N ha^{-1} år^{-1} og en TN-fjernelse på henholdsvis 132 og 167 kg N ha^{-1} år^{-1} (tabel 97). Lavmoseprojekterne lå noget lavere med en fjernelse på lige godt 50 kg N ha^{-1} år^{-1}.

Samlet for alle overvågede vådområder lå den gennemsnitlige TN-fjernelse på 115 ± 39 kg N ha^{-1} år^{-1} (95 % konfidensinterval), og den gennemsnitlige NO_3^- -N fjernelse på 129 ± 42 kg N ha^{-1} år^{-1}.

Tabel 97. Gennemsnitlig TN og NO_3^- -N fjernelse for de 3 typer vådområde-projekter (Mean). N=antal år; Std dev=standard afvigelse; L95 og U95= nedre og øvre 95% konfidensintervaller; Min & Max= minimum og maksimumsværdier; Var koeff= variationskoefficient. Enhed kg N ha^{-1} $år^{-1}$

Type	Variabel	N	Mean	Std dev	L 95%	U 95%	Min	Max	Var koeff
Søer	NO_3^- -N	15	162	122	94	230	14	400	76
Ådale	NO_3^- -N	6	162	97	60	263	34	304	60
Lavmoser	NO_3^- -N	9	52	58	8	97	0	190	111
Søer	TN	15	132	112	70	194	4	346	85
Ådale	TN	6	167	105	56	278	25	308	63
Lavmoser	TN	9	51	62	4	98	-17	191	121

I forhold til tidligere overvågning lå kvælstoffjernelsen i Årslev Engsø på samme niveau som tidligere 261 – 252 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$ (tabel 89 og 92). Snaremose (191 – 256 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$) og Slivsø (185 – 244 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$) lå også rimelig tæt på de tidligere resultater (tabel 89, 91 og 92). Lyngbygårds Å havde noget større TN-tilbageholdelse i 2015 (308 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$) sammenlignet med 2008 (196 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$), hvor åen lige var blevet gensnoet og ådalen restaureret. Kvælstoftilbageholdelsen i Gedebækken vådområde var kun på 24 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$ i 2015 mod tidligere 90 kg TN ha^{-1} $år^{-1}$. Årsagen hertil er, at kun et meget lille område – to små søer – fungerer aktivt som kvælstoffilter, mens hovedparten af projektområdet er inaktivt, og derfor kan der være stor årlig variation i kvælstoftilbageholdelsen, som følge af variation i nedbør og temperatur.

I tabel 98 er vist den oprindelige beregnede TN-fjernelse sammen med de målte TN-fjernelsesrater. For 10 af projektområderne er der god overensstemmelse mellem målt og beregnet, mens de beregnede TN-fjernelsesrater er noget højere for de resterende områder. Der kan være flere årsager til dette, men de klimatiske forhold i det pågældende måleår kan have væsentlig indflydelse på TN-fjernelsen (se f.eks. Hoffmann et al., 2012). En anden væsentlig faktor er vandbalancen, hvor det har vist sig vanskeligt at lave præcise opgørelser over til- og frafør sel af vand, både fordi det hviler på målinger foretaget månedligt, og fordi diffus tilførsel af grundvand er svær at beregne. Endvidere er tilløb af drænvand ofte svær at kvantificere, både målemæssigt og fordi drænene kun løber periodevis.

Den største fosfortilbageholdelse skete i ådalsprojekterne, hvor den gennemsnitlige PO_4^{3-} -P fjernelse var på 3,62 kg P ha^{-1} $år^{-1}$, mens den gennemsnitlige TP-fjernelse var 5,67 kg P ha^{-1} $år^{-1}$ (tabel 99). Søerne havde en gennemsnitlig PO_4^{3-} -P fjernelse på 1,68 kg P ha^{-1} $år^{-1}$ og en TP-fjernelse på 0,68 kg P ha^{-1} $år^{-1}$. For lavmoseprojekterne var den gennemsnitlige PO_4^{3-} -P fjernelse 0,26 kg P ha^{-1} $år^{-1}$ og for TP et tab på 0,13 kg P ha^{-1} $år^{-1}$.

Tabel 98. Beregnede TN-fjernelsesrater inklusive bidraget fra ekstensivering, beregnet TN-fjernelse uden ekstensiveringsbidrag og sluttelig de målte TN-fjernelsesrater for de overvågede vådområder. Ekstensiveringsbidraget er nedgangen i N tab, når arealanvendelsen på projektarealet ændres til vådområde, f.eks. fra omdrift til vådområde..

Område	År for beregning	Beregnet inc. Ekstensivering Kg N ha^{-1} $år^{-1}$	Ekstensivering Kg N ha^{-1} $år^{-1}$	Beregnet TN fjernelse Kg N ha^{-1} $år^{-1}$	Målt TN fjernelse Kg N ha^{-1} $år^{-1}$
Bølling Nørrebæk	2013	115	21	94	133
Bundsø *	2011	170	44	126	100
Mjels Sø **	2011	260	42	218	43
Egå Engsø ***	2006	249	28	222	169
Feldsted kog ****X	2010	165	39	126	30
Geddebækken	2003	125	35	90	24
Grynderup Sø	1999	?	?	204	39
Grøngrøft	2012	?	?	179	98
Gundesbøl Å	2013	?	?	178	30
Hjulby Mose	2010	?	?	124	10
Hundsø Nord X	2010	?	?	182	290
Kærby Mose	2012	135	26	109	24
Lyngbygårds Å	2004	245	50	195	308
Mollerup	2013	113	50	63	22
Rævs Å	2011	135	50	85	36
Rønshoved	2012	80	7	73	-17
Sallinge Å §	2006	127	26	153	119-274
Sandskær	2011	164	0	164	176
Skenkelsø	2005	166	7	159	6
Slivsø	2002	440	40	400	185
Snaremose	2002	256	35	221	191
Tim Enge	2004	250	43	207	67
Tissing Vig	2009	258	38	220	287
Tolstrup Enge	2012	124	23	101	25
Torsted Sø X	2011	118	33	85	26
Vilsted Sø	2002	215	50	165	69
Vissing Enge	2010	188	31	157	63
Årslev Engsø	2002	382	50	332	261

* Bundsø: Den oprindelige N-beregning er overestimeret, idet den beregner, at 130 ha vådbundsareal vil fjerne 70% af en tilført mængde på 5555 kg N. Men da søen dækker et areal på 130 ha, er der kun 25 ha vådbundsareal tilbage af det samlede projektareal. Kvælstoffjernelsen på de 25 ha vådområde kunne således maksimalt andrage 70 % fjernelse af en tilført N belastning på 700 kg N = 490 Kg N. Den samlede TN fjernelse kan således opgøres til 130 kg N ha^{-1} $år^{-1}$

** Kvælstoffjernelsen blev i 2005 beregnet til 315 kg N ha^{-1}

*** N-beregningen for søen er ikke helt korrekt, da den beregner procentvis N-retention per halvår, hvilket formlen for beregning af procentuel N tilbageholdelse i søer ikke tillader

**** Oprindelig beregning lavet for 220 ha. Omregnet til aktuelt projektareal på 180 ha

§ 3 uafhængige delområder blev overvåget

X Målt TN-fjernelse er gennemsnit af 2 års målinger

? information om kvælstofbidrag via ekstensivering kunne ikke findes

Tabel 99. Gennemsnitlig TP og PO_4^{3-} -P fjernelse for de 3 typer vådområde-projekter (Mean). N=antal år; Std dev=standard afvigelse; L95 og U95= nedre og øvre 95% konfidensintervaller; Min & max= minimum og maksimumsværdier; Var koeff= variationskoefficient. Enhed kg P ha^{-1} $år^{-1}$.

Type	Variabel	N	Mean	Std dev	L 95%	U 95%	Min	Max	Var koeff
Søer	PO_4^{3-} -P	15	1,68	3,72	-0,38	3,74	-2,20	13,20	221,52
Ådale	PO_4^{3-} -P	6	3,62	4,24	-0,84	8,07	-0,20	10,70	117,35
Lavmoser	PO_4^{3-} -P	9	0,26	0,95	-0,32	0,84	-1,10	1,50	293,49
Søer	TP	15	0,68	3,38	-1,19	2,56	-3,40	10,30	494,82
Ådale	TP	6	5,67	6,11	-0,74	12,08	-0,80	12,90	107,77
Lavmoser	TP	9	-0,13	0,94	-0,85	0,59	-1,80	1,60	-730,06

Samlet for alle overvågede vådområder lå den gennemsnitlige fosfor-fjernelse på 1,64 ± 1,26 kg PO_4^{3-} -P ha^{-1} $år^{-1}$ og 1,44 ± 1,54 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$.

I forhold til tidligere overvågning var der en markant ændring i tilbageholdelsen af TP i Årslev Engsø, som tilbage i 2003 havde et tab på 1,43 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$, men en tilbageholdelse på 10,3 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$ i 2015 (tabel 93 og 96). I etableringsåret 2008 havde Lyngbygårds Å et tab på 1,58 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$, mens resultatet i 2015 var en tilbageholdelse på 6,4 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$. Tilbage i 2003-04 tilbageholdt Slivsø 2,9 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$ (tabel 96), mens der i 2019 var et tab på 0,79 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$ (tabel 95) formentlig på grund af tab af organisk fosfor stammende fra primærproduktion i form af alger og andet dødt organisk materiale. I overvågningsperioden 2003-04-05 tilbageholdt Snaremose 2,63 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$ (tabel 96), mens der var et tab på 0,6 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$ i 2015 (tabel 93). I 2004-05 tilbageholdt Gedebækken 0,56 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$, hvorimod der var et tab på 0,5 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$ i 2015 (tabel 93 og 96).

Der blev lavet statistiske analyser, hvor det blev undersøgt om kulstofindholdet havde indflydelse på TN-tilbageholdelsen, nitratfjernelsen samt fosfat- og TP-retention / tab. Analyserne blev foretaget både på det samlede materiale, samt på de 3 typer søer, ådale og lavmoser. Der kunne ikke påvises nogen sammenhæng på hverken kvælstoftilbageholdelse eller fosforretention (analyserne er ikke medtaget i denne rapport).

Samlet set må det konkluderes, at restaurerede vådområder tilbageholder eller fjerner kvælstof via planteoptag og denitrifikation. Der er stor variation både mht. tilbageholdelsesrater og effektivitet, hvilket kan forklares ved en eller flere af følgende faktorer: varierende kvælstofbelastning, klimatiske forhold såsom nedbørsfattige år contra nedbørsrige år, kolde eller milde vintre samt måletekniske problemer, der især knytter sig til opstilling af en pålidelig vandbalance.

Det kan konstateres, at der er stor variation med hensyn til tilbageholdelse af fosfor i de overvågede vådområder. Spændet går fra et tab på 3,4 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$ til en retention på 12,9 kg TP ha^{-1} $år^{-1}$. Der er tilbageholdelse af TP i lidt over halvdelen af de overvågede områder og tilbageholdelse af fosfat i 21 områder, men nogle genetablerede søer taber organisk fosfor.

7 Referencer

Alectia. Vådområdeprojekt ved Tolstrup Enge. Teknisk forundersøgelse 8. november 2012. MILJØMINISTERIET NATURSTYRELSEN SØHØJLANDET

Alectia. Vådområdeprojekt Gudenåens Sidedale. Teknisk forundersøgelse. November 2013. MILJØMINISTERIET NATURSTYRELSEN SØHØJLANDET

COWI. 2011. Fosforfrigivelse fra vådområdeprojekter ved Feldsted Kog og Råsted Lilleå. Rapport til Holstebro Kommune 18 januar 2011.

Greve, M.H., Greve, M.B. og Pedersen, B.F. 2019. Kortlægning af jordens kulstofindhold i Danmark. Redegørelse for metode og usikkerheder. Institut for Agroøkologi, AU.

Hoffmann. C.C., Baattrup-Pedersen. A., Amsinck. S.L. & Clausen. P. 2006: Overvågning af Vandmiljøplan II vådområder 2005. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport nr. 576 fra DMU. 128 pp.

Hoffmann. C.C., Kronvang. B. and Audet. J. 2011. Evaluation of nutrient retention in four restored Danish riparian wetlands. Hydrobiologia 674:5–24

Hoffmann, C.C., Heiberg, L Audet, J, Schønfeldt, B., Fuglsang, A., Kronvang, B., Ovesen, N.B., Kjaergaard, C., Hansen, H.C.B. and Jensen, H.S. 2012. Low phosphorus release but high nitrogen removal in two semi-natural riparian wetlands inundated with agricultural drainage water. Ecological Engineering, 46, 75-87. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2012.04.039

Hoffmann. C.C., Audet. J., Ovesen. N.B., Larsen. S.E. og Kjeldgaard. A. 2018a. Overvågning af vådområder 2015. NOVANA. Aarhus Universitet. DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 46 s. - Videnskabelig rapport nr. 293 http://dce2.au.dk/pub/SR293.pdf

Hoffmann, C.C., Kronvang, B., Andersen, H.E. Kjeldgaard, A. og Kjærgaard, C. 2018b. Kvantificering af fosfortab fra N og P vådområder. Notat fra DCE rev. 15 oktober 2018i 2018.

Hoffmann, C.C., Audet, J., Ovesen, N.B. og Kjeldgaard, A. 2021. Overvågning af vådområder 2016 - 2017 – 2018. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 60 s. - Videnskabelig rapport nr. 480. http://dce2.au.dk/pub/SR480.pdf

Kronvang, B., Søndergaard, M., Hoffmann, C.C., Thodsen, H., Ovesen, N.B., Stjernholm, M., Nielsen, C.B., Kjærgaard, C., Schønfeldt, B. & Levesen, B. 2011: Etablering af P-ådale. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 67 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 840.
http://www.dmu.dk/Pub/FR840.pdf

Naturstyrelsen Blåvandshuk. 2013. Gundesbøl Å - Vådområdeprojekt.

Nielsen, P.V. 2010. Genetablering af Hundsø. PV/Natur og Miljørådgivning

Pedersen, S.V. 2017. Kvælstoffjernelse fra Torsted Sø Vådområde -kvantificering og Optimering af Denitrifikation. Afgangsspeciale, Aalborg Universitet, Miljøteknologi CST.

OVERVÅGNING AF VÅDOMRÅDER 2018 – 2019 – 2020 - 2021

NOVANA

Overvågningsprogrammet for vådområder er udført for 12 områder i årene 2018 – 2019 – 2020 - 2021 med henblik på at dokumentere den miljømæssige effekt af genopretningen af vådområder. Kvælstoffjernelsen er negativ i et enkelt område og ligger i intervallet 22 til 324 kg TN ha^{-1} projektområde $år^{-1}$ (4 til 62 %). Der er både nettotab af fosfor og tilbageholdelse af fosfor i vådområderne. Tilbageholdelse af total fosfor varierer fra -3,00 til + 3,35 kg TP ha^{-1} projektområde $år^{-1}$ (-86 % til 55 %). Herudover er der lavet sammenfatning og analyse af alle overvågede vådområder siden 2015 rapporteret i Hoffmann et al, 2018a og Hoffmann et al, 2021.

ISBN: 978-87-7156-xxxxxxxxxxxxxx
ISSN: 2244-9981