



# VAND- OG NÆRINGSSTOFTILFØRSEL TIL HOLCKENHAVN FJORD

Leverance til Kystvandråd for Holckenhavn Fjord

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 387

2026



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



# VAND- OG NÆRINGSSTOFTILFØRSEL TIL HOLCKENHAVN FJORD

Leverance til Kystvandråd for Holckenhavn Fjord

---

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 387

2026

Hans Thodsen  
Henrik Tornbjerg  
Emil Muff

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 387
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Vand- og næringsstofftilførsel til Holckenhavn fjord
Undertitel:	Leverance til Kystvandråd for Holckenhavn Fjord
Forfattere:	Hans Thodsen, Henrik Tornbjerg, Emil Muff
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	<a href="https://dce.au.dk">https://dce.au.dk</a>
Udgivelsesår:	Maj 2026
Redaktion afsluttet:	Maj 2026
Faglig kommentering:	Albert Rosenkrantz Conradsen
Kvalitetssikring, DCE:	Iben Kongsfelt
Ekstern kommentering:	Der er ikke modtaget kommentarer til rapporten
Finansiell støtte:	Kystvandråd for Holckenhavn Fjord via SEGES-innovation
Bedes citeret:	Thodsen. H., Tornbjerg. H., Muff. E..2026. Vand- og næringsstofftilførsel til Holckenhavn fjord - Leverance til Kystvandråd for Holckenhavn Fjord. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 21 s. - <a href="#">Teknisk rapport nr. 387</a>
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten beskriver oplandet til Holckenhavn med fokus på udviklingen i næringsstofftransport siden 1990. Her analyseres variationer i afstrømning samt tilførsel og koncentrationer af kvælstof og fosfor over tid og mellem årstider. Hertil vurderes fordelingen mellem uorganiske og totale næringsstoffraktioner. Endelig gennemgås de månedlige mønstre i tilførsel og koncentrationer, deres sammenhæng med afstrømningen samt betydningen af diffuse kilder og punktkilder.
Emneord:	Kystvandråd, Holckenhavn fjord, Vandafstrømning, Næringsstofftransport, Kildeopsplitning
Foto forside:	Colourbox
ISBN:	978-87-7648-061-5
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	21

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>Sammenfatning</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1 Kort og målegrundlag</b>	<b>8</b>
1.1 Næringsstofftab fra det målte opland	10
<b>2 Vandafstrømning og næringsstofftilførsel</b>	<b>11</b>
2.1 Kvælstof	11
2.2 Andel uorganisk kvælstof af total kvælstof	12
2.3 Fosfor	13
2.4 Andel orthofosfat af total fosfor	14
<b>3 Månedlig vandafstrømning og næringsstofftilførsel</b>	<b>16</b>
3.1 Kvælstof	16
3.2 Fosfor	17
<b>4 Kildeopspaltet næringsstofftilførsel</b>	<b>19</b>
4.1 Kvælstof	19
4.2 Fosfor	20
<b>5 Referencer</b>	<b>21</b>



## Forord

Nærværende rapport afrapporterer en række oplandsanalyser, der udføres af DCE, Aarhus Universitet for Kystvandråd for Holckenhavn. Rapporten omfatter resultaterne af den del af projektet, der beskriver oplandsforholdet, næringsstofbidraget og ferskvandsafstrømningen til Holckenhavn.

AU/DCE har indgået kontrakt med SEGES-innovation omkring "opgørelse af næringsstofbidraget og vandafstrømning til Holckenhavn". SEGES-innovation har kontrakt på opgaven med kystvandrådet via Nyborg kommune.

## Sammenfatning

Oplandet til Holckenhavn er 221 km<sup>2</sup> stort, heraf er 201 km<sup>2</sup> målt opland, hvilket svarer til 91%. Dette er en meget høj andel sammenlignet med landsgennemsnittet på 60%. Det største vandløb Vindinge Å deler sig ved Kullerup sluse, hvor en del af vandet ledes til Nyborg Fjord. Der findes en målestation #44000021 opstrøms Kullerup sluse med fuld målt tidsserie tilbage til 1990. Nedstrøms sluse findes en målestation #44000020 med målt tidsserie fra 2017-2021.

I NOVANA rapporteringen anvendes målestationen opstrøms Kullerup sluse, men i dette notat anvendes der også data fra målestationen nedstrøms slusen, da dette giver et mere retvisende billede af tilførslen af vand og næringsstoffer til Holckenhavn.

Ferskvandsafstrømningen varierer markant årene imellem grundet vejrmæssige forhold. Næringsstofftilførslen følger tæt udviklingen i ferskvandsafstrømningen med de største tilførsler af kvælstof og fosfor i våde år og markante lavere tilførsler i tørre perioder. Både tilførslen af kvælstof og fosfor er faldet igennem tidsserien. Den vandføringsvægtede koncentration af kvælstof er faldet fra omkring 10,5 mg N/l i begyndelsen af 1990'erne til omkring 5,5 mg N/l de seneste 5 år. Total-fosfor koncentrationen er ligeledes faldet fra omkring 0,2 mg P/l til omkring 0,1 mg P/l.

De to vandløbsmålestationer på Vindinge å, har for perioden 2017 – 2021 næsten samme vandføringsvægtede koncentration hhv. 6,0 mg N/l ved den opstrøms station og 5,8 mg N/l ved stationen nedstrøms Kullerup sluse.

Andelen af uorganisk kvælstof er ved målestationerne høj i hele perioden 2018–2021 og udgør omkring 85 % af den totale kvælstofmængde i oplandet. Der er dog tydelige sæsonforskelle, idet vinter og forår har de højeste andele, mens andelen falder i sommerperioden til omkring 74 %, før den igen stiger i efteråret. Orthofosfat udgør på årsbasis 52 % af den totale fosfor i oplandet. Andelen varierer mellem årtiderne og er højest om sommeren med 76 % og lavest i foråret med omkring 39 %.

Den gennemsnitlige månedlige afstrømning for perioden 2020–2023 er højest i vinterhalvåret og lavest i sommerhalvåret. Månedsvariationen i kvælstoftilførslen følger den månedlige afstrømning tæt, med høje tilførsler i efterårs- og vintermånederne og markant lavere tilførsler i sommerperioden.

Kvælstoftilførslen til Holckenhavn fjord er domineret af diffuse kilder, som udgør 95% af kvælstofmængden, mens punktkilder (rensingsanlæg og regnbetingede udløb) udgør 5%. Ligeledes er fosfortilførslen til Holckenhavn fjord domineret af diffuse kilder, som udgør 73% af fosfortilførslen. Regnbetingede udløb er de næststørste kilde og udgør ca. 17%, mens renseanlæg udgør de sidste 10%.

## Summary

The catchment area to Holckenhavn is 221 km<sup>2</sup>, of which 201 km<sup>2</sup> are monitored catchment area, corresponding to 91%. This is a very high proportion compared to the national average of 60%. The largest stream, Vindinge Å, divides at Kullerup sluice, where part of the water is diverted to Nyborg Fjord. A monitoring station (#44000021) is located upstream of Kullerup sluice with a complete measured time series dating back to 1990. Downstream of the sluice, a monitoring station (#44000020) exists with a measured time series from 2017–2021.

In the NOVANA reporting, the monitoring station upstream of Kullerup sluice is used, but in this note data from the monitoring station downstream of the lock are also used, as this provides a more representative picture of the transport of water and nutrients to Holckenhavn.

Freshwater runoff varies markedly between years due to weather conditions. Nutrient input closely follows the development in freshwater runoff, with the highest inputs of nitrogen and phosphorus occurring in wet years and markedly lower inputs during dry periods. Both nitrogen and phosphorus inputs have decreased throughout the time series. The flow-weighted concentration of nitrogen has decreased from around 10.5 mg N/l in the beginning of the 1990s to around 5.5 mg N/l during the last 5 years. The total phosphorus concentration has likewise decreased from around 0.2 mg P/l to around 0.1 mg P/l.

For the period 2017–2021, the two stream monitoring stations in Vindinge Å have almost the same flow-weighted concentration, respectively 6.0 mg N/l at the upstream station and 5.8 mg N/l at the station downstream of Kullerup sluice.

The proportion of inorganic nitrogen at the monitoring stations is high throughout the entire period 2018–2021 and constitutes around 85% of the total nitrogen amount in the catchment. However, clear seasonal differences are observed, as winter and spring have the highest proportions, while the proportion decreases during the summer period to around 74%, before increasing again in autumn. Orthophosphate constitutes 52% of the total phosphorus in the catchment on an annual basis. The proportion varies between seasons and is highest during summer at 76% and lowest during spring at around 39%.

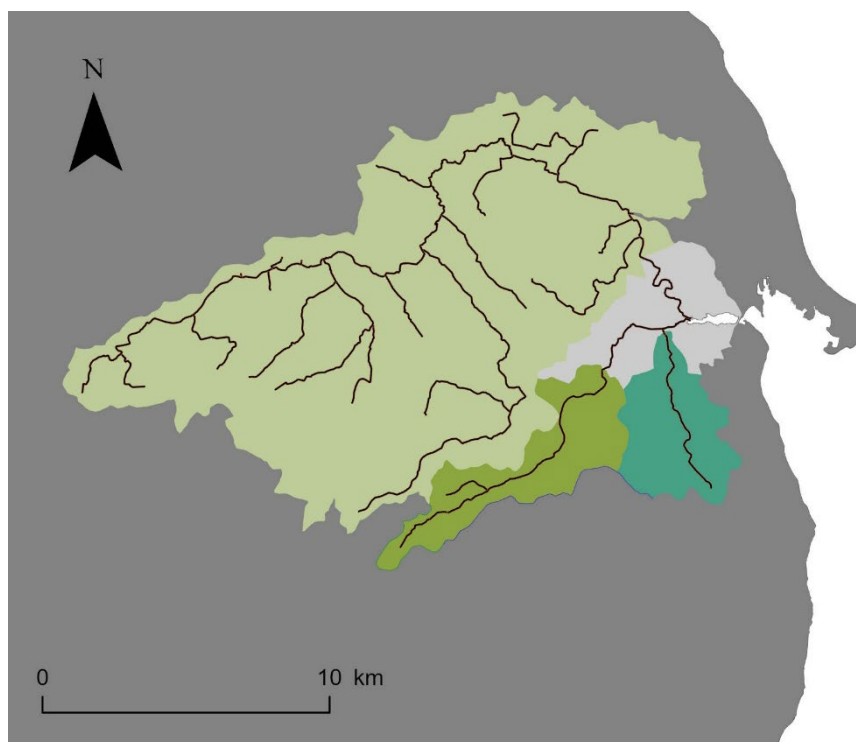
The average monthly runoff for the period 2020–2023 is highest during the winter half-year and lowest during the summer half-year. The monthly variation in nitrogen input closely follows the monthly runoff, with high inputs during the autumn and winter months and markedly lower inputs during the summer period.

Nitrogen input to Holckenhavn Fjord is dominated by diffuse sources, which constitute 95% of the nitrogen amount, while point sources (wastewater treatment plants and storm-related discharges) constitute 5%. Likewise, phosphorus input to Holckenhavn Fjord is dominated by diffuse sources, which constitute 73% of the phosphorus input. Storm-related discharges are the second largest source and constitute approximately 17%, while wastewater treatment plants constitute the remaining 10%.

# 1 Kort og målegrundlag

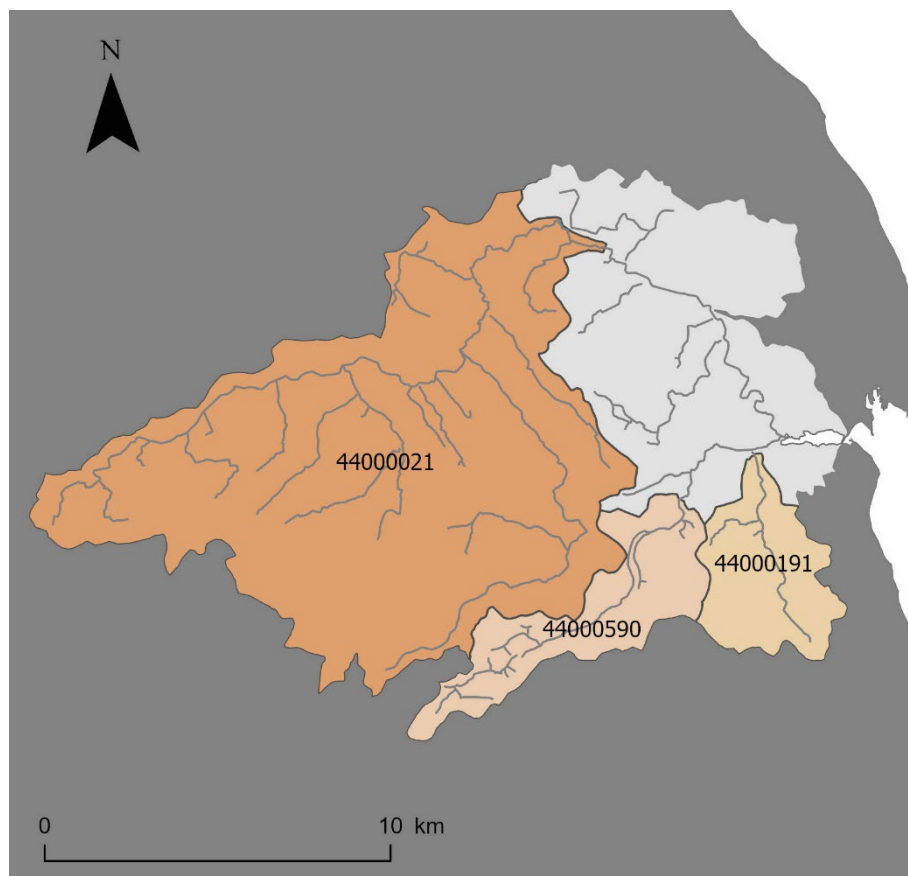
Oplandet til Holckenhavn fjord, på Østfyn lige syd for Nyborg, er 221 km<sup>2</sup> stort. Heraf er ca. 201 km<sup>2</sup> målt opland altså placeret opstrøms en vandløbsmålestation, svarende til ca. 91 % (Figur 1.1). 92 % er en meget høj andel af målt opland, landsandelen er omkring 60 %. Oplandet til Holckenhavn fjord udgøres af et enkelt 4. ordenskystopland, #6722.

**Figur 1.1.** Målt opland til tre vandløbsmålestationer (farvede områder) og umålt del af oplandet (lys grå). Målestationen i Vindinge å (nordlige målte opland) er (44000020). De to andre målestationsoplande, der er vist er (vest) Ørbæk Å (44000590) og (øst) Krogsbølle bæk (44000191). Numre refererer til ODA-observationssted# (<https://odaforalle.au.dk/>)



For oplandet er der den specielle situation, at det største vandløb i oplandet, Vindinge å, deles i to dele ved Kullerup sluse, vest for Nyborg. Her sendes en del af vandet til Nyborg og igennem voldgraven ved Nyborg slot til Nyborg fjord, mens hovedparten af vandet løber syd på til Holckenhavn fjord. Der kommer et separat notat fra DCE/AU angående vandmængder sendt til Nyborg fjord via Kullerup sluse og de tilhørende næringsstoftransporter i 2027 (Ovesen m.fl. 2027 in prepp). I NOVANA rapporteringen (Thodsen m.fl. 2024) anvendes en målestation, der er placeret opstrøms for Kullerup sluse, da denne har en fuld måletidsserie siden 1990, og da vand- og næringsstof transporterne her passer med oplandet (Figur 1.2).

**Figur 1.2.** Målt opland til tre vandløbsmålestationer (farvede områder) og umålt del af oplandet (lys grå). Målestationen i Vindinge å (nordlige målte opland) er ODA# 44000021. I Figur 1.1 er målestation 44000021 erstattet af den nedstrøms beliggende station 44000020, nedstrøms for Kullerup sluse.



Der findes dog en vandløbsmålestation (ODA# 44000020) nedstrøms for Kullerup sluse og således imellem slusen og Holckenhavn fjord (se Figur 1.1). Denne station har målte transporter af vand og næringsstoffer for perioden 2017-2021. Det er således bedre at benytte den nedstrøms målestation når formålet som i denne rapport er at beregne en nutidig tilførsel af vand og næringsstoffer til Holckenhavn fjord. Når der fx beregnes et arealspecifikt næringsstofftab eller afstrømning for målestationen skal man dog huske at tabet i oplandet reelt er højere, da en del af vandet (og næringsstofferne) transporteres til et andet farvand (Nyborg fjord).

Da måletidsserien for målestationen nedstrøms Kullerup sluse (44000020) ikke har målinger siden 2021, er alle analyser i denne rapport, hvor disse målinger indgår, begrænset til perioden 2017 - 2021. Den målte kvælstofkoncentration for station 44000021 opstrøms Kullerup sluse som har fuld måletidsserie for perioden 2017 - 2021 beregnet til 6,0 mg N/l mens den for perioden 2022 - 2024 er beregnet til 4,7 mg N/l. Det skal bemærkes at 2019 har en usædvanligt høj koncentration pga. en stor mængde kvælstof der ikke blev optaget i afgrøderne i det tørkeramte 2018. For 2024 er situationen den modsatte, her ser det ud til, at de rekordstore vandmængder (Thodsen m.fl., 2025) medfører en fortyndingseffekt og dermed en usædvanlig lav koncentration. Derfor er de to perioder ikke direkte sammenlignelige. Hvis de to år udelades, er koncentrationerne for de to korte perioder 2017 - 2021 og 2022 - 2023 forholdsvis ens hhv. 5,6 mg N/l og 5,4 mg N/l. De to stationer på Vindinge å, har for perioden 2017 - 2021 næsten samme vandføringsvægtede koncentration hhv. 6,0 mg N/l ved den opstrøms station og 5,8 mg N/l ved stationen nedstrøms Kullerup sluse. Forskellen er dog større imellem de enkelte år. Det tyder samlet set på at der sker en mindre fortynding af kvælstofkoncentrationen imellem de to stationer.

På Figur 1.1 ses oplande til de to andre vandløbsmålestationer i oplandet til fjorden, (vest) Ørbæk Å (44000590) og (øst) Krogsbølle bæk (44000191). Numre refererer til ODA-observationssted# (<https://odaforalle.au.dk/>). Stationerne har måledata for perioden siden hhv. 2018 og 2017 og til 2024.

Der anvendes i denne rapport ofte vandføringsvægtede koncentrationer. Den vandføringsvægtede koncentration refererer her til koncentrationer, hvor mængden af det pågældende næringsstof vægtes med den samtidige vandføring (over fx en måned eller et år). Der gives herved et billede af den effektive gennemsnitskoncentration af næringsstoffer, der eksporteres fra oplandet. På den måde tæller en koncentration målt, mens der er en høj vandføring (fx i vinterhalvåret), mere end en koncentration målt ved en lav vandføring fx i en tør sommerperiode.

## 1.1 Næringsstofftab fra det målte opland

Der er beregnet et arealspecifikt næringsstofftab (kg/ha) fra det målte opland til vandløbsstationerne for perioden 2020-2023 (for stationsnumre se Figur 1.2). Beregningen er foretaget på baggrund af månedstransporter downloadet fra ODA-databasen (<https://odaforalle.au.dk/>).

**Tabel 1.1.** Næringsstofftab fra det målte opland som gennemsnit for perioden 2020-2023.

Observationssted	Total-N (kg N/ha)	Total-P (kg P/ha)	Ferskvand (mm)
44000021	10,6	0,20	201
44000191	8,7	0,17	142
44000590	9,9	0,37*	244

\* 2021 udeladt pga. sandsynlig fejl analyse af Total-P

Der ses en stor forskel i ferskvandsafstrømningen mellem de målte oplande på over 100 mm. Der ses ligeledes en stor forskel i oplandstabet af total-fosfor (Tabel 1.1).

I Tabel 1.2 ses vandføringsvægtede koncentrationer af total-N og total-P (mg/l) for vandløbsmålestationerne i oplandet i perioden 2020-2023. Der ses en forholdsvis stor forskel i koncentrationerne.

**Tabel 1.2.** Vandføringsvægtede koncentrationer fra det målte opland som gennemsnit for perioden 2020-2023.

Observationssted	Total-N (mg N/l)	Total-P (mg P/l)
44000021	5,5	0,10
44000191	6,1	0,12
44000590	4,1	0,15*

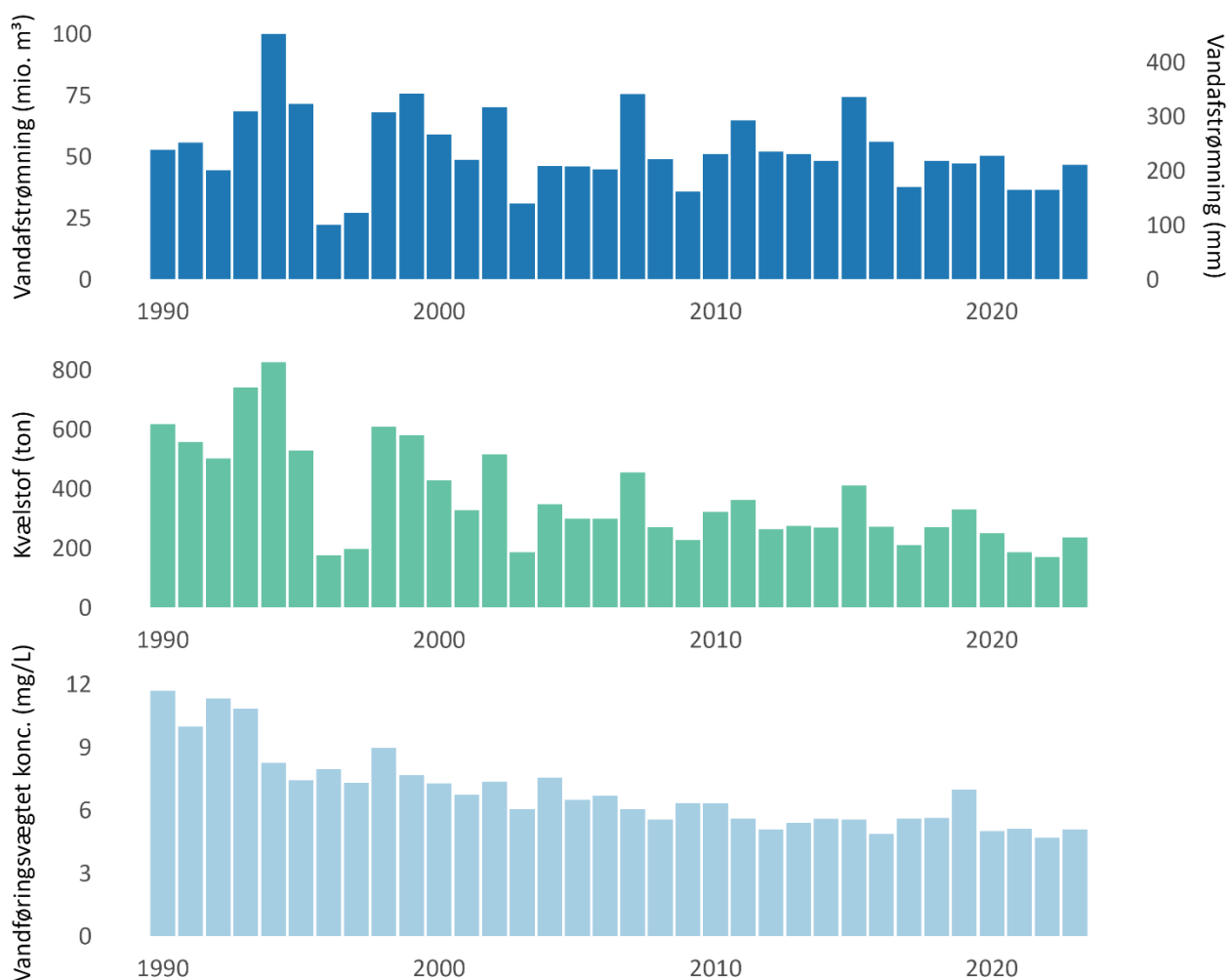
\* 2021 udeladt pga. sandsynlig fejl analyse af Total-P

## 2 Vandafstrømning og næringsstofftilførsel

Her præsenteres tidsseriedata for vandafstrømning (mio. m<sup>3</sup> og mm), opgjorte tilførsler af hhv. kvælstof og fosfor (ton) til Holckenhavn fjord, samt den vandføringsvægtede koncentration (mg/l). Den vandføringsvægtede koncentration refererer her til koncentrationer, hvor mængden af det pågældende næringsstof vægtes med den samtidige vandføring (i dette kapitel for år). Der gives herved et billede af den effektive gennemsnitskoncentration af næringsstoffer, der eksporteres fra oplandet.

### 2.1 Kvælstof

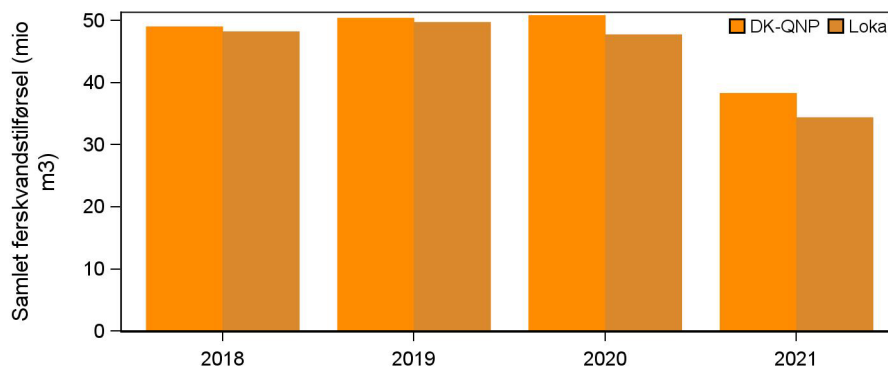
Der kan observeres en årsvariation i afstrømningen, hvor nogle år har betydelig lav afstrømning (fx 1997) og andre høj (fx 1994) uden en klar generel udvikling (Figur 2.1).



**Figur 2.1.** Årlig vandafstrømning (mio. m<sup>3</sup> og mm), kvælstofmængde (ton N) og vandføringsvægtet koncentration (mg N/l) for perioden 1990-2023.

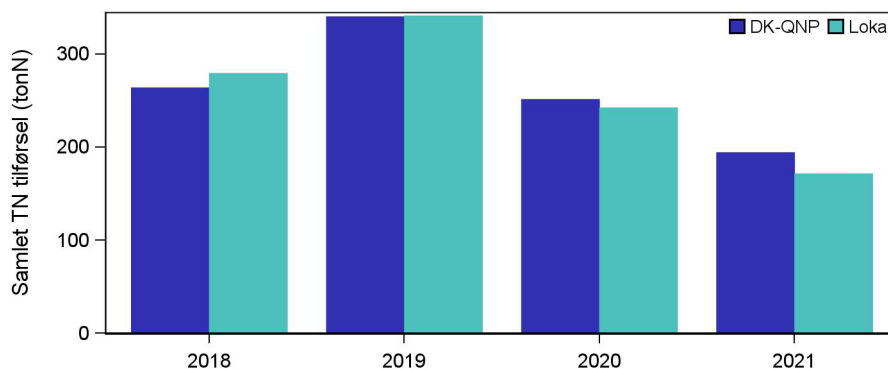
Kvælstofmængden har tydelige variationer årene imellem og følger i høj grad variationen i vandafstrømningen, dog med en nedadgående tendens. Det reflekteres klart i den vandføringsvægtede koncentration, hvor start 1990'erne viser tidsseriens højeste værdier, hvorefter tendensen er nedadgående mod midten af 2000'erne. Herefter ses et mindre fald i 2020'erne (Figur 2.1).

**Figur 2.2.** Den samlede ferskvandsafstrømning til Holckenhavn opgjørt med data fra målestationen 44000021 som i NOVANA opgørelsen (DK-QNP) og med data fra målestationen 44000020 (lokal).



Hvis målestationen 44000020 nedstrøms Kullerup sluse anvendes i stedet for målestationen 44000021 opstrøms Kullerup sluse til opgørelsen af den samlede afstrømning til Holckenhavn, fås i 2018 en 1% mindre ferskvandstilførsel til Holckenhavn fjord og i 2021 10% mindre. Gennemsnittet for perioden 2018-2021 er 4% mindre tilførsel (Figur 2.2).

**Figur 2.3.** Den samlede kvælstoftilførsel til Holckenhavn opgjørt med data fra målestationen 44000021 som i NOVANA opgørelsen (DK-QNP) og med data fra målestationen 44000020 (lokal).



Forskellen bliver en smule større for den samlede kvælstoftilførsel til Holckenhavn fjord. Her er forskellen 3% til 12% mindre tilførsel, hvis man anvender 44000020 til opgørelsen (Figur 2.3).

## 2.2 Andel uorganisk kvælstof af total kvælstof

Indsatsbehovet for kystvandområderne er fastsat på baggrund af totale kvælstofmængder, der består af både organisk- og uorganisk bundet kvælstof. Da der ikke kan reduceres væsentligt i den organiskbundne del af kvælstoftilførslen, er det relevant at beregne andelen af uorganisk kvælstof, der er reducerbar. Det er testet af Larsen et al. (2021), at der ikke er en trend i koncentrationen af den organiske bundne del af total kvælstoftransporten i perioden 1990 - 2021, mens der er en tydelig trend i total-kvælstoftransporten og nitrattransporten (vandføringsvægtede koncentrationer) (Thodsen m.fl., 2025). Trenden i transporten af total kvælstof er således drevet af trenden i nitrat, altså den uorganiske fraktion af total kvælstof.

Af uorganisk kvælstof udgør nitrat (NO<sub>3</sub>) langt den største andel. I Tabel 2.1 ses gennemsnitlig vandføringsvægtet koncentration af totalt kvælstof og uorganisk kvælstof samt andel af uorganisk kvælstof for det samlede målte opland (samlet opland til vandløbsmålestationerne) til Holckenhavn. Opgørelsen er for perioden 2018-2021 og opdelt på årstider. Nitrit-Nitrat-N udgør ca. 96 % af den uorganiske kvælstofkoncentration mens Ammonium-Ammoniak udgør de sidste ca. 4 %.

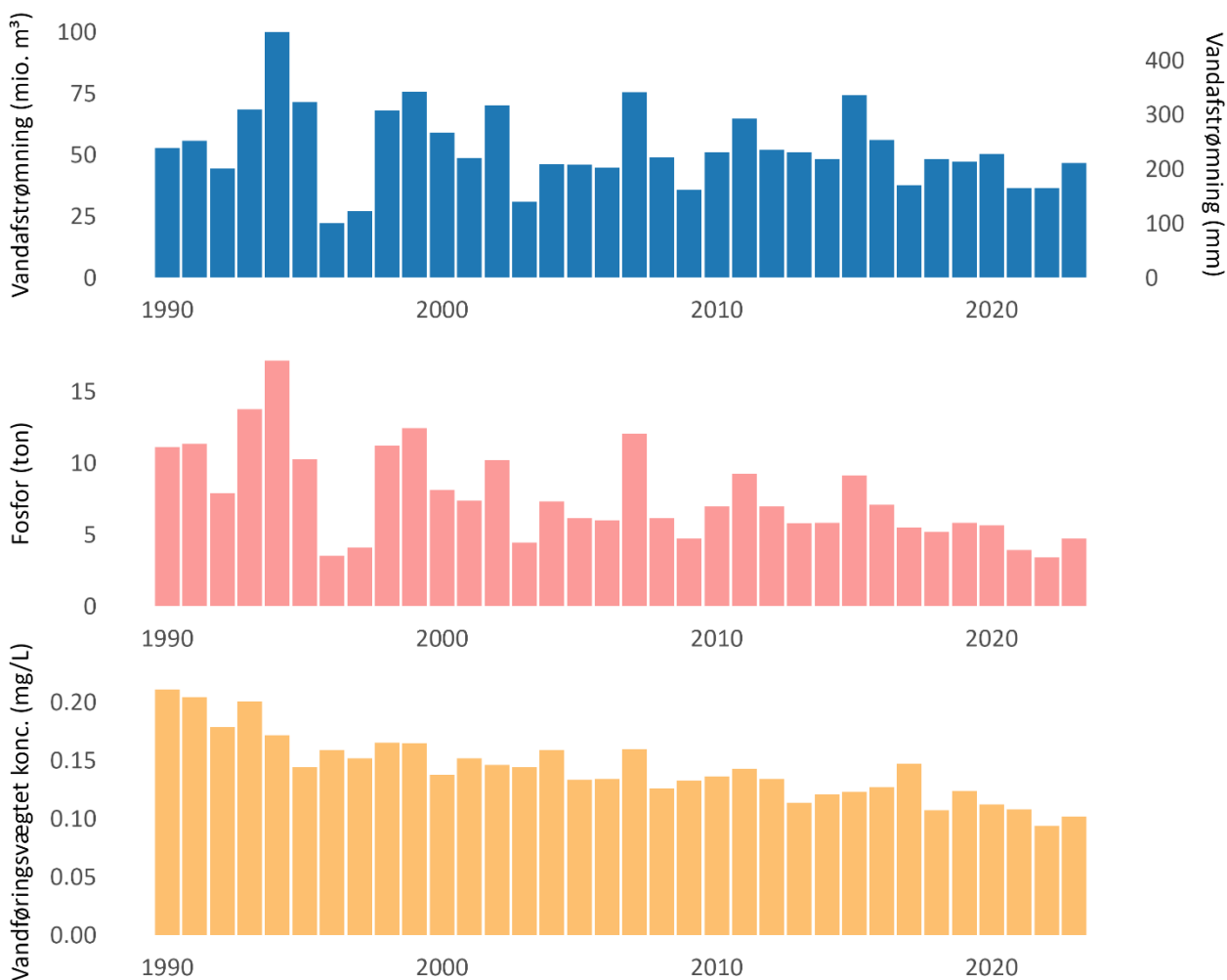
**Tabel 2.1.** Koncentrationer (mg/l) af total-kvælstof (TN) og ikke organisk bundet kvælstof (uorg. N) samt %-del som uorg. N udgør af TN, dels for hele perioden 2018-2021 og dels for hver årstid for Holckenhavn fjord. DJF = december, januar, februar; MAM = marts, april, maj; JJA = juni, juli august; SON = september, oktober, november

Årstid	TN (mg N/l)	UorgN (mg N/l)	Andel UorgN (%)
DJF	6,71	5,89	88
MAM	5,55	4,60	83
JJA	1,99	1,47	74
SON	6,21	4,96	80
År	6,07	5,14	85

Den årgennemsnitlige andel af uorganisk N er på 85 %, med en del variation mellem årstiderne (88 % i DJF - 74 % i JJA).

## 2.3 Fosfor

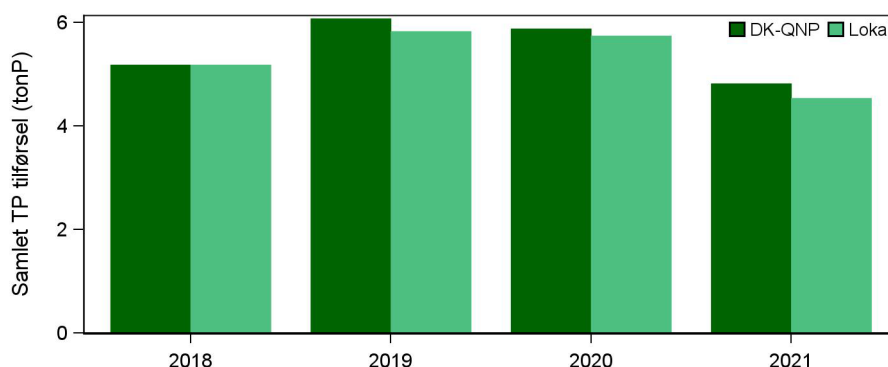
Fosformængden og afstrømningen følger stort set de samme proportioner gennem tidsserien. Den vandføringsvægtede koncentration af fosfor er faldet fra et niveau på 0,2 mg P/l i starten af 1990'erne til omkring 0,11 mg P/l i 2020'erne (Figur 2.4).



**Figur 2.4.** Årlig vandafstrømning (mio. m<sup>3</sup> og mm), fosformængde (ton P) og vandføringsvægtet koncentration (mg P/l) for perioden 1990-2023.

Hvis man anvender målestationen 44000020 til at opgøre den samlede fosfortilførsel til Holckenhavn fjord fås en mellem 0% til 6% mindre tilførsel end hvis målestation 44000021 anvendes (Figur 2.5).

**Figur 2.5.** Den samlede fosfortilførsel til Holckenhavn opgjort med data fra målestationen 44000021 (DK-QNP) og med data fra målestationen 44000020 (lokal).



## 2.4 Andel orthofosfat af total fosfor

Det er relevant at betragte andelen af orthofosfat af den totale fosfortilførsel, da orthofosfat er direkte omsætteligt i primærproduktionen og herved indikerer risiko for eutrofiering i kystområdet. I Tabel 2.2 ses den gennemsnitlige vandføringsvægtede koncentration af total fosfor og orthofosfat, samt andelen af den

totale fosfor udgjort af orthofosfat for det samlede målte opland til Holckenhavn fjord for perioden 2018-2021 og opdelt på årstider i samme periode.

**Table 2.2.** Koncentrationer (mg/l) af total-fosfor (TP) og orthofosfat (ortho-P) samt %-andel som ortho-P udgør af TP, dels for hele perioden 2018-2021 og dels for hver årstid for Holckenhavn fjord. DJF = december, januar, februar; MAM = marts, april, maj; JJA = juni, juli august; SON = september, oktober, november.

<b>Årstid</b>	<b>TP (mg P/l)</b>	<b>Ortho-P (mg P/l)</b>	<b>Andel Ortho-P (%)</b>
DJF	0,123	0,064	52
MAM	0,091	0,035	39
JJA	0,117	0,090	76
SON	0,113	0,073	65
År	0,112	0,059	52

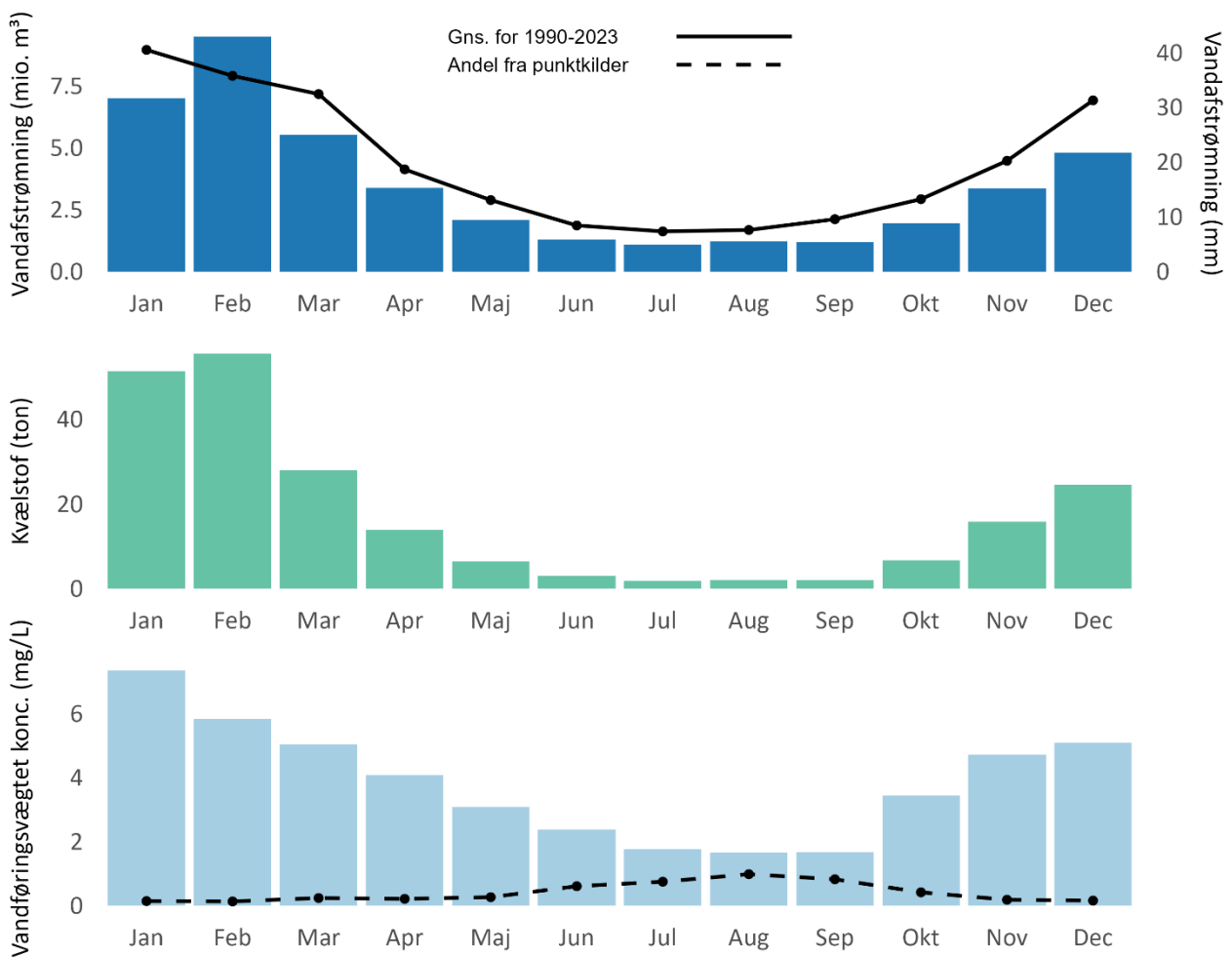
Årsgennemsnittet af ortho-fosfatandelen er 52 % med en spænd fra 76 % (JJA) til 39 % (MAM) på tværs af årstiderne.

### 3 Månedlig vandafstrømning og næringsstofforførsel

Månedsfordelingen af vand- og næringsstofforførslen til Holckenhavn fjord kan have betydning for fjordens tilstand (DHI, 2024). Derfor er middel-månedstorførslerne og middelmånedsvandføringsvægtede-koncentrationer præsenteret i dette kapitel for hhv. kvælstof (Figur 3.1) og fosfor (Figur 3.2). Den fireårige periode 2020-2023 er anvendt, for at give en nutidig månedsfordeling. Beregningerne er baseret på NOVANA-opgørelsen for 1990-2023 (Thodsen m.fl. 2024). Det månedlige gennemsnit af vandafstrømningen for perioden 1990-2023 vises også til sammenligning. Desuden fremlægges det, hvilken andel af de vandføringsvægtede koncentrationer, der stammer fra oplandets punktkilder. Angående månedsfordelingen af punktkilder herunder særligt RBU, skal det nævnes at månedsfordelingen ikke er dynamisk bestemt. Det skal forstås på den måde at DCE/AU modtager års-udledninger fra alle punktkildetyper herunder også RBU, fra "FDC for punktkilder" under SGAV. RBU-udledningen sker normalt som følge af større nedbørshændelser. I NOVANA opgørelsen er dette månedsmønster fast for alle år og ens for hele landet (Lassen & Frank-Gopolos, 2022). For tabel med månedsfordeling se Thodsen et al., (2023). Der er derfor en forholdsvis stor usikkerhed på rigtigheden af denne månedsfordeling, når den anvendes for en kortere periode og/eller for et lille geografisk område, som fx oplandet til Holckenhavn fjord.

#### 3.1 Kvælstof

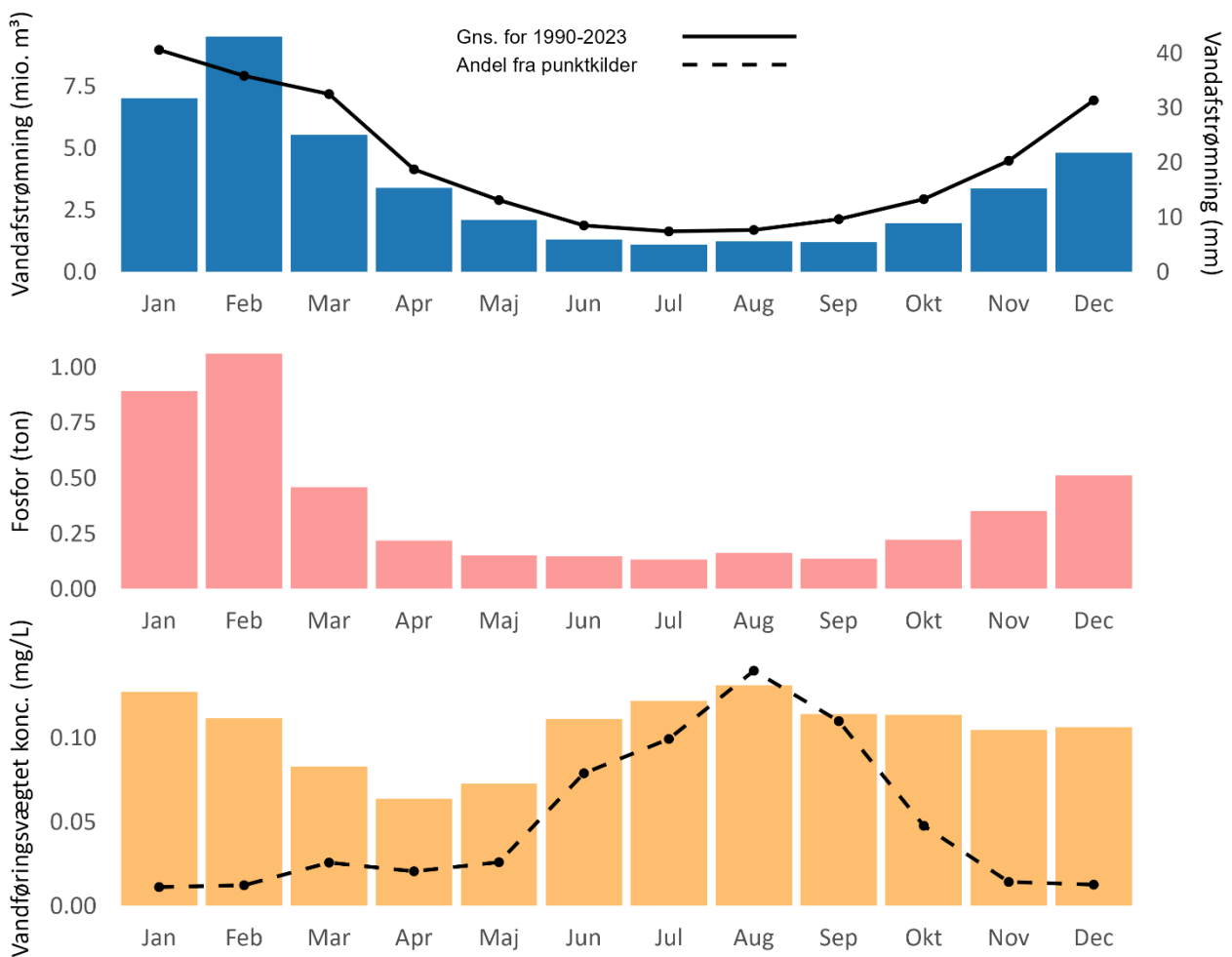
Afstrømningen fra 2020-2023 viser, at vinterhalvåret udviser høj afstrømning og lav afstrømning i sommerhalvåret. Dette gælder også afstrømningsmønstret fra 1990-2023. Dog udviser gennemsnittet fra 1990-2023 en større månedlig afstrømning i alle måneder bortset fra februar. På tværs af et år har 1990-2023 ca. 20 % højere afstrømning end 2020-2023. Toførslen af kvælstof følger månedsudviklingen af afstrømningen tæt. Den vandføringsvægtede koncentration udvikler sig ligeså på tværs af månederne. Punktkildernes toførselsbidrag er temmelig begrænset i vinterhalvåret, men mere betydningsfuldt i sommermånederne, hvor punktkilderne bidrager 50 % eller mere i juli, august og september (Figur 3.1).



**Figur 3.1.** Gennemsnitlig månedlig vandafstrømning (mio. m<sup>3</sup> og mm), gennemsnitlig mængde (ton) og vandføringsvægtet koncentration (mg/l) af kvælstof pr. måned i perioden 2020-2023. Den fuldt optrukne linje viser den gennemsnitlige vandafstrømning i perioden 1990-2023. Den stiplede linje viser den vandføringsvægtede koncentration, der stammer fra punktkilder.

### 3.2 Fosfor

Ligesom for kvælstof (Figur 3.1) følger fosfortilførsels månedsvariation også variationen i vandafstrømningen tæt (Figur 3.2). Udviklingen i den vandføringsvægtede koncentration er dog bemærkelsesværdigt anderledes. Vinterhalvåret har høje værdier efterfulgt af et dyk i forårmånederne – men i sommerperioden stiger fosforkoncentrationen til de højeste værdier på året. Dette knytter sig formentlig til punktkildernes store betydning, når afstrømningen falder. Punktkilderne har mere end 50 % af betydningen fra juni til september – og i august overstiger punktkildebidraget totalkoncentrationen (Figur 3.2). At punktkilderne kan opgøres til en meget høj andel af vandløbstransporten og i nogle tilfælde højere end totaltransporten er et kendt fænomen i sommermånederne i dele af landet med lav sommer vandafstrømning. Det skal her nævnes at månedsudledningen fra punktkilder er forholdsvis usikkert bestemt, og at den retention der måtte være imellem udledningsstedet og målestedet i vandløbet ikke er medregnet (er ukendt).



**Figur 3.2.** Gennemsnitlig månedlig vandafstrømning (mio. m<sup>3</sup> og mm), gennemsnitlig mængde (ton) og vandføringsvægtet koncentration (mg/l) af fosfor pr. måned i perioden 2020-2023. Den fuldt optrukne linje viser den gennemsnitlige vandafstrømning i perioden 1990-2023. Den stiplede linje viser den vandføringsvægtede koncentration, der stammer fra punktkilder.

## 4 Kildeopsplittet næringsstofftilførsel

I dette kapitel ses de gennemsnitlige årlige mængder for hhv. kvælstof (Tabel 4.1) og fosfor (Tabel 4.) med deres oprindelse over perioden 2020-2023. Punktkilder defineres som direkte udledninger af næringsstoffer til miljøet fra eget udløb til vandløb, søer eller havet. En industriel punktkilde er en virksomhed eller et anlæg, der har en særskilt udledning. Regnvandspunktkilder er regnbetingede udløb (RBU), dvs. punktvisse udledninger fra befæstede arealer tilsluttet kloaknettet. RBU opdeles i separatkloakerede RBU og overløb fra fælleskloakerede områder. Rensningsanlæg modtager og renses spildevand fra husholdninger og visse industrier, med henblik på at reducere udledningen af næringsstoffer. Det behandlede vand føres herefter af udløb til vandmiljøet (Frank-Gopolos, m.fl. 2024). En diffus kilde er en spredt, ikke-afgrænset kilde, hvor udledning af næringsstoffer til vandmiljøet ikke kan måles i et enkelt punkt. Dette omfatter typisk landbrugsarealer, skov, græs- og naturlige arealer.

### 4.1 Kvælstof

**Tabel 4.1.** Gennemsnitlig årlig kvælstof mængder i kg, procenter af totalmængden i ( ) for forskellige kildetyper for perioden 2018-2021 udledt til Holckenhavn Fjord, opgjort med vandløbsmålestation 4400021 opstrøms Kullerup sluse på Vindinge å. Kolonner med punktkilder er angivet med lysegrå og diffus med mørkegrå. RBU = regnbetingede udløb. NOVANA-opgørelse (DK-QNP)

RBU ton N (%)	Rensningsanlæg ton N (%)	Diffuse kilder ton N (%)	Total ton N
4,0 (1,6)	8,2 (3,1)	246 (95)	259

**Tabel 4.2.** Gennemsnitlig årlig kvælstofmængder i kg, procenter af totalmængden i ( ) for forskellige kildetyper for perioden 2018-2021 udledt til Holckenhavn Fjord, opgjort med vandløbsmålestation 4400020 nedstrøms Kullerup sluse på Vindinge å (tidligere betegnet "lokal" beregning. Kolonner med punktkilder er angivet med lysegrå og diffus med mørkegrå. RBU = regnbetingede udløb.

RBU ton N (%)	Rensningsanlæg ton N (%)	Diffuse kilder ton N (%)	Total ton N
4,0 (1,5)	8,2 (3,2)	247 (95)	259

Hvis man anvender målestationen #44000020 nedstrøms Kullerup sluse (Tabel 4.2) har det kun en begrænset indflydelse på kildeopsplitningen. Diffuse kilder forøges med 1000 kg, hvilket er et resultat af en afrunding (procentangivelsen er uforandret) og et enkelt decimalpoint forskydes fra RBU til rensningsanlæg (Tabel 4.1, Tabel 4.12). Overordnet kan en reel værdiforandring ikke identificeres uden at forandre antallet af betydende cifre, der åbner op for værdiusikkerheder. Anvendelse af målestationen nedstrøms Kullerup sluse har derfor ikke central indflydelse på kildeopsplitningen. Kildeopsplitningen viser, at diffuse kilder dominerer tilførsel af kvælstof til Holckenhavn med 95 % og rensningsanlæg er den primære punktkilde (3,1 % i Tabel 4.1, 3,2 % i Tabel 4.12), men med lille betydning.

## 4.2 Fosfor

**Tabel 4.3.** Gennemsnitlig årlig kvælstof mængder i kg P, procenter af totalmængden for forskellige i () kildetyper for perioden 2018-2021 udledt til Holckenhavn Fjord, opgjort med vandløbsmålestation 4400021 opstrøms Kullerup sluse på Vindinge å. Kolonner med punktkilder er angivet med lysegrå og diffus med mørkegrå. RBU = regnbetingede udløb. NOVANA-opgørelse (DK-QNP)

<b>RBU</b>	<b>Rensningsanlæg</b>	<b>Diffuse kilder</b>	<b>Total</b>
<b>ton P (%)</b>	<b>ton P (%)</b>	<b>ton P (%)</b>	<b>ton P</b>
0,75 (17)	0,42 (10)	3,3 (73)	4,4

**Tabel 4.4.** Gennemsnitlig årlig kvælstof mængder i kg P, procenter af totalmængden i () for forskellige kildetyper for perioden 2018-2021 udledt til Holckenhavn Fjord, opgjort med vandløbsmålestation 4400020 nedstrøms Kullerup sluse på Vindinge å (tidligere betegnet "lokal" beregning. Kolonner med punktkilder er angivet med lysegrå og diffus med mørkegrå. RBU = regnbetingede udløb.

<b>RBU</b>	<b>Rensningsanlæg</b>	<b>Diffuse kilder</b>	<b>Total</b>
<b>ton P (%)</b>	<b>ton P (%)</b>	<b>ton P (%)</b>	<b>ton P</b>
0,75 (17)	0,42 (10)	3,3 (73)	4,4

For fosfor ses der ingen forskel i kildefordelingen mellem de to opgørelsesmetoder (Tabel 4.3 & Tabel 4.4). Diffuse kilder udgør den største andel med 73%, mens RBU er den største punktkilder og udgør 17% af den samlede tilførsel. Renseanlæg udgør 10% af fosfortilførslen til Holckenhavn fjord.

## 5 Referencer

DHI, 2024. Second opinion fase III: Styrket modelgrundlag - Styrket modelgrundlag, scenarier og fortolkninger Arbejdspakke 4. Teknisk Rapport. <https://mst.dk/media/n0tj31a5/bilag-11-styrket-modelgrundlag-scenarier-og-fortolkninger.pdf>

Frank-Gopolos, T., Christensen, A. E., Skovmark, B. 2024. Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, (SGAV) - Punktkilder 2023, NOVANA - punktkilder [978-87-7038-686-9.pdf](https://mst.dk/media/n0tj31a5/bilag-11-styrket-modelgrundlag-scenarier-og-fortolkninger.pdf)

Larsen, S.E., Tornbjerg, H., Thodsen, H., Kronvang, B. & Blicher-Mathiesen, G. 2021. Analyse af organisk kvælstof koncentrationer i vandløb i to perioder med henblik på at udvikle en korrektionsformel for perioden 2009-2014. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 115 s. - Fagligt notat nr. 2021 | 29 [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater\\_2021/N2021\\_29.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2021/N2021_29.pdf)

Lassen, J. & Frank-Gopolos, T. 2022: Undersøgelse af månedsvariation for stofudledning fra renseanlæg (samt ferskvandsdambrug og industri). Notat fra miljøstyrelsen. 27 sider.

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

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Larsen, S.E., Conradsen, A.R., Muff, E. & Blicher-Mathiesen, G. 2024. Vand- & Stoftransport 2023. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 71 s. - Videnskabelig rapport nr. 629. [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige\\_rapporter\\_600-699/SR629.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR629.pdf)

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Larsen, S.E., Conradsen, A.R., Muff, E. Blicher-Mathiesen, G., Ovesen, N.B., Trolborg, L. 2025. Vand- og Næringsstoftransport 2024. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 102 s. - Videnskabelig rapport nr. 681

# VAND- OG NÆRINGSSTOFTILFØRSEL TIL HOLCKENHAVN FJORD

Leverance til Kystvandråd for Holckenhavn Fjord

Rapporten beskriver oplandet til Holckenhavn med fokus på udviklingen i næringsstoftransport siden 1990. Her analyseres variationer i afstrømning samt tilførsel og koncentrationer af kvælstof og fosfor over tid og mellem årstider. Hertil vurderes fordelingen mellem uorganiske og totale næringsstoffraktioner. Endelig gennemgås de månedlige mønstre i tilførsel og koncentrationer, deres sammenhæng med afstrømningen samt betydningen af diffuse kilder og punktkilder.