

Uddybning af forskelle i opgjorte tilførsler af kvælstof og ferskvand imellem VP3 og VP3-Genbesøg

Vurdering af udviklingstendenser for vandafstrømning og diffuse kvælstoftilførsler fra henholdsvis målt og umålt opland i 14 farvandsområder

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 17. December, 2024 | **72**



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Uddybning af forskelle i opgjorte tilførsler af kvælstof og ferskvand imellem VP3 og VP3-Genbesøg

Undertitel: Vurdering af udviklingstendenser for vandafstrømning og diffuse kvælstoftilførsler fra henholdsvis målt og umålt opland i 14 farvandsområder

Forfatter(e): Søren E. Larsen
Institution(er): Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience

Faglig kommentering: Brian Kronvang og Niels Bering Ovesen
Kvalitetssikring, DCE: Lars M. Svendsen
Sproglig kvalitetssikring: Anne Mette Poulsen

Ekstern kommentering: Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø. [Kommentarerne findes her.](#)

Rekvirent: Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø

Bedes citeret: Larsen, SE. 2024. Uddybning af forskelle i opgjorte tilførsler af kvælstof og ferskvand imellem VP3 og VP3-Genbesøg. Vurdering af udviklingstendenser for vandafstrømning og diffuse kvælstoftilførsler fra henholdsvis målt og umålt opland i 14 farvandsområder. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 29s. – Fagligt notat nr. 2024|72

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: Colourbox

Sideantal: 29

Indhold

1	Baggrund	4
2	Metode	5
3	Resultater – Mann-Kendall-analyser	6
4	Resultater – modeller for udviklingen i perioden 1990-2021	8
5	Samlet diskussion af resultater	23
6	Konklusion	24
7	Referencer	25
	Bilag	26

1 Baggrund

Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø har som led i genbesøg af Vandområdeplan 2021-2027 opdateret statusbelastningen. Vandområdeplan 2021-2027 (VP3) var baseret på afstrømning og næringsstofførsler 1990-2018, mens genbesøget har resulteret i en opdateret statusbelastning (VP3-G), som beregnes på grundlag af tilsvarende data opgjort for perioden 1990-2021 i "NOVANA vandløb 2021" udarbejdet af Aarhus Universitet (Thodsen et al., 2023).

Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø har bemærket et niveauskifte mellem den opdaterede statusbelastning af total kvælstof ved genbesøget sammenlignet med en tidligere statusbelastning opgjort for perioden 1990-2018 i "NOVANA vandløb 2018" (Thodsen et al., 2019). Niveauskiftet er fundet for en række 4. ordens farvandsområder.

Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø finder endvidere, at total kvælstofbelastningen har en stigende tendens for flere østdanske oplande. Især observeres umålte oplande med høje modelbaserede koncentrationer og belastninger i perioden 2019-2021. De højere kvælstofbelastninger afviger fra oplandets målestation eller fra en målestation, der ligger tæt på det umålte opland.

Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø har derfor bedt om at få en faglig vurdering af tendensen i den diffuse kvælstoftilførsel og vandafstrømning fra hhv. målt og umålt opland for i alt 14 4. ordens farvandsområder i perioden 1990-2021 (se bilag: tabel med oplande og oplandsstørrelser). En figur med geografiske placering af de 14 farvandsområder samt en beregning af separate trends for diffuse tilførsler og vandafstrømning fra hhv. målt og umålt oplande er givet i bilaget. Dette notat vil sammenholde tidsserierne for målt og umålt opland og beskrive de forskelle der observeres og give mulige forklaringer, men yderligere og mere tilbunds gående analyser er nødvendige for at kunne give en detaljeret forklaring. Det skal her bemærkes, at målte oplande ikke nødvendigvis har været målt i hele perioden 1990-2021. I Thodsen et al. (2024) er der en komplet oversigt over hvornår de enkelte oplande har været målt. I en anden del af projektet ønsker Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø en uddybning af forskellene i opgørelser af kvælstof, fosfor og vandafstrømning imellem Vandområdeplanerne 2021-2027 (VP3) og genbesøget af VP3 (VP3-G). Denne del af projektet er rapporteret i Thodsen et al. (2024).

2 Metode

I notatet beskrives resultaterne af en vurdering af udviklingstendenser (trends) for vandafstrømning og kvælstof- (TN) belastningen i tidsperioden 1990 til 2021 fra diffuse kilder, opgjort på målt og umålt opland for 14 oplande (bilag).

Datagrundlaget for vurderingen er månedsværdier af vandafstrømning og TN-belastninger. Data til analysen er frembragt og beregnet som beskrevet i kapitel 1 og afsnit 2.1 i Thodsen et al. (2024).

Vurderingen af trends består af en række forskellige analysetrin. Der gennemføres først en afstrømningsnormalisering af TN-belastningen på basis af månedsdata. Ved normaliseringen korrigeres de normaliserede værdier for metodebias, så de normaliserede værdier opnår samme gennemsnit i den analyserede periode som de ikke-normaliserede belastninger. De månedlige normaliserede værdier adderes til kalenderår.

I næste trin analyseres både vandafstrømning og de normaliserede TN-belastninger for trends i perioden 1990-2021 ved anvendelse af den ikke-parametriske statistiske metode: Mann-Kendall's trend test. Denne metode er robust over for ikke-normalt fordelte data og tester for en monoton udviklingstendens. Metoden har mindre statistisk styrke for tidsserier, hvor udviklingstendensen vender i fortegn, f.eks. hvis en faldende tendens vendes til en stigende tendens.

Det sidste trin i analysen består i et statistisk modelfit af udviklingstendensen i både vandafstrømningen og de normaliserede TN-belastninger. For vandafstrømningen er trendmodellen fastlåst til en konstant værdi over hele perioden, og for TN-belastningen er modellen fastlåst til to rette linjestykker med et fast "change-point" mellem årene 2010 og 2011. Valget af dette change-point er begrundet i tidligere trendanalyser af udviklingen i diffuse TN-belastninger (Thodsen et al., 2023), men skal også gøre sammenligningen mellem udviklingstendenser i målt og umålt nemmere. Det er valgt at anvende fastlåste modeller for udviklingstendenserne i alle de 14 oplande for at sikre sammenlignelighed mellem målte og umålte oplande samt mellem farvandsområder. I stort set alle tidsserier passer valget overordnet godt. Hvis der er afvigelser, vil dette blive omtalt i resultatafsnittet. Hvis formålet var en detaljeret trendanalyse af alle tidsserier, så ville man teste for change-points mere generelt, med mulighed for change-points til andre tidspunkter eller slet ingen change-points. Modellerne vises i XY-plots baseret på arealspecifikke værdier, igen således at værdier fra målte og umålte oplande kan sammenlignes, og der kan sammenlignes mellem farvandsområder.

Der er således ikke foretaget en detaljeret statistisk trendanalyse med test af modelparametre, men i stedet lagt vægt på en sammenlignende vurdering af trends i målte og umålte oplande for at vurdere, om tidsserier i målte og umålte oplande udvikler sig ensartet i perioden.

De anvendte statistiske metoder er omtalt i detaljer i rapporten Larsen & Svendsen (2021).

3 Resultater – Mann-Kendall-analyser

Som det første omtales resultatet af Mann-Kendall trendanalysen. Analysens resultater er gengivet i Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Mann-Kendall-analyseresultater for henholdsvis målt og umålt vandafstrømning (vandmængde) og diffus belastning (TN-belastning) for perioden 1990-2021, alle punktkildebidrag er fratrukket, men bidrag fra spredt bebyggelse er stadigvæk inkluderet. I tabellen er angivet teststørrelsen (Z) samt testsandsynligheden for testen (P). Fortegnet af teststørrelsen angiver, om trenden er positiv eller negativ. Der er ikke noget målt opland til Sejerø Bugt, Dybsø Fjord og Hjelm Bugt.

Kystvandsld	Beskrivelse	Målt		Umålt	
		Vandafstrømning	TN-belastning	Vandafstrømning	TN-belastning
28	Sejerø Bugt	-	-	Z = 0,76 P = 0,45	Z = -2,8 P = 0,006
34	Smålandsfarvandet, syd	Z = -0,89 P = 0,37	Z = -2,3 P = 0,024	Z = -0,57 P = 0,57	Z = -1,1 P = 0,28
36	Dybsø Fjord	-	-	Z = -1,5 P = 0,12	Z = -2,4 P = 0,017
37	Avnø Fjord	Z = -0,50 P = 0,62	Z = -3,2 P = 0,001	Z = -1,3 P = 0,20	Z = -2,5 P = 0,011
44	Hjelm Bugt	-	-	Z = -0,66 P = 0,51	Z = -1,3 P = 0,20
45	Grønsund	Z = -0,79 P = 0,43	Z = -0,21 P = 0,83	Z = -0,34 P = 0,73	Z = -1,4 P = 0,17
47	Præstø Fjord	Z = -1,2 P = 0,25	Z = -4,2 P < 0,001	Z = -0,83 P = 0,41	Z = -2,7 P = 0,007
48	Stege Bugt	Z = -0,92 P = 0,36	Z = -3,4 P < 0,001	Z = -0,92 P = 0,36	Z = -2,3 P = 0,024
49	Stege Nor	Z = 0,016 P = 0,99	Z = -3,7 P < 0,001	Z = -0,60 P = 0,55	Z = -1,38 P = 0,17
103	Als Fjord	Z = 0,081 P = 0,94	Z = -4,5 P < 0,001	Z = -0,28 P = 0,78	Z = -6,2 P < 0,001
110	Nybøl Nor	Z = 0,76 P = 0,45	Z = -5,34 P < 0,001	Z = 0,57 P = 0,57	Z = -5,7 P < 0,001
200	Isefjord	Z = -0,66 P = 0,51	Z = -3,3 P < 0,001	Z = -0,24 P = 0,81	Z = -2,6 P = 0,008
204	Jammerland Bugt og Musholm Bugt	Z = -0,79 P = 0,43	Z = -2,94 P = 0,003	Z = 0,66 P = 0,51	Z = -3,0 P = 0,003
207	Nakskov Fjord	Z = -1,2 P = 0,21	Z = 0,28 P = 0,78	Z = 0,57 P = 0,57	Z = -0,73 P = 0,47

Mann-Kendall trend-analyserne viser generelt, at vandafstrømningen kan antages at være konstant i perioden 1990-2021 (alle P-værdier > 0,05; signifikansniveauet sættes til 0,05 (5%) for alle tests). Ingen af testene giver en udviklingstendens, som er statistisk signifikant forskellig fra værdien 0. Dette er gældende for alle de målte og alle de modellerede vandafstrømninger. Der er en overvægt af (18 ud af 25 tests) ikke-signifikante faldende tendenser med hensyn til vandafstrømningen. I kapitel 4 findes figurer med de målte og modellerede vandafstrømninger for perioden 1990-2021.

Med hensyn til de normaliserede TN-belastninger fra diffuse kilder tegner der sig et tydeligt billede af faldende værdier i den undersøgte periode. Dette gælder både for målte stationer samt modellerede værdier i de umålte oplande. I alt 24 ud af 25 tests viser faldende TN-belastninger, og 18 af disse har statistisk signifikante faldende tendenser. For de normaliserede TN-belastninger vil næste afsnit ligeledes indeholde figurer, som viser udviklingstendensen i perioden 1990-2021.

I bilaget er der ligeledes resultater for Mann-Kendall trend tests af TN-belastningen foretaget for perioderne 1990-2010 og 2011-2021 separat. Trend testene viser generelt, at udviklingstendensen skifter retning mellem 2010 og 2011. Fra at være en faldende tendens indtil 2010 (for langt de fleste målte og umålte oplande, så er trenden stigende efter 2010, eneste undtagelse er de to farvandsområder i Sønderjylland, som ikke har en signifikant stigende tendens efter 2010, men viser en faldende tendens dog uden at være statistisk signifikant.

4 Resultater – modeller for udviklingen i perioden 1990-2021

I det følgende vises de estimerede modeller for de enkelte farvandsområder. Vurderingen indeholder grafer med vandafstrømningen samt grafer med de normaliserede TN-belastninger af kystområdet. De estimerede modeller er indtegnet i graferne. Der er en diskussion af udviklingstendenserne med særligt henblik på at vurdere, om tidsserierne forløber ens for henholdsvis målt og umålt opland. For alle grafer gælder det, at målt opland er vist med blå linje og umålt med rød linje. Der er især fokus på at sammenligne udviklingen i perioden 2016-2021, hvor Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø har bemærket udviklingstendenser, som de gerne vil have belyst.

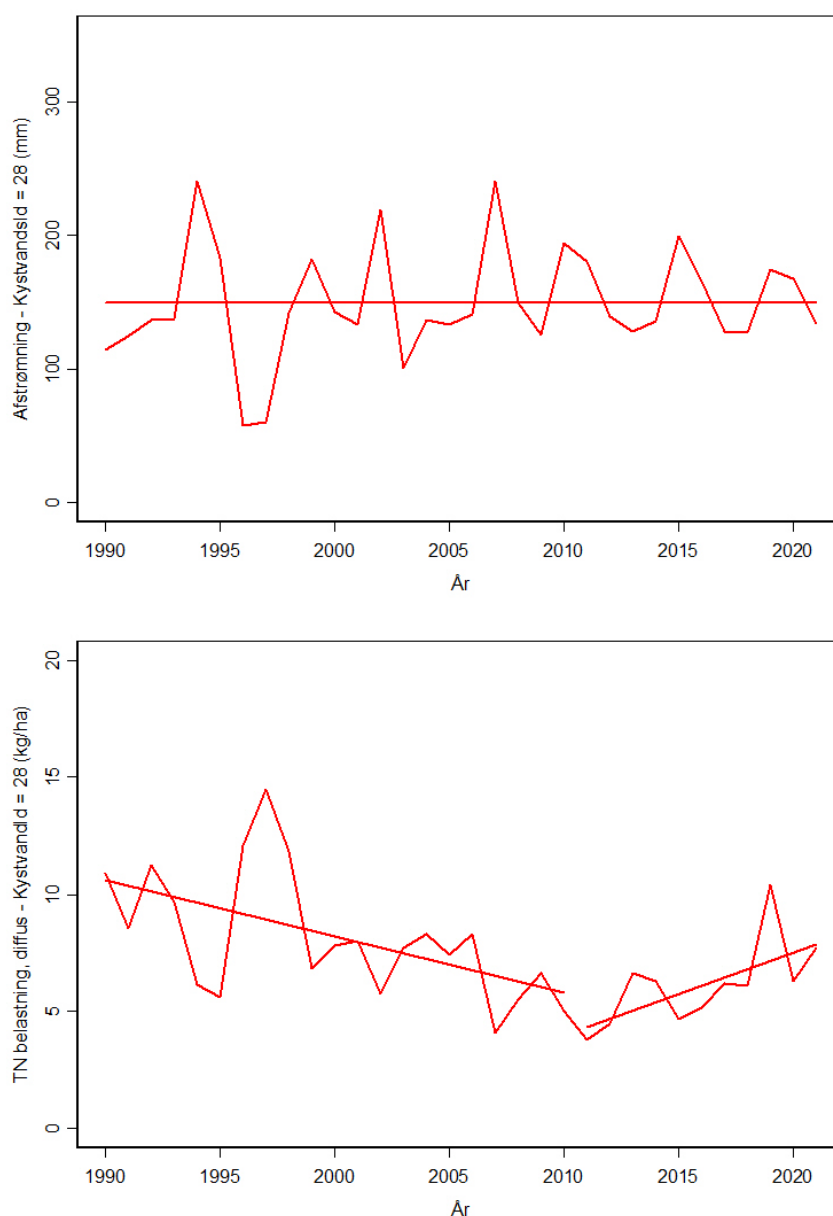
Generelt set må man forvente, at vandafstrømningen i arealspecifikke værdier er en anelse mindre for kystnære oplande end i oplande længere inde i landet set ud fra hvor meget nedbør der falder. Dog vil den generelle grundvandsbevægelse mod kysten og dermed mod de kystnære vandløb trække i modsat retning og dermed i forholdet. Vandafstrømninger burde udgøre et forholdsvist parallelt forløb for målt og umålt opland set over hele den undersøgte periode.

For de normaliserede TN-belastninger af kystvandene kan der overordnet forventes et parallelt forløb, men også forskellige forløb, når man sammenligner målt og umålt opland. Forskellene kan skyldes jord og oplandstyper, arealudnyttelse herunder dyrkningsgraden og forskellige tidsforsinkelser m.v.

Det skal til sidst nævnes, at tre farvandsområder alene består af umålt opland (bilag), så for disse vil der kun være en diskussion af udviklingen for værdierne fra umålt opland.

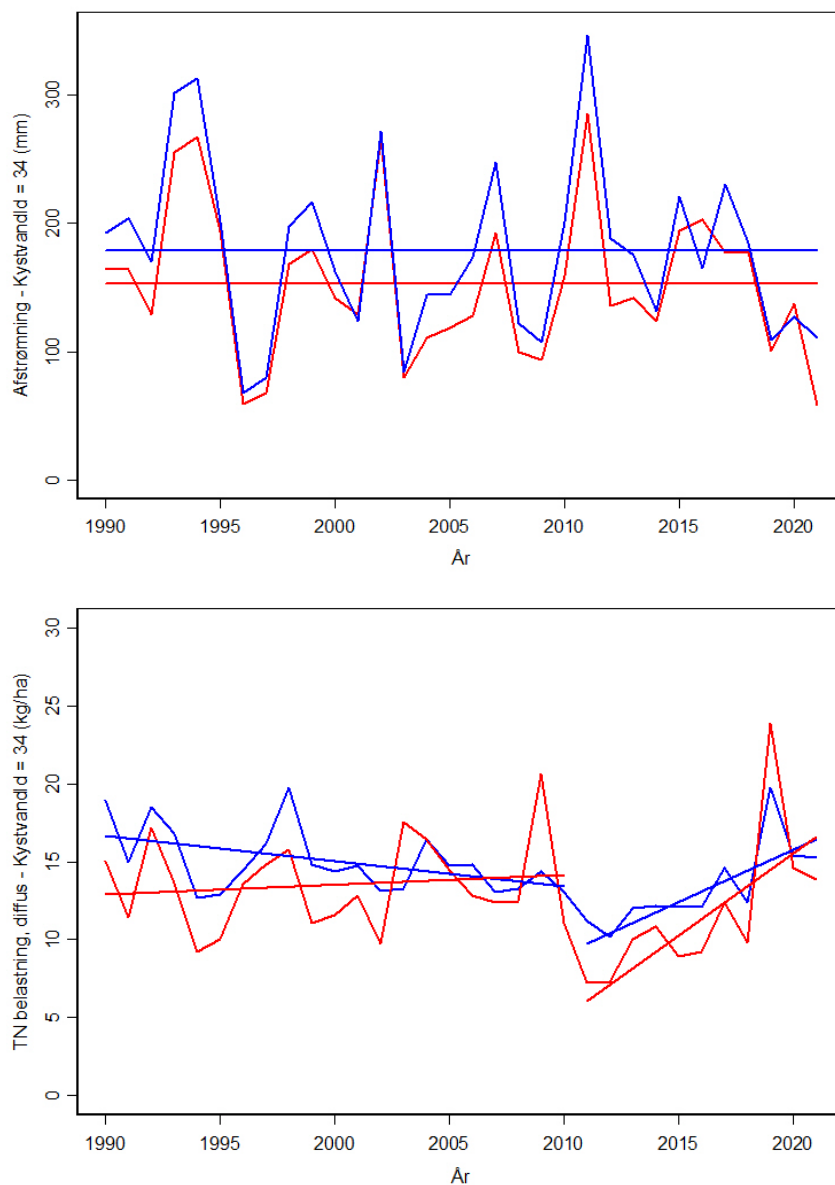
Ved omtalen af TN-belastninger drejer det sig altid om de normaliserede værdier.

Figur 4.1. Sejerø Bugt – Kystvandsid = 28



Afstømningen ændrer sig ikke på nær de forventelige år til år udsving. Sammenlignet med de følgende grafer for afstrømning, bemærker man ingen faldende tendens i de sidste år - 2018-2021. TN-belastningen har en faldende tendens til og med 2011, hvorefter der ses en stigning. Især 2019 har en markant større værdi sammenlignet med andre år efter change-pointet. I 2018 var der udbredt tørke i løbet af foråret og sommeren, og der blev opbygget en TN pulje i jorden, der blev udvasket til vandløb i 2019 med stor TN-tilførsler til følge. Dette afspejler værdien for det umålte opland også.

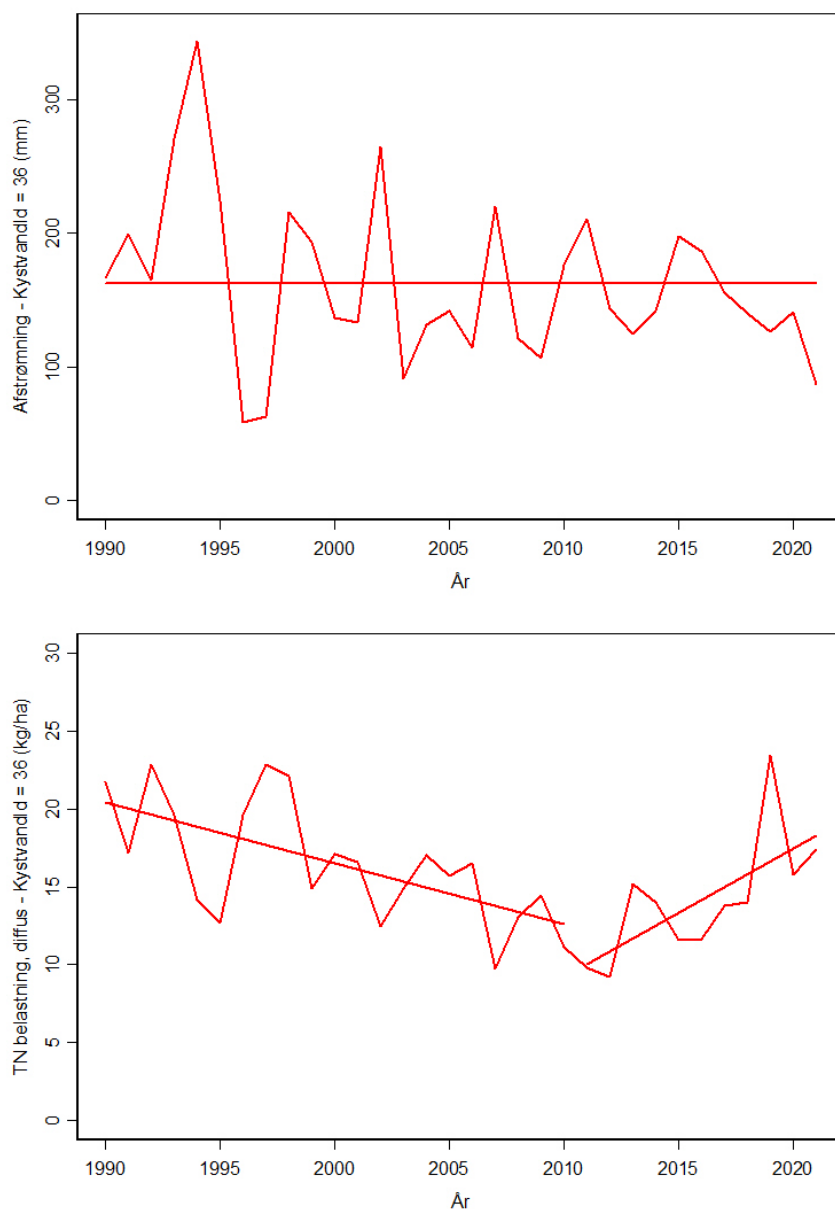
Figur 4.2. Smålandsfarvandet,
syd – Kystvandld = 34



— Målt opland; — Umålt opland.

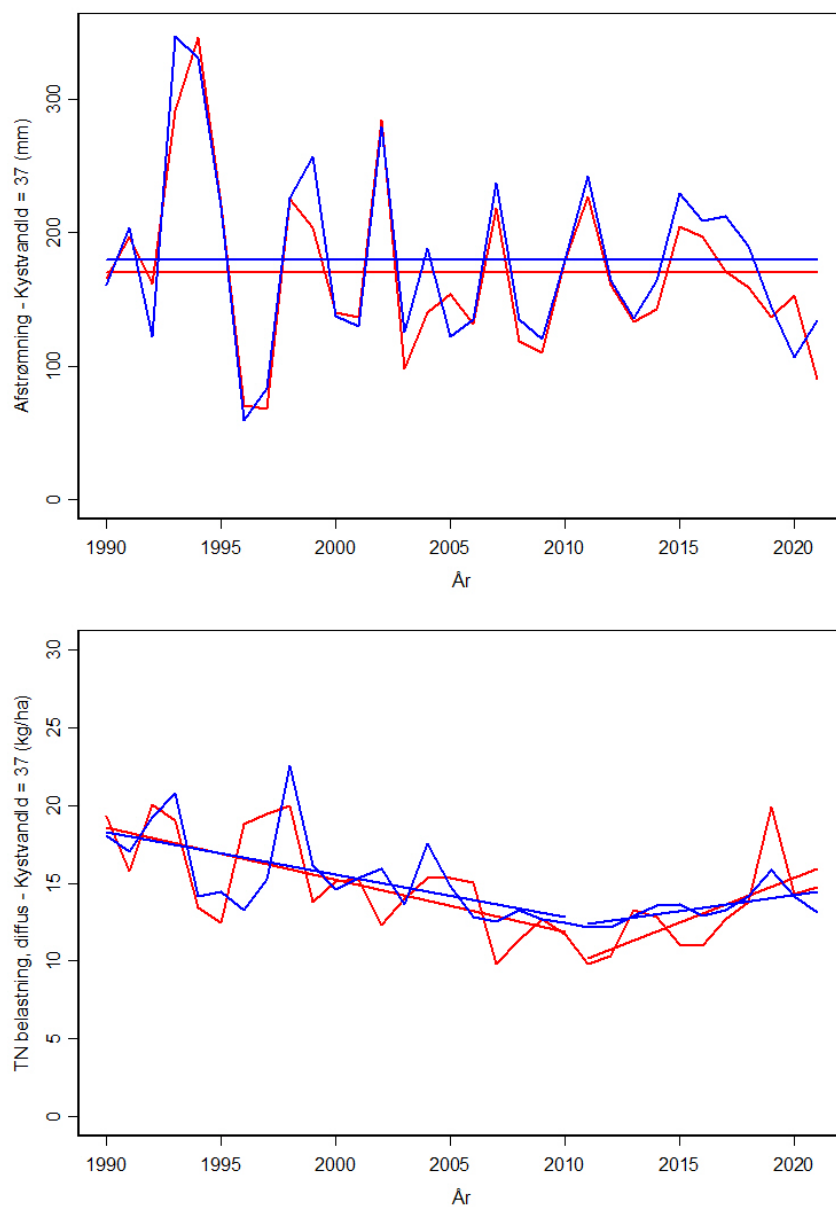
Indtil året 2015 ser man en generel parallelitet i vandafstrømningen for målt og umålt opland, med lavere værdier for det umålte. Dette ændres fra 2016, hvor værdier for det umålte opland kan være større end for det målte, og man ser, at årene 2019-2021 er relativt lave for begge tidsserier. TN-belastningen viser et parallelt forløb, dog med konstant lavere værdier i det umålte opland i perioden 1990-2006, derefter er værdier i umålt større indtil 2010. TN-belastningen i umålte opland har et stort fald i 2011. Der er for både målt og umålt opland stigende tendens i perioden 2011-2021 og mest for det umålte opland. Især året 2019 har en usædvanligt høj TN-belastning. De målte TN-belastningsværdier viser et tidsforløb, som også ses i mange af de andre målte oplande. Ligeledes bemærker man, at tidsserien for det umålte opland har større år til år-variationer end det målt opland.

Figur 4.3. Dybsø Fjord – Kystvandsld = 36



Man bemærker vandafstrømning under gennemsnittet (1990-2021) efter 2017, men ellers et forløb, som det ses i de andre undersøgte tidsserier med vandafstrømning. Et markant fald i TN-belastningen i perioden 1990-2011/12. Efter denne periode er der stigende værdier med især 2019 som markant høj, også sammenlignet med hele perioden.

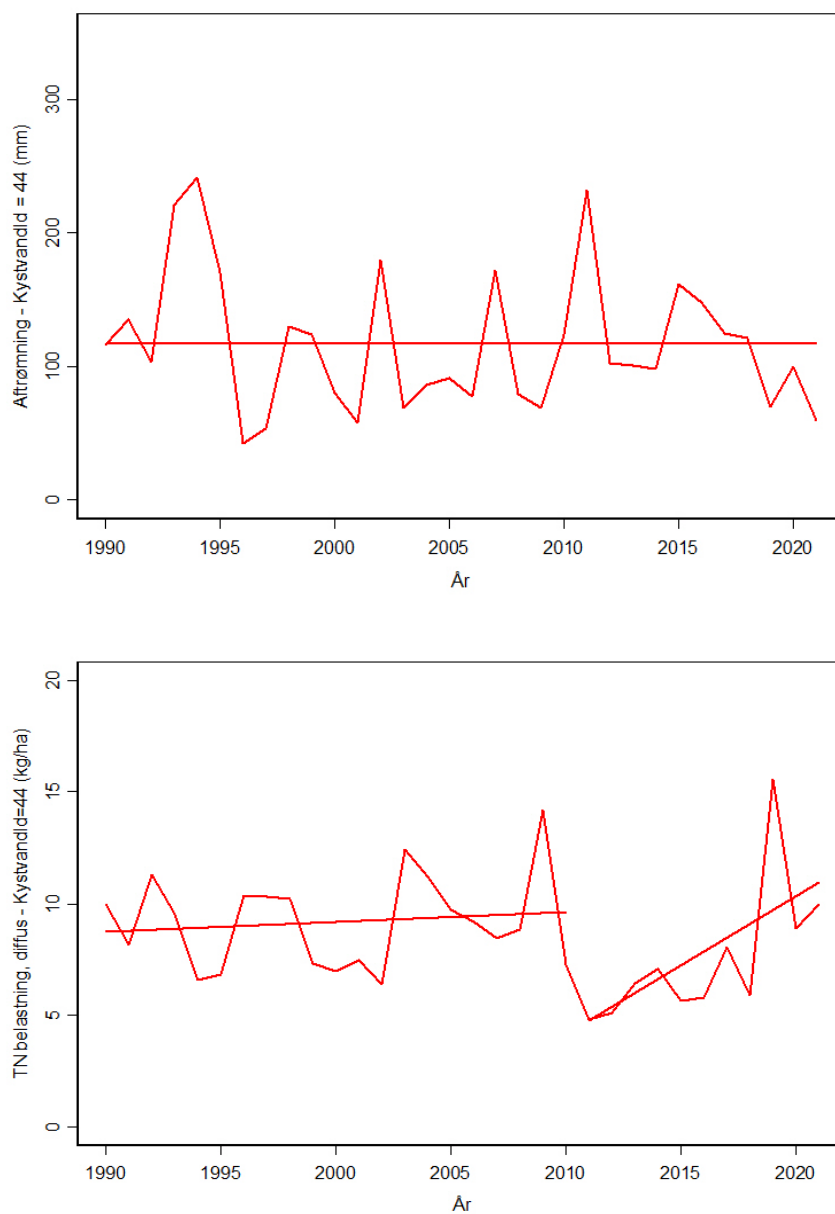
Figur 4.4. Avnø Fjord – Kystvandsld = 37



— Målt opland; — Umålt opland.

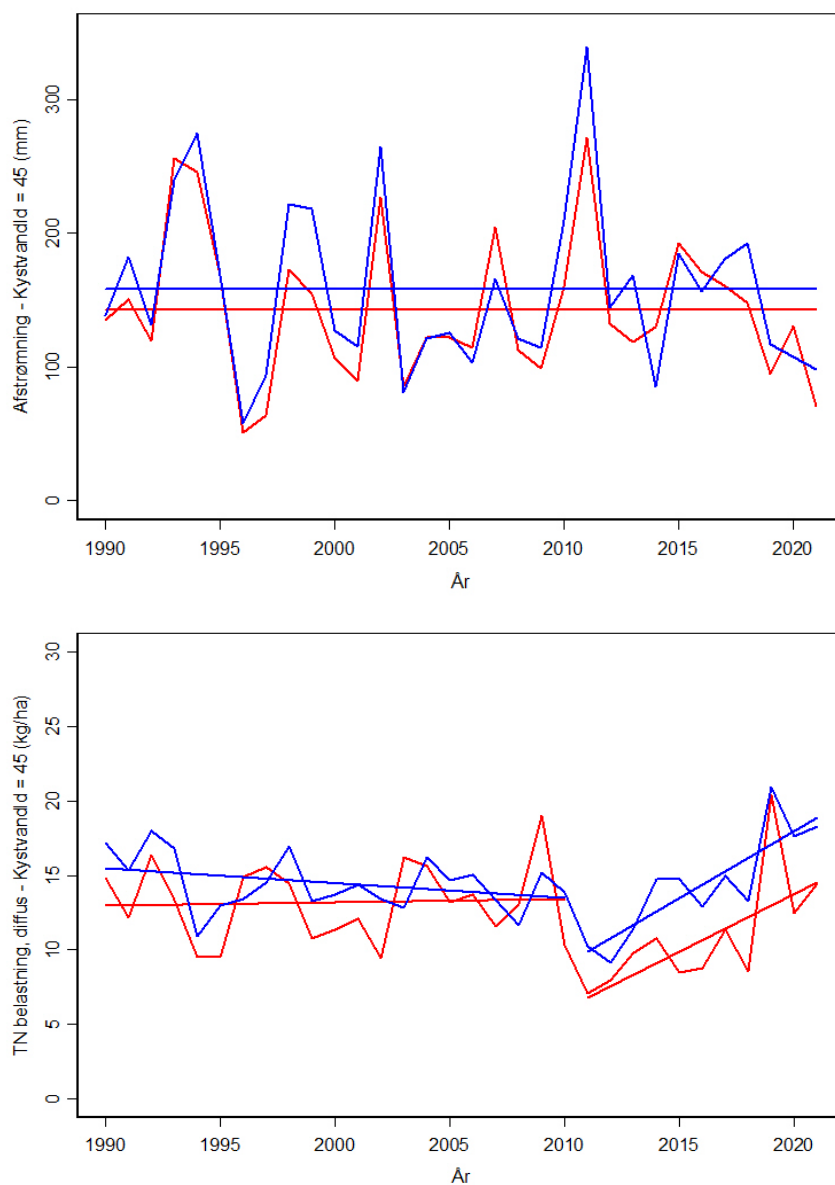
Her er vandafstrømningen næsten ens i niveau for målt og umålt opland. Igen bemærkes vandafstrømning under gennemsnittet (1990-2021) for de sidste fem-seks år. TN-belastningen viser de samme udviklingstendenser for målt og umålt opland, og de to modelfit har næsten ens niveauer, dog med større forskel efter change-pointet. Udsving i de to tidsserier er ikke helt synkrone, og der kan være ganske stor forskel i de enkelte år. Bemærk igen en usædvanlig stor værdi for TN-belastningen fra umålt opland i 2019.

Figur 4.5. Hjelm Bugt– Kyst-
vandsld = 44



TN-belastningen er usædvanlig stor i 2019 – den største i hele den analyserede periode. Der ses et væsentligt skift i niveau mellem 2010 og 2011, i perioden før er der ikke nogen entydig udviklingstendens i TN-tilførslen. Det specielle forløb i vandafstrømningen for perioden 2016-2021 genkendes ligeledes for disse data. Dette farvandsområde består udelukkende af umålt opland.

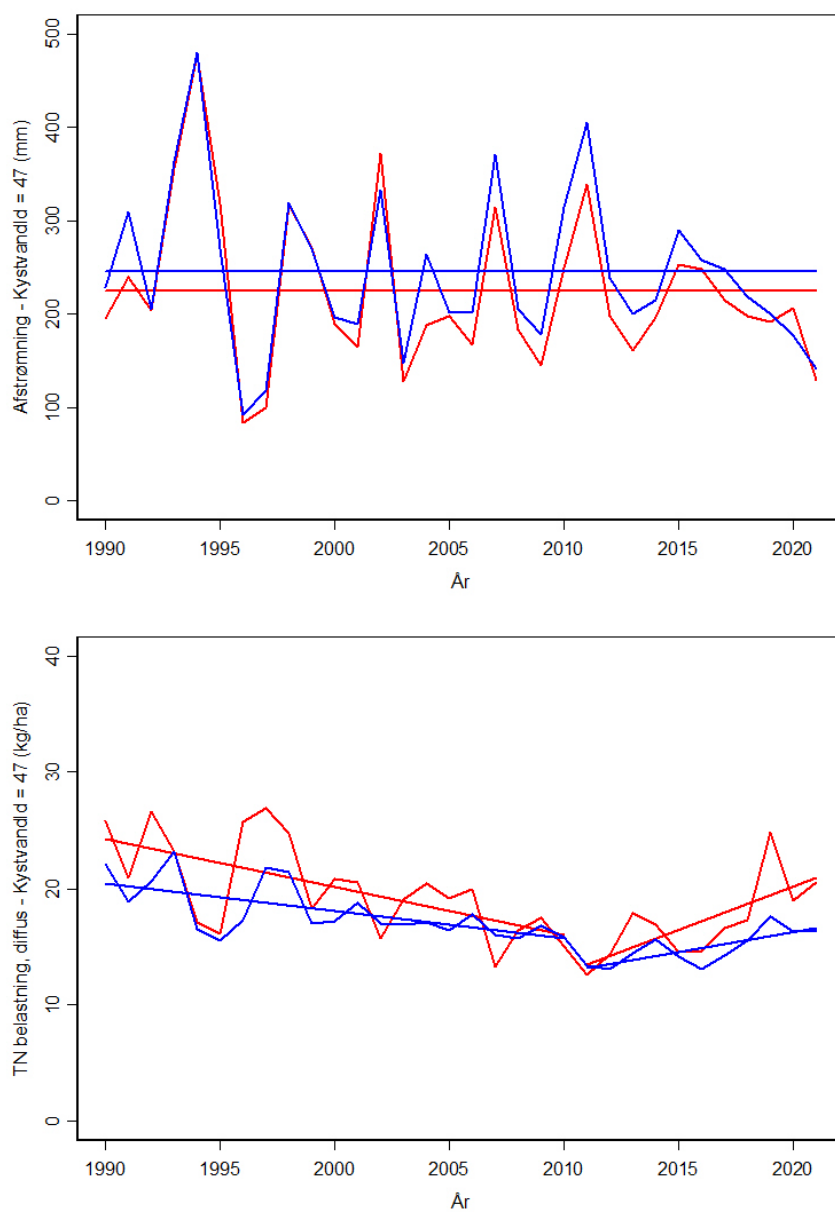
Figur 4.6. Grønsund– Kyst-
vandsld = 45



— Målt opland; — Umålt opland.

I dette opland ser man igen faldende afstrømning i perioden 2016-2021, som man har kunnet se i de fleste af de foregående kystoplande. De modellerede afstrømninger i 2016-2021 er faldende bortset fra en lille stigning i 2020. De målte TN-belastninger er svagt faldende i perioden før change-pointet, de umålte svagt stigende. Efter change-pointet ser man en kraftig stigende tendens med høje værdier i 2019, for både målte og umålte oplande.

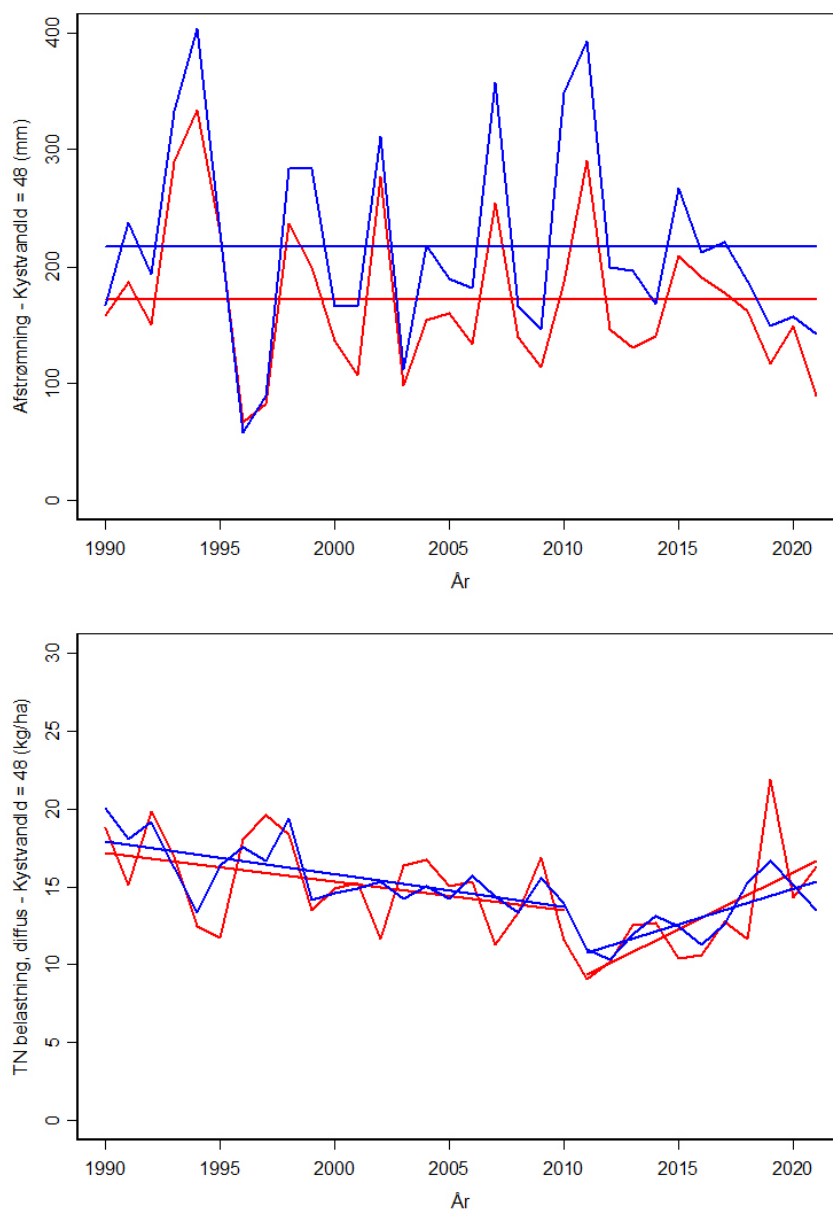
Figur 4.7. Præstø Fjord – Kystvandsld = 47



— Målt opland; — Umålt opland.

Her kan vurderingerne gentages – usædvanligt høj TN-belastning i 2019 og faldende afstrømning i perioden 2016-2021. Et change-point mellem 2010-2011 og faldende TN-tilførsler før og stigende efter. Det bemærkes ligeledes, at udviklingstendensen er forskellig for målt og umålt, både før og efter change-pointet. Samme billede ses ligeledes i nogle af de andre oplande.

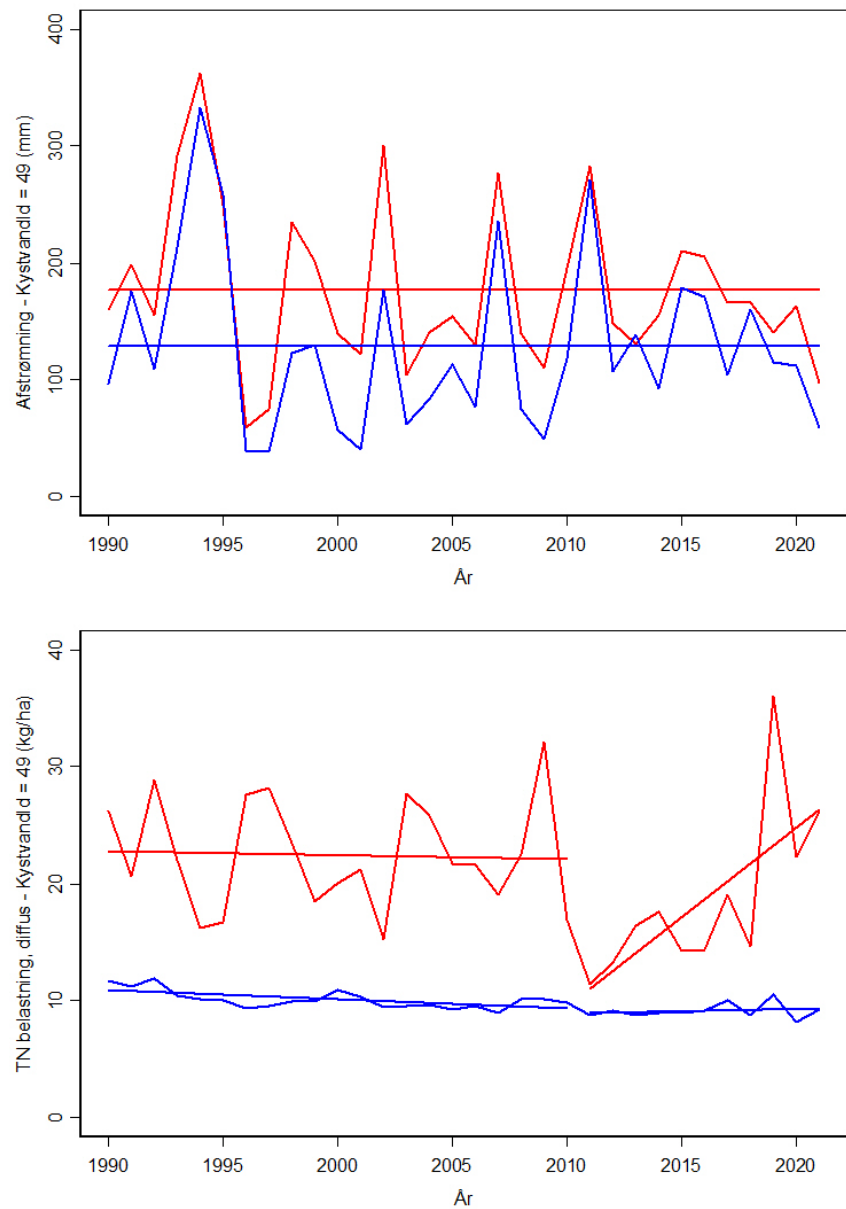
Figur 4.8. Stege Bugt– Kyst-
vandsld = 48



— Målt opland; — Umålt opland.

En forskel på mange mm (ca.45 mm (20 %)) forskel i vandafstrømningen mellem målt og umålt opland. Igen ser man de faldende tendenser i afstrømningen i perioden 2016-2021. Det ser ud til, at TN-tilførslerne især før change point, stort set følger den samme model og er ens i niveau for målt og umålt opland. Men efter change-pointet krydser de to udviklinger hinanden, på grund af en usædvanlig stor TN-belastning i 2019 for umålt opland.

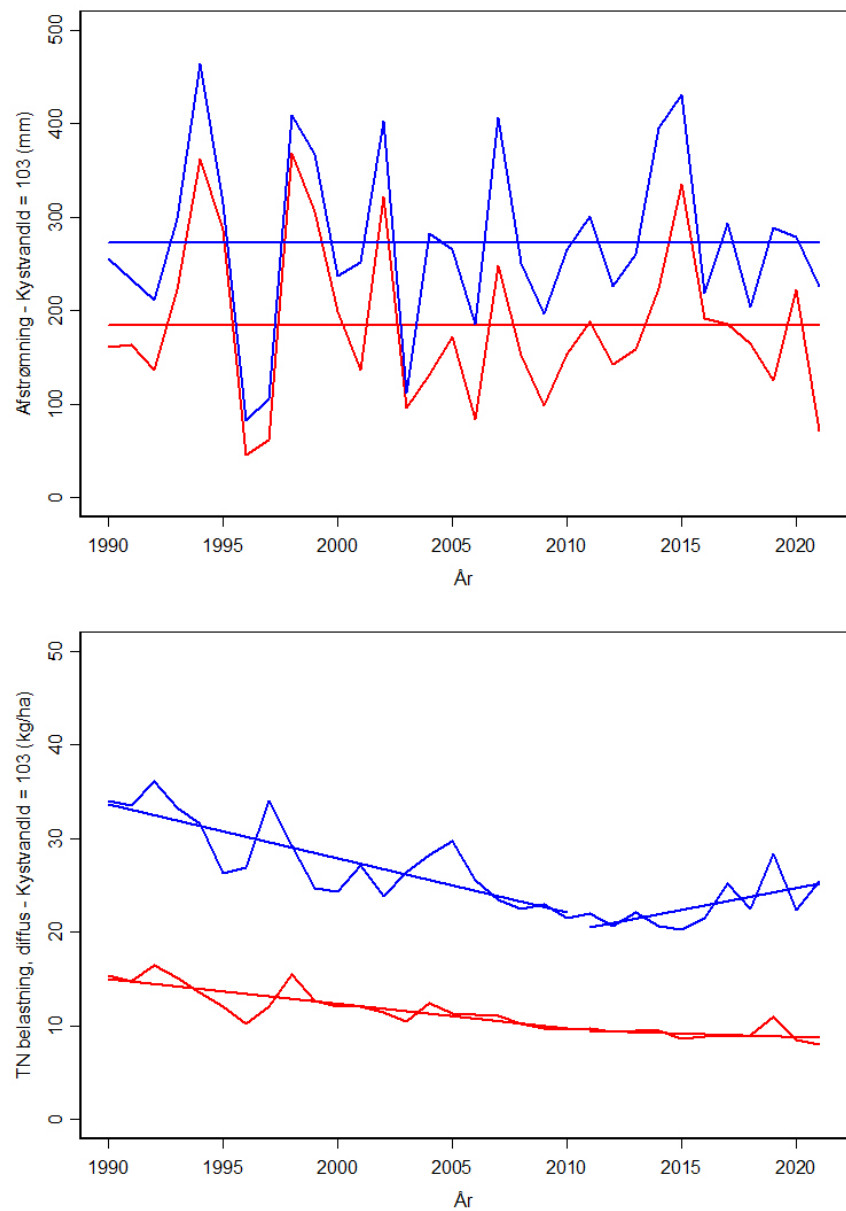
Figur 4.9. Stege Nor – Kystvandsld = 49



— Målt opland; — Umålt opland.

Et lidt specielt opland med hensyn til værdierne for målt og umålt. Man ser, at afstrømningen for det umålte er væsentlig højere end for målt opland, ca. 50 mm (knap 40 %), og igen ses faldende afstrømninger i perioden 2016-2021. Med hensyn til TN-belastningen, så er den ca. dobbelt så stor i det umålte opland med en betydelig stor værdi i 2019. Der modelleres en meget kraftig stigning i TN-belastningen efter 2010 fra det umålte opland, mens der ikke er målt nogen signifikant udvikling i det målte opland.

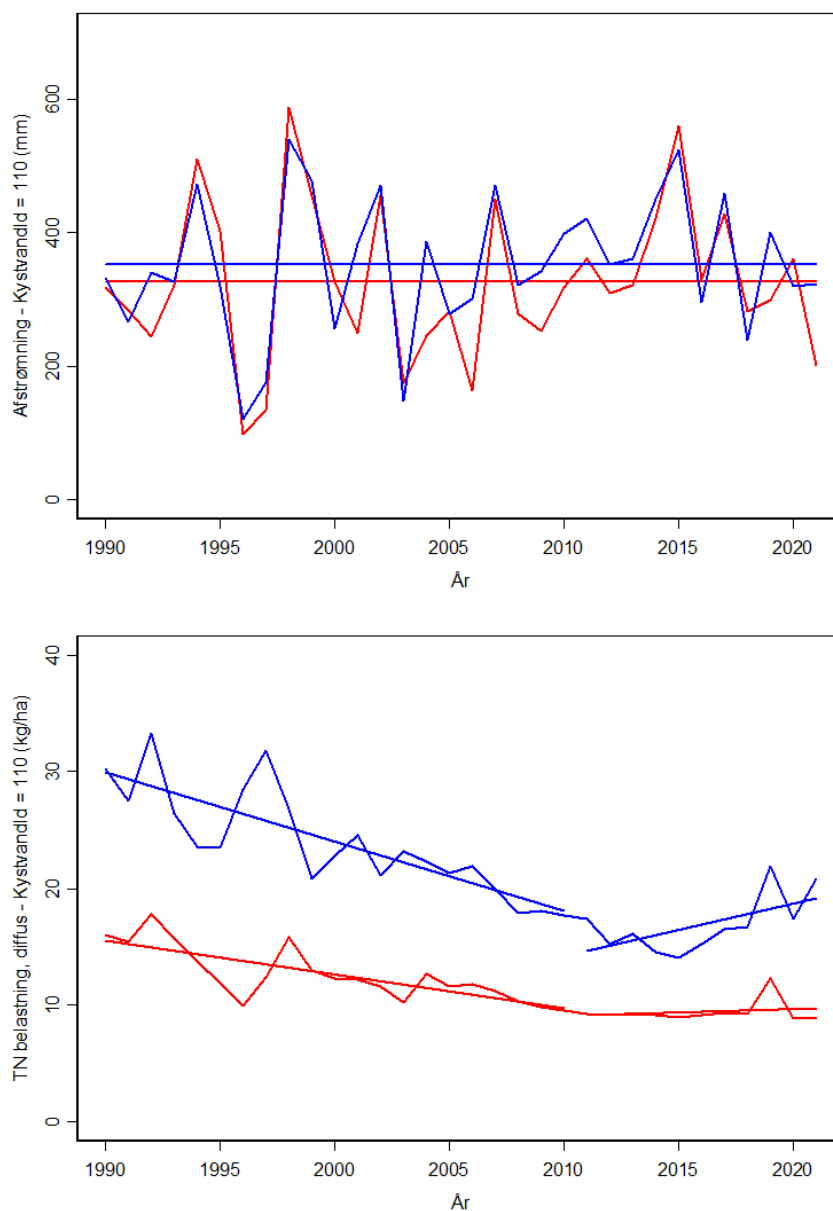
Figur 4.10. Als Fjord – Kystvandsld = 103



— Målt opland; — Umålt opland.

Der er en betydelig forskel i afløbet mellem målt og umålt, tæt på 100 mm (ca. 50 %), højest i det målte. Der er et parallelt forløb og ikke noget udtalt fald i perioden 2016-2021. For TN-belastningen er der væsentlig forskel i niveau på målt og umålt opland. I det umålte opland stiger værdierne ikke efter change-pointet, og TN-belastningen for 2019 er ikke voldsomt stor i dette sydøstjyske opland set i forhold til det, som er gældende i de foregående tilfælde fra Sjælland og Lolland/Falster/Møn.

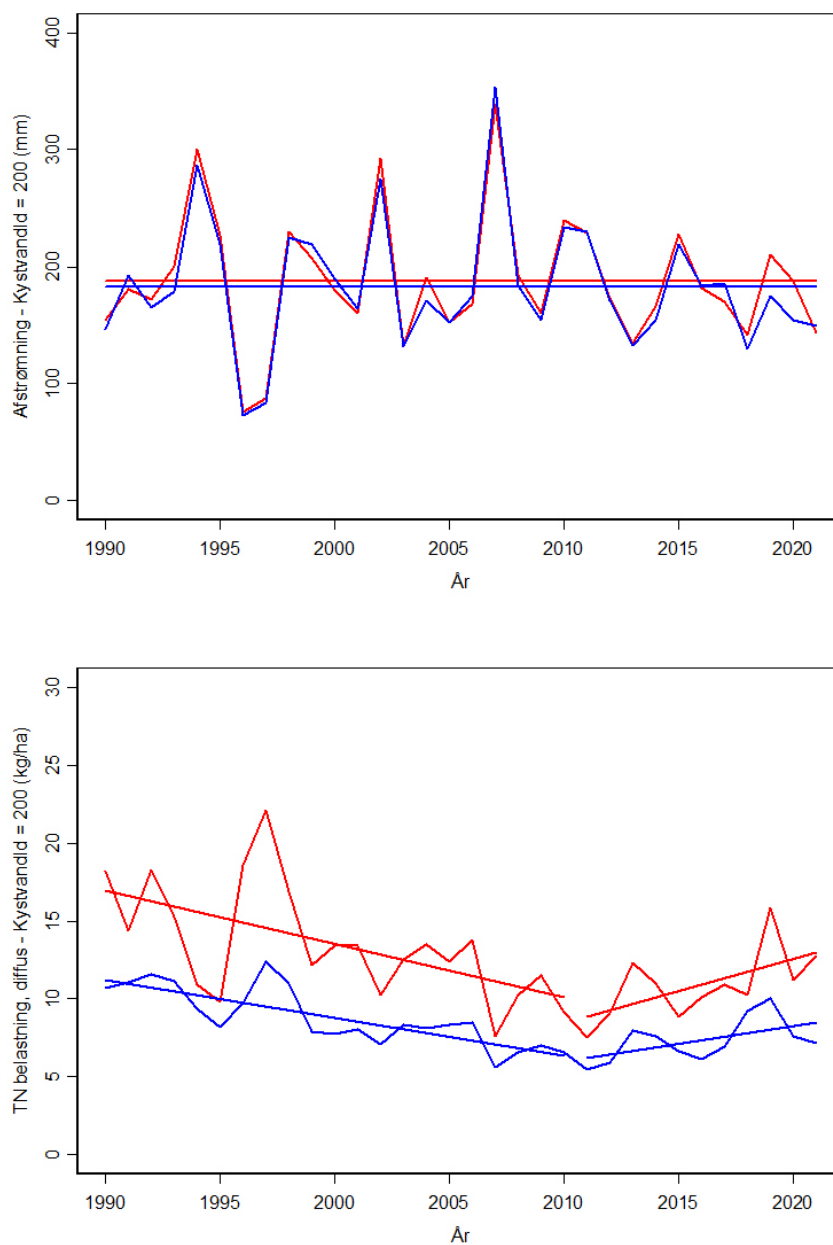
Figur 4.11. Nybøl Nor – Kystvandsld = 110



— Målt opland; — Umålt opland.

Ikke noget særskilt unormalt forløb i tidsserierne for dette opland – faldet i afstrømningen i perioden 2016-2021 er ikke udtalt sammenlignet med nogle af de andre oplande, og for TN-belastningen fra det umålte opland ses ikke nogen stigning svarende til det i den målte opland. Værdien for 2019 er voldsom stor i det umålte og målte, sammenlignet med variationen i TN-belastninger i de omkringliggende år.

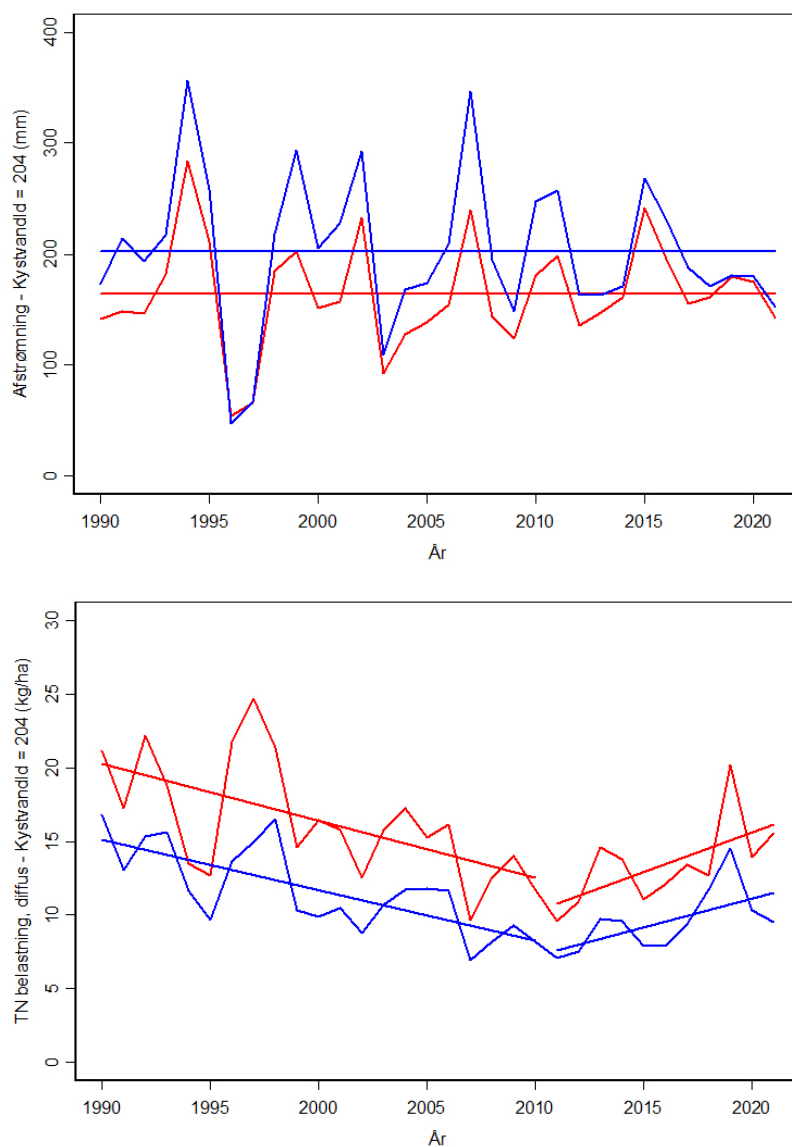
Figur 4.12. Isefjord – Kystvandsld = 200



— Målt opland; — Umålt opland.

Oplandsarealet til dette opland er det største i dette notat. Afstrømningen for det umålte og målte opland er næsten ens, kun årene 2019 og 2020 skiller sig ud, hvor værdierne er noget større i det umålte. TN-belastningen har et parallelt forløb gennem helle perioden, og man kan ikke observere noget, der adskiller målt og umålt i forløbet, bortset fra et noget højere niveau for det umålte. Året 2019 er ikke usædvanligt højt for det umålte opland.

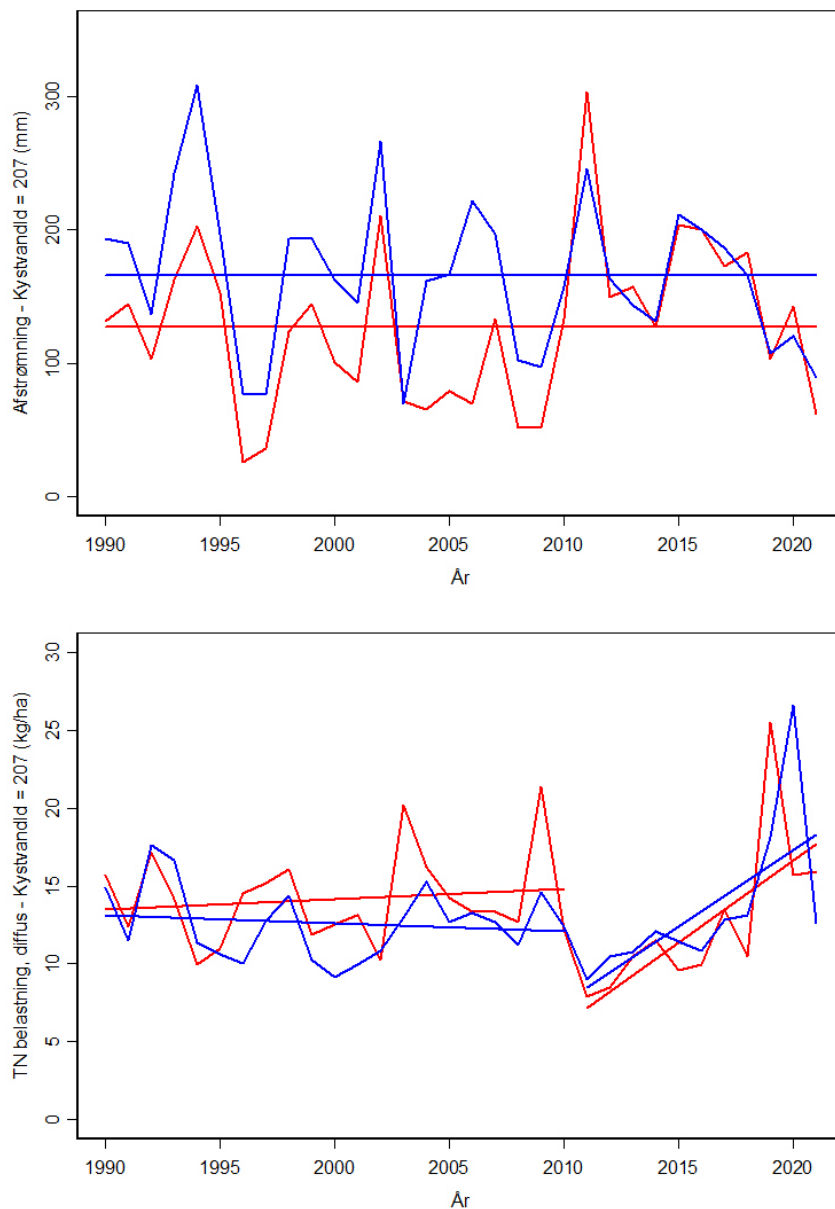
Figur 4.13. Jammerland Bugt og Musholm Bugt – Kystvandsld = 204



— Målt opland; — Umålt opland.

Der er ingen væsentlige afvigende forløb for dette opland, undtagen forholdsvis de næsten samme afstrømninger uden stor variation i perioden 2018-2021. Der er et parallelt forløb med hensyn til TN-belastningen for det målte og umålte opland uden væsentlige forskelligheder. Året 2019 har høj TN-belastning for både målt og umålt opland.

Figur 4.14. Nakskov Fjord –
Kystvandslid = 207



— Målt opland; — Umålt opland.

For dette opland ses visse afvigelser mellem målt og umålt opland. For det første er afstrømningen en del forskellig i perioden 1990-2010. Derefter er de stort set ens og med det kendte faldende forløb i perioden 2016-2021. TN-belastningen er mere eller mindre konstant i perioden 1990-2010 men hvor det i det målte opland har tendens til et fald, er det modsatte tilfældet for det umålte opland og hvor der er et markant fald fra 2010 til 2011. I perioden 2011-2021 er der markant stigning i TN for både målt og umålt opland. I 2019 er TN-tilførslen usædvanligt stor for umålt opland men det er tilfældet for målt opland i 2020 og dermed forskudt et år. Den etårige forskel på toppene i 2019 og 2020 er besynderlig, må med stor sandsynlighed skyldes en fejl i data.

5 Samlet diskussion af resultater

Generelt viser vurderingen af udviklingstendenser for de 14 farvandsområder, at tidsserierne for umålt og målt opland følger hinanden over tid – især hvad vandafstrømningen angår og i mange tilfælde også for TN-belastningerne. Den generelle model med et change-point mellem 2010 og 2011 ser ud til at være konsistent for alle TN-belastningstidsserier og er i god overensstemmelse med det aktive valg at fastlåse change-pointet for alle TN tidsserier. Change-pointet er fundet generelt for Danmark og skyldes forholdsvis lave normaliserede belastninger i perioden (2011-2013). Årsagen til de lave belastninger er uafklaret, men kan hænge sammen med ændringer i landbrugspraksis og/eller klimatiske forhold, som der ikke er korrigeret for via normaliseringen, f.eks. usædvanligt mange frostdøgn i et par vintre omkring 2011. En årsag til de stigende TN-belastninger efter 2011 kunne bl.a. være en manglende effekt af efterafgrøder men ligeledes en effekt af landbrugsaftalen fra 2015, hvor det fra 2016 blev tilladt at øge tildelingen af kvælstof. Effekten af denne øgede tildeling kan ses i figuren i bilaget, som viser øgede markoverskud efter 2016., Men årsager til denne "trend-reversal" bør undersøges nærmere og i dybden.

Vandafstrømningen: Disse tidsserier ser ud til at være konstante igennem perioden 1990-2021. Og den statistiske trendanalyse viser også et signifikant konstant niveau. Dog ser man en faldende tendens i vandafstrømningen for en række farvandsområder, især i det sydøstdanske område, i perioden 2016-2021. Dette er mindre udtalt for de andre undersøgte farvandsområder. I nogle farvandsområder er der ligeledes en procentvis stor forskel mellem afstrømningen i umålt og målt opland.

TN-belastningen: Det fastlåste change-point mellem årene 2010 og 2011 ser ud til at være et generelt fænomen for alle tidsserier i dette notat og bekræfter dermed empiriske fund i andre normaliserede TN-belastninger. Dette change-point er markant for en række af de vurderede tidsserier. I bilaget er udviklingen af kvælstofoverskuddet vist for perioden 1990-2020 (hydrologisk år). Dette er sammen med nedbøren en vigtig drivparameter i modellen for TN-koncentrationer fra umålt opland. Grafen for kvælstofoverskuddet viser et skifte omkring 2015 med stigende værdier efter et konstant fald fra periodens start (1990). Det er således uvist, hvad der præcist giver anledning til det markante fald i de normaliserede TN-belastninger fra 2010 til 2011. Dog er det mest markante i vurderingen af trends i TN-belastningerne den usædvanligt store værdi i 2019 for det umålte opland sammenlignet med værdien for det samme år i det målte opland. Man kan også observere en stor værdi i 2019 for det målte opland, men denne værdi er ikke så markant sammenlignet med de andre værdier for målt opland. Uden at have haft adgang til bagvedliggende data er det svært at pege på en bestemt årsag, men den relativt store TN-belastning i 2019 for det umålte opland kan skyldes flere ting:

- - De modellerede vandafstrømninger.
- - Altså en form for fejl i DK modellen.
- - De simulerede TN-koncentrationer.
- - Biaskorrektionen, som udføres efterfølgende.

Biaskorrektionen er bekrævet i (Thodsen et al., 2019b).

6 Konklusion

Dette notat omhandler en vurdering af udviklingstendenser i vandafstrømningen og den normaliserede diffuse TN-belastning til i alt 14 farvandsområder i perioden 1990-2021. I hvert enkelt farvandsområde er data opdelt på værdier fra umålt og målt opland. Generelt set er vurderingen, at:

1. Værdier for umålte og målte oplande følger hinanden gennem perioden (1990-2021). Dette burde også være tilfældet, idet data er bias- og trendkorrigerede (Thodsen et al., 2019b; Thodsen et al., 2024).
2. Der ses dog også en række større afvigelser mellem målte og umålte oplande, som bør undersøges nærmere. Især hvorfor TN-belastning til kystvande i 2019 fra umålte oplande bliver meget større end for de tilsvarende målte. Tilførslen i 2019 er også stor for de målte oplande, men slet ikke relativt så stor som for de umålte.
3. For en række farvandsområder ses også et tydeligt fald i vandafstrømningen fra både i målt og umålt opland i perioden 2016-2021, hvor forventningen kunne være høj afstrømning hen over vinteren 2019/20. Her kan en forklaring være, at der er foretaget en ændring i måleinstrumenter og -metoder, f.eks. indførelse af Doppler i de pumpede arealer i stedet for anvendelse af elforbruget på pumperne. En anden mulig forklaring kan være en ændret fordeling af nedbøren over året, samt at nedbøren ikke er øget i det sydøstlige Danmark sidst i den analyserede periode. Opgørelser af nedbøren viser også lave nedbørsmængder præcist i det område i årene 2016, 2018, og især i 2020-2021, hvor der på landsplan er ca. det der svarer til normalnedbør (Thodsen et al. 2023). Yderligere skal det nævnes, at data fra både den modellerede og den målte del kan være behæftet med betydelig usikkerhed igennem hele perioden, fordi de repræsenterer små oplande.
4. Ligeledes ses der en relativ stor forskel i vandafstrømningen mellem umålt og målt opland for nogle farvandsområder og igennem hele perioden. Årsagen til disse store forskelle bør belyses: Kan der være en effekt af højdeforskelle, idet et højere niveau over havet giver lidt mere nedbør (orografisk og konvektions effekter)? Kan det skyldes grundvandsbevægelser eller modellen, der forudsiger vandafstrømningen i det umålte opland? I nogle oplande er den målte afstrømning mange procent højere, og i et har det umålte opland en større afstrømning.

Af analyserne fremgår der således en del forskelligheder mellem udviklingen vandafstrømningen og TN-belastningen i målt og umålte oplande, og disse bør undersøges nærmere. Forskellighederne kan skyldes en række årsager: bias i nedbør, vandføringsmålinger (nye måleinstrumenter og -metoder), modelforudsigelser og bias- og trendkorrektioner. Især bør der findes gode forklaringer for nogle tidsserier (ID: 34, 36, 37, 44, 45, 47, 48, 49, 207), hvor der er en tydelig faldende tendens i vandafstrømningen for perioden 2016-2021. Det er især denne mærkelige tendens i vandafstrømningen, som giver anledning til usædvanligt høje TN-belastninger. Årsagen til at de lave vandafstrømninger i perioden 2016-2021 giver anledning til høje normaliserede TN-belastninger skal findes i effekten af normaliseringen. Da en årlig vandafstrømning under periodegennemsnittet vil give anledningen til en større normaliseret TN-belastning og modsat for en årlig vandafstrømning over gennemsnittet.

7 Referencer

Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (2021) Statistical aspects in relation to Baltic Sea Pollution Load Compilation. Task under HELCOM PLC-8 project. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy. Technical Report No. 224. <https://dce2.au.dk/pub/TR224.pdf>

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

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

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., Blicher-Mathiesen, G., Rolighed, J., Holm, H. & Kjeldgaard, A. (2021) Vandløb 2019 - Kemisk vandkvalitet og stoftransport. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 74 s. - Videnskabelig rapport nr. 452 <http://dce2.au.dk/pub/SR452.pdf>

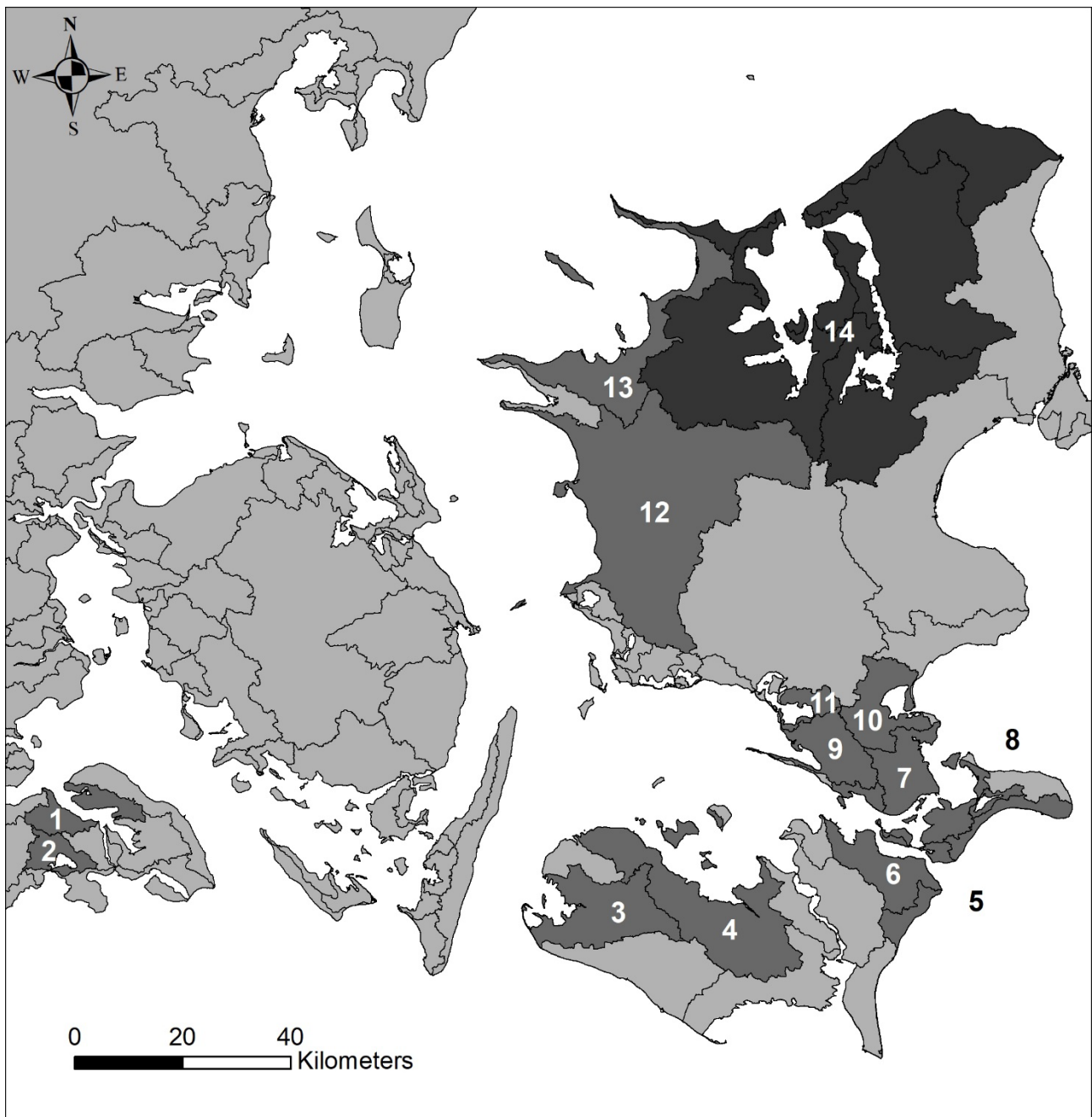
Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rolighed, J., Kjær, C., Larsen, S.E., Ovesen, N.B. & Blicher-Mathiesen, G. (2023) Vandløb 2021. - Kemisk vandkvalitet, stoftransport og miljøfarlige forurenende stoffer. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 90 s. - Videnskabelig rapport nr.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

Thodsen, H., Tornbjerg, H. & Muff, E. (2024) Uddybning af forskelle i opgørelser af kvælstof, fosfor og afstrømning imellem VP3 og VP3-genbesøg. Ud-kast, Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, xx s. - Fagligt notat nr. 2024 | xx

Bilag

Vurderingen af udviklingstendenser er foretaget for følgende 14 4. ordens farvande. I tabellen er angivet arealstørrelserne for det målte og umålte opland, arealstørrelserne anvendes til beregning af arealspecifikke værdier. Oplandene er generelt små i størrelse. Med hensyn til Isefjord drejer det sig også om Roskilde Fjord.

Kystvands-Id	Beskrivelse	Areal af målt opland (km²)	Areal af umålt opland (km²)
28	Sejerø Bugt	-	314
34	Smålandsfarvandet, syd	81	353
36	Dybsø Fjord	-	44
37	Avnø Fjord	93	45
44	Hjelm Bugt	-	106
45	Grønsund	55	138
47	Præstø Fjord	88	63
48	Stege Bugt	43	170
49	Stege Nor	3,3	15
103	Als Fjord	31	69
110	Nybøl Nor	20	39
200	Isefjord	1345	979
204	Jammerland Bugt og Musholm Bugt	803	290
207	Nakskov Fjord	152	94



Figur: Geografisk placering af de 14 farvandsområder. 1 Als Fjord, 2 Nybøl Nor, 3 Nakskov Fjord, 4 Smålandsfarvandet, syd, 5 Hjelm Bugt, 6 Grønsund, 7 Stege Bugt, 8 Stege Nor, 9 Avnø Fjord, 10 Præstø Fjord, 11 Dybsø Fjord, 12 Musholm Bugt og Jammerland Bugt, 13 Sejerø Bugt, 14 Isefjord/Roskilde fjord og farvandet nord for Sjælland.

Tablel. Mann-Kendall-analyseresultater for henholdsvis målt og umålt diffus belastning (TN-belastning) for perioden 1990-2010 og 2011-2021. I tabellen er angivet teststørrelsen (Z) samt testsandsynligheden for testen (P). Fortegnet af teststørrelsen angiver, om trenden er positiv eller negativ. Der er ikke noget målt opland til Sejerø Bugt, Dybsø Fjord og Hjelm Bugt.

Kystvandsid	Beskrivelse	Målt		Umålt	
		1990-2010	2011-2021	1990-2010	2011-2021
28	Sejerø Bugt	-	-	Z = -2,6 P = 0,010	Z = 2,0 P = 0,043
34	Smålandsfarvandet, syd	Z = -2,1 P = 0,037	Z = 3,0 P = 0,003	Z = 0,03 P = 0,98	Z = 2,6 P = 0,008
36	Dybsø Fjord	-	-	Z = -2,9 P = 0,003	Z = 2,3 P = 0,020
37	Avnø Fjord	Z = -3,0 P = 0,002	Z = 2,5 P = 0,013	Z = -2,7 P = 0,006	Z = 2,6 P = 0,008
44	Hjelm Bugt	-	-	Z = 0 P = 1,00	Z = 2,8 P = 0,005
45	Grønsund	Z = -1,1 P = 0,26	Z = 2,8 P = 0,005	Z = -0,09 P = 0,93	Z = 2,6 P = 0,008
47	Præstø Fjord	Z = -3,0 P = 0,002	Z = 2,3 P = 0,020	Z = -3,0 P = 0,003	Z = 2,6 P = 0,008
48	Stege Bugt	Z = -2,6 P = 0,009	Z = 2,5 P = 0,013	Z = -1,8 P = 0,065	Z = 2,8 P = 0,005
49	Stege Nor	Z = -2,5 P = 0,012	Z = 1,1 P = 0,28	Z = -0,27 P = 0,79	Z = 2,8 P = 0,005
103	Als Fjord	Z = -4,0 P < 0,001	Z = 1,87 P = 0,062	Z = -4,3 P < 0,001	Z = -1,71 P = 0,087
110	Nybøl Nor	Z = -4,4 P < 0,001	Z = 1,71 P = 0,087	Z = -4,1 P < 0,001	Z = -0,47 P = 0,64
200	Isefjord	Z = -3,4 P < 0,001	Z = 1,56 P = 0,12	Z = -2,5 P = 0,012	Z = 2,0 P = 0,043
204	Jammerland Bugt og Musholm Bugt	Z = -3,0 P = 0,003	Z = 2,0 P = 0,043	Z = -2,9 P = 0,004	Z = 2,2 P = 0,029
207	Nakskov Fjord	Z = -0,33 P = 0,74	Z = 3,1 P = 0,002	Z = 0,21 P = 0,83	Z = 2,8 P = 0,005

I nedenstående figur vises udviklingen i markoverskuddet, som er en væsentlig drivparameter for modellen, der anvendes til at prædikere vandføringsvægtede TN-koncentrationer. Markoverskuddet er opgjort på hydrologisk år i figuren. Det har været faldende indtil omkring året 2015, hvorefter det er på et noget højere niveau med det hydrologiske år 2018/19 som højeste værdi.

