



ANALYSE AF TIDSFORSINKELSE I OPLANDET TIL NISSUM FJORD

Leverance til Kystvandråd for Nissum fjord

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 391

2026



AARHUS
UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Analyse af tidsforsinkelse i oplandet til Nissum Fjord

Leverance til Kystvandråd for Nissum fjord

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 391

2026

Jørgen Windolf
Rasmus Rumph Frederiksen

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. 391
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Analyse af tidsforsinkelse i oplandet til Nissum Fjord
Undertitel:	Leverance til Kystvandråd for Nissum fjord
Forfattere:	Jørgen Windolf, Rasmus Rumph Frederiksen
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	https://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Juni 2026
Redaktion afsluttet:	9. juni 2026
Faglig kommentering:	Brian Kronvang
Kvalitetssikring, DCE:	Signe Jung-Madsen Henriette Hossy
Ekstern kommentering:	Der er ikke modtaget kommentarer til rapporten
Bedes citeret:	Windolf, J., Frederiksen, R.R. 2026. Analyse af tidsforsinkelse i oplandet til Nissum Fjord. Leverance til Kystvandråd for Nissum fjord. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 17 s. - Teknisk rapport nr. 391
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten giver en analyse af tidsforsinkelser i transporten af kvælstof fra opland til kystvand for vandløbsoplandet til Storå ved Skærum Bro. Analysen viser, at der ikke forekommer længere tidsforsinkelser i oplandet.
Emneord:	Kystvandråd, Nissum Fjord, kvælstof, oplandsanalyse, tidsforsinkelse
Foto forside:	En sommerdag i Thorsminde ved Nissum Fjord, Colourbox
ISBN:	978-87-7648-066-0
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	17

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	7
1 Baggrund	8
2 Datagrundlag	9
3 Etablering af lange tidsserier	12
3.1 Rodzonekoncentration	12
3.2 Vandløbskoncentration	13
4 Fremtidig udvikling i vandløbskoncentration	15
5 Referencer	17

Forord

Nærværende rapport afrapporterer en række oplandsanalyser, der udføres af DCE, Aarhus Universitet for Kystvandråd for Nissum fjord. Dette er "Delprojekt 2: Analyse af tidsforsinkelser i oplandet". De to andre delprojekter rapporteres separat.

Rapporten omfatter resultaterne af den del af projektet, der beskriver tidsforsinkelsen mellem kvælstofudvaskning fra rodzonen og kvælstoftransporteren til fjorden.

Kystvandrådet har haft mulighed for at kommentere på rapporten, men har ikke fremsendt nogle kommentarer. Der har været afholdt et afklarende møde med kystvandrådet.

Sammenfatning

Rapporten giver en analyse af tidsforsinkelser i transporten af kvælstof fra opland til kystvand for vandløbsoplandet til Storå ved Skærum Bro. Analysen viser, at der ikke forekommer længere tidsforsinkelser i oplandet.

Summary

This report provides an analysis of time lags in the transport of nitrogen from the catchment to coastal waters for the catchment area of Storå near Skærum Bro. The analysis shows that no longer time lags occur within the catchment.

1 Baggrund

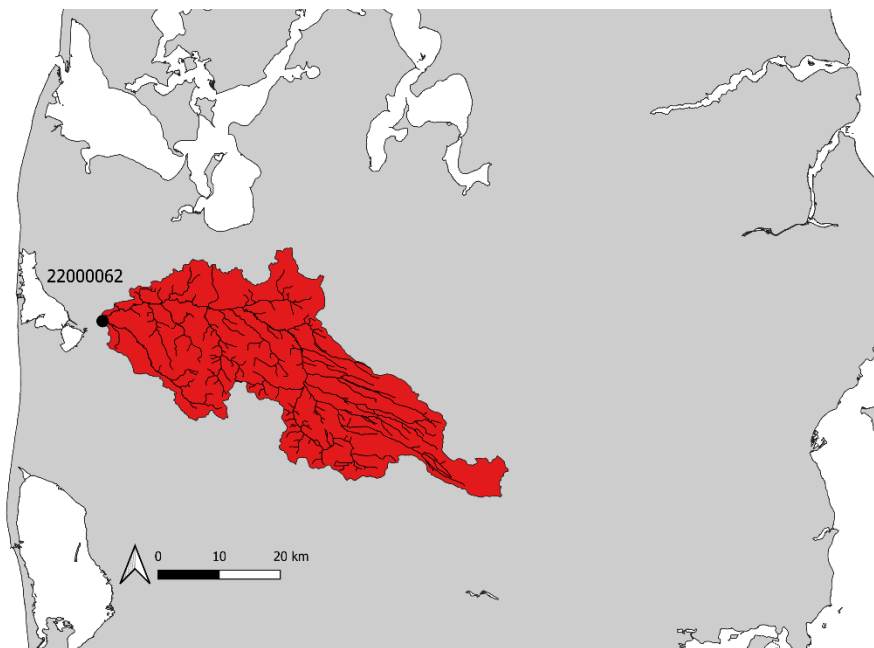
I forbindelse med arbejdet under kystvandrådet for Nissum Fjord er DCE ved Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet blevet indbudt til at udføre en række oplandsanalyser. Projektet er opdelt i tre delprojekter, delprojekt 1 vurderer muligheder for reduktion i fosforbelastning af fjorden baseret på en detaljeret kortlægning af fosfortab via forskellige transportveje kombineret med en række virkemidler. Delprojekt 2 omfatter en analyse af tidsforsinkelsen mellem kvælstof udvaskes fra rodzonen og til kvælstoffet når frem til fjorden. Tidsforsinkelsen skyldes hovedsageligt en lang opholdstid i grundvandet i oplandet. Delprojekt 3 omfatter en analyse af næringsstofbidraget og ferskvandsafstrømningen til Nissum Fjord.

Denne rapport leveres til Kystvandrådet for Nissum fjord ved Holstebro Kommune.

2 Datagrundlag

For at analysere tidsforsinkelsen mellem kvælstof udvaskes fra rodzonen og til det samme kvælstof transporteres til fjorden fra oplandet er det nødvendigt at have en lang tidsserie fra målestationer i oplandet. For de vandløbsstationer, der anvendes til at opgøre kvælstoftilførslen til Nissum Fjord, er der kun en målestation, som har en tidsserie som er nøjagtig, pålidelig og uden huller og derfor anvendelig til vurdering af tidsforsinkelse: Storå ved Skærum Bro (ODA-nummer 22000062, Figur 2.1).

Figur 2.1. Oplandet til Storå ved Skærum Bro (oda nr 22000062) i oplandet til Nissum Fjord.



Oplandet til Skærum Bro stationen i Storåen udgør en meget stor del af det samlede opland til Nissum Fjord (68 %, 1.097 km² ud af 1.615 km²), og det dyrkede areal indenfor Skærum Bro oplandet udgør også en stor del af det samlede dyrkede areal inden for hele oplandet til Nissum fjord (67 %, 674 km² ud af 1.005 km²).

For Storå ved Skærum Bro foreligger der årlige målinger af total kvælstofkoncentrationer siden 1971. Fra 1983 og frem er der registreret mere end 18 målinger pr. år, mens perioden 1972-1982 indeholder mellem 4 og 9 målinger årligt, og i 1971 kun én enkelt måling. Derudover findes der døgnvandføringsdata for Storå ved Skærum Bro for hvert år siden 1971.

Det bemærkes, at der eksisterer en anden station (Damhus å ved Slyk bro, ODA-nummer 22000234) med måledata fra 1989-2007 og målestationen er så igen blevet målt kontinuert fra 2017. Resultatet for denne station vil blive vist til sidst i kapitlet, mens gennemgangen af metode og mellemregninger kun vil blive vist for Storå ved Skærum Bro.

Det bemærkes også, at analysen af tidsforsinkelse foretages på vandføringsvægtede koncentrationer af total kvælstof i vandløb beregnet ud fra måledata for agro-hydrologiske år. Et agro-hydrologisk år løber fra d. 1. april til d. 31. marts året efter. Analysen omfatter alene den del af kvælstoftransporten, der stammer fra diffuse kilder. Eventuelle kendte bidrag fra en række punktkilder

(byspildevand, industri, dambrug m.m.) er altså fratrukket de målte total kvælstof koncentrationer og transporter.

Vandløbsdata for Storå ved Skærum Bro er nærmere beskrevet i den selvstændige DCE-rapport "Tilførsel af vand og næringsstoffer til Nissum Fjord". Dataene er desuden tilgængelige i ODA-databasen, hvor NOVANA-overvågningsdata opbevares, og kan inspiceres og downloades.

I den tidligere version af den nationale kvælstofmodel (Højberg et al., 2021) findes data for den årlige perkolation af vand ud af rodzonen beregnet med DAISY samt den årlige nitratudvaskning beregnet med NLES5. Yderligere information om beregningsmetoderne kan findes i Børgesen m.fl. (2019). Perkolation af vand (mm år^{-1}) og nitratudvaskning fra rodzonen ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$) er desuden anvendt til at beregne en tidsserie for den årlige perkolationsvægtede nitratkoncentration i rodzonen (mg N l^{-1}). Alle tre tidsserier foreligger for agro-hydrologiske år i perioden 1990/91 til 2017/18.

Der er desuden anvendt oplysninger om kvælstofoverskuddet i dansk landbrug til at etablere en lang tidsserie for den perkolationsvægtede rodzonekoncentration af nitrat. Der anvendes data om den beregnede nationale markbalance for kvælstof samt publicerede bedriftsbalancer. Sidstnævnte tidsserie for kvælstofoverskuddet, der dækker perioden 1900-2018, er sammensat på baggrund af Kyllingsbæk (2008), Vinther og Olsen (2013) samt Vinther m.fl. (2020). Overskuddet er opgjort som en national bedriftsbalance, hvilket betyder, at den beregnes som forskellen mellem tilførte og fraførte kvælstofmængder for den samlede landbrugssektor i landet. Tiltag på markniveau, der reducerer næringsstofudledning – såsom øget brug af efterafgrøder, nedfældning af gylle eller etablering af randzoner – påvirker derfor ikke bedriftsbalancen. For yderligere detaljer om beregningen henvises til Kyllingsbæk (2008).

De anvendte nationale markbalancer kan findes i Blicher-Mathiesen m.fl. (2024). Balancerne er opgjort siden 1990. Markbalancerne opgøres som balancer på markniveau og afviger således lidt fra de anvendte bedriftsbalancer.

Markbalancerne (1000 ton N) er dog relateret til bedriftsbalancen (1000 ton N), idet der kan etableres følgende sammenhæng:

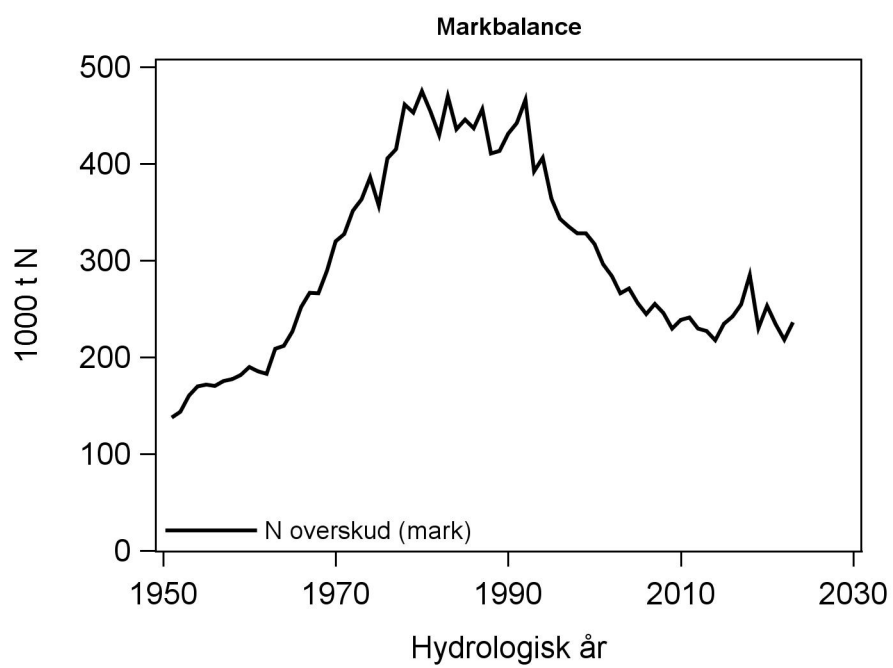
$$\text{Markbalance} = 0,928 * \text{Erhvervsbalance} - 5,94 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,95; p < 0,00001.$$

Der kan således etableres en lang tidsserie for markbalancen også for år før 1990. Den sammenstykkede balance er vist i Figur 2.2.

Denne tidsserie giver mulighed for at analysere langsigtede ændringer i kvælstofoverskuddet og er central for at forstå udviklingen i rodzonekoncentrationer over mere end et århundrede. Den anvendes som grundlag for at vurdere effekten af historiske ændringer i landbrugspraksis og politiske tiltag på kvælstofudvaskningen.

Figur 2.2. Kvælstofoverskud i dansk landbrug beregnet som markbalance.



3 Etablering af lange tidsserier

3.1 Rodzonekoncentration

En lang tidsserie for rodzonekoncentration er etableret ved at udnytte tidsserien for kvælstofoverskuddet i dansk landbrug. Dette gøres ved at opstille en oplandsspecifik lineær sammenhæng mellem markbalance ($N_{markbalance}$, 1000 ton N) og nitratkoncentration i rodzonen (C_{rod} , mg N/l), som beskrevet i følgende ligning gældende for oplandet til Storåen ved Skærum Bro:

$$C_{rod} = 0,0335 * markbalance + 1,09 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,67; p < 0,00001.$$

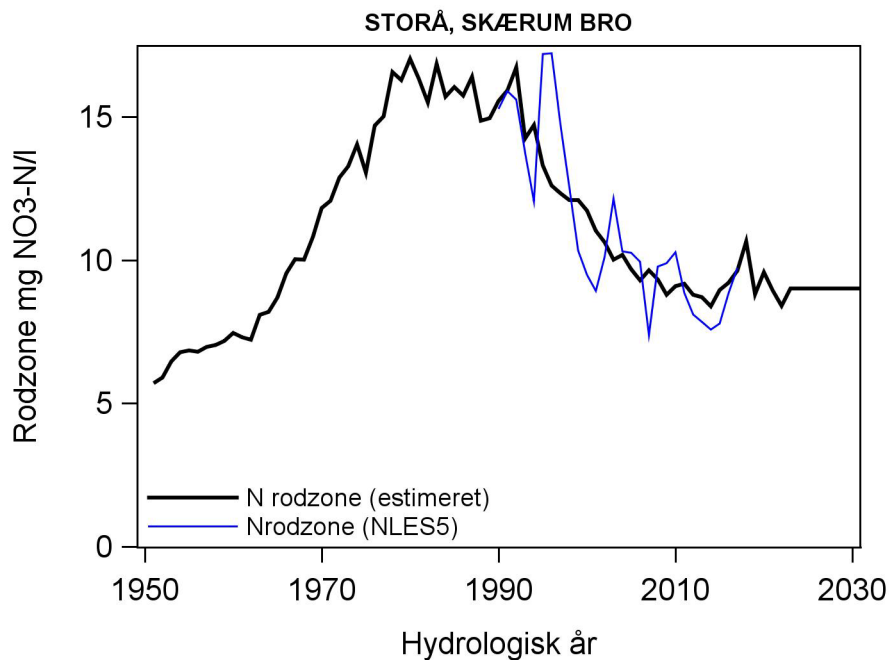
Denne relation gør det muligt at estimere rodzonekoncentrationen for år, hvor der ikke foreligger modelberegninger med den national udvaskningsmodel (NLES5). Metoden giver således et vigtigt historisk perspektiv, da den kombinerer modelberegninger og landbrugsstatistik for at udfylde data-mangler. Det er særligt relevant for analyser af langsigtede trends i kvælstofbelastning og vurdering af effekten af ændringer i landbrugspraksis.

Figur 3.1 viser den estimerede rodzonekoncentration for Storå ved Skærum Bro for perioden 1950-2022, sammen med den perkulationsvægtede udvaskning baseret på DAISY- og NLES5-modeldata (kun data fra 1990-2017).

Figur 3.1 viser, at udvaskningen af nitrat fra markerne steg markant fra 1950'erne og frem til 1980'erne, hvorefter der ses et tydeligt fald. I de seneste 10-20 år har niveauet været relativt stabilt uden væsentlige ændringer.

Denne udvikling afspejler både intensiveringen af landbruget i midten af det 20. århundrede og de efterfølgende miljøtiltag, der blev indført fra 1980'erne for at reducere kvælstofudvaskningen. Stabiliseringen i de seneste år indikerer, at fremtidige fald i kvælstofkoncentrationer i vandløbene ikke kunne forventes, uden at der foretages yderligere tiltag til reduktion af næringsstofførslen i oplandet

Figur 3.1. Estimeret rodzone-koncentration af nitrat for Storå ved Skærum Bro vha. ligning 2 for perioden 1965-2022 samt NLES5-beregnet rodzonekoncentration af nitrat i perioden 1990-2017



3.2 Vandløbskoncentration

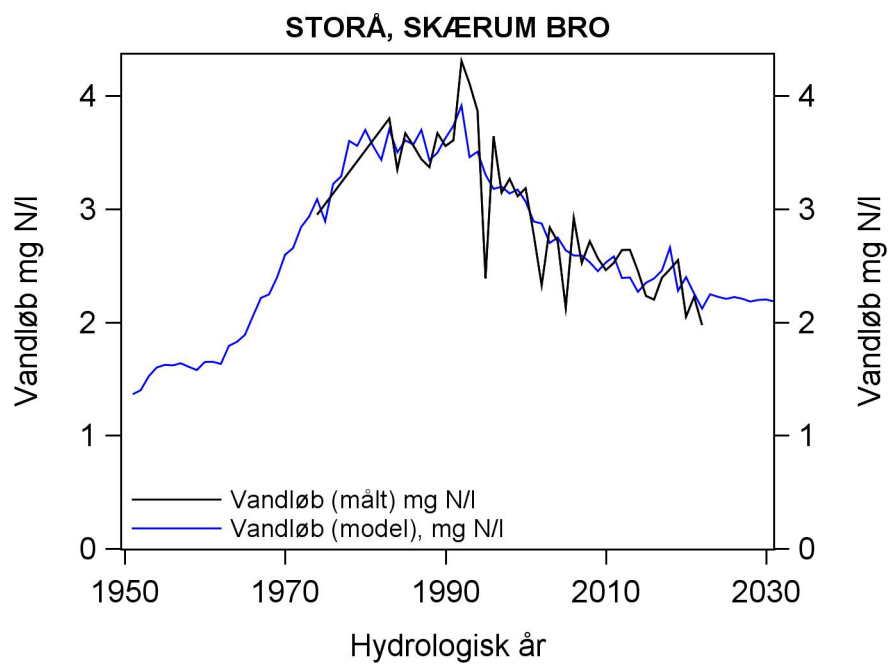
En lang tidsserie for de målte total kvælstof koncentrationer i vandløb er etableret ved at definere en oplandsspecifik relation mellem vandløbskoncentration (C_{vl}) og rodzonekoncentration (C_{rod} fra ligning 2). Denne relation inkluderer fem vægtede forsinkelser (ω_i) på henholdsvis 0, 3, 10, 20 og 30 år og er beskrevet ved følgende ligning:

$$C_{vl} = a + \omega_0 C_{rod,0} + \omega_3 C_{rod,3} + \omega_{10} C_{rod,10} + \omega_{20} C_{rod,20} + \omega_{30} C_{rod,30} \quad (3)$$

Her er a en konstant, $C_{rod,i}$ rodzonekoncentrationen for i år siden, og ω_i den vægt, som den pågældende rodzonekoncentration tildeles.

Denne sammenhæng gør det muligt at estimere vandløbskoncentrationer for år uden direkte måledata. Figur 3.2 viser den modellerede vandløbskoncentration af total kvælstof for Storå ved Skærum Bro for perioden 1950-2030, samt de målte vandføringsvægtede koncentrationer af total kvælstof for hydrologiske år. For det hydrologiske år 1974/75 er der data, der muliggør en beregning af den vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof, idet det dog er usikkert, hvor meget der dengang var af punktkildepåvirkning på kvælstoftransporten i vandløb.

Figur 3.2. Målt og estimeret årlig vandføringsvægtet koncentration af total kvælstof for perioden 1950-2030 for diffuse kilder.



4 Fremtidig udvikling i vandløbskoncentration

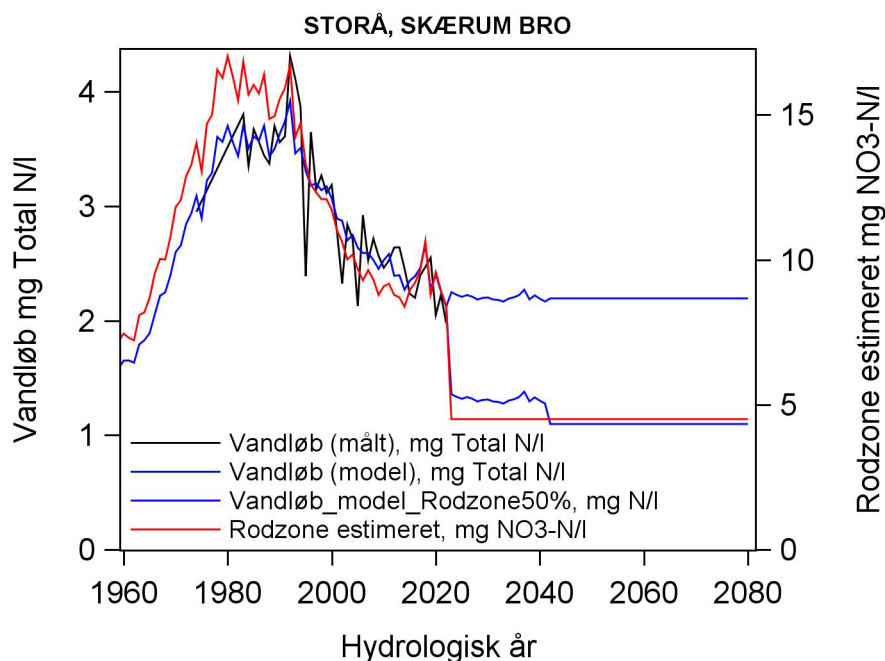
Figur 3.3 viser, at kvælstofkoncentrationerne i rodzonen og Storå ved Skærum Bro følger et næsten parallelt forløb. Ændringer i rodzonekoncentrationen afspejles i vandløbskoncentrationen samme år, hvilket indikerer en umiddelbar (år-til-år) respons i oplandet på anvendelsen af virkemidler på marken.

De modellerede vandløbskoncentrationer er fremskrevet til 2080 under to scenarier: (1) fastholdelse af den nuværende rodzonekoncentration (niveauet i 2023) og (2) halvering af den nuværende rodzonekoncentration. Formålet er at vurdere, om der findes endnu ikke realiserede effekter af tidligere ændringer i rodzonen samt hvorledes og hvor hurtigt en halvering af kvælstofudvaskningen vil påvirke kvælstofkoncentrationerne i vandløbet

Beregningerne skal kun opfattes som vejledende. Der er f.eks. en væsentlig usikkerhed i, at reduktion i nitratudvaskning ikke nødvendigvis medfører reduktion i organisk bundet kvælstof, som også bidrager til total kvælstof i vandløbet. Viden om diffuse kilder til organisk kvælstof og deres transportveje er fortsat også meget begrænset (Frederiksen et al., 2025).

Det er dog tydeligt, at total kvælstofkoncentrationen i Storåen ved Skærum Bro reagerer hurtigt på ændringer i kvælstofudvaskningen fra rodzonen. Fremtidige fald i kvælstofkoncentrationer i vandløbet vil således ikke kunne forventes, uden at der foretages yderligere tiltag til reduktion af næringsstofforsyningen i oplandet.

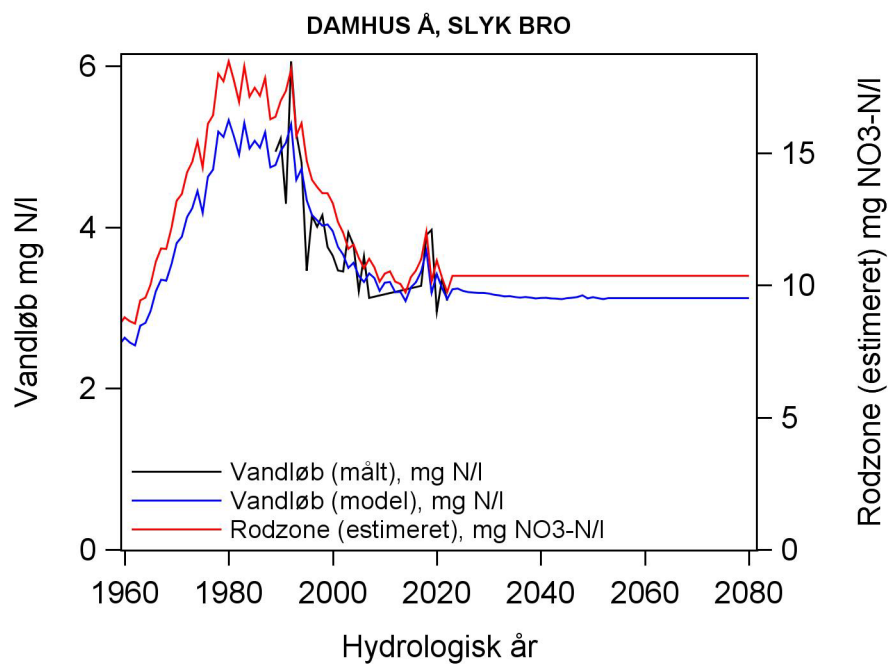
Figur 4.1. Kvælstofkoncentrationer målt i vandløb fratrukket kvælstof fra punktkilder, modelleret kvælstofkoncentration i vandløb, fremskrevet modelleret kvælstofkoncentration i vandløb ved en fastholdt rodzonekoncentration som i 2023 (øverste blå kurve) samt endelig fremskrevet modelleret kvælstofkoncentration i rodzonen med en antaget reduktion på 50 % i 2023, (nederste blå kurve).



For Damhus å ved Slyk bro er der også lavet en analyse af sammenhængen mellem koncentrationer af nitrat i rodzonen og total kvælstof i vandløbet. Der er dog ikke en nær så lang tidsserie fra denne station som fra Storå ved Skærum bro. Det fremgår dog (Figur 3.4), at der ligesom for Storå er et pænt sammenfald mellem ændringer i rodzonekoncentrationer og målte og modellerede koncentrationer i vandløbet. De tiltag der har været gennemført i perioden siden 1990 har således haft umiddelbar effekt for koncentrationerne af

total kvælstof i vandløbet, og der ses et stort fald i disse koncentrationer. Også her er der således et hurtigt respons og ingen betydelig forsinkelse.

Figur 4.2. Damhus å: Total kvælstof koncentrationer målt i vandløb fratrukket kvælstof fra punktkilder, samt modelleret og målt kvælstofkoncentration i rodzone og vandløbene.



5 Referencer

Blicher-Mathiesen, G., Thorsen, M., Wienke, J., Petersen, R. J., Andersen, H. E., Frederiksen, R. R., Jensen, P. G., Hansen, B., & Thorling, L. (2024). *Landovervågningsoplande 2023*. NOVANA. Aarhus Universitet. Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi No. 628 https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR628.pdf

Børgesen, C.D., Sørensen P., Blicher-Mathiesen G., Kristensen M.K., Pullens, J.W.M., Zhao J., Olesen J.E. (2019). NLES5 - An empirical model for predicting nitrate leaching from the root zone of agricultural land in Denmark. Aarhus University, DCA - Danish Centre for Food and Agriculture. 116 p. - DCA report No. 163.

Højberg, A.L., Thodsen, H., Børgesen, C.D., Tornbjerg, H., Nordstrøm, B.O., Troldborg, L., Hoffmann, C.C., Kjeldgaard, A., Holm, H., Audet, j., Ellermann, T., Christensen, J.H., Bach, E.O. & Pedersen, B.F. (2021). National kvælstofmodel - version 2020, Metoderapport. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland. GEUS Specialrapport

Kyllingsbæk, A. (2008). Landbrugets husholdning med næringsstoffer 1900-2005. Kvælstof, Fosfor, Kalium. DJF Markbrug nr. 18, 2008. Aarhus Universitet.

Frederiksen, R. R., Larsen, S. E., Tornbjerg, H., Thodsen, H., & Kronvang, B. (2025). Modeling annual total organic nitrogen concentrations in streams using machine learning at national scale. *Water Resources Research*, 61(6), e2024WR039451.

Vinther, F.P. & Olsen, P. (2013). Næringsstofbalancer og Næringsstofoverskud i landbruget 1991/92-2011/12. DCA rapport nr. 025, 2013. Aarhus Universitet.

Vinther, F.P. & Olsen, P. (2020). Næringsstofbalancer næringsstofoverskud i landbruget 1998/99-2018/19. DCA rapport nr. 173. Aarhus Universitet.

ANALYSE AF TIDSFORSINKELSE I
OPLANDET TIL NISSUM FJORD
Leverance til Kystvandråd for Nissum fjord

Rapporten giver en analyse af tidsforsinkelser i transporten af kvælstof fra opland til kystvand for vandløbsoplandet til Storå ved Skærum Bro. Analysen viser, at der ikke forekommer længere tidsforsinkelser i oplandet.