



MULIGHEDER FOR REDUKTION AF DEN DIFFUSE FOSFORTILFØRSEL TIL NISSUM FJORD

Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 388

2026



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

MULIGHEDER FOR REDUKTION AF DEN DIFFUSE FOSFORTILFØRSEL TIL NISSUM FJORD

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 388

2026

Hans Estrup Andersen

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. 388
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Muligheder for reduktion af den diffuse fosfortilførsel til Nissum Fjord
Forfatter:	Hans Estrup Andersen
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	https://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Maj 2026
Redaktion afsluttet:	26. maj 2026
Faglig kommentering:	Hans Thodsen
Kvalitetssikring, DCE:	Signe Jung-Madsen og Henriette Hossy
Ekstern kommentering:	Der er ikke modtaget kommentarer til rapporten
Finansiel støtte:	Kystvandrådet for Nissum Fjord
Bedes citeret:	Andersen, H.E. 2026. Muligheder for reduktion af den diffuse fosfortilførsel til Nissum Fjord. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 29 s. - Teknisk rapport nr. 388
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten opgør den diffuse fosforbelastning af Nissum Fjord fordelt på tabsveje, vurderer potentialet i en række virkemidler til reduktion af belastningen og estimerer de forventede effekter. Arbejdet er input til Kystvandrådet for Nissum Fjord i arbejdet med at opstille en lokalt funderet vandplan for Nissum Fjord.
Emneord:	Fosfor, virkemidler, Nissum Fjord, kystvandråd
Foto forside:	Nissum Fjord, Colourbox
ISBN:	978-87-7648-062-2
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	29

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	7
1 Indledning	8
2 Metode	9
2.1 Introduktion	9
2.2 Kalibrering af beregningen af diffust fosfortab på transportveje	9
2.3 Kildeopsplitning	13
2.4 Forbehold	13
3 Beregning af effekter ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialer	14
3.1 Skovrejsning	14
3.2 Randzoner	14
3.3 Træer på vandløbsbrinker	15
3.4 Sandfang	16
3.5 Okkerfældningsanlæg	17
3.6 Mindre strækingsbaserede restaureringer af vandløb	17
3.7 Genslyngning af vandløb	18
3.8 Mini-vådområder	19
3.9 Integreerede bufferzoner (IBZ)	19
3.10 Fosfor-vådområder (P-ådale)	20
4 Beregning af effekter ved lokalt virkemiddelscenario	21
4.1 Træplantning langs udvalgte vandløbsstrækninger	21
4.2 Hævning af vandløbsbunden på udvalgte vandløbsstrækninger	21
4.3 Fosfor-vådområder (P-ådale)	22
5 Resultater	23
5.1 Kildeopsplitning	23
5.2 Effekter af virkemidler mod diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialet	25
5.3 Effekter ved lokale virkemiddelscenarier	26
6 Konklusion	27
7 Referencer	28

Forord

Rapporten er affødt af et kystvandrådsprojekt omhandlende Nissum Fjord med Holstebro Kommune som sekretariatskommune. Kystvandrådet er nedsat som følge af *Aftale om et Grønt Danmark* og *Aftale om implementering af et Grønt Danmark*. Kystvandrådet skal gennemføre lokalt forankrede analyser med henblik på at afdække, om der kan findes alternative veje til at opnå målopfyldelse, som defineret i EU's vandrammedirektiv.

Holstebro Kommune har indgået en aftale med Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet/DCE om ekspertstøtte til at gennemføre en grundig gennemgang af de relevante delområder med henblik på at identificere potentialer og virkemidler til reduktion af fosfortilførslen.

Denne rapport beskriver dels virkemidler og potentialer for virkemidler til reduktion af den diffuse fosfortransport til Nissum Fjord, dels effekter i form af en reduktion af fosfortransporten af virkemidlerne.

Sammenfatning

Dette projekt fokuserer på at anvise muligheder for at reducere diffust fosfortab fra risikoområder i oplandet til Nissum Fjord ved at kombinere detaljeret kortlægning af fosfortab med forskellige virkemidler. Fosfortabet stammer primært fra fem diffuse kilder: erosion, udvaskning til dræn, makroporetab til dræn, tab fra dyrket organisk jord og brinkerrosion. Kortlægningen viser, at disse kilder udgør 94 % af det samlede diffuse fosfortab på nationalt niveau.

For at beregne effekten af forskellige virkemidler som skovrejsning, randzoner, træer på vandløbsbrinker, sandfang, mindre strækingsbaserede restaureringer, genslyngning af vandløb, mini-vådområder, integrerede bufferzoner og fosfor-vådområder, anvendes forskellige metoder og modeller. Potentialerområder for disse virkemidler er kortlagt, og effekterne af implementeringen af disse virkemidler på reduktionen af fosfortab er beregnet.

Projektet beregner indledningsvist virkemidlernes effekt ved fuld udnyttelse af potentialerne. Dernæst beregnes effekten af lokalt baserede scenarier omhandlende træplantning og hævning af vandløbsbunden som virkemiddel mod brinkerrosion på udvalgte vandløbsstrækninger.

Den samlede fosfortilførsel til Nissum Fjord er som gennemsnit over perioden 2014-2023 på 68,2 tons P, hvoraf det diffuse bidrag udgør 47 tons P (69 %). De mest betydende diffuse tabsveje for fosfor i oplandet er brinkerrosion og tab fra dyrket, organisk jord, som udgør hhv. 23 % og 59 % af den samlede, diffuse tilførsel.

Træplantning langs 10% af vandløbene (i alt 63 km) med størst brinkerrosion reducerer fosfortabet med 1.660 kg fosfor. Træplantning langs en række lokalt udpegede vandløb (i alt 47,2 km) reducerer fosfortabet med 520 kg fosfor.

Hævning af vandløbsbunden på en række lokalt udpegede vandløb (i alt 41,3 km) nedsætter fosfortabet med 470 kg fosfor. Teoretisk vil hævningsplanen i alle vandløb omfattet af omlægningsplanens forslag til vådområder og lavbundsprojekter (i alt 902,5 km) nedsætte fosfortabet med 8.450 kg P. Inden for omlægningsplanen findes der en række vandløb, hvor vandløbsbunden ligger i det naturlige niveau. Derfor giver det ikke mening at løfte vandløbsbunden i alle vandløb.

Udformning af 10% af vådområderne foreslået i omlægningsplanen som egentlige fosfor-vådområder vil nedsætte fosfortabet med 600 kg P.

Summary

This project focuses on identifying options for reducing diffuse phosphorus losses from high-risk areas in the catchment of Nissum Fjord by combining detailed mapping of phosphorus loss with different mitigation measures. The phosphorus loss originates primarily from five diffuse sources: erosion, leaching to drains, macropore flow to drains, losses from cultivated organic soils, and bank erosion. The mapping shows that these sources account for 94% of the total diffuse phosphorus loss at the national level.

To calculate the effect of various mitigation measures—such as afforestation, buffer strips, trees along stream banks, sediment traps, smaller reach-based restorations, river re-meandering, mini-wetlands, integrated buffer zones, and phosphorus wetlands—different methods and models are applied. Potential areas for these measures have been mapped, and the effects of implementing them on phosphorus reduction have been calculated.

The project first calculates the effect of the measures under full utilisation of their potential. Next, it calculates the effect of locally based scenarios involving tree planting and raising of streambeds as measures against bank erosion on selected stream reaches.

The total phosphorus input to Nissum Fjord averaged 68.2 tonnes P per year over the period 2014–2023, of which diffuse sources contributed 47 tonnes P (69%). The most significant diffuse pathways for phosphorus loss in the catchment are bank erosion and losses from cultivated organic soils, accounting for 23% and 59% respectively of the total diffuse input.

Tree planting along 10% of the streams (a total of 63 km) with the highest bank erosion reduces phosphorus loss by 1,660 kg of phosphorus. Tree planting along a set of locally designated stream reaches (a total of 47.2 km) reduces phosphorus loss by 520 kg of phosphorus.

Raising the streambed along a set of locally designated stream reaches (a total of 41.3 km) reduces phosphorus loss by 470 kg of phosphorus. Raising the streambed in streams in wetlands and lowland projects included in the land-use conversion plan associated with the Green Tripartite Agreement (a total of 902.5 km) reduces phosphorus loss by 8,450 kg P.

Establishing 10% of the wetlands included in the land-use conversion plan as phosphorus-wetlands reduces phosphorus loss by 700 kg P.

1 Indledning

Med "Aftale om akutpakke til forbedring af vandmiljøet" fra den 8. maj 2024 og "Aftale om et Grønt Danmark" fra den 24. juni 2024 er det besluttet at nedsætte op til 18 kystvandråd i perioden 2025-2027 fra at sikre en stærk lokal forankring i implementering af udkast til vandområdeplanerne 2021-2027 II. Kystvandrådene er rådgivende partnerskaber, der arbejder på tværs af et eller flere vandoplande i områder med et stort kvælstofindsatsbehov. Centrale milepæle for kystvandrådene er blandt andet:

- frem mod genbesøget af kvælstofindsatsen i sommeren 2026 at bidrage med forslag til virkemidler med tilhørende analyser for det opland, kystvandrådet er nedsat i, således at arbejdet kan indgå i forslag til Vandområdeplanerne 2028-2033, som sendes i høring med udgangen af 2026. Frist for aflevering af kystvandrådets forslag til virkemidler er maj 2026.
- frem mod udgangen af 2027 kan kystvandrådet bidrage med analyser og forsøgsprojekter samt bidrage til at sikre effektiv implementering af arealomlægning og evt. nye virkemidler.

I et projekt omhandlende Nissum Fjord har Holstebro Kommune, som er sekretariat for Kystvandråd Nissum Fjord, indgået en aftale med DCE/Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet (AU), om ekspertstøtte til at gennemføre en grundig gennemgang af de relevante deloplande med henblik på at identificere potentialer og virkemidler til reduktion af fosfortilførslen.

Dette notat beskriver de data, som AU har stillet til rådighed for kystvandrådet til arbejdet med at undersøge mulighederne for reduktion af den diffuse fosfortilførsel til Nissum Fjord. Der er tale om data vedrørende transportveje for diffust fosfortab samt potentialer for og effekter af fosforvirkemidler.

2 Metode

2.1 Introduktion

Fosfortab fra det åbne land, det diffuse fosfortab, hidrører kun fra en mindre del af landskabet – de såkaldte risikoområder. For at have effekt skal virkemidler mod diffust fosfortab derfor målrettes mod disse risikoområder. Metoden i nærværende projekt består i at kombinere den detaljerede kortlægning af diffust fosfortab foretaget af Andersen & Heckrath (2020) med en række virkemidler, hvis effekter er beskrevet i Andersen et al. (2020).

Effektberegningen forudsætter, at potentialet for det enkelte virkemiddel er kendt. For visse virkemidler er potentialet ukendt, men er her estimeret: for skovrejsning anvendes kommuneplanernes udpegede skovrejsningsområder som potentiale. For vandløbsvirkemidlerne (genslyngning, hævning af vandløbsbunden, sandfang, okkeranlæg) anvendes de foreslåede indsatser i Vandområdeplanerne 2021-2027 som potentiale. Endelig er der virkemidler (f.eks. fosfor-vådområder), hvor effektberegningen kræver lokal information, og hvor beregningen derfor må afvente en lokal udpegning af placering. Som grundlag for formulering af lokalt funderede scenarier beregnes indledningsvist effekten af, at hele potentialet udnyttes – altså den teoretiske, øvre grænse for reduktion i det diffuse fosfortab. Kystvandrådet kan i formulering af lokalt funderede scenarier foreslå andre/ændrede potentialer, som dernæst effektberegnes. Det er vigtigt at være opmærksom på, at ikke alle virkemidler er additive; for eksempel får man ikke nogen fosforreduktion ud af at placere en randzone nedenfor en mark med en potentiel erosionsrisiko, hvis denne risiko allerede er elimineret ved at virkemidlet skov allerede er anvendt på marken.

Alle effekter i form af reduktion af det diffuse fosfortab er opgjort ved vandløbskant. På trods af at der vil forekomme en vis tilbageholdelse af fosfor i eventuelle nedstrøms beliggende søer (Trolle et al., 2015), er der ikke indregnet retention af fosfortransporten gennem oplandene mod kystvand, da virkemidler fordeles spredt i oplandet, både op- og nedstrøms søer.

2.2 Kalibrering af beregningen af diffust fosfortab på transportveje

Andersen & Heckrath (2020) har kortlagt og beregnet fosfortransporten fra de fem mest betydende diffuse kilder: erosion, udvaskning til dræn, tab gennem makroporer til dræn, tab fra dyrket organisk jord og tab via brinkerrosion. Fosfortransporterne er beregnet med en række uafhængige modeller. På nationalt niveau tegner de fem diffuse kilder sig for 94 % af den samlede diffuse fosfortransport. Fosfortab med vinderosion og overfladisk afstrømning samt tab via grundvand fra ikke-drænede marker udgør de resterende 6 %. I det følgende beskrives de fem transportveje kortfattet:

Erosion

Ved erosion foregår der en samlet transport af jord og associeret fosfor. Kilden er derfor indholdet af total-fosfor i det øverste jordlag. Desuden foregår der en berigelse med fosfor af det eroderede materiale i forhold til udgangsjorden på grund af en selektiv transport af finpartikulært materiale med høj affinitet for fosfor. Endelig vil nyligt overfladeudlagt gødning, der ikke med

infiltrerende nedbør er ført ned under det øverste jordlag, kunne transporteres med erosion.

Matrice-udvaskning

Normalt bindes fosfor i minerogene jorde hårdt til jordpartiklerne, således at der til enhver tid kun er en lille mængde fosfor i opløsning i jordvæsken. Imidlertid kan der ved stigende mætningsgrad af fosforbindingskomplekset, som helt overvejende består af dårligt krystalliseret jern og aluminium, opstå en kritisk høj koncentration af opløst fosfor i jordvæsken og en udvaskning af fosfor ned gennem jordprofilet.

Makropore-udvaskning

Makroporer er f.eks. regnormegange og gamle rodkanaler, som kan danne forbindelser mellem den fosforberigede overjord og dræn. I lerrige jorde er makroporer stabile og kan ved vandmætning af jorden transportere både opløst fosfor og fosfor bundet på jordpartikler direkte til dræn.

Tab af fosfor fra dyrkede, organiske jorde

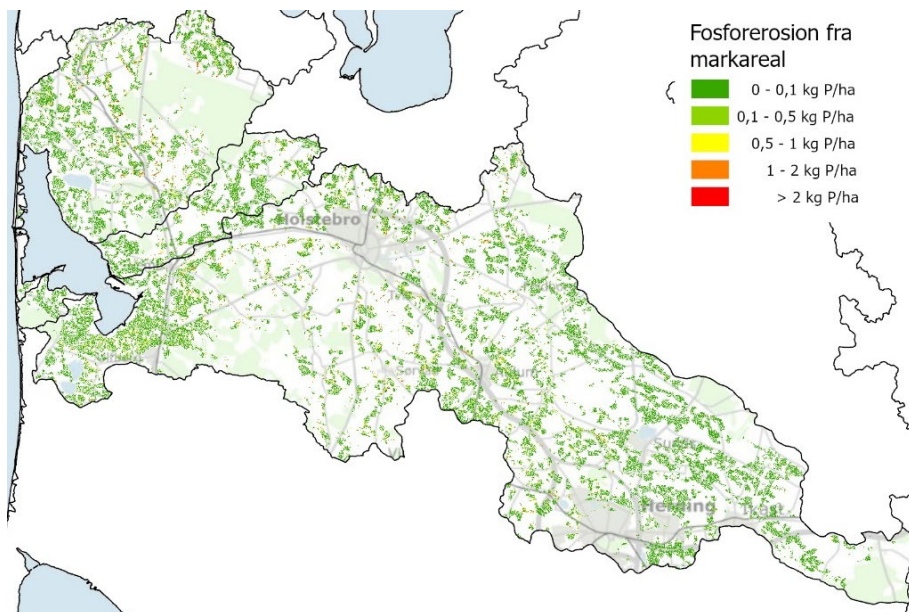
På grund af dårlig vandledningsevne og grundet deres beliggenhed i lavtliggende og våde dele af landskabet, kan organiske lavbundsjordene ofte være vandmættede i perioder, selvom de er dræned. Under disse forhold opstår der iltfrie (anaerobe) zoner, hvor jern(III)oxider opløses i forskellig grad i forbindelse med anaerobe mikrobielle omsætningsprocesser. Derved reduceres ferri-jern, Fe(III), fra oxiderne til vandopløseligt ferro-jern, Fe(II), hvorved fosfor frigives til jordvæsken og kan udvaskes.

Brinkerosion

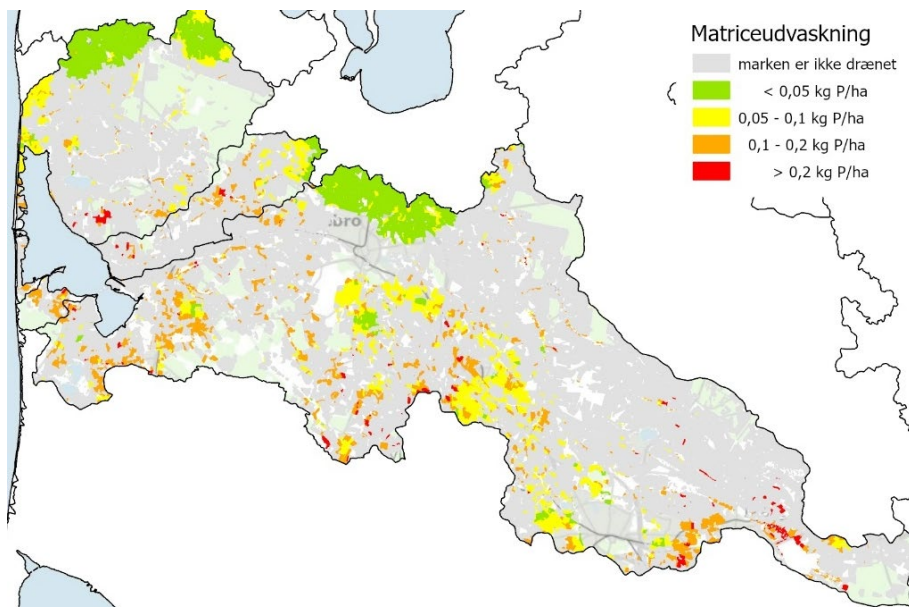
Brinkerosion forekommer ved flere fysiske processer: (i) brinksvækkelse – (ved påvirkning af grundvand, tryk på brinker, frost/tø – processer, der sker hele tiden, hvis betingelserne er til stede), (ii) fluvial erosion af brinker (strømmens energi slider materiale fra brinker ved erosion – proces, der sker hele tiden, når brinken er vanddækket), og (iii) brinkkollaps (brinker skrider sammen efter underminering – proces, der sker med lange mellemrum). Samtidig har undersøgelser vist, at fosforindholdet i vandløbsbrinkerne mange steder er højt, hvorfor brinkerosion samlet set er en vigtig tabsvej for fosfor.

I dette projekt er de modelberegnedede fosfortab via de fem diffuse transportveje summeret på ID15-oplandsniveau. Efterfølgende er den modelberegnedede fosfor-transport justeret, så summen for hvert ID15-opland er identisk med 94 % af den diffuse fosfortransport opgjort ifølge den nationale vandmiljøovervågning NOVANA (Thodsen et al., 2025). De resterende 6 % udgøres af fosfortab med vinderosion og overfladisk afstrømning samt tab via grundvand fra ikke-drænedede marker, som ikke kunne kortlægges i Andersen & Heckrath (2020). Der er anvendt et gennemsnit af fosfor-transportdata for perioden 2014-2023. Den relative fordeling mellem de fem diffuse transportveje er bibeholdt. Denne justering sikrer, at der er overensstemmelse mellem resultater fra dette projekt opgjort på ID15-niveau og landstal for fosfortab. Figur 2.1 – 2.5 viser kortlægningen af de fem diffuse transportveje for oplandet til Nissum Fjord (kortene findes også landsdækkende på [Miljøgis](#)).

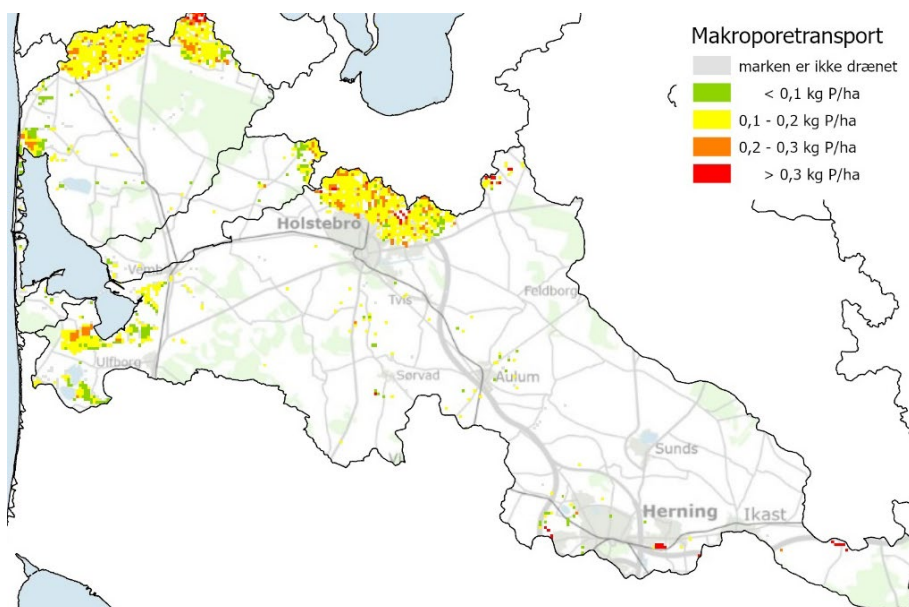
Figur 2.1. Erosionsbetinget fosfortab fra mark til vandløb.



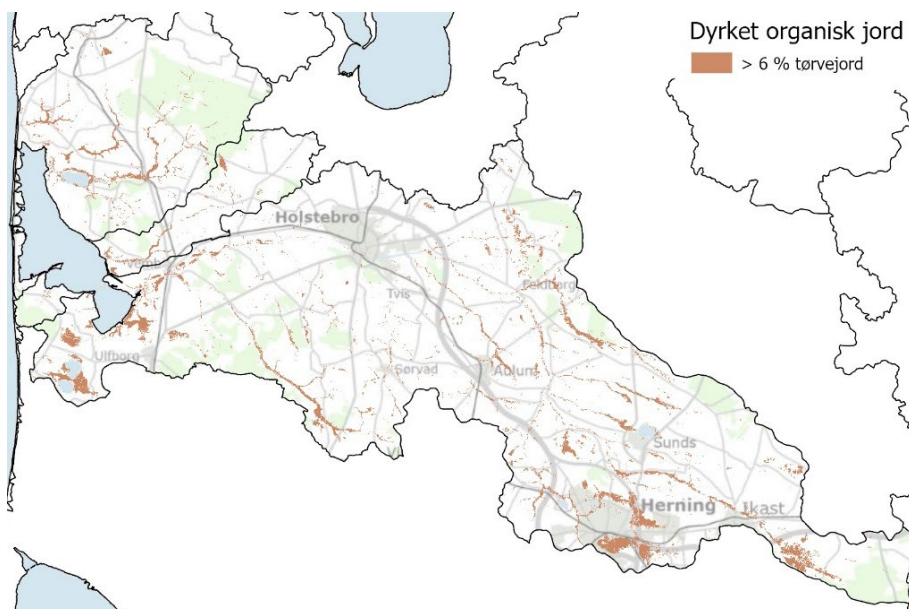
Figur 2.2. Udvaskning af fosfor til dræn.



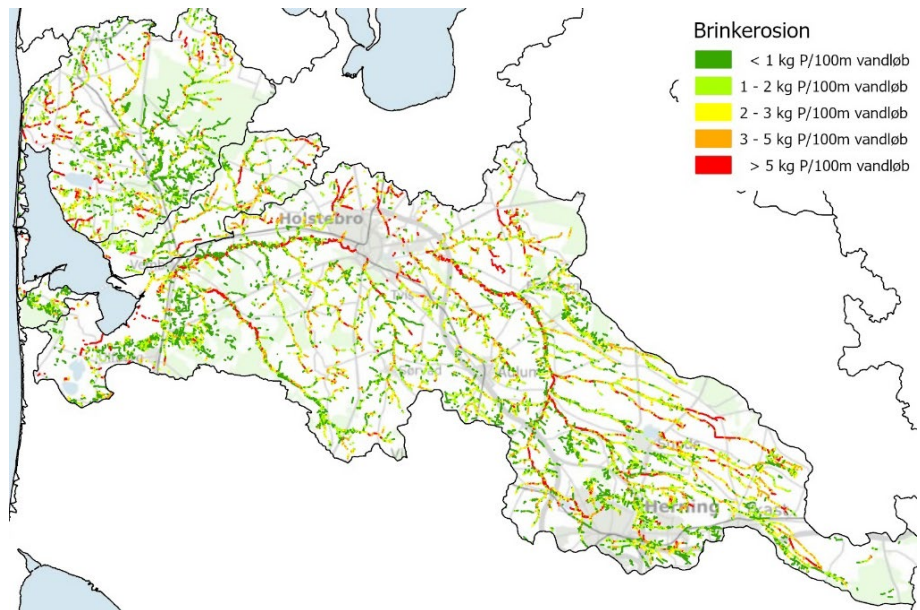
Figur 2.3. Tab af fosfor via makroporer til dræn.



Figur 2.4. Dyrket organisk jord.



Figur 2.5. Fosfortab ved erosion af vandløbsbrinker.



2.3 Kildeopsplitning

For hvert ID15-opland i det samlede opland til Nissum Fjord foretages en kildeopsplitning af det samlede diffuse fosfortab på de mest betydende transportveje: erosion, udvaskning, tab via makroporer, tab fra dyrket organisk jord og brinkerosion. Dette giver en indikation af, hvilke virkemidler der i det enkelte opland vil være effektive.

2.4 Forbehold

Der er i mange tilfælde en betydelig usikkerhed på de anvendte tabs- og effektestimater. For usikkerheder på fosfortab henvises til Andersen og Heckrath (2020). For usikkerheder på effekter af fosforvirkemidler henvises til Andersen et al. (2020).

3 Beregning af effekter ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialer

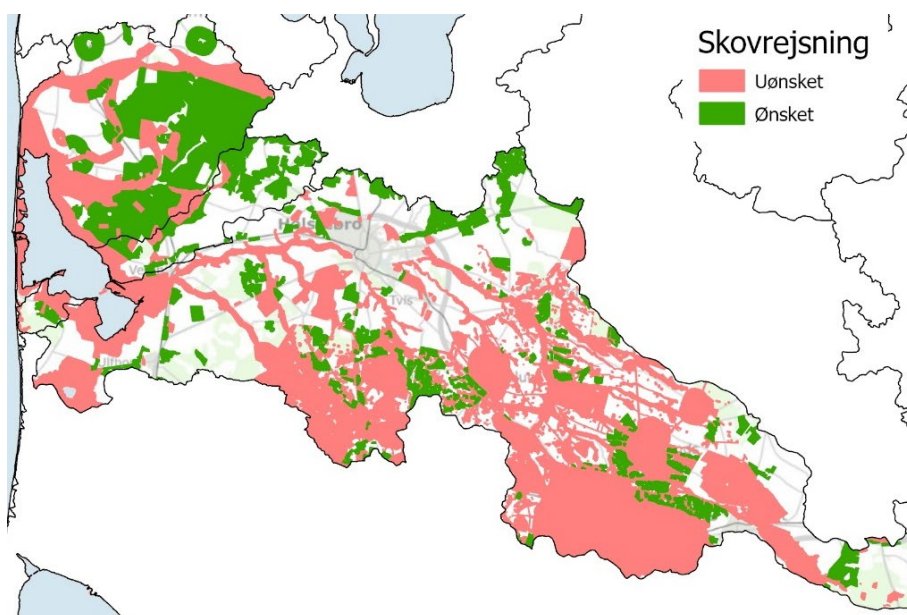
For alle virkemidler gives i det følgende en kort beskrivelse af mekanisme, effekt og potentiale for anvendelse.

3.1 Skovrejsning

Skovrejsning kan modvirke fosfortab ved erosion og kan også reducere risikoen for tab af fosfor via makroporer og eksisterende dræn, idet mobiliteten af opløst og partikelbundet fosfor i jorden reduceres, når jorden ikke længere dyrkes og gødes. Med andre ord kan virkemidlet have effekt i risikoområder for erosion og i risikoområder for makroporestrømning til dræn. Det er estimeret, at fosfortabet ved erosion reduceres 100 %, og at fosfortab via makroporer til dræn reduceres 25-50 % (Andersen et al., 2020).

Risikoarealer for fosfortab via erosion og via makroporer til dræn er kortlagt i Andersen & Heckrath (2020). Som potentielt skovrejsningsareal er anvendt kommunernes indmelding om arealer, hvor skovrejsning er ønsket (figur 3.1). Temaet er downloadet fra [Miljogis \(mim.dk\)](http://Miljogis(mim.dk)).

Figur 3.1. Arealer i oplandet til Nissum Fjord, hvor skovrejsning er hhv. ønsket og uønsket.



3.2 Randzoner

Målrættede, brede og tørre randzoner bredde designes, så de matcher den overfladiske afstrømning, der strømmer gennem randzonen fra den ovenforliggende mark ned mod vandløbet eller søen. Det betyder, at randzonens bredde fra kronekanten af vandløbet kan varieres fra de f.eks. pligtige 2 meter bræmmer til en bredde bestemt af de lokale topografiske og jordbundsmæssige forhold. De brede randzoner vil typisk kunne udlægges langs mindre og mellemstore vandløb, hvor ådalen er smal. Bredden vil typisk variere mellem 10 og 30 m. Den væsentlige effekt af en udlagt, udyrket bred og tør randzone vil være en forventet større infiltrationskapacitet i en randzone end i et areal i omdrift. Den større infiltration i randzonen opstår i kraft af den permanente vegetation, der med rødderne øger infiltrationskapaciteten i jorden. Når

overfladisk afstrømning med dets indhold af jordpartikler og hertil bundet fosfor møder randzonen, vil der både ske en opbremsning af vandet (pga. vegetationens ruhed) samt en infiltration af vand i randzonen. Begge mekanismer medfører en sedimentation og tilbageholdelse af jord og fosfor. Desuden vil opløst uorganisk fosfor kunne blive sorberet til jordens frie bindingsflader, når vandet infiltrerer i randzonen. Tilbageholdelsen af fosfor i randzoner sker altså ved tre processer: 1) sedimentation i randzonen af jord og dertil bundet fosfor; 2) sorption af opløst fosfat i randzonen i jordmatricen; 3) infiltration og optag af opløste fosforforbindelser i vegetationen i randzonen. Andersen et al. (2020, s. 185-197) beskriver randzonens effekt på fosfortransporten ind i randzonen som en funktion af randzonens bredde. En 20 m bred randzone kan således tilbageholde 75 % af den tilførte totalfosfor.

Risikoarealer for fosfortab via erosion er kortlagt i Andersen & Heckrath (2020). Kortet anviser rumligt, hvor sedimenttransporten med associeret fosfor til vandløb foregår. På grundlag af kortlægningen er alle 50 m vandløbsstrækninger, hvor sedimenttransporten fra mark til vandløb overstiger 1 ton sediment pr. år, identificeret. Med et antaget fosforindhold på 600 mg fosfor pr. kg sediment svarer en sedimenttransport på 1 ton til 0,6 kg fosfor. I beregningerne i nærværende projekt er det antaget, at der udlægges 20 m brede randzoner langs alle de identificerede 50 m vandløbsstrækninger.

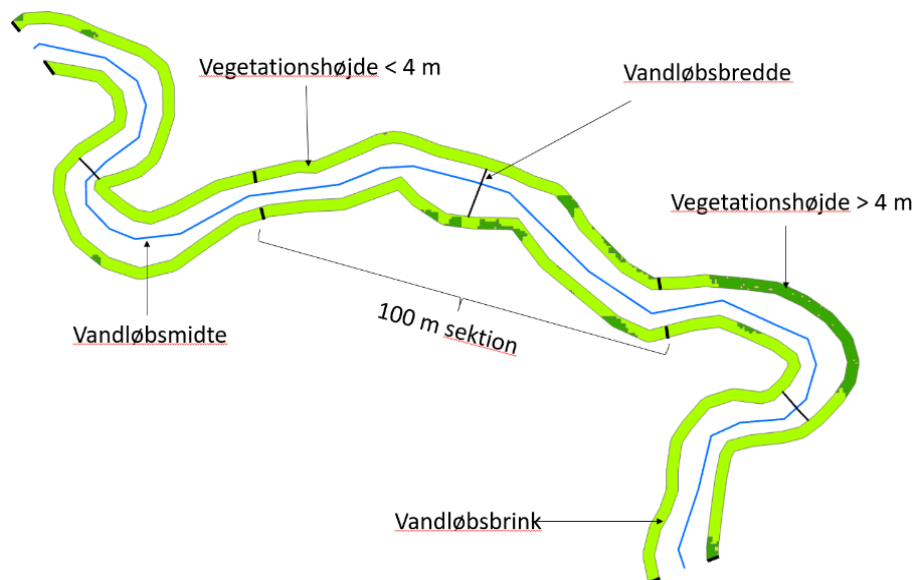
3.3 Træer på vandløbsbrinker

Træer langs vandløbets brinker har i mange undersøgelser vist sig at medvirke til at stabilisere vandløbsbrinken og dermed reducere brinkerrosionen og tilskuddet af sediment og partikulært bundet fosfor. Træernes rodnet trænger ned i brinken og er dermed med til at holde på jorden i brinken. Derved reduceres den løbende erosion af brinkerne ved vandets kræfter, og desuden fastholdes brinken, så perioden, der går mellem store brinkkollaps, forventes at blive betydeligt forlænget.

Kronvang & Larsen (2023) har udviklet en metode til beregning af effekten af træer på vandløbsbrinken. Beregning af effekten kræver information om vandløbets beliggenhed i landskabstype (moræne- eller hedeslettelandskab) og i georegion samt information om vandløbets størrelse (bredde mindre end 2 m, 2-10 m eller større end 10 m) og information om den nuværende vegetation på brinken. Effekten af træer er en reduktion af brinkerrosion på 27-53 % på strækninger, hvor der ikke i den nuværende situation er træer.

Brinkerrosion i alle danske vandløb er kortlagt i Andersen & Heckrath (2020) opgjort på 100 m-vandløbsstrækninger. Kortlægningen indeholder desuden information om vandløbets beliggenhed i hhv. landskabstype og georegion samt vandløbets bredde. Ydermere er vegetationen i en 2 m's zone på hver side af vandløbet kortlagt og inddelt i hhv. lav vegetation (græs, urter, mindre buske) og høj vegetation (træer) (figur 3.2). Potentialet for træplantning på vandløbsbrinker udgøres således af de vandløbsstrækninger, hvor der for nuværende er lav vegetation.

Figur 3.2. Opdeling af vandløb i 100 m-strækninger samt klassificering af vegetationshøjder i brinkzonerne. Mørkegrøn farve indikerer vegetation højere end 4 m og dermed tolket som træagtig vegetation, mens lysegrøn farve indikerer vegetation lavere end 4 m, tolket som buskads og græs- og urtevegetation.



3.4 Sandfang

Et sandfang anlægges ved at udvide vandløbets bredde og dybde på en kort strækning. Derved nedsættes vandets hastighed, og sandet transporteres ikke igennem sandfanget under almindelige afstrømningsforhold. Som tommelfingerregel udvides vandløbets bundbredde til 2-3 gange normal bredde, og bunden sænkes til ca. 1 m under normal bund. Sandfangets længde graves til ca. 10 gange vandløbets bredde, afhængigt af sandtransportens størrelse (Wandall et al., 2000). Et forbehold mod sandfang er dog, at vandløbets transportkapacitet nedstrøms sandfanget er øget, hvorved der er risiko for forøget erosion af vandløbets bund og sider specielt i alluviale vandløb (Bartholdy og Hasholt, 1992).

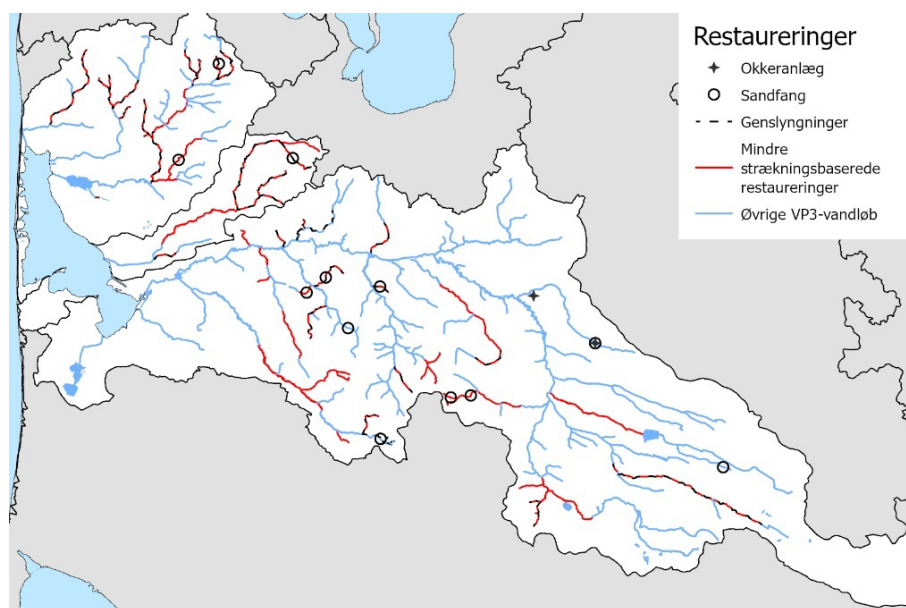
For at bevare sin funktionalitet skal sandfanget jævnligt tømmes for aflejret sediment. Sedimentet indeholder fosfor, hvorfor sandfang har en reducerende effekt på fosfortransporten i vandløbet. I en undersøgelse af sandfangs effekt på fosfortransport i vandløb (Andersen & Nilsson, 2023) er det vist, at den gennemsnitlige størrelse af et sandfang er 75 m², men med stor variation, og at sedimentfjernelsesraten (m³ m⁻² år⁻¹) varierer mellem georegioner: georegion 2 (Nordjylland) 1,1 m³ m⁻² år⁻¹, georegion 3 (Vestjylland) 0,5 m³ m⁻² år⁻¹, øvrige georegioner 0,3 m³ m⁻² år⁻¹. Der er ikke statistisk signifikant forskel mellem georegioner på sedimentets volumenvægt (gennemsnit 1,41 kg l⁻¹) eller sedimentets indhold af totalfosfor (gennemsnit 221 mg P kg⁻¹).

Fosforeffekten af et sandfang findes ved først at gange arealet af sandfanget med sedimentfjernelsesraten. Det beregnede sedimentvolumen omsættes til en vægt ved at gange med volumenvægten (gennemsnit 1,41 t m⁻³). Den mængde fosfor, der fjernes med sedimentet, findes ved at gange sedimentets fosforkoncentration (gennemsnit 221 mg P kg⁻¹ = 0,221 kg P t⁻¹) med vægten af sedimentet. Et sandfang med en størrelse på 75 m² beliggende i Nordjylland vil således kunne fjerne ca. 26 kg P år⁻¹ fra vandløbet, mens de tilsvarende tal for sandfang af samme størrelse i hhv. Vestjylland og i de øvrige georegioner er ca. 12 kg P år⁻¹ og ca. 7 kg P år⁻¹.

Sandfang kan principielt anlægges i alle vandløb og med vilkårlig afstand. Der er således ikke nogen teoretisk øvre grænse for mængden af sandfang. Der findes allerede mere end 1000 sandfang i danske vandløb (Andersen & Nilsson, 2023). Som potentiale for etablering af nye sandfang er anvendt de

foreslåede indsatser i vandområdeplanerne for tredje planperiode (figur 3.3) (data downloadet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3-2022>).

Figur 3.3. Placering af foreslåede sandfang i vandområdeplanerne for tredje planperiode. Desuden er vist placering af eventuelle, foreslåede okkeranlæg samt øvrige foreslåede vandløbsindsatser i form af hhv. genslyngninger og mindre strækningsbaserede restaureringer.



3.5 Okkerfældningsanlæg

Okkerfældningsanlæg er gravede damme med åbent vandspejl eller lavvandede grødefyldte bassiner, som er etableret på mindre vandløb med henblik på at ilte opløst ferro-jern og tilbageholde partikulært ferrijern. Okkerfældningsanlæg kan etableres med støtte i okkerloven fra 1985, og der er etableret over 100 anlæg i okkerpotentielle afstrømningsområder i Vest- og Sønderjylland (DHI, 2014). Anlæggene har typisk et areal på 0,5 – 2,5 ha. Fosfor, som transporteres i vandløbssystemet, kan tilbageholdes sammen med partikulært jern (ferrioxhydroxider) i anlæggene, og dermed nedsætter de også transporten af total-fosfor til nedstrøms recipienter. Okkerfældningsanlæg er beslægtede med minivådområder og kan som disse placeres, så de opsamler drænudløb. Effekten på reduktion af fosfortransport er $140 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ (Andersen et al., 2020, s. 220-228). En gennemgang af publicerede okkerfældningsanlæg viser en gennemsnitlig størrelse af et anlæg på 1,0 ha. Denne størrelse er anvendt i beregning af fosforeffekten af okkerfældningsanlæg i nærværende projekt.

Okkerfældningsanlæg etableres kun i okkerpotentielle områder som lavbundslande i Vest- og Sønderjylland. Disse områder vurderes at udgøre 300.000 ha svarende til 10 % af Jyllands areal (Kjærgaard og Forsmann 2014). Som potentiale for etablering af nye okkerfældningsanlæg er anvendt de foreslåede indsatser i vandområdeplanerne for tredje planperiode, figur 3.3 (data downloadet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3-2022>).

3.6 Mindre strækningsbaserede restaureringer af vandløb

Mindre, strækningsbaserede restaureringer kan ifølge Miljøstyrelsen (2020) omfatte udlægning af groft materiale, udskiftning af bundmateriale, hævnning af vandløbsbunden uden genslyngning og plantning af træer langs vandløb. Vi har ikke mulighed for at estimere en eventuel effekt på fosfortransporten i vandløb af hhv. udlægning af groft materiale og udskiftning af bundmateriale.

Plantning af træer langs vandløb behandles i nærværende projekt som et selvstændigt virkemiddel mod fosfortab ved brinkerosion. Hævning af vandløbsbunden har også en reducerende effekt på brinkerosion ved at mindske den flade, der kan eroderes. I projektet har vi antaget, at alle udpegede strækningsbaserede restaureringer foretages som en hævning af vandløbsbunden. Herved overestimerer vi med stor sandsynlighed potentialet, da kommunerne i mange tilfælde undgår at hæve vandløbsbunden for at overholde vandløbsregulativet. Et forbehold mod hævning af vandløbsbunden er, at det risikerer at øge den laterale erosion medmindre vandløbet allerede har sin naturlige bredde svarende til den hævede vandløbsbund (f.eks. Donnelly, 1993).

Den relative effekt på fosfortab ved brinkerosion af en hævning af vandløbsbunden beregnes efter Andersen & Nilsson (2023) gennem en sammenligning af fosfortabet før og efter hævning af bunden. Den relative effekt overføres på det forlods beregnede fosfortab ved brinkerosion på strækningen (beregnet i Andersen & Heckrath, 2020). Der kræves information om landskabstype, vandløbsbredde og længden af vandløbsstykket, hvor bunden hæves. I nærværende projekt er der beregnet effekt af hævning af vandløbsbunden for seks kombinationer af landskabstype og vandløbsbredde: hhv. vandløb i moræne og vandløb på hedeslette opdelt på små vandløb (0-2 m), mellemstore vandløb (2-10 m) og store vandløb (større end 10 m). Det forudsættes, at vandløbsbunden hæves 40 cm.

Mindre strækningsbaserede restaureringer kan principielt anlægges i alle vandløb og med vilkårlig afstand. Som potentiale for etablering af nye strækningsbaserede restaureringer er anvendt de foreslåede indsatser i vandområdeplanerne for tredje planperiode (figur 3.3) (data downloadet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3-2022>)

3.7 Genslyngning af vandløb

Genslyngning af udrettede vandløb til vandløb med naturligt, slynget forløb kan foretages med det formål, at vandløbets naturlige morfologiske processer kan udfoldes (Miljøministeriet, 2021). Genslyngning medfører et længere vandløb, hvorved et større brinkareal kan udsættes for erosion. Ydermere er brinkerosionsraten (antal mm eroderet brink per år) for vandløb på hedeslette markant større for slyngede vandløb end for udrettede vandløb (Kronvang & Larsen, 2023). Genslyngning af vandløb bør derfor suppleres med hævning af vandløbsbunden, ændret brinkhældning og/eller plantning af træer på brinken for at reducere brinkerosion, således at tilførslen af fosfor til vandløbet formindskes fremfor for at øges.

Den relative effekt på fosfortab ved brinkerosion af en genslyngning af vandløbet beregnes efter Andersen & Nilsson (2023) gennem en sammenligning af fosfortabet før og efter genslyngning. Den relative effekt overføres på det forlods beregnede fosfortab ved brinkerosion på strækningen (beregnet i Andersen & Heckrath, 2020). Der kræves information om landskabstype, vandløbsbredde og længden af vandløbsstykket, der genslynges. I nærværende projekt er der beregnet effekt af genslyngning af vandløb for seks kombinationer af landskabstype og vandløbsbredde: hhv. vandløb i moræne og vandløb på hedeslette opdelt på små vandløb (0-2 m), mellemstore vandløb (2-10 m) og store vandløb (større end 10 m). Det forudsættes, at slyngningsgraden er 1,4, at brinkanlæg før genslyngning er 1:1, mens det efter genslyngning er 1:1,25 og med anlæg i indersiden af meanderbuer på 1:3, samt at vandløbsbunden hæves 40 cm.

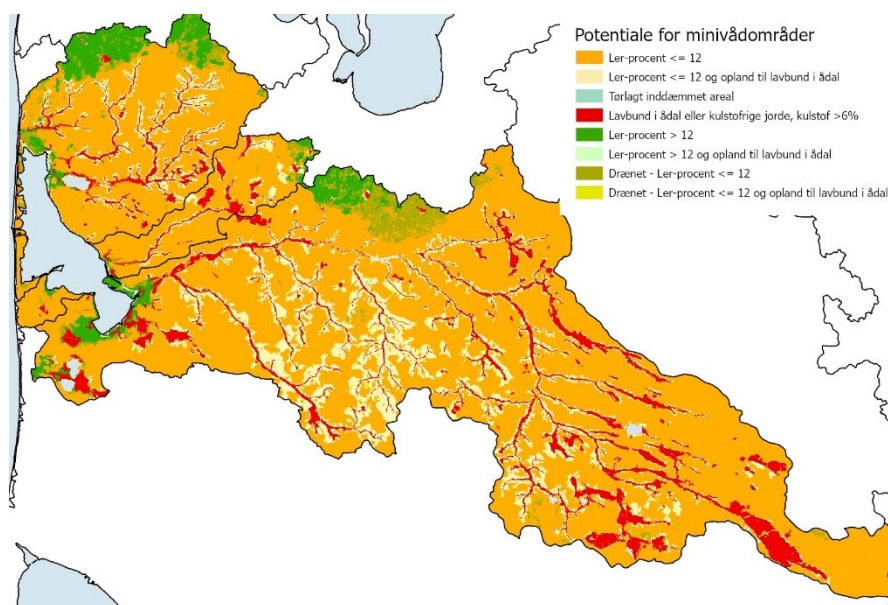
Genslyngning kan principielt foretages på alle udrettede vandløb. Som potentiale for genslyngning er anvendt de foreslåede indsatser i vandområdeplanerne for tredje planperiode (figur 3.3) (data downloadet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3-2022>)

3.8 Mini-vådområder

Minivådområder med åben vandflade er et drænvirkemiddel, som anvendes som en *end-of-pipe*-løsning, der etableres på et areal beliggende umiddelbart før drænets udløb i vandløb. Fosfor på både opløst og partikelbundet form kan tilføres drænvandet via udvaskning og transport gennem makroporer. Et åbent minivådområde består af et sedimentationsbassin efterfulgt af et bassin med skiftende dybe og lavvandede vegetationszoner. Det nuværende design viser god effekt på retention af fosfor. Andersen et al., 2020 (s. 146-155) angiver en tilbageholdelse af den tilførte mængde totalfosfor på 25-65 %.

Risikoarealer for fosfortab via udvaskning til dræn og via makroporer til dræn er kortlagt i Andersen & Heckrath (2020). Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet, har for Landbrugsstyrelsen udarbejdet et potentialekort, der viser områder, hvor minivådområder kan etableres (Børgesen et al., 2024). Det er i nærværende projekt valgt at begrænse potentialet til klasserne 'ler-procent >12' og 'drænet, ler-procent <=12'. Områderne, som er opland til lavbund, er 'betinget egnede' til mini-vådområder, men kræver at kommunerne frigiver arealerne, der som udgangspunkt er reserveret til de store kommunale vådområdeprojekter. Potentialekortet for minivådområder er overlagt med hhv. kortet, der viser områder med fosforudvaskning til dræn, og kortet, der viser områder, hvor der forekommer fosfortab via makroporer til dræn. Det er i maksimalscenariet antaget, at hele fosfortabet med udvaskning og via makroporer inden for det potentielle minivådområdeareal kan behandles i minivådområder med ovenstående renseseffekt.

Figur 3.4. Potentialet for etablering af mini-vådområder udgøres af de to klasser hhv. "Ler-procent > 12" og "Drænet - lerprocent <= 12".

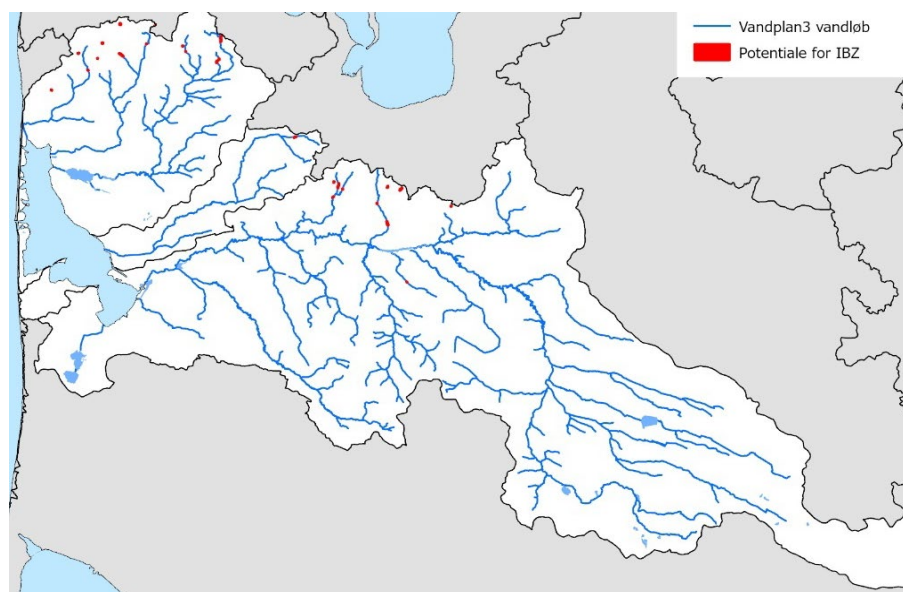


3.9 Integreerede bufferzoner (IBZ)

Integreerede bufferzoner (IBZ) er et drænvirkemiddel, som anvendes i randzonen langs med grøfter og vandløb samt rundt om søer til afskæring af drænvand og eventuelt overfladisk afstrømmende vand fra skrånende marker. En IBZ består af en dybere grøft og en lavvandet infiltrationszone. Den integrerede

bufferzone virker ved, at drænvandet samt eventuelt overfladisk afstrømmende vand fra marken skal passere gennem IBZ'ens åbne vanddel, hvorved vandets opholdstid forlænges, og partikelbundet fosfor kan tilbageholdes ved sedimentation. Desuden kan opløst fosfat blive optaget i planter og træer i IBZ-anlægget, og der kan ske en adsorption af opløst fosfat til frie bindingsflader i anlæggets sediment. En del af drænvandet vil fra den åbne vanddel af IBZ'en kunne infiltrere gennem en anlagt infiltrationszone, hvor vandet nedsiver og strømmer gennem jorden i randzonen bag IBZ-anlægget mod vandløb. IBZ-anlæg kan ansues som et supplement til mini-vådområder, da de typisk kan etableres på mindre drænsystemer (<25 ha), og hvor der er en rimeligt stor terrænhældning på marken (>4%) i den nedre del mod vandløb og sø. Andersen et al. (2020, s. 118-131) vurderer, at et IBZ-anlæg kan tilbageholde 30-70 % af den tilførte fosfor. Potentialet for anlæggelse af IBZ-anlæg er vurderet af Institut for Agroøkologi, figur 3.5 (Heckrath, G., pers. komm.).

Figur 3.5. Potentiale for anlæggelse af integrerede bufferzoner (IBZ).



3.10 Fosfor-vådområder (P-ådale)

Fosforvådområder eller P-ådale er områder langs vandløb, der etableres med det formål at tilbageholde suspenderet stof og partikulært fosfor via sedimentation, når områderne oversvømmes af vandløbsvand i forbindelse med store afstrømningshændelser. Virkemidlet er først og fremmest tænkt anvendt opstrøms søer, hvor der er behov for at reducere tilførslen af fosfor for at forbedre den økologiske tilstand i søen. Kriteriet for anlæggelse af P-ådale er først og fremmest, at der forekommer perioder med store vandføringer i det pågældende vandløbssystem, og dernæst at der er kendskab til mængden og koncentrationen af suspenderet stof i vandløbet.

Sedimentation på vandløbsnære arealer og ådale er styret af flere faktorer: topografien, sedimentkoncentrationen, oversvømmelsens varighed, antallet af oversvømmelser, udvekslingen af vand mellem å og oversvømmet areal, strømningsmønsteret på det oversvømmede areal og åens morfologi (geometri, hældning, sinuositet). Andersen et al., (2020, s. 198-209) angiver vejledende deponeringsrater af partikelbundet fosfor på 0,5-1,5 kg P pr. oversvømmet hektar pr. dag.

For nuværende findes der ikke et kortlagt potentiale for fosfor-vådområder. En beregning af effekten kræver således lokal information om minimumstørrelsen af det oversvømmede areal og længden af oversvømmelser.

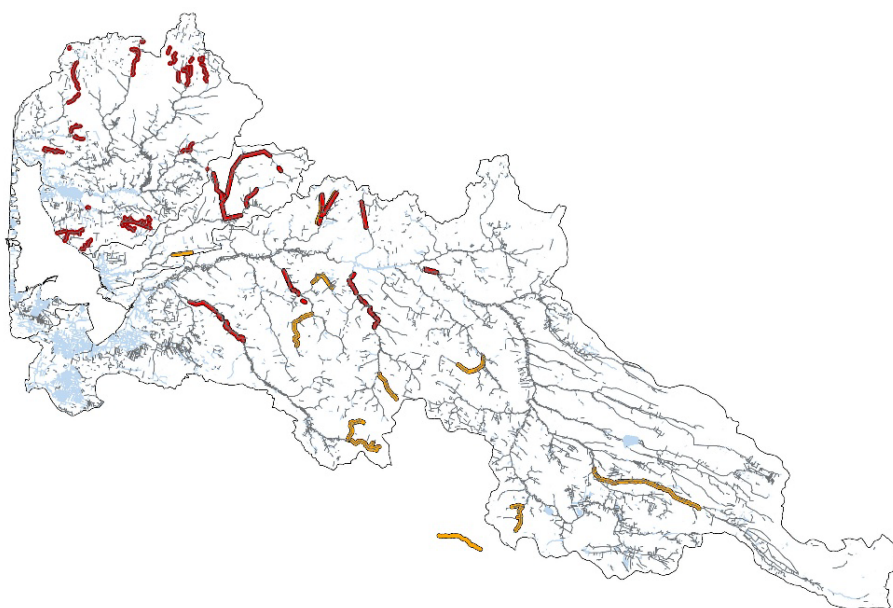
4 Beregning af effekter ved lokalt virkemiddelscenario

4.1 Træplantning langs udvalgte vandløbsstrækninger

Kystvandrådet har udpeget en række vandløbsstrækninger, hvor effekten af træplantning på brinkerrosion ønskes undersøgt, figur 4.1. Træplantning skal kun foregå på den ene side af vandløbet af hensyn til vandløbsvedligeholdelse.

Kystvandrådet har desuden ønsket yderligere at få beregnet effekten af træplantning langs 10% af de vandløbsstrækninger med højest brinkerrosion. Træplantning skal også her kun foregå på den ene side af vandløbet af hensyn til vandløbsvedligeholdelse.

Figur 4.1. Vandløbsstrækninger udpeget af kystvandrådet, hvor effekten af hhv. træplantning (rød signatur) og hævnning af vandløbsbunden (gul signatur) ønskes undersøgt.

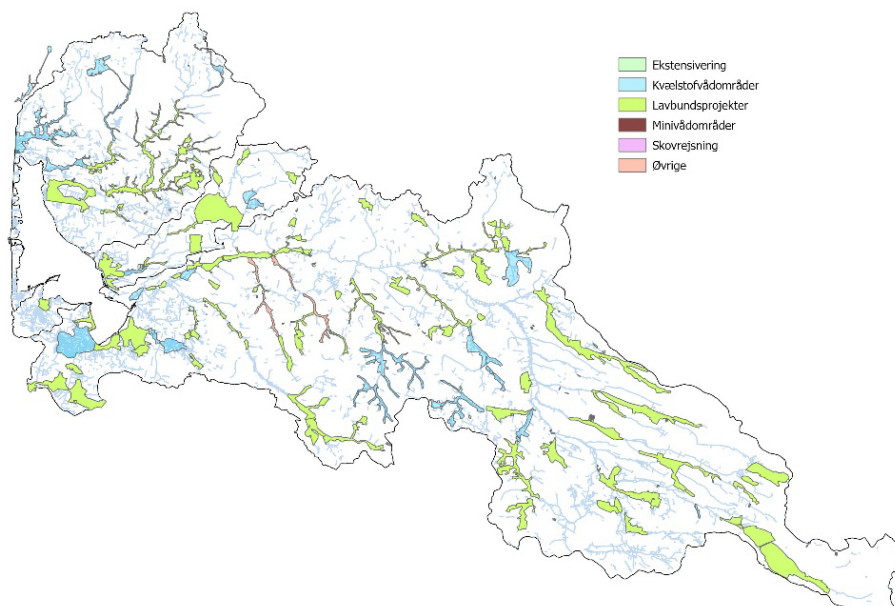


4.2 Hævning af vandløbsbunden på udvalgte vandløbsstrækninger

Kystvandrådet har ønsket at få undersøgt effekten på brinkerrosion af hævnning af vandløbsbunden på en række udpegede vandløbsstrækninger, se figur 4.1. Beregningerne er foretaget under følgende forudsætninger: i mindre vandløb (< 2 m) er vandløbsbunden hævet 40 cm, i mellemstore vandløb (2 – 10 m) er vandløbsbunden hævet 60 cm, og i store vandløb (> 10 m) er vandløbsbunden hævet 80 cm.

Effekten af at hæve vandløbsbunden i alle vandløb beliggende indenfor omlægningsplanens forslag til vådområder og lavbundsprojekter er desuden beregnet under samme forudsætninger som ovenfor. Omlægningsplanen er vist i figur 4.2.

Figur 4.2. Omlægningsplanen for Nissum Fjord-oplandet.



4.3 Fosfor-vådområder (P-ådale)

Det antages, at 10 % af vådområderne i omlægningsplanen (figur 4.2) anlægges som egentlige fosfor-vådområder. Det vil sige vådområder udformet på en sådan måde, at vandløbet tillades periodevis at oversvømme de vandløbsnære arealer, hvorved sedimentbundet fosfor aflejres.

Som nævnt ovenfor (afsnit 3.10) kræver en beregning af effekten lokal information om minimumstørrelsen af det oversvømmede areal og varigheden af oversvømmelser. For at beregne effekten er der her gjort en række antagelser:

På baggrund af en kortlægning af mængden af suspenderet stof i danske vandløb (Thodsen et al., 2019) er der antaget en fosfor-sedimentationsrate ved oversvømmelse på $1.0 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$. Størrelsen af det oversvømmede vandløbsnære areal antages ifølge Andersen et al. (2020) at være hhv. 25 m, 75 m og 100 m på hver side af små, mellemstore og store vandløb. På grundlag af empiriske studier skal disse bredder dog reduceres med 25 %, da der tæt på vandløbet kan være højtliggende områder, der ikke oversvømmes (B. Kronvang, pers. komm.). Varigheden af oversvømmelser er her sat til 15 dage, hvilket er et konservativt estimat relativt til Hoffmann et al. (2020, s. 198 - 209).

Længden af vandløb inden for vådområderne findes ved en overlaps-analyse i GIS. Da en række af vådområdeprojekterne i omlægningsplanen har stor udstrækning, er længden af den oversvømmede ådal konservativt begrænset til maksimum 2.000 m. Bredden af vandløbene er forlods kortlagt. Fosfortilbageholdelsen ved deposition under oversvømmelser beregnes først for alle vådområder. Den endelige effekt findes derefter som 10 % af den samlede effekt, da det ikke vides, hvilke vådområder der eventuelt anlægges som fosfor-vådområder.

5 Resultater

5.1 Kildeopsplitning

Den samlede fosfortilførsel til Nissum Fjord er som gennemsnit over perioden 2014-2023 på 68,2 tons P, hvoraf det diffuse bidrag udgør 47 tons P. Tabel 5.1 – 5.3 viser for Nissum Fjord, ydre, Nissum Fjord, mellem, og Nissum Fjord, Felsted Kog, kildeopsplitningen på punktkilder og på diffust bidrag med en yderligere opsplitting på del-bidrag.

Tabel 5.1. Kildeopsplitning af fosfortilførslen til Nissum Fjord, ydre. Gennemsnit for perioden 2014 – 2023.

Total tilførsel	12.400 kg P
Punktkilder	1000 kg P (8 % af total tilførsel)
Relativ betydning af de enkelte punktkilder	
Dambrug	32 %
Industri	0 %
Regnvandsbetingede udløb	13 %
Spredt bebyggelse	46 %
Renseanlæg	3 %
Direkte udledninger til kystvand	6 %
Diffust bidrag	11.400 kg P (92 % af total tilførsel)
Andel af den samlede diffuse tilførsel	
Tab via makroporer	9 %
Udvaskning	4 %
Erosion	5 %
Tab fra dyrket, organisk jord	19 %
Brinkerosion	57 %

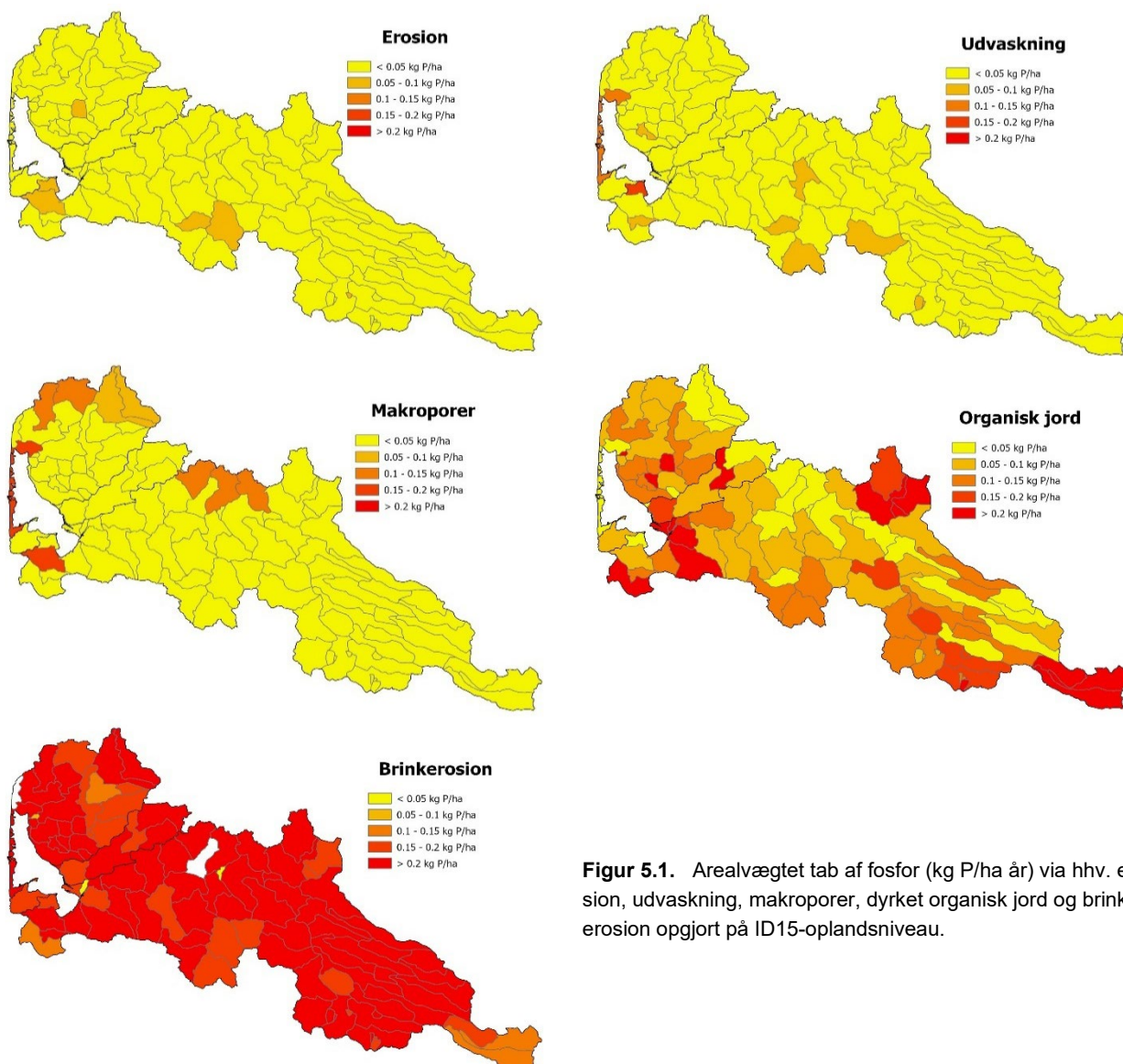
Tabel 5.2. Kildeopsplitning af fosfortilførslen til Nissum Fjord, mellem. Gennemsnit for perioden 2014 – 2023.

Total tilførsel	4000 kg P
Punktkilder	500 kg P (13 % af total tilførsel)
Relativ betydning af de enkelte punktkilder	
Dambrug	39 %
Industri	0 %
Regnvandsbetingede udløb	7 %
Spredt bebyggelse	44 %
Renseanlæg	10 %
Direkte udledninger til kystvand	0 %
Diffust bidrag	3500 kg P (87 % af total tilførsel)
Andel af den samlede diffuse tilførsel	
Tab via makroporer	2 %
Udvaskning	4 %
Erosion	2 %
Tab fra dyrket, organisk jord	25 %
Brinkerosion	61 %

Tabel 5.3. Kildeopsplitning af fosfortilførslen til Nissum Fjord, Felsted Kog. Gennemsnit for perioden 2014 – 2023.

Total tilførsel	51.800 kg P
Punktkilder	19.700 kg P (38 % af total tilførsel)
Relativ betydning af de enkelte punktkilder	
Dambrug	21 %
Industri	0 %
Regnvandsbetingede udløb	27 %
Spredt bebyggelse	8 %
Renseanlæg	44 %
Direkte udledninger til kystvand	0 %
Diffust bidrag	32.100 kg P (62 % af total tilførsel)
Andel af den samlede diffuse tilførsel	
Tab via makroporer	3 %
Udvaskning	4 %
Erosion	4 %
Tab fra dyrket, organisk jord	24 %
Brinkerosion	60 %

I figur 5.1 er fosfortabene ad de fem transportveje vist på ID15-oplandsniveau. Tabene er arealvægtede (kg P/ha år) og vist med samme legende for at lette sammenligning mellem transportveje og oplande.



Figur 5.1. Arealvægtet tab af fosfor (kg P/ha år) via hhv. erosion, udvaskning, makroporer, dyrket organisk jord og brinkerosion opgjort på ID15-oplandsniveau.

5.2 Effekter af virkemidler mod diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialet

Reduktion i diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialet er beregnet for alle virkemidler og opgjort på ID15-niveau. Disse data er i tabel 5.4 - 5.6 aggregeret og vist for Nissum Fjord, hhv. ydre del, mellem del og Felsted Kog. Beregning af effekter af fosfor-ådale og ekstensivering af dyrkede arealer er ikke foretaget, da dette kræver lokal information om placering og omfang.

Tabel 5.4. Nissum Fjord, ydre del. Reduktion i diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentiale. Bemærk: effekterne er ikke alle additive.

	Effekt, kg P	Potentiale
Skovrejsning	153	24.700 ha ¹
20 m randzoner	51	3,8 km
Træer langs vandløb < 2m	710	17,1 km
Træer langs vandløb 2 – 10 m	2390	160,6 km
Træer langs vandløb > 10 m	30	0,8 km
IBZ	7	98 ha
Mini-vådområder	380	5240 ha
Hævning af vandløbsbunden	470	50,8 km
Genslyngning	0	0
Sandfang	20	2
Okkeranlæg	0	0

¹Angiver det samlede skovrejsningsareal for Nissum Fjord.

Tabel 5.5. Nissum Fjord, mellem del. Reduktion i diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentiale. Bemærk: effekterne er ikke alle additive.

	Effekt, kg P	Potentiale
Skovrejsning	27	24.700 ha ¹
20 m randzoner	<1	100 m
Træer langs vandløb < 2m	210	59,1 km
Træer langs vandløb 2 – 10 m	950	65,5 km
Træer langs vandløb > 10 m	40	1,8 km
IBZ	<1	20 ha
Mini-vådområder	30	670 ha
Hævning af vandløbsbunden	410	36,4 km
Genslyngning	0	0 m
Sandfang	12	1 stk
Okkeranlæg	0	0

¹Angiver det samlede skovrejsningsareal for Nissum Fjord.

Tabel 5.6. Nissum Fjord, Felsted Kog. Reduktion i diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialer. Bemærk: effekterne er ikke alle additive.

	Effekt, kg P	Potentiale
Skovrejsning	142	24.700 ha ¹
20 m randzoner	25	1,7 km
Træer langs vandløb < 2m	1355	461,9 km
Træer langs vandløb 2 – 10 m	11.200	895,7 km
Træer langs vandløb > 10 m	3140	96,4 km
IBZ	5	60 ha
Mini-vådområder	390	6135 ha
Hævning af vandløbsbunden	1095	116,4 km
Genslyngning	85	11 k0m
Sandfang	105	9 stk
Okkeranlæg	280	2 stk

¹Angiver det samlede skovrejsningsareal for Nissum Fjord.

5.3 Effekter ved lokale virkemiddelscenarier

5.3.1 Træplantning langs udvalgte vandløbsstrækninger

I alt er der udpeget 47,2 km vandløb, hvor effekten af træplantning mod brinkerrosion er undersøgt (figur 4.1). Den samlede effekt af træplantningen er 520 kg P.

I scenariet, hvor der er plantet træer langs de 10% vandløbsstrækninger med højest brinkerrosion, indgår i alt 63 km vandløb. Den samlede effekt af træplantning på disse strækninger er 1.660 kg P.

5.3.2 Hævning af vandløbsbunden på udvalgte vandløbsstrækninger

I alt er der udpeget 41,3 km vandløb, hvor effekten på brinkerrosion af at hæve vandløbsbunden er undersøgt (figur 4.1). Den samlede effekt er 470 kg P.

I scenariet, hvor vandløbsbunden er hævet i alle vandløb beliggende indenfor omlægningsplanens forslag til vådområder og lavbundsprojekter (figur 4.2), indgår 902,5 km vandløb. Effekten af at hæve vandløbsbunden på disse strækninger er samlet 8.450 kg P.

5.3.3 Fosfor-vådområder (P-ådale)

I scenariet, hvor 10% af vådområderne i omlægningsplanen anlægges som fosfor-vådområder, er der inddraget i alt 20 vådområder. Den gennemsnitlige fosfor-deponering pr. område under de givne forudsætninger og begrænsninger er ca. 300 kg P. Den samlede effekt af at anlægge 10% af vådområderne som fosforvådområder vil således være ca. 600 kg P.

6 Konklusion

Den samlede fosfortilførsel til Nissum Fjord er som gennemsnit over perioden 2014-2023 på 68,2 tons P, hvoraf det diffuse bidrag udgør 47 tons P (69 %). De mest betydende diffuse tabsveje for fosfor i oplandet er brinkerosion og tab fra dyrket, organisk jord, som udgør hhv. 23 % og 59 % af den samlede, diffuse tilførsel.

Effekt på fosforudledningen til Nissum Fjord er beregnet for en række virkemidler. For virkemidlerne randzoner, træer langs vandløb, IBZ og mini-vådområder er der regnet på det fulde potentiale. For virkemidlerne skovrejsning, hævning af vandløbsbunden, genslyngning og sandfang er der regnet på det omfang, de er omfattet af vandområdeplanerne eller for skovrejsnings vedkommende kommuneplanen. Virkemidlerne med størst effekt er hhv. træplantning på vandløbsbrinker med en samlet effekt på ca. 20.000 kg P, mini-vådområder med en effekt på ca. 800 kg P og hævning af vandløbsbunden med en effekt på ca. 1.980 kg P. Ikke alle effekter kan adderes, da nogle virkemidler skygger for hinanden.

Træplantning langs 10% af vandløbene (i alt 63 km) med størst brinkerosion reducerer fosfortabet med 1660 kg fosfor. Alternativt vil træplantning langs en række lokalt udpegede vandløb (i alt 47,2 km) reducere fosfortabet med 520 kg fosfor.

Hævning af vandløbsbunden på en række lokalt udpegede vandløb (i alt 41,3 km) nedsætter fosfortabet med 470 kg fosfor. Teoretisk vil hævning af vandløbsbunden i alle vandløb omfattet af omlægningsplanens forslag til vådområder og lavbundsprojekter (i alt 902,5 km) nedsætte fosfortabet med 8.450 kg P. Inden for omlægningsplanen findes der en række vandløb, hvor vandløbsbunden ligger i det naturlige niveau. Derfor giver det ikke mening at løfte vandløbsbunden i alle vandløb.

Udformning af 10% af vådområderne foreslået i omlægningsplanen som egentlige fosfor-vådområder vil nedsætte fosfortabet med ca. 600 kg P.

7 Referencer

Andersen, H.E. & Heckrath, G. (redaktører). 2020. Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 340 s. - Videnskabelig rapport nr. 397.

Andersen, H.E. & Nilsson, I-E.F. 2023. Fosforeffekt af vandløbsvirkemidler. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 108 s. - Teknisk rapport nr. 272

Andersen, H.E., Rubæk, G.H., Hasler, B. & Jacobsen, B.H. (redaktører). 2020. Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 284 s. - Videnskabelig rapport nr. 379.

Bartholdy, J. og Hasholt, B. 1992. Fluvialmorfologi. Kompendium, Geografisk Institut, København Universitet.

Børgesen, C.D., Bach, E.O., Iversen, B.V & Hoffmann, C.C. 2024. Opdatering af minivådområdeordningens potentialekort. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet.
<https://pure.au.dk/portal/da/publications/opdatering-af-miniv%C3%A5domr%C3%A5deordningens-potentialekort/>

DHI. 2014. Status for okkerrensning. Vurdering af behovene for og effekterne af alternative rensningsmetoder for okker. Teknisk notat, Naturstyrelsen.

Donnelly, T.W. 1993. Impoundment of rivers – sediment regime and its effect on benthos. *Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst*, 3, 331-342.

Kjærgaard, C. & D. Forsmann 2014. Fosforfældningsbassiner. Faglig udregning vedrørende fosforretention i okkerfældningsbassiner som supplerende virkemiddel til P-reduktion. Teknisk rapport fra Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi.

Kronvang, B. & Larsen, S.E. 2023. Virkemiddel for brinkerosion og fosfortab ved restaurering af vådområder og vandløb. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 22 s. - Teknisk rapport nr. 263
<http://dce2.au.dk/pub/TR263.pdf>

Miljøstyrelsen. 2020. Vandløbsrestaurering – national ordning. Vejledning og tilskud til kommunale projekter vedrørende vandløbsrestaurering. Miljø- og Fødevareministeriet.

Schou, J.S., Kronvang, B., Birr-Pedersen, K., Jensen, P.L., Rubæk, G.H., Jørgensen, U. & Jacobsen, B. 2007: Virkemidler til realisering af målene i EUs Vandrammedirektiv. Udredning for udvalgt nedsat af Finansministeriet og Miljøministeriet: Langsigtet indsats for bedre vandmiljø. – Faglig rapport fra DMU 625. 132 s. http://www2.dmu.dk/Pub/FR625_Final.pdf

Thodsen, H., Rasmussen, J.J., Kronvang, B., Andersen, H.E., Nielsen, A., Larsen, S.E. 2019. Suspended matter and associated contaminants in Danish streams: a national analysis. *J. Soil and Sediments*, 19, 3068-3082.

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Larsen, S.E., Conradsen, A.R., Muff, E. Blicher-Mathiesen, G., Ovesen, N.B., Troldborg, L. 2025. Vand- og Næringsstoftransport 2024. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 104 s. - Videnskabelig rapport nr. 681

Trolle, D., Søndergaard, M. & Bjerring, R. 2015. Sammenhænge mellem næringsstofftilførsel og søkoncentrationer i danske søer. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 34 s. - Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 138
<http://dce2.au.dk/pub/SR138.pdf>

Wandall, K., Levesen, B., Landsfeldt, P & Frandsen, S.B. 2000. Bedre vandløb – en praktisk håndbog. Haderslev Amt.

MULIGHEDER FOR REDUKTION AF DEN DIFFUSE FOSFORTILFØRSEL TIL NISSUM FJORD

Rapporten opgør den diffuse fosforbelastning af Nissum Fjord fordelt på tabsveje, vurderer potentialet i en række virkemidler til reduktion af belastningen og estimerer de forventede effekter. Arbejdet er input til Kystvandrådet for Nissum Fjord i arbejdet med at opstille en lokalt funderet vandplan for Nissum Fjord.