
Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. xxx, 2023

Muligheder for reduktion af den diffuse fosfortilførsel til Ringkøbing Fjord

Hans Estrup Andersen

Institut for Ecoscience

Udkast

Revision:

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. xxx
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Muligheder for reduktion af den diffuse fosfortilførsel til Ringkøbing Fjord
Forfattere:	Hans Estrup Andersen
Institution:	Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Måned 20xx
Redaktion afsluttet:	x
Faglig kommentering:	Jonas Rolighed
Kvalitetssikring, DCE:	x
Sproglig kvalitetssikring:	Anne Mette Poulsen
Ekstern kommentering:	Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/N2020_xxx_komm.pdf
Finansiel støtte:	Kystvandrådet for Ringkøbing Fjord ved Ringkøbing-Skjern Kommune
Bedes citeret:	Andersen, H.E. 2023. Muligheder for reduktion af den diffuse fosfortilførsel til Ringkøbing Fjord. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, xx s. - Teknisk rapport nr. xxx http://dce2.au.dk/pub/TRxxx.pdf Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Emneord:	Fosfor, virkemidler, Ringkøbing Fjord, Kystvandråd
Foto forside:	x
ISBN:	978-87-7156-xxx-x
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	312
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/TRxxx.pdf

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	10
3 Beregning af effekter ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialer	11
3.1 Skovrejsning	11
3.2 Randzoner	12
3.3 Træer på vandløbsbrinker	13
3.4 Sandfang	14
3.5 Mindre strækingsbaserede restaureringer af vandløb	15
3.6 Genslyngning af vandløb	16
3.7 Mini-vådområder	17
3.8 Integrerede bufferzoner (IBZ)	18
3.9 GLM 5	19
3.10 Fosfor-vådområder (P-ådale)	19
3.11 Okkerfældningsanlæg	19
4 Beregning af effekter ved lokalt virkemiddelscenario over vådområder, træplantning og mini-vådområder	21
4.1 Træer på vandløbsbrinker	21
4.2 Fosfor-vådområder (P-ådale)	22
4.3 Sandfang og okkerfældningsanlæg	23
5 Resultater	24
5.1 Kildeopsplitning	24
5.2 Effekter af virkemidler mod diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialet	26
5.3 Effekter ved lokale virkemiddelscenarier	27
6 Referencer	30

Forord

Notatet er affødt af et kystvandrådsprojekt under Ringkøbing-Skjern Kommune, som er en del af projektet "Lokalt funderede analyser". De lokalt funderede analyser skal afdække, om der kan findes andre veje til at opnå målopfyldelse, som defineret i EU's vandrammedirektiv.

Ringkøbing-Skjern Kommune har indgået en aftale med Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet, 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 dels virkemidler og potentialer for virkemidler til reduktion af den diffuse fosfortransport til Ringkøbing 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 Ringkøbing 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 strækningsbaserede restaureringer, genslyngning af vandløb, mini-vådområder, integrerede bufferzoner, GLM 5 og fosfor-vådområder, anvendes forskellige metoder og modeller. Potentialeområder 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 vedrørende fosfor-vådområder, træplantning på vandløbsbrinker og mini-vådområder.

Den samlede fosfortilførsel til Ringkøbing Fjord er som gennemsnit over perioden 2016-2018 på 112,1 tons P pr. år, hvoraf det diffuse bidrag udgør 83,5 tons P. De mest betydende diffuse tabsveje for fosfor er brinkerrosion og tab fra dyrket, organisk jord, som udgør hhv. 60% og 24% af den samlede, diffuse tilførsel.

De lokalt funderede virkemiddelscenarier omfatter træplantning på 10% af brinkerne langs alle vandløb udenfor planlagte vådområder med en effekt i form af en reduceret fosfortransport til Ringkøbing Fjord på 5,2 tons P. Endvidere antages det, at 25% af de planlagte områder anlægges som fosfor-vådområder, hvor periodevis oversvømmelse af de vandløbsnære arealer tillades. Effekten heraf er en reduktion i fosfortransporten på 79,7 tons P. Endelig omfatter det lokale scenario anlæggelse af i alt 18 sandfang og 14 okkeranlæg, som vil reducere fosfortransporten med hhv. 0,4 tons P og 2,7 tons P.

Summary

This project focuses on providing options for reducing diffuse phosphorus loss from risk areas in the catchment area of Ringkøbing Fjord by combining de-tailed mapping of phosphorus loss with different mitigation measures. Phosphorus loss primarily originates from five diffuse sources: erosion, leaching, macropore loss, loss from cultivated organic soil and bank erosion. The mapping shows that these sources account for 94% of the total diffuse phosphorus loss at a national level.

To calculate the effect of different measures such as afforestation, riparian zones, trees on riverbanks, sand traps, minor reach-based restorations, remeandering of watercourses, mini-wetlands, integrated buffer zones, GLM 5 and phosphorus wetlands, different methods and models are used. Potential areas for these measures are mapped and the effects of the implementation of these measures on the reduction of phosphorus loss are calculated.

The project first calculates the effect of the measures when the potentials are fully utilized. Next, the effect of locally based scenarios regarding phosphorus wetlands, tree planting on riverbanks and mini-wetlands are calculated.

The total phosphorus input to Ringkøbing Fjord averages 112.1 t P per year over the period 2016-2018, of which the diffuse contribution is 83.5 t P. The most significant diffuse loss pathways for phosphorus are bank erosion and loss from cultivated organic soils, which account for 60% and 24% of the total diffuse input, respectively.

The locally based policy scenarios include tree planting on 10% of the banks along all watercourses outside planned wetlands with an effect in the form of reduced phosphorus transport to Ringkøbing Fjord of 5,2 t P. Furthermore, it is assumed that 25% of the planned areas are constructed as phosphorus wetlands, where periodic flooding of the areas close to the watercourse is allowed. The effect of this is a reduction in phosphorus transport of 79.7 t P. Finally, the local scenario includes the construction of 18 sand traps and 14 ochre plants, which will reduce phosphorus transport by respectively 0.4 t P and 2.7 t P.

1 Indledning

Med "Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug" af 4. oktober 2021 blev det vedtaget, at indsatsbehovet og håndteringen af det resterende indsats-behov for fjernelse af kvælstof revurderes i forbindelse med genbesøget af aftalen i 2023/24. Revurderingen vil tage højde for resultater af den "Second opinion", der blev aftalt ifm. landbrugsaftalen, hvortil projektet "Lokalt funderede analyser" er sat i værk, for at der i udvalgte kystvande gennemføres lokalt funderede analyser, som skal afdække, om der kan findes andre veje til at opnå målopfyldelse, som den er defineret i EU's Vand-rammedirektiv.

Kystvandrådene har mulighed for at undersøge forskellige typer af virkemidler til reduktion af de tilførte kvælstof- og fosformængder samt andre virkemidler, der kan sikre målopfyldelse, og for at undersøge nye eller opdatering af gamle virkemidler med henblik på at udarbejde forslag til et fagligt funderet indsatsprogram, der vil opnå målopfyldelse for kystvandet.

En samlet analyse og evaluering af projektet skal sendes til Miljøstyrelsen. Efter modtagelse gennemgås kystvandrådernes analyser og alternative indsatsprogrammer med henblik på at indgå i den samlede revurdering ("Second opinion"-projektet) af kvælstofreguleringen. Den primære opgave er at fastlægge, hvilke presfaktorer der udgør de væsentligste udfordringer i forhold til opfyldelse af vandrammedirektivmålet om god økologisk tilstand, og hvad baseline for disse presfaktorer er. Opgaven er delt i en marin presfaktoranalyse, hvor der ses på, hvilke presfaktorer der er væsentligst at adressere for at opnå målopfyldelse, samt en oplandsanalyse, hvor man ser på baseline og fremtidig udvikling i stoftransport til vandområderne.

I et projekt omhandlende Ringkøbing Fjord har Ringkøbing-Skjern Kommune indgået en aftale med Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet, 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 Ringkøbing Fjord. Der er tale om data vedrørende transportveje for diffust fosfortab samt potentialer for og effekter af fosforvirkemidler.

2 Metode

2.1 Introduktion

Det er velkendt, at diffust fosfortab kun hidrører fra en mindre del af landskabet – 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 eller kan estimeres. 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. Dernæst beregnes effekten af lokale virkemiddelscenarier.

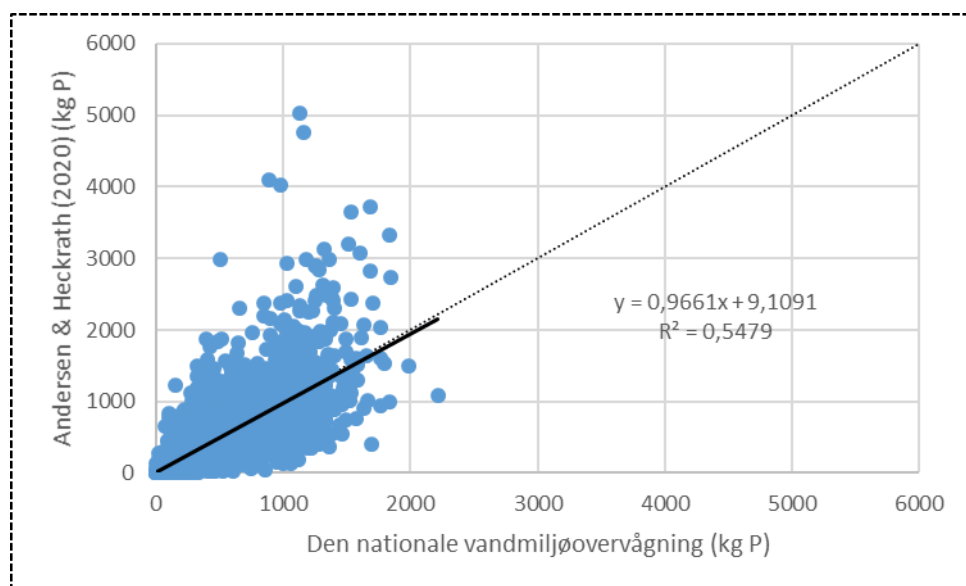
Alle effekter i form af reduktion af det diffuse fosfortab er opgjort ved vandløbskant. Der indregnes ingen retention af fosfortransporten gennem oplandene mod kystvand. Alle beregninger rapporteres på ID15-oplandsniveau.

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 brinkerosion. 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-drænedede marker udgør de resterende 6 %.

I dette projekt er de modelberegneede fosfortab via de fem diffuse transportveje summeret på ID15-oplandsniveau. Efterfølgende er den modelberegneede fosfortransport justeret, så summen for hvert ID15-opland er identisk med 94 % af den diffuse fosfortransport opgjort ifølge den nationale vandmiljøovervågning NOVANA (Thodsen et al., 2023). 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 fosfortransportdata for perioden 2012-2021. 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 2.11 viser et plot af den modelberegneede fosfortransport på ID15-niveau beregnet i Andersen & Heckrath (2020) før justeringen mod den tilsvarende fosfortransport beregnet i den nationale vandmiljøovervågning. Gennemsnit for de to datasæt er hhv. 387 kg P i Andersen & Heckrath (2020)

og 391 kg P i den nationale vandmiljøovervågning. De tilsvarende medianværdier er hhv. 235 kg P og 277 kg P. Som det fremgår af figur 2.1 kan der for det enkelte ID15-opland være stor forskel på de to fosfortransportberegninger, som altså udlignes af justeringen.



Figur 2.1. Diffus fosfortransport (kg P) opgjort på ID15-oplandsniveau i Andersen & Heckrath (2020) plottet mod den tilsvarende diffuse fosfortransport (kg P) opgjort i den nationale vandmiljøovervågning. Identitetslinjen er vist med stiptet signatur, mens tendenslinjen er markeret med fed signatur. Ligningen for tendenslinjen er indsat i figuren.

2.3 Kildeopsplitning

For hvert ID15-opland i det samlede opland til Ringkøbing 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.

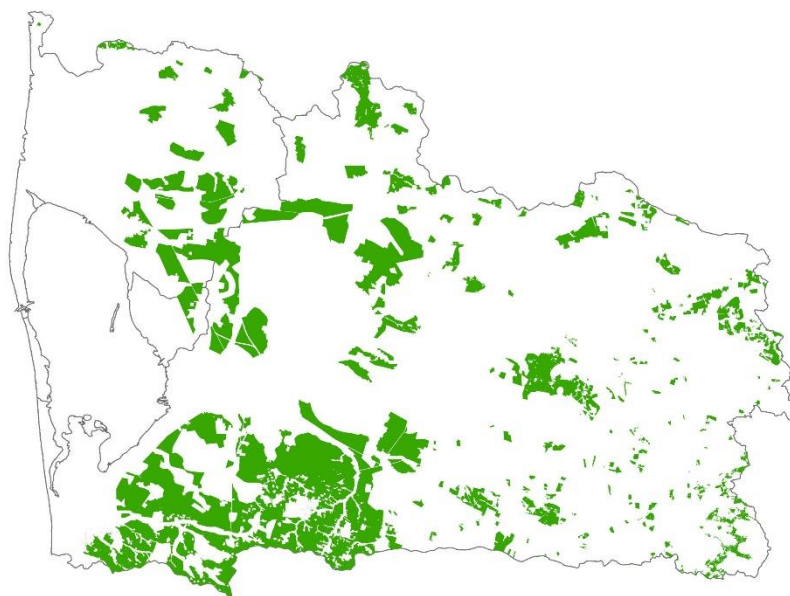
3 Beregning af effekter ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialer

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 & Rubæk, 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 [Miljøgis \(mim.dk\)](https://mim.dk). Skovrejsningsarealet udgør ca. 60.000 ha i oplandet til Ringkøbing Fjord.



Figur 3.1. Kommunernes indmelding om, hvor skovrejsning er ønsket i området omfattet af Kystvandråd Ringkøbing Fjord.

3.2 Randzoner

Målrættede, brede og tørre randzonerens bredde designes, så de matcher den overfladiske afstrømning, der strømmer gennem randzonen fra den ovenliggende 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. vegetations 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. Kronvang et al. (2020) beskriver randzonens effekt på fosfortransporten ind i randzonen som en funktion af randzonens bredde. En 20 m bred randzone kan således tilbageholde 60 % af den tilførte totalfosfor.

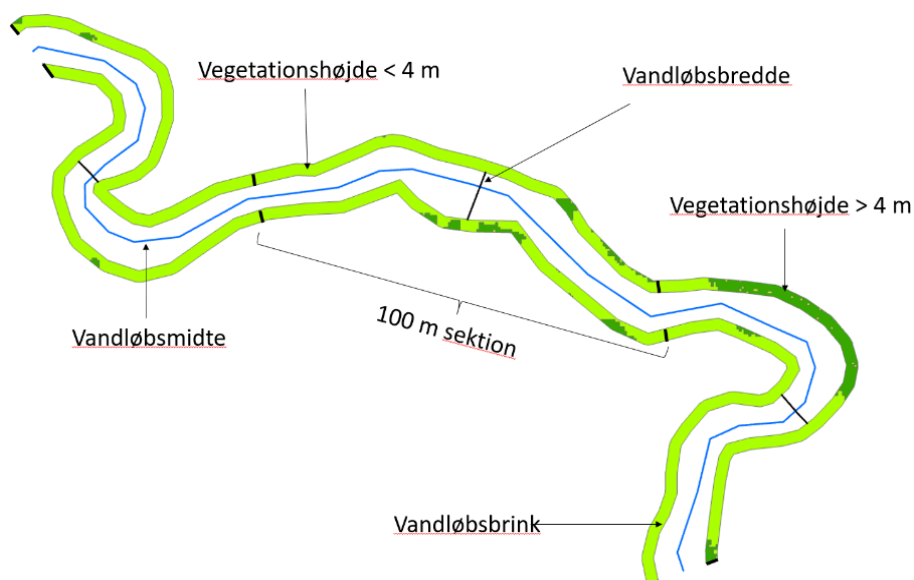
Risikoarealer for fosfortab via erosion og via makroporer til dræn er kortlagt i Andersen & Heckrath (2020). Kortet anviser rumligt, hvor sedimenttransporten med associeret fosfor til vandløb foregår. På grundlag af kortlægningen er alle 50 m vandløbsstrækninger, hvor sedimenttransporten overstiger 1 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). Effekten af træer er en reduktion af brinkerrosion på 27-53 %.

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

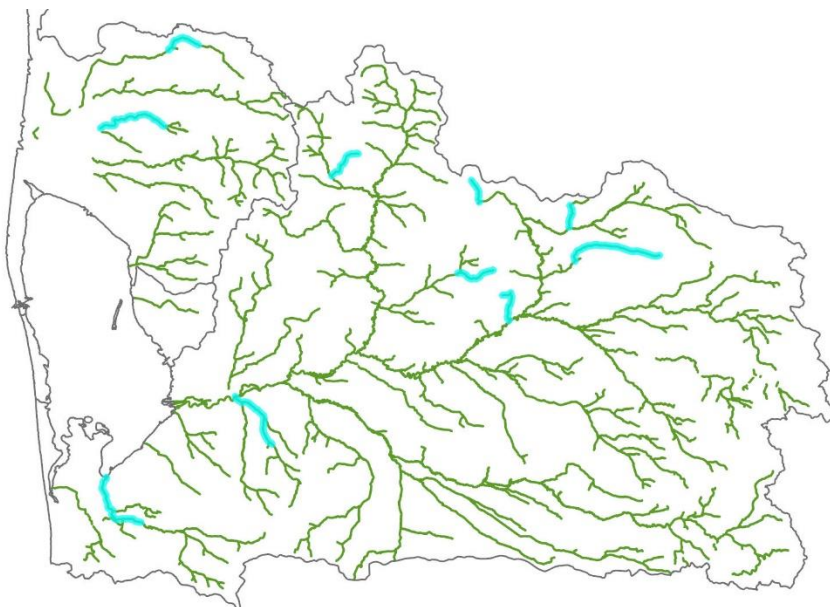
Et sandfang anlægges ved at udvide vandløbets bredde og dybde på en kort strækning. Derved nedsættes vandets hastighed, og sandet transporteres ikke igennem sandfanget under almindelige afstrømningsforhold. Som tommelfingerregel udvides vandløbets bundbredde til 2-3 gange normal bredde, og bunden sænkes til ca. 1 m under normal bund. Sandfangets længde graves til ca. 10 gange vandløbets bredde, afhængigt af sandtransportens størrelse (Wandall et al., 2000).

For at bevare sin funktionalitet skal sandfanget jævnlige 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>). For Ringkøbing Fjord-oplandet er der planlagt 12 sandfang.



Figur 3.3. Placering af foreslåede sandfang i vandområdeplanerne for tredje planperiode.

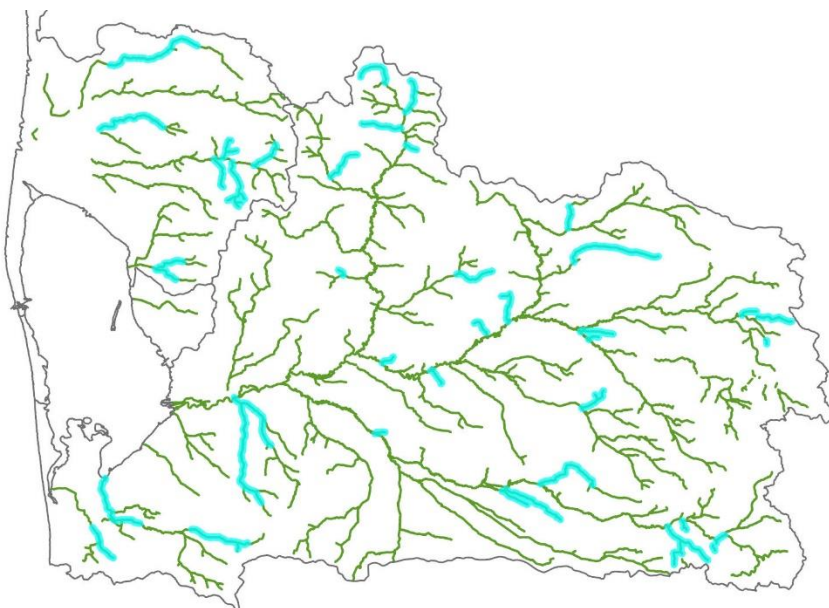
3.5 Mindre strækningsbaserede restaureringer af vandløb

Mindre, strækningsbaserede restaureringer kan ifølge Miljøministeriet (2021) omfatte udlægning af groft materiale, udskiftning af bundmateriale, hævning 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 brinkerrosion. Hævning af vandløbsbunden har også en reducerende effekt på brinkerrosion 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.

Den relative effekt på fosfortab ved brinkerrosion af en hævning af vandløbsbunden beregnes efter Andersen & Nilsson (2023) gennem en sammenligning af fosfortabet før og efter hævnings af bunden. Den relative effekt overføres på det forlods beregnede fosfortab ved brinkerrosion 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. Der er således ikke nogen teoretisk øvre grænse. Som potentiale for etablering af nye strækningsbaserede restaureringer er anvendt de foreslåede indsatser i vandområdeplanerne for tredje planperiode (figur 3.4) (data downloadet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatial-map?profile=vandrammedirektiv3-2022>)



Figur 3.4. Placering af foreslåede mindre strækningsbaserede restaureringer i vandområdeplanerne for tredje planperiode.

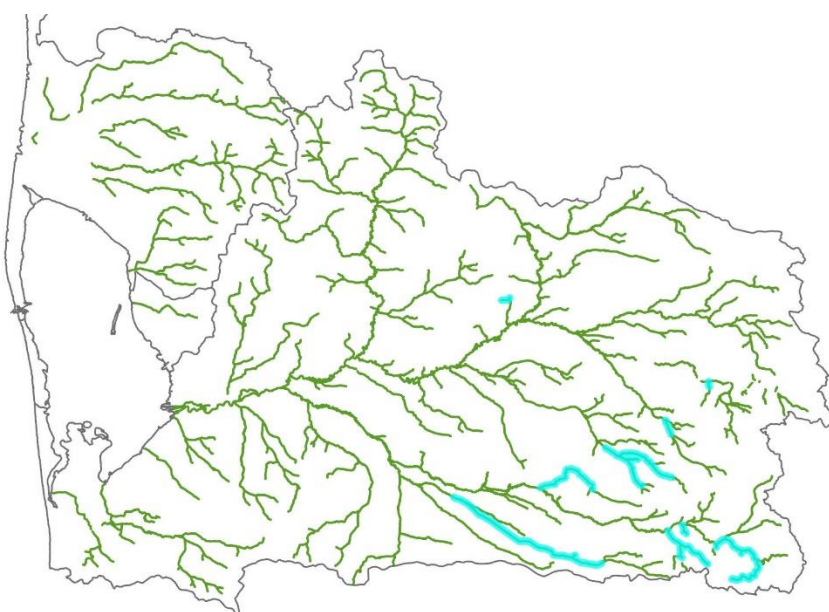
3.6 Genslyngning af vandløb

Genslyngning af vandløb med naturligt 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 brinkeroseionsraten (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 kan derfor suppleres med hævnning af vandløbsbunden, ændret brinkhældning eller plantning af træer på brinken for at reducere brinkeroseion.

Den relative effekt på fosfortab ved brinkeroseion 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 for-

lods 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 3.5) (data downloadet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3-2022>)



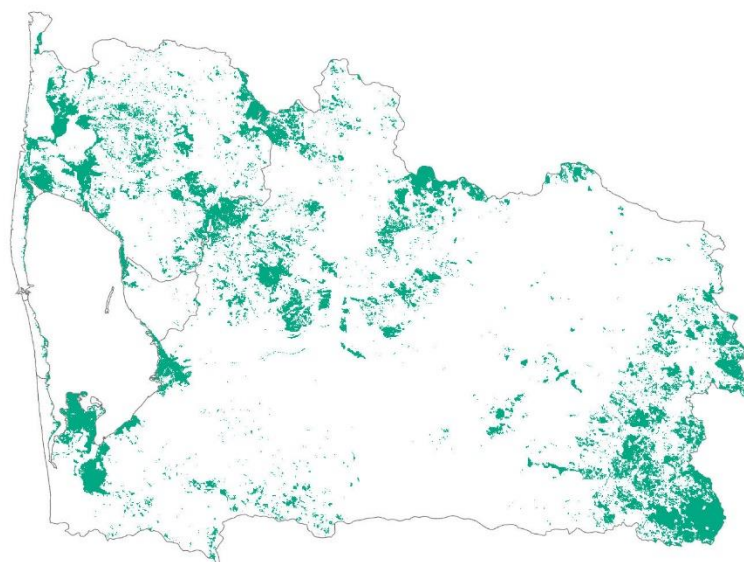
Figur 3.5. Placering af foreslåede genslyngninger af vandløb i vandområdeplanerne for tredje planperiode.

3.7 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. 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. Hoffmann et al. (2020) 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., 2019). 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. Potentialet for minivådområder udgør ca. 31.000 ha i oplande til Ringkøbing Fjord.



Figur 3.6. Potentielt egnede områder for etablering af minivådområder.

3.8 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 integreerede 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. Kronvang et al. (2020) 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 (Heckrath, G., pers. komm.) og udgør ca. 100 ha i oplandet til Ringkøbing Fjord.

3.9 GLM 5

Med implementeringen af EU's landbrugsreform for 2023-27 (CAP) gælder nye GLM-krav (krav om god landbrugsmæssig og miljømæssig stand af landbrugsjord), som omfattes af konditionalitet (det nuværende krydsoverensstemmelseskrav). Disse krav kan medvirke til at begrænse erosionsrisikoen fra landbrugsarealet. Med GLM 5 følger et pløjeforbud fra 1. oktober til 15. februar på kortlagte, sammenhængende arealer på mindst 0,75 ha inden for en markblok med en estimeret erosionsrate på over 7,5 tons jord pr. ha. pr. år. Ophør af pløjning på erosionstruede arealer antages at nedsætte fosfortabet med erosion med 50 % (Munkholm et al., 2020). I projektet er GLM 5-arealerne kortlagt og overlagt på kortlagte risikoområder for erosion. GLM5-arealerne i Ringkøbing fjord-oplandet udgør kun ca. 5 ha.

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). Hoffmann et al. (2020) angiver vejledende deponeringsrater af partikelbundet fosfor på 0,5-1,5 kg P pr. oversvømmet hektar pr. dag.

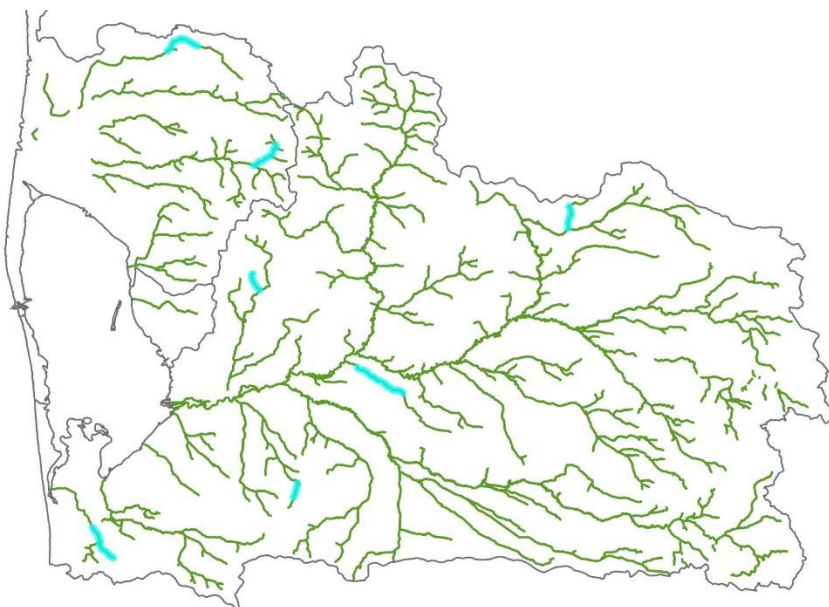
For nuværende findes der ikke et kortlagt potentiale for fosfor-vådområder. En beregning af effekten kræver således lokal information om minimumstørrelsen af det oversvømmede areal og længden af oversvømmelser.

3.11 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 drænuudløb. Effekten på reduktion af fosfortransport er $140 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ (Andersen et al., 2020). 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 lavbundsorde 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 3.7 (data downloadet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3-2022>). I oplandet til Ringkøbing Fjord er der planlagt 15 okkerfældningsanlæg.



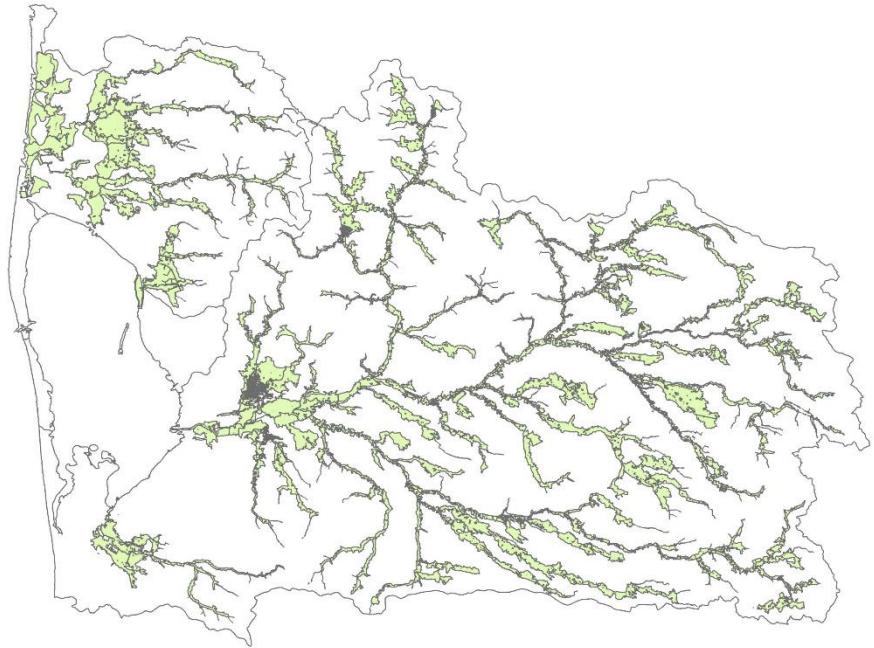
Figur 3.7. Planlagt placering af okkerfældningsanlæg i oplandet til Ringkøbing Fjord.

4 Beregning af effekter ved lokalt virkemiddelscenario over vådområder, træplantning og mini-vådområder

4.1 Træer på vandløbsbrinker

Der er opstillet et scenario med placering af vådområder langs en del af vandløbene i Ringkøbing Fjord-oplandet (figur 4.1). Kystvandrådet ønsker ikke plantning af træer langs vandløbene inden for vådområderne. Scenariet med vådområder og træplantning omfatter derfor træplantning på de små (type 1, bredde mindre end 2 m), mellemstore vandløb (type 2, bredde 2 - 10 m) og store vandløb (type 3, bredde større end 10 m) uden for vådområderne. Træplantning antages at ske på 10 % af disse vandløb, hvor de områder, hvor brinkerrosion er størst, prioriteres.

Vandløbene udenfor scenario-vådområderne findes ved en overlaps-analyse i GIS. Brinkerrosion i alle danske vandløb er kortlagt i Andersen & Heckrath (2020) opgjort på 100 m vandløbsstrækninger. 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). Potentialet for træplantning på vandløbsbrinker udgøres således af de vandløbsstrækninger, hvor der for nuværende er lav vegetation. Beregning af effekten af træplantning følger Kronvang & Larsen (2023). Effekten af træer er en reduktion af brinkerrosion på 27-53 %. De små, mellemstore og store vandløb uden for vådområderne sorteres efter faldende størrelse af brinkerrosion. Effekten af træer beregnes for de 10 % vandløb med størst brinkerrosion.



Figur 4.1. Placering af de planlagte vandløbsnære vådområder i oplandet til Ringkøbing Fjord.

4.2 Fosfor-vådområder (P-ådale)

Det antages, at 25 % af vådområderne i det lokale scenario 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 Hoffmann 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).

Længden af vandløb inden for vådområderne findes ved en overlaps-analyse i GIS. Bredden af vandløbene er forlods kortlagt. Fosfortilbageholdelsen ved deposition under oversvømmelser beregnes først for alle vådområder. Den endelige effekt findes derefter som 25 % af den samlede effekt, da det ikke vides, hvilke vådområder der anlægges som fosfor-vådområder.

4.3 Sandfang og okkerfældningsanlæg

I et lokalt scenario er der planlagt 18 sandfang med et samlet areal på 2640 m^2 og 14 okkerfældningsanlæg med et samlet areal på 195.670 m^2 .

5 Resultater

5.1 Kildeopsplitning

Den samlede fosfortilførsel til Ringkøbing Fjord er som gennemsnit over perioden 2016-2018 på 112,1 tons P årligt, hvoraf den diffuse tilførsel udgør 83,5 tons P eller 74 % (tabel 5.1).

Tabel 5.1. Overordnet kildeopsplitning af fosfortilførslen til Ringkøbing Fjord. Gennemsnit for perioden 2016-2018.

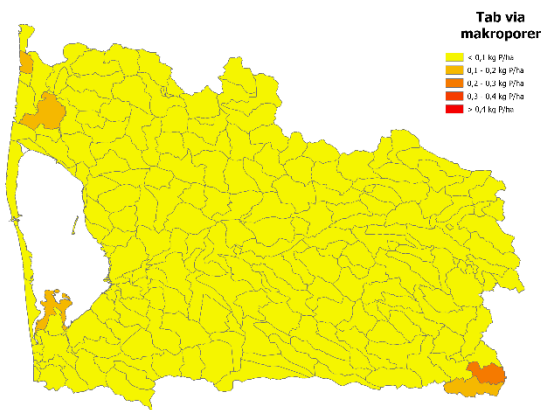
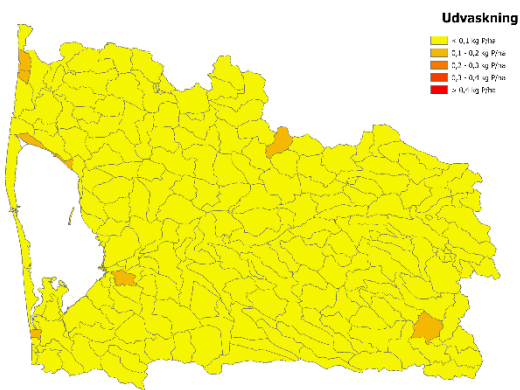
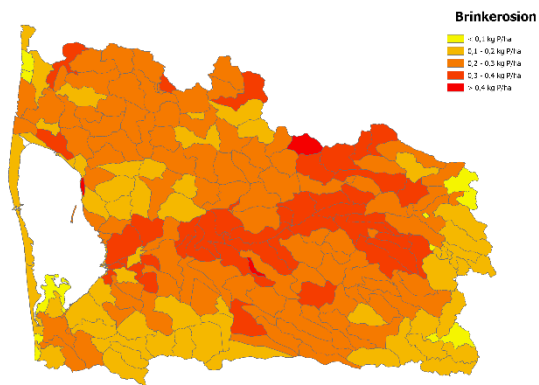
Total tilførsel	112,1 tons P
Punktkilder	25,3 tons P
Bidrag fra spredt bebyggelse	3,4 tons P
Diffust bidrag	83,5 tons P

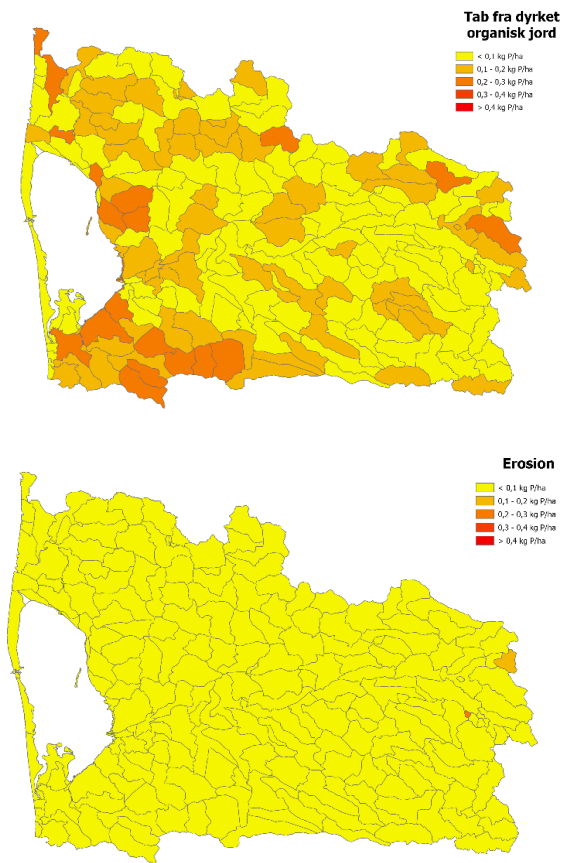
Den diffuse tilførsel er yderligere opsplittet på de fem mest betydende transportveje, som tilsammen står for 94 % af den diffuse tilførsel (tabel 5.2).

Tabel 5.2. Opsplitning af den diffuse tilførsel til Ringkøbing Fjord i perioden 2012-2021 på de mest betydende transportveje.

		Andel af den samlede diffuse tilførsel
Tab via makroporer til dræn	1,6 tons P	2 %
Udvaskning til dræn	4,4 tons P	5 %
Erosion	2,3 tons P	3 %
Tab fra dyrket, drænet organisk jord	20,4 tons P	24 %
Brinkerosion	49,7 tons P	60 %

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





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

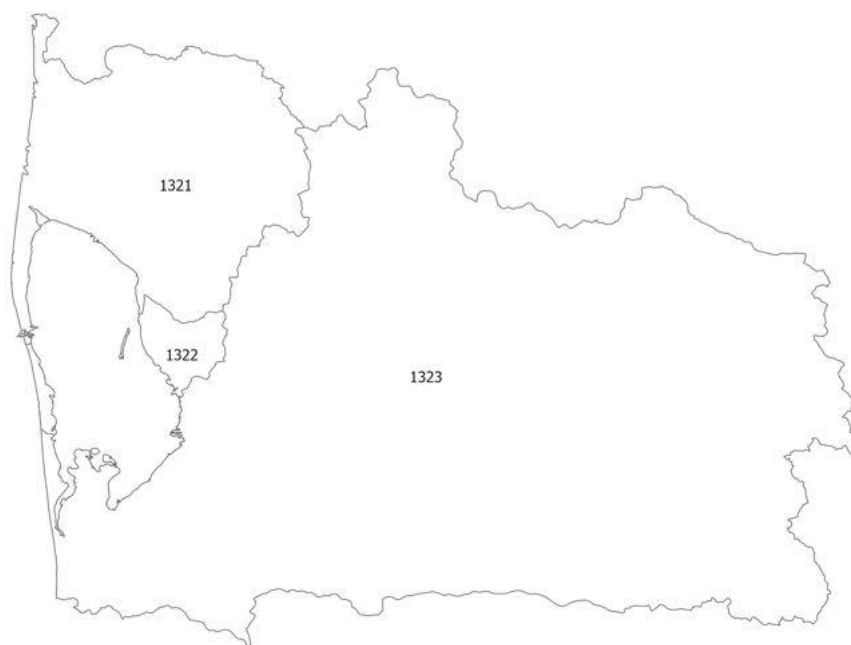
5.2 Effekter af virkemidler mod diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialet

Reduktion i diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialet er beregnet for alle virkemidler og opgjort på ID15-niveau. Disse data er i tabel 5.3 aggregeret og vist på farvand 4-niveau. Figur 5.2 viser opdelingen af oplandet til Ringkøbing Fjord på farvand 4-oplande. Ringkøbing Fjord-oplandet er underopdelt i tre farvand 4-oplande: nr. 1321, nr. 1322 og nr. 1323.

Tabel 5.3. Reduktion i diffust fosfortab ved fuld udnyttelse af virkemiddelpotentialet opgjort på farvand 4-niveau.

	1321	1322	1323
	<i>tons P</i>	<i>tons P</i>	<i>tons P</i>
Skovrejsning	0,02	0,01	0,5
20 m randzoner	0,02		0,05
GLM 5	-	-	-
Træer langs vandløb < 2m	1,2	0,1	4,0
Træer langs vandløb 2 – 10 m	4,3	0,3	22,0
Træer langs vandløb > 10 m	0,3	-	2,7

IBZ	-	-	-
Mini-vådområder	0,2	-	0,9
Hæve vandløbsbund	0,4	-	2,4
Genslyngning	-	-	0,4
Sandfang	0,02	-	0,1
Okkerfældningsanlæg	0,3	-	1,8



Figur 5.2. Oplandet til Ringkøbing Fjord underopdelt i farvand 4-oplande.

5.3 Effekter ved lokale virkemiddelscenarier

Tabel 5.4 indeholder resultaterne af beregningen på virkemiddelscenariet med træplantning langs 10 % af de små, mellemstore og store vandløb uden for vådområder. I alt kan der opnås en effekt på ca. 5,2 tons P.

Tabel 5.4. Resultater af beregning på lokalt virkemiddelscenario med træplantning langs 10% af de små, mellemstore og store vandløb udenfor vådområder.

Vandløbstype	Samlet længde	Længde udenfor vådområder	Effekt af træer langs 10% af vandløb udenfor vådområder
Type 1 (< 2 m)	1852 km	1237 km	1,4 tons P
Type 2 (2 – 10 m)	2404 km	1024 km	3,2 tons P
Type 3 (> 10 m)	269 km	42 km	0,6 tons P

Tabel 5.5 indeholder resultater af beregningen på det lokale virkemiddelscenario, hvor det antages, at 25% af de planlagte vådområder anlægges som fosfor-vådområder med periodevis oversvømmelse af de vandløbsnære arealer.

I alt er der beregnet en effekt heraf på ca. 79,7 tons P. To kraftige forbehold til effektberegningen skal nævnes: For det første skal det bemærkes, at effekten er beregnet under forudsætning af, at oversvømmelserne opnås ved at vandløbsbunden hæves. Hvis der også indgår genslyngning af vandløb i dannelsen af fosfor-vådområderne, reduceres effekten af fosfor-vådområdet. Det skyldes, at brinkerosionen i slyngede hedeslette-vandløb er betydeligt større end i kanaliserede vandløb (Kronvang & Larsen, 2023). Hvis fosfor-vådområdet dannes ved en kombination af genslyngning og hævning af vandløbsbunden reduceres effekten derfor til ca. 60% af effekten for fosfor-vådområdet isoleret set for type 1 vandløb. For type 2 og type 3 vandløb opnås 80 - 85% af effekten for fosfor-vådområdet isoleret set, hvis der indgår genslyngning i kombination med hævning af vandløbsbunden i dannelsen af vådområdet. For det andet vil så mange fosfor-vådområder som planlagt her 'skygge' for hinanden, idet effekten af fosfor-vådområder nedstrøms andre fosfor-vådområder i samme vandløbssystem vil være mindre, da der er mindre fosfor i transport i vandløbet, end der ville uden de opstrøms fosfor-vådområder. I praksis bør der sandsynligvis maksimalt regnes med en effekt på i størrelsesordenen 20 tons P årligt af fosfor-vådområderne i Ringkøbing Fjord-oplandet.

Tabel 5.5. Resultater af beregning på lokalt virkemiddelscenario hvor det antages, at 25% af vådområderne anlægges som fosfor-vådområder med periodevis oversvømmelse af de vandløbsnære arealer.

Vandløbs-størrelse	Effekt, hvis 25 % af de planlagte vådområder etableres som fosfor-vådområder
Type 1 (< 2 m)	8,6 tons P
Type 2 (2 – 10 m)	58,2 tons P
Type 3 (> 10 m)	12,8 tons P

Tabel 5.6 indeholder resultater af beregningen på det lokale virkemiddelscenario, hvor det antages, at der anlægges 18 sandfang og 14 okkerfældningsanlæg. I alt er der beregnet en effekt heraf på ca. 3,2 tons P.

Tabel 5.6. Resultater af beregning på lokalt virkemiddelscenario hvor det antages, at der anlægges 18 sandfang og 14 okkerfældningsanlæg.

	Samlet areal	Samlet effekt
18 sandfang	2630 m ²	0,4 tons P
14 okkeranlæg	195.670 m ²	2,7 tons P

6 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.

Børgesen, C.D., Iversen, B.V., Bach, E.O. & Greve, M.H. 2019. Opdatering af potentialekort for minivådområder med nyt ådalstema [Opdatering af potentialekort Juli 2019 ver 2.pdf \(au.dk\)](#)

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

Hoffmann, C.C., Strandberg, B., Bruus, M., Audet, J., Hutchins, N. Martinsen, L. & Hasler, B. 2020. Etablering af vådområde. I: 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 <http://dce2.au.dk/pub/SR379.pdf>

Hoffmann, C.C., Kronvang, B., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N., Martinsen, L. & Hasler, B. 2020. Fosfor-vådområder (P-ådale). I: 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 <http://dce2.au.dk/pub/SR379.pdf>

Jensen, H., Egemose, S., Reitzel, K., Martinsen, L. & Hasler, B. 2020. Okkerfældningsbassiner. I: 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.

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., van't Veen, S., Zak, D., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N., Martinsen, L. & Hasler, B. 2020. Intelligente Buffer Zoner (IBZ). I: 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.

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>

Kronvang, B., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N., Martinsen, L. & Hasler, B. 2020. Målrettede, brede og tørre randzoner. I: 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.

Munkholm, L., Kudsk, P., Jørgensen, L.N., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N. & Jacobsen, B. 2020. Optimering af jordbearbejdning, fx pløjeretning, -tidspunkt og bearbejdningsintensitet, pløjefri dyrkning. I: 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.

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.

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