GRUNDLAG FOR AT FOSFORTAB KAN INDGÅ I MINIVÅDOMRÅDEORDNINGEN TIL BRUG FOR VANDOMRÅDEPLANERNE 2021-2027

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 346 2025

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

GRUNDLAG FOR AT FOSFORTAB KAN INDGÅ I MINIVÅDOMRÅDEORDNINGEN TIL BRUG FOR VANDOMRÅDEPLANERNE 2021-2027

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 346 2025

Hans Estrup Andersen[1]
Goswin Heckrath[2]
Berit Hasler[3]
Raphael Filippelli[3]

[1]Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
[2]Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi
[3]Københavns Universitet, Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi

AARHUS
UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 346
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Grundlag for at fosfortab kan indgå i minivådområdeordningen til brug for Vandområdeplanerne 2021-2027
Forfatter(e):	Hans Estrup Andersen[1], Goswin Heckrath[2], Berit Hasler[3], Raphael Filippelli[3]
Institution(er):	[1]Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience, [2]Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi, [3]Københavns Universitet, Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	https://dce.au.dk
Udgivelsesår:	2025
Redaktion afsluttet:	Juni 2025
Faglig kommentering:	Hans Thodsen, Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Kvalitetssikring, DCE:	Maj-Britt Bjerager og Signe Jung-Madsen
Ekstern kommentering:	Kommentarerne findes her:
Finansiel støtte:	Styrelsen for Grøn Omstilling og Vandmiljø
Bedes citeret:	Andersen, H.E., Heckrath, G., Hasler, B og Filippelli, P. 2025. Grundlag for at fosfortab kan indgå i minivådområdeordningen til brug for Vandområdeplanerne 2021-2027. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 21 s. - Teknisk rapport nr. 346
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Sammenfatning:	Rapporten undersøger, hvordan fosfortilbageholdelse kan integreres i den eksisterende minivådområdeordning for kvælstoffjernelse. En mulig tærskelværdi for støtte til etablering af minivådområde med fosforfjernelse som hovedformål foreslås sat til et minimumskrav til effekt på 5 kg fosfor pr. ha minivådområde.

Emneord:	Fosfor, minivådområder, støtteordning for minivådområder, omkostningseffektivitet
Foto forside:	Minivådområde ved Fillerup. Fotograf: Carl Christian Hoffmann
ISBN:	978-87- 7156-961-2
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	21

Indhold

Forord **5**

Sammenfatning **6**

Summary **7**

1 Baggrund og formål **8**

2 Metode **9**

3 Potentialekort **10**

4 Effekt og omkostningseffektivitet **13**

4.1 Effektberegning for vilkårligt minivådområde 13

4.2 Effekt på fosfortilførsel til vandmiljøet af allerede etablerede minivådområder 13

4.3 Beregning af omkostningseffektivitet af fosforfjernelse i allerede etablerede minivådområder 14

4.4 Beregning af omkostningseffektivitet af fosforfjernelse med modellen TargetEconP 16

5 Sammenligning af minivådområder med andre virkemidler mod dræntab af fosfor **17**

6 Konklusion **18**

7 Referencer **19**

Bilag 1. Python-kode til summering af fosfortab i potentialekortet indenfor given oplandsafgrænsning **20**

Forord

Projektet, der her afrapporteres, er bestilt af Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø i oktober 2024.

Sammenfatning

Rapporten undersøger, hvordan fosfortilbageholdelse kan integreres i den eksisterende minivådområdeordning for kvælstoffjernelse. Der er udviklet et potentialekort (GIS-baseret) over fosfortabsveje via makroporer og jordmatricen, der kan anvendes til at beregne fosfortilførslen til et vilkårligt minivådområde. Fosfortilbageholdelsen i et minivådområde beregnes som 45 % af den samlede fosfortilførsel fra drænoplandet.

Som led i arbejdet er effekten af 239 minivådområder etableret i perioden 2018-2023 undersøgt. Den gennemsnitlige størrelse af minivådområderne er 0,6 ha. Den samlede fosforreduktion af disse minivådområder er estimeret til 825 kg P/år.

Omkostningerne ved fosforfjernelse er undersøgt dels for de allerede etablerede anlæg, dels ved hjælp af omkostningsmineringsmodellen TargetEconP. Omkostningerne varierer betydeligt afhængigt af placering og anlægsstørrelse. For de etablerede anlæg findes en gennemsnitlig omkostning på ca. 10.800 kr./kg P ved lavt fosfortab i drænoplandet, mens gennemsnitsomkostningen ved højere fosfortab (>0,3 kg P/ha) falder til ca. 5.800 kr./kg P. TargetEconP, opsat på 447 søoplande, beregner en gennemsnitlig omkostning på ca. 7.600 kr./kg P med en meget stor variationsbredde.

Etablering af minivådområder med en effektivitet på minimum 5 kg P pr. ha minivådområde har omkostninger pr. kg fosfor fjernet i intervallet 2.350 kr. – 21.094 kr. med et gennemsnit på 9.302 kr. Dette vurderes som omkostningseffektivt sammenlignet med andre fosforvirkemidler. En mulig tærskelværdi for støtte til etablering af minivådområde med fosforfjernelse som hovedformål foreslås sat til et minimumskrav til effekt på 5 kg fosfor pr. ha minivådområde.

Summary

The report examines how phosphorus retention can be integrated into the existing mini-wetland scheme for nitrogen removal. A potential map (GIS-based) has been developed showing phosphorus loss pathways via macropores and the soil matrix, which can be used to calculate phosphorus input to any given mini-wetland. Phosphorus retention in a mini-wetland is calculated as 45% of the total phosphorus input from the drainage catchment.

As part of the work, the effect of 239 mini-wetlands established between 2018 and 2023 has been examined. The average size of the mini-wetlands is 0.6 hectares. The total phosphorus reduction from these mini-wetlands is estimated at 825 kg P/year.

The costs of phosphorus removal have been analyzed both for already established systems and using the cost-minimization model TargetEconP. Costs vary significantly depending on location and wetland size. For the established mini-wetlands, the average cost is approximately DKK 10,800 per kg P at low phosphorus loss in the drainage catchment, while the average cost at higher phosphorus loss (>0.3 kg P/ha) drops to around DKK 5,800 per kg P. TargetEconP, applied to 447 lake catchments, calculates an average cost of about DKK 7,600 per kg P, with a very wide range of variation.

Establishing mini-wetlands with an efficiency of at least 5 kg P per hectare of mini-wetland results in phosphorus removal costs ranging from DKK 2,350 to DKK 21,094 per kg, with an average of DKK 9,302. This is considered cost-effective compared to other phosphorus mitigation measures. A possible threshold value for support for establishing mini-wetlands with phosphorus removal as the main objective is proposed to be set at a minimum effect requirement of 5 kg phosphorus per hectare of mini-wetland.

1 Baggrund og formål

I 2024 genbesøges vandområdeplanerne 2021-2027, og der mangler indsatser for at opfylde indsatsbehovet for reduktion af tilførslen af fosfor til søer. Hvis fosfor kan indgå i den eksisterende minivådområdeordning, vil det styrke indsatsen for at komme i mål med god økologisk tilstand i søerne.

Formålet med projektet er derfor at få udarbejdet et samlet potentialekort for de fosfortabsveje, hvor fosfor potentielt kan tilbageholdes af minivådområder, og som derfor kan indgå i den eksisterende minivådområdeordning, der pt. er målrettet at reducere kvælstoftilførsel til kystvande med tilhørende potentialekort.

Det skal fastlægges, hvordan tilskudsordningen for minivådområder også kan indeholde fosfortilbageholdelse, hvorfor der skal udarbejdes et fosforeffektkrav, dvs. en tærskelværdi for, hvornår det vurderes, at etablering af et minivådområde har en tilstrækkelig stor effekt på fosfortilførslen, herunder at der er omkostningseffektivitet. Omkostningseffektivitet analyseres i et sideløbende projekt med Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet.

2 Metode

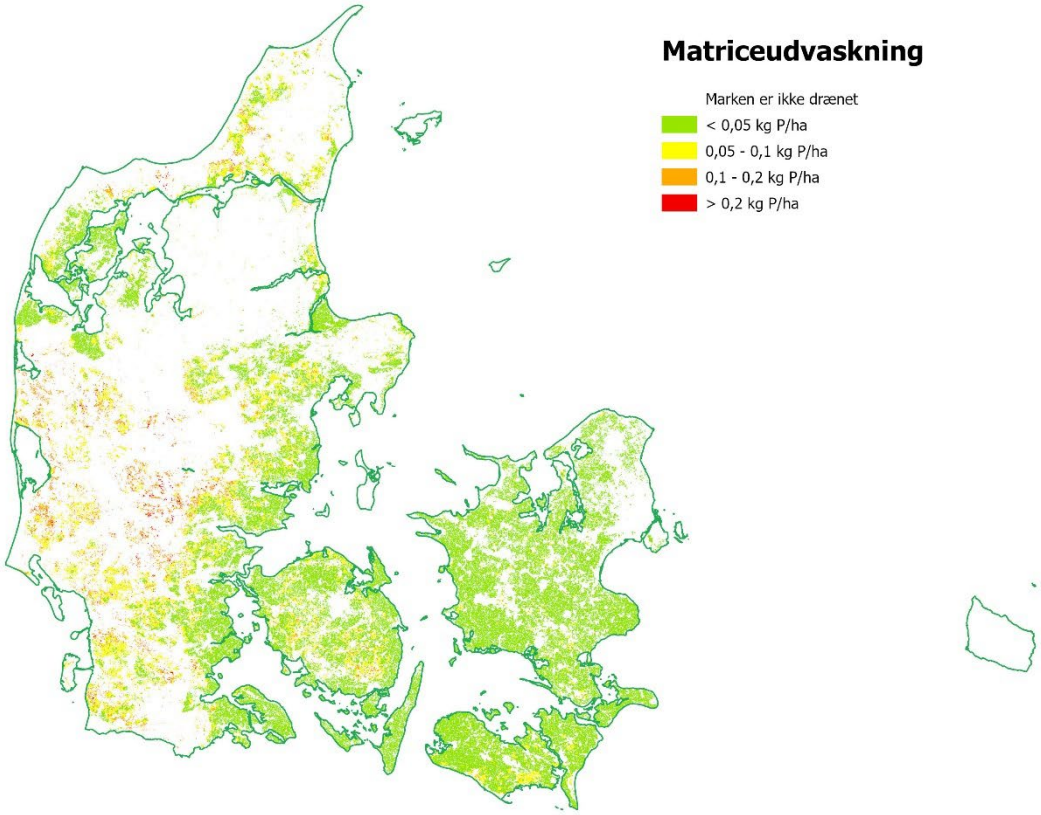
Der udarbejdes et fælles potentialekort (GIS-kort) for de to fosfortabsveje makropore- og matriceudvaskning, som kan benyttes som et potentialekort samt benyttes til at estimere fosforeffekten af et givent minivådområde. Beregning af fosfortilbageholdelsen formelsættes, hvilket vil indebære en summering af fosfortab fra minivådområde-oplandet til minivådområdet ganget med fosfor-fjernelsesraten på 45 % (Hoffmann et al., 2020). Dette betyder, at i en eventuel ansøgning kan beregningen ske automatisk udelukkende baseret på beliggenhed og størrelse af minivådområdets drænopland.

Der udarbejdes forslag til en tærskelværdi for fosfortilbageholdelsen, både for et fosforminivådområde, som minivådområder ser ud i dag, og en tærskelværdi for et minivådområde, hvor N-effekten ikke lever op til de 300 kg N/ha. Det afklares mellem parterne (hhv. Aarhus Universitet og Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø suppleret af Københavns Universitet) i fællesskab, om der kan benyttes fastsatte grænser på f.eks. hhv. 200/150/100 kg N/ha. Tærskelværdier for fosfortilbageholdelse afklares i fællesskab mellem parterne under inddragelse af omkostningseffektivitet.

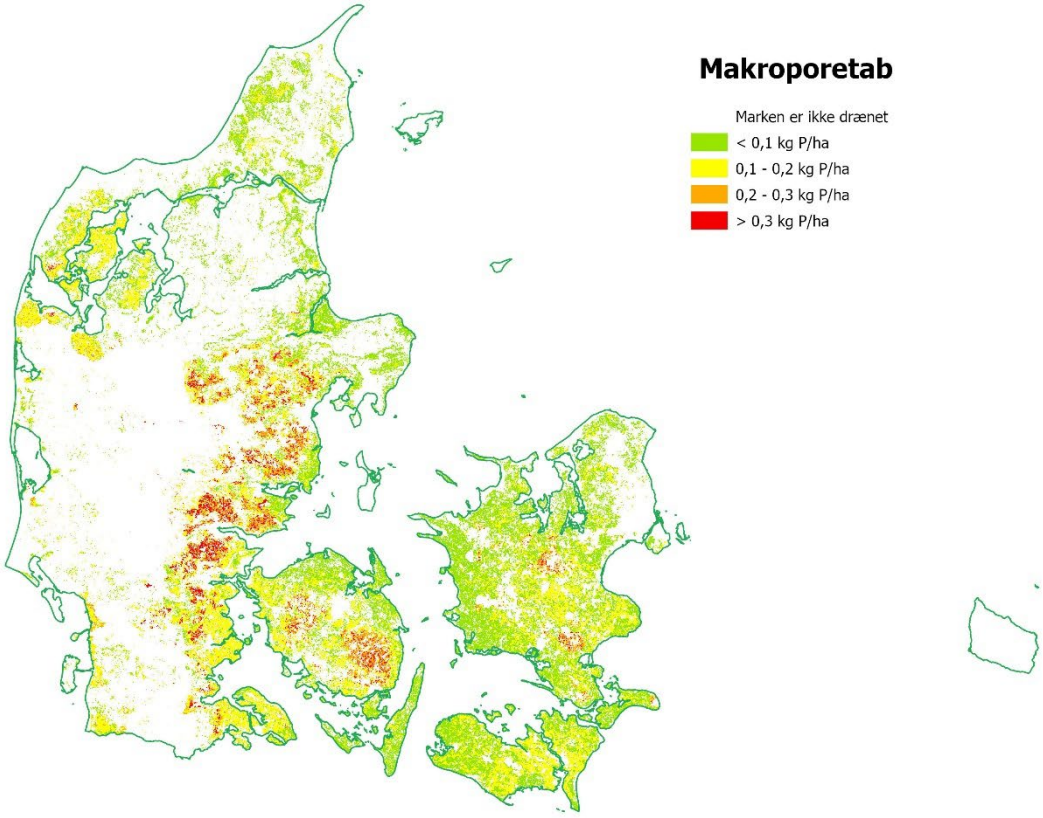
Der beregnes en fosfortilbageholdelseseffekt af allerede etablerede minivådområder med udgangspunkt i fosforrisikokortlægningen som grundlag for at fastsætte tærskelværdier for fosfortilbageholdelse.

3 Potentialekort

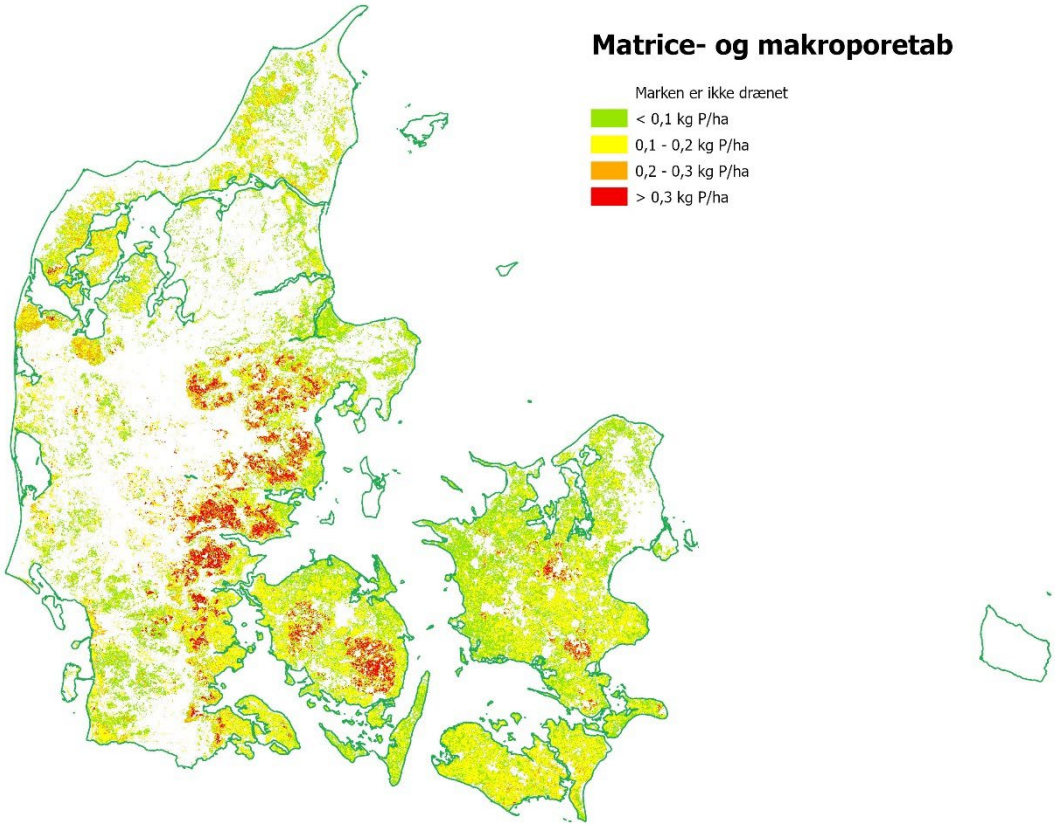
Fosfortab ved udvaskning gennem jordmatricen og via makroporer er kortlagt landsdækkende på hhv. markniveau (polygontema) og i 250 m raster (Andersen & Heckrath, 2020), fig. 1 og fig. 2. Som det fremgår af de to figurer, er fosfortab gennem makroporer generelt mere betydende end fosforudvaskning gennem jordmatricen. Fig. 3 viser et samlet syntese- eller potentialekort, hvor fosfortabsværdierne fra de to korttemaer er adderet, efter at de to temaer er konverteret til 10 m rastertemaer. Denne fine skala i syntesekortet/potentialekortet er valgt af hensyn til den senere summering af fosfortab indenfor vilkårlige drænoplande i en eventuel ansøgningssituation. Hvis markskala eller 250 m rasterskala var bibeholdt i potentialekortet ville der skulle foretages en række arealvægtninger, hvor mark eller 250 m raster skæres af en drænoplandsgrænse.



Figur 3.1. Fosfortab ved udvaskning til dræn gennem jordmatricen.



Figur 3.2. Fosfortab ved udvaskning til dræn gennem makroporer.



Figur 3.3. Samlet fosfortab igennem dræn fra hhv. transport gennem makroporer og udvaskning gennem jordmatricen.

4 Effekt og omkostningseffektivitet

4.1 Effektberegning for vilkårligt minivådområde

Et minivådområdes effekt på fosfortab til vandmiljøet (absolut effekt i kg P) findes ved at summere fosfortilførslen via dræn indenfor oplandet til vådområdet og gange med virkemiddeleffekten på 45% (Hoffmann et al., 2020a). Effekten af minivådområdet er her vurderet umiddelbart efter udløb fra minivådområdet, altså ved vandløbskant. Der er ikke her indregnet en eventuel nedstrøms retention. I ArcGIS Modelbuilder er der udviklet en funktionalitet, der med input af en vilkårlig digital oplandsgrænse (polygontema) beregner det summerede fosfortab indenfor oplandsgrænsen. Bilag 1 indeholder python-koden bag funktionaliteten. Effekten kan videre beregnes for selve vådområdet ved at dividere den absolutte effekt med størrelsen af vådområdet (kg P/ha vådområde).

4.2 Effekt på fosfortilførsel til vandmiljøet af allerede etablerede minivådområder

Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø har leveret en oversigt over 239 minivådområdeprojekter, som der i perioden 2018 – 2023 er udbetalt tilskud til, og som derfor må forventes at være gennemført. Oversigten inkluderer blandt andet digitale grænser for drænoplandene til minivådområderne og minivådområdernes arealstørrelser. Drænoplandene varierer i størrelse fra 20 ha til 232 ha (gennemsnit 58 ha), mens minivådområderne varierer mellem 0,2 ha og 2,5 ha (gennemsnit 0,6 ha). Drænoplandene er lagt ovenpå det udviklede potentialekort (fig. 3), og den samlede fosfortilførsel til de enkelte minivådområder er beregnet som summen af fosfortab med matriceudvaskning og makroporetransport indenfor drænoplandet. Tabel 1 viser nøgletal for beregningen på de 239 minivådområder. Det fremgår af tabel 1, at der er minivådområder, hvor den beregnede fosfortilførsel med matriceudvaskning og makroporetransport er nul. Dette understreger, at når det gælder om at reducere diffuse fosfortab, er en målretning af virkemidler helt essentiel.

Den samlede fosfortilførsel til de 239 etablerede minivådområder er beregnet til ca. 1.835 kg fosfor pr. år. Med en virkemiddeleffekt på 45% betyder det, at vandmiljøet samlet er blevet sparet for en tilførsel på ca. 825 kg fosfor årligt. Effekten er vurderet i forhold til vandløbskant.

Tabel 4.1. Statistik over 239 minivådområder etableret i perioden 2018 - 2023 med dels samlet fosfortilførsel til minivådområdet og dels fosfortilførslen opgjort pr. arealenhed af hhv. drænopland og minivådområde.

	Samlet tilførsel	**Tilførsel pr. opland**	**Tilførsel pr. ha minivådområde**
	Kg P	*Kg P ha^{-1}*	*Kg P ha^{-1}*
Minimum	0	0	0
Maksimum	64,5	0,41	38,5
Gennemsnit	7,7	0,14	13,0
Median	5,8	0,12	11,3

4.3 Beregning af omkostningseffektivitet af fosforfjernelse i allerede etablerede minivådområder

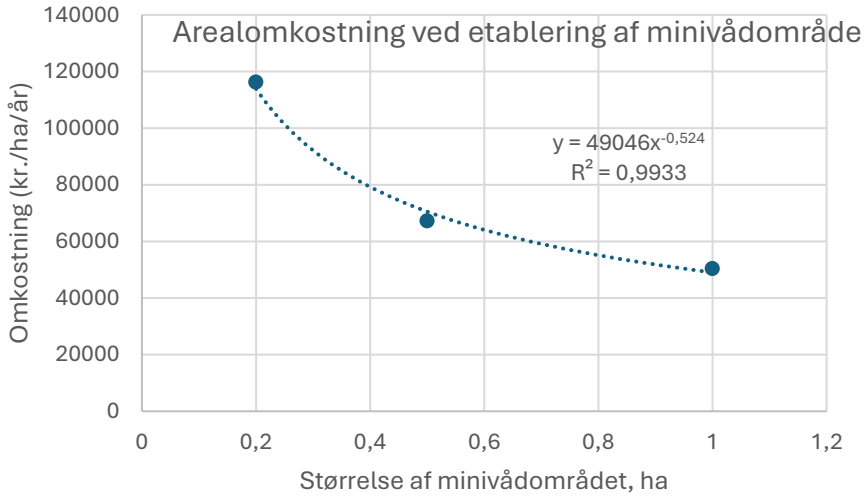
De 239 minivådområder, der er anlagt i perioden 2018 – 2023, opfylder allerede betalingsstøtte-kravet om en kvælstoffjernelse på minimum 300 kg N pr. ha minivådområde vurderet ved udledning til kysten. Dermed er en eventuel samtidig fosforfjernelse en sideeffekt til kvælstoffjernelsen, og som sådan omkostningsfri. For alligevel at illustrere omkostningerne ved fosforfjernelse i minivådområder anlagt udelukkende med fosforfjernelse som formål er der gennemført en række beregninger på de 239 etablerede minivådområder, hvor alle omkostninger er pålagt fosforfjernelsen. For overhovedet at få en fosforeffekt skal et minivådområde placeres i et risikoområde for fosfortab. Det vil sige, at fosfortabet indenfor drænoplandet til det påtænkte minivådområde skal have en vis størrelse. Her er med udgangspunkt i fig. 3 gennemført beregninger for gennemsnitlige fosfortab indenfor drænoplandene på hhv. 0,1; 0,2 og 0,3 kg P/ha.

De samlede, budgetøkonomiske omkostninger ved anlæggelse, vedligehold og indtægtstab af landbrugsjord[1] forbundet med etablering af et minivådområde varierer med størrelsen af minivådområdet og fremgår af fosforvirkemiddelkataloget (Hoffmann et al., 2020a), tabel 2. Omkostningerne er fordelt over en 20-årig tidshorisont, idet dette er den forventede levetid af et minivådområde. Bemærk dog, at tilskud til vedligeholdelse kun kan garanteres i 10 år.

Tabel 4.2. Samlede årlige budgetøkonomiske omkostninger forbundet med etablering af minivådområder set over en 20-årig tidshorisont.

Størrelse af minivådområde	0,2 ha	0,5 ha	1,0 ha
Omkostninger i alt (kr./år)	23.255	33.617	50.391

I fig. 4.1 er omkostningerne omregnet pr. arealenhed minivådområde og plottet mod størrelsen af minivådområdet. Med den udviklede funktion kan omkostningen beregnes for vilkårlig størrelse af et minivådområde.



Figur 4.1. Samlede årlige budgetomkostninger ved etablering af et minivådområde som funktion af størrelsen af minivådområdet.

[1] Dette indtægtstab er beregnet af AU og IFRO som det tabte dækningsbidrag fra den landbrugsproduktion, der er på de marker, der inddrages til minivådområde. Dette dækningsbidrag er beregnet for årene 2013-2018 i Andersen et al. (2020), og er beregnet som et gennemsnit for dyrkning på sand og lerjord. Metoden er beskrevet i bilag i Andersen et al. (2020).

I datamaterialet over de 239 etablerede minivådområder er det undersøgt hvor mange, der opfylder de opstillede krav til fosfortab indenfor drænoplandet på hhv. 0,1, 0,2 og 0,3 kg P/ha. Den absolutte effekt (kg P) af et givet minivådområde er fundet ved at gange den samlede fosfortilførsel til minivådområdet med virkemiddeleffekten på 45%. Effekten er derefter beregnet pr. arealenhed minivådområde (kg P/ha) og sammenholdt med arealomkostningen ved etablering af den pågældende størrelse minivådområde (kr./ha, fig. 4.1).

Som det fremgår af tabel 3, falder antallet af minivådområder fra 239 til 155 ved et opstillet krav til fosfortab fra drænoplandet på 0,1 kg P/ha. Dette afspejler, at minivådområderne er etableret udelukkende af hensyn til kvælstoffjernelse, hvorved kun en mindre del samtidig er placeret i fosforrisikoområder, fig. 4.2. Ved stigende krav til fosfortab i drænoplandet falder mængden af etablerede minivådområder, hvorved repræsentativiteten af omkostningsbe-regningerne mindskes.

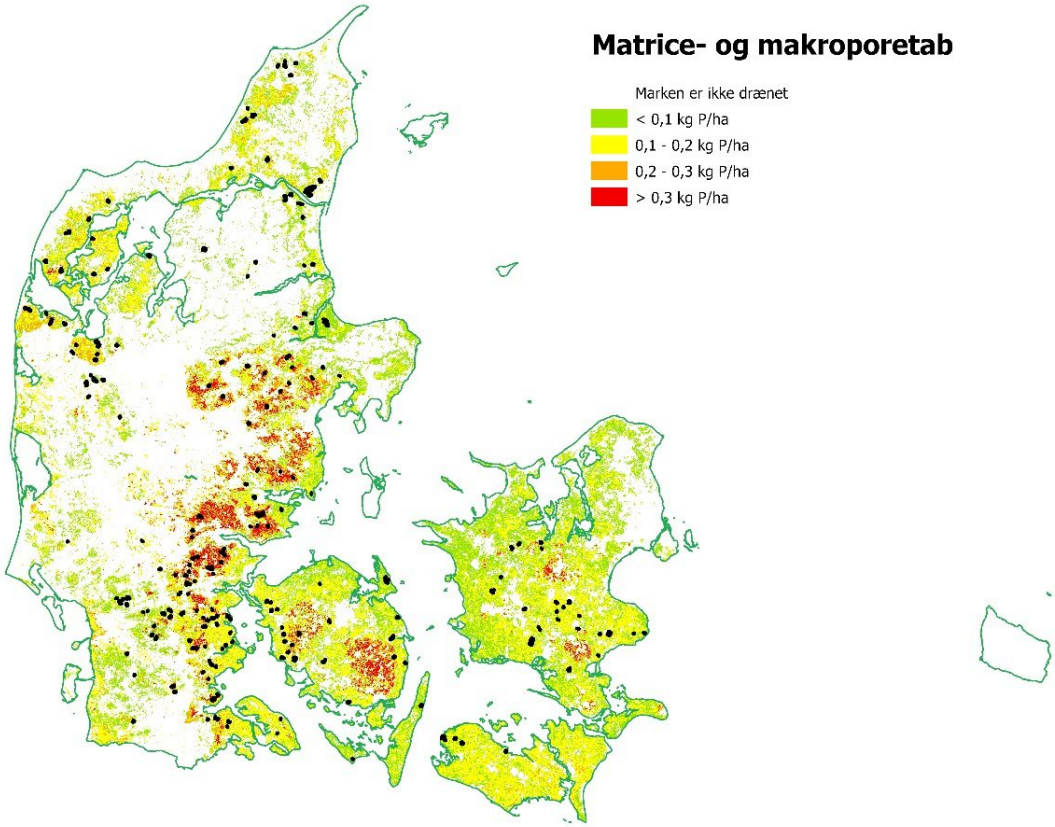
Tabel 4.3. Statistik over omkostninger pr. kg fosfor fjernet i minivådområder ved forskellige krav til fosfortilførsel til minivådområdet. Alle omkostninger er pålagt fosforfjernelsen.

Fosfortab pr. ha drænopland	Antal minivådområder	Omkostning pr. kg P, min.	Omkostning pr. kg P, max.	Omkostning pr. kg P, gns.
> 0,1 kg P/ha	155	2.530 kr.	22.854 kr.	10.804 kr.
> 0,2 kg P/ha	49	2.530 kr.	11.952 kr.	6.783 kr.
> 0,3 kg P/ha	12	2.530 kr.	7.865 kr.	5.791 kr.

I den eksisterende tilskudsordning for minivådområder er tilskud betinget af en kvælstofeffekt udregnet pr. ha minivådområde. For at lette sammenligningen med den eksisterende tilskudsordning er omkostningerne pr. kg fosfor fjernet i minivådområderne oplistet i tabel 4.4 som en funktion af fjernelseseffekten. Det fremgår af tabellen, at med et minimumskrav til effekt på 5 kg fosfor pr. ha minivådområde ligger omkostningen pr. kg fosfor fjernet i intervallet 2.350 kr. – 21.094 kr. med et gennemsnit på 9.302 kr.

Tabel 4.4. Statistik over omkostninger pr. kg fosfor fjernet i minivådområder ved forskellige krav til fjernelseseffekt pr. ha minivådområde. Alle omkostninger er pålagt fosforfjernelsen.

Effekt kg P pr. ha minivådområde	Antal minivådområder	Omkostning pr. kg P, min.	Omkostning pr. kg P, max.	Omkostning pr. kg P, gns.
1 - 5 kg P/ha	98	6.870 kr.	82.080 kr.	23.198 kr.
> 5kg P/ha	124	2.350 kr.	21.094 kr.	9.302 kr.
> 10 kg P/ha	34	2.350 kr.	10.404 kr.	6.209 kr.



Figur 4.2. Placering af drænoplande til 239 minivådområder etableret i perioden 2018 – 2023.

4.4 Beregning af omkostningseffektivitet af fosforfjernelse med modellen TargetEconP

Filippelli et al. (2025) har udført beregninger med omkostningsminimeringsmodellen TargetEconP (Hasler et al., 2023) for 447 søer både med og uden indsatskrav og i kæder (se Hasler et al., 2023, Hasler et al., 2025). I studiet finder Filippelli et al. (2025) en gennemsnitlig omkostning ved fosforfjernelse i minivådområder med åben vandflade på 7.607 kr./kg P. Variationen er imidlertid stor mellem de laveste og højeste omkostninger pr. kg P – for minivådområder på 1 ha er den laveste omkostning pr. kg P 3.425 kr./kg P, mens den højeste er beregnet til 54.975 kr./kg P. For de mindre minivådområder er variationsbredden endnu større, idet de beregnede omkostninger er 8.490 kr./kg P som det laveste og 149.750 kr./kg P som det højeste for minivådområder på 0,2 ha. For minivådområder på 0,5 ha er der beregnet maksimumsomkostning på 103.560 kr./kg P og minimum 4.691 kr./kg P. Omkostningerne er ikke væsensforskellige fra de beregnede omkostninger i tabel 4.4. Beregningerne i Filippelli et al. (2025) er udført for alle tre størrelser af minivådområder, men i modelløsningerne indgår hovedsagligt de store minivådområder på 1 ha, da disse er de billigste og dermed mest omkostningseffektive jf. fig. 4.1. Beregningerne i nærværende notat er derimod gennemført på faktisk etablerede anlæg med en gennemsnitlig størrelse på 0,6 ha (variationsbredde på 0,2 – 2,5 ha), hvilket jf. tabel 4.2 forøger omkostningerne med tæt på 50% i forhold til anlæg med en størrels på 1 ha.

5 Sammenligning af minivådområder med andre virkemidler mod dræntab af fosfor

Der findes en række andre virkemidler til reduktion af fosfortab via dræn:

Skovrejsning har en effekt på 25 – 50% af fosfortabet med omkostninger på hhv. 2.890 kr./kg P på sandjord og 7.475 kr./kg P på lerjord (Rubæk et al., 2020). Virkemidlet er relativt billigt sammenlignet med minivådområder, men modsat minivådområder ekskluderer det fortsat landbrug og er derfor begrænset til anvendelse i designerede skovrejsningsområder.

Minivådområder med matrice har en effekt på 10 – 20% af fosfortabet med omkostninger på 4.372 – 152.975 kr./kg P (Hoffmann et al., 2020a). Effekten er således lavere end for minivådområder med åben vandflade og med et stort spænd i de estimerede omkostninger.

Integrerede bufferzoner har en effekt på 30 – 70%, dette inkluderer dog også fosfor tilført anlægget med overfladeerosion. Omkostningerne ligger i intervallet 1.134 – 42.109 kr./kg P (Kronvang et al., 2020).

Etablering af vådområde omfatter tre typer, hhv. overrisling med drænvand, oversvømmelse med vandløbsvand og egentlige søer. Effekten er angivet i absolutte værdier, hhv. -0,05 kg P/ha, 4,35 kg P/ha og 2,33 kg P/ha (Hoffmann et al., 2020b). Af disse kan kun overrisling med drænvand sammenlignes med minivådområder, og effekten heraf er negativ, når kun fosfor betragtes.

Ud fra en samlet betragtning af effekt og omkostning og sammenligning med andre virkemidler til reduktion af fosfortab via drænvand vurderes det, at etablering af minivådområder med åben vandflade med en effekt på minimum 5 kg P/ha minivådområde er omkostningseffektivt.

6 Konklusion

På baggrund af de udarbejdede potentialekort og beregninger af fosforfjernelse og omkostningseffektivitet vurderes det, at det kan være fagligt relevant at inddrage fosfortilbageholdelse ved etablering af minivådområder som indsats i vandområdeplanerne. Når minivådområder etableres på baggrund af en vurdering af potentialet for kvælstoftilbageholdelse, er en eventuel samtidig fjernelse af fosfor en sideeffekt, som derfor kan regnes som omkostningsfri. Såfremt et minivådområde etableres alene med henblik på fosforfjernelse, vurderes det, at kravet til fosforfjernelse bør være på minimum 5 kg fosfor pr. ha minivådområde.

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 http://dce2.au.dk/pub/SR397.pdf

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

Filippelli R., C. Thon-Hoffmann, F. Clora, B. Hasler. 2025. Scenarier for test af omkostningseffektive fosforreduktioner med modellen TargetEconP. IFRO, under udarbejdelse.

Hasler, B., Filippelli, R., Levin, G., Andersen, H. E., Heckrath, G. J., Martinsen, L., & Nainggolan, D. (2023). Omkostningseffektiv placering af fosforvirkemidler i forhold til søer: Indarbejdelse af fosfor i TargetEconN_P samt eksempler på resultater. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy. Videnskabelig rapport fra DCE Nr. 560 https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_500-599/SR560.pdf

Hasler, B., R. Filippelli,. G, Levin, H.E.Andersen, D. Nainggolan, T.Laage-Thomsen, G. Heckrath 2025 Omkostningseffektiv fosforindsats i søoplande. Dokumentation og opdatering af modellen TargetEconP. IFRO. Under udarbejdelse.

Hoffmann, CC., Iversen, BV., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N., Martinsen, L., Hasler, B. 2020. Minivådområder med åben vandflade. I: Andersen, H.E., Rubæk, G.H., Hasler, B. & Jacobsen, B.H. (redaktører). 2020a. 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., 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). 2020b. 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

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. http://dce2.au.dk/pub/SR379.pdf

Rubæk, G.H., Gundersen, P., Stranberg, B., Bruus, M., Hutchings, N., Jakobsen,, B.H. Skovrejsning. 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

Bilag 1. Python-kode til summering af fosfortab i potentialekortet indenfor given oplandsafgrænsning

Definitioner:

"minivaadomraader2018_2023_draenopl" = digitale oplandsgrænser (brugerinput til funktionen, her for en række drænoplande, kan også være for et enkelt opland, kan ændres).

"matrice_makropore_10m" = det udviklede potentialekort med kombineret fosfortab via matriceudvaskning og makroporetransport.

P_mean_dbf = filnavn på outputtet (kan ændres).

"E:\\HEA_minivaadomraader\\P_mean.dbf" = lokal sti, hvor output lagres (kan ændres).

"C:\\Users\\au223736\\Documents\\ArcGIS\\Projects\\template.gdb" = temporær fil. "C:\\Users\\au223736\\Documents\\ArcGIS\\Projects\\template.gdb" = temporær fil.

Begyndelse på python-kode:

```
# -*- coding: utf-8 -*-

"""

Generated by ArcGIS ModelBuilder

"""

import arcpy

from arcpy.sa import *

from sys import argv



#For inline variable substitution, parameters passed as a String are evaluated using locals(), globals() and isinstance(). To override, substitute values directly.

def  minivaadomraader(minivaadomraader2018_2023_draenopl="minivaadomraader2018_2023_draenopl"):  # minivaadomraader

   # To allow overwriting outputs change overwriteOutput option to True.

   arcpy.env.overwriteOutput = False
```

```
    # Check out any necessary licenses.

    arcpy.CheckOutExtension("3D")

    arcpy.CheckOutExtension("spatial")

    arcpy.CheckOutExtension("ImageExt")

    arcpy.CheckOutExtension("ImageAnalyst")


    matrice_makropore_10m = arcpy.Raster("matrice_makropore_10m")

    Extent = "DEFAULT"


    # Process: Zonal Statistics as Table (Zonal Statistics as Table) (sa)

    P_mean_dbf = "E:\\HEA_minivaadomraader\\P_mean.dbf"

    Output_Join_Layer = ""

    with arcpy.EnvManager(extent="441745.6297 6049525.06672666
893055.6297 6402325.06672666 PROJCS[\"ETRS_1989_UTM_Zone_32N\-
".GEOGCS[\"GCS_ETRS_1989\".DATUM[\"D_ETRS_1989\".SPHE-
ROID[\"GRS_1980\".6378137.0.298.257222101]].PRIMEM[\"Greenwich\-
".0.0].UNIT[\"Degree\".0.0174532925199433]].PROJECTION[\"Trans-
verse_Mercator\"].PARAMETER[\"False_Easting\".500000.0].PARAME-
TER[\"False_Northing\".0.0].PARAMETER[\"Central_Meridian\".9.0].PA-
RAMETER[\"Scale_Factor\".0.9996].PARAMETER[\"Lati-
tude_Of_Origin\".0.0].UNIT[\"Meter\".1.0]]"):

        arcpy.sa.ZonalStatisticsAsTable(minivaadomraader2018_2023_drae-
nopl.__str__().format(**locals(),**globals())if isinstance(minivaadomraa-
der2018_2023_draenopl, str) else minivaadomraader2018_2023_draenopl,
"Journalnr", matrice_makropore_10m, P_mean_dbf, "DATA", "MEAN_STD",
"CURRENT_SLICE", [90], "AUTO_DETECT", "ARITHMETIC", 360, Out-
put_Join_Layer)

        .save(Zonal_Statistics_as_Table)


if __name__ == '__main__':

    # Global Environment settings

    with arcpy.EnvManager(scratchWorkspace="C:\\Users\\au223736\\-
Documents\\ArcGIS\\Projects\\template.gdb", workspace="C:\\Us-
ers\\au223736\\Documents\\ArcGIS\\Projects\\template.gdb"):

        minivaadomraader(*argv[1:])
```

GRUNDLAG FOR AT FOSFORTAB KAN INDGÅ I MINIVÅDOMRÅDEORDNINGEN TIL BRUG FOR VANDOMRÅDEPLANERNE 2021-2027

Rapporten undersøger, hvordan fosfortilbageholdelse kan integreres i den eksisterende minivådområdeordning for kvælstoffjernelse. En mulig tærskelværdi for støtte til etablering af minivådområde med fosforfjernelse som hovedformål foreslås sat til et minimumskrav til effekt på 5 kg fosfor pr. ha minivådområde.

ISBN: 978-87- 7156-961-2
ISSN: 2244-999X