

Notat

 SEGES Innovation
 Plante- & MiljøInnovation

P-afværgenforanstaltninger	Ansvarlig	deon
	Oprettet	10-05-2022
	Side	1 af 9

Projekt: 7883 Videreudvikling og optimering af dræn- og lavbundsvirkemid-

P-afværgenforanstaltninger

En af de største udfordringer ved gennemførslen af lavbundsprojekter er fosforudledninger. Ifølge bekendtgørelsen for udtagning af lavbundsgrunde må projektet ikke føre til en merudledning af fosfor der har en negativ effekt på omgivelserne ([Retsinformation](#), 2022). Som følge heraf blev det fundet af Filsø (2019) at 57 ud af 81 projekter fik afslag, og af disse 57 afslag skyldtes det i 33 % af tilfældene en for høj udledning af fosfor.

For at imødekomme dette problem har man fra Miljøstyrelsens side godkendt en række foranstaltninger man kan implementere i lavbundsarealet for at reducere fosforudledningen. Det drejer sig om 1) høst af biomasse, 2) dybdepløjning, 3) fjernelse af topjord, og 4) P-fældningsbassin. I Tabel 1 ses en oversigt over de forskellige virkemidler. Nogle virkemidler vil fungere bedre end andre alt efter lavbundsarealets fosforfrigivelsesrater og -mængder, samt arealets topologi, geologi og hydrologi.

De forskellige virkemidler beskrives i de følgende afsnit.

Tabel 1: Sammenligning af de fire godkendte P-afværgenforanstaltninger der kan benyttes på lavbundsarealerne. Miljøstyrelsen (2021), Hoffmann et al. (2020), Egemose et al. (2020), Zak et al. (2020), Jensen et al. (2020).

	Biomassehøst	Dybdepløjning	Fjernelse af topjord	P-fældningsbassin
Effekt	12 kg P/ha	0-1 kg P/ha	Afhængig af P-indhold og Fe:P-ratio	85 % retention
Tidshorisont	Mellem/lang	Kort	Kort	Kort
Vedligehold	Ja Behov for årlig høst og bortkørsel af biomasse	Nej	Nej	Ja Jævnlig fjernelse af sediment
Forudsætninger	Særlige maskiner til høst på de våde arealer.	Lagdelling af P i jorden og en begrænset fremtidig tilførsel.	Lagdelling af P i jorden og en begrænset fremtidig tilførsel.	Strømningsveje der passerer bassinet.
Sikkerhed/vidensgrundlag	+++ Sikker effekt	+++ Men kræver lokal forundersøgelse	+++ Men kræver lokal forundersøgelse	+++ Dokumentation fra okkerfældningsbassiner
Fordel	Mulighed for ekstensiv drift af areal. Samtidig fjernelse af N.	Lokal behandling. Omgående virkning.	Mulighed for genbrug. Lokal behandling. Omgående virkning.	Tilbageholder også eventuelle tab fra markfladen.
Ulempe	Begrænset til arealer med lav til moderat frigivelse.	P fjernes ikke fra systemet.	Fjernelse af den kulstofrige jord.	Vedligehold.

1) Biomassehøst

Ved dette virkemiddel benytter man sig af at de makrofytter, der kan vokse i helt eller delvist oversvømmet jord, optager fosfor i løbet af vækstsæsonen. Eksempelvis dunhammeren (*Typha latifolia*) og tagrør (*Phragmites australis*), som hurtigt etablerer sig i næringsrige vådområder, kan optage hhv. 4,4 og 2,8 % af deres tørstofvægt som fosfor i den overjordiske biomasse, svarerende til 30 og 19 kg P/ha/år (Zak et al., 2019). Reelt fjernes der dog gennemsnitligt 12-14 kg P/ha/år med dette virkemiddel (Hoffmann et al., 2020), eftersom et lavbundsområde kan variere i jordbundsforhold og vandstand, hvilket påvirker hvor tæt bestanden af makrofytter bliver.

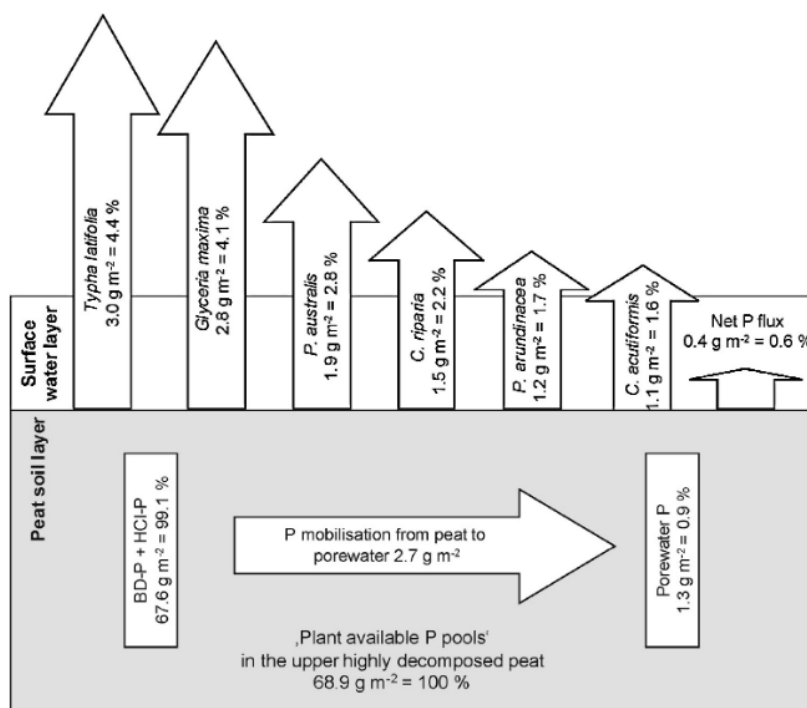
En positiv sideeffekt af biomassehøsten er at planterne også optager andre næringsstoffer og derfor ligeledes bidrager til at nedbringe mængden af kvælstof, der udledes til vandmiljøerne. Eftersom mange vådområder etableres ved at afbryde dræn og lade arealet overrisles med drænvand, kan det være en vigtig sidegevinst, da drænvand ofte indeholder meget kvælstof. På samme måde kan planterne også optage eventuelle pesticidrester, der skulle være ført med drænvandet til vådområder, hvorfor disse miljøfremmedstoffer også fjernes, når biomassen høstes (Hoffmann et al., 2020).

Biomassehøsten kan have en positiv effekt på faunaen, der er tilknyttet et vådområde, men det afhænger meget af tidspunktet for fjernelsen af biomassen; eksempelvis gavnnes honningbier, vilde bier, fugle og rådyr mest af at høsten sker sidst i vækstsæsonen (fra primo august) (Elmeros et al., 2014). Det er tvivlsomt at biomassehøsten vil facilitere en etablering af mange forskelligartede planter, eftersom mange af arealerne vil være tidligere landbrugsjord og dermed indeholde mange næringsstoffer. Tilmed vil der sandsynligvis stadig tilføres kvælstof, så længe drænvand overrisler området. Arealerne vil derfor i mange tilfælde være begrænset til at indeholde de mest almindelige og konkurrencedygtige plantearter.

Har arealet allerede en høj naturværdi kan biomassehøsten være med til at opretholde dette. I et sådant tilfælde vil ekstensiv græsning dog være at foretrække frem for høst med maskiner, da dyrenes spor og heterogene biomassefjernelse giver en bedre dynamik i plantesamfundet. Det skyldes at disse huller i jorden og åbninger i vegetationen fremmer væksten af flere forskellige arter. Dette ville desuden være mere skånsomt for arealets øvrige fauna end slåning med maskiner.

Vådlægning af lavbundsarealet vil i de fleste tilfælde vandmætte jorden i sådan en grad at almindelige maskiner vil være vanskelige at benytte til høst og bjærgning af biomassen. Virkemidlet forudsætter derfor at lodsejeren har specielle maskiner til rådighed.

Der findes forskellige muligheder for at afsætte biomasse efterfølgende. Det kan bruges til foder til kvæg, eller sælges til biogasanlæg. Sidstnævnte kan tilmed give mulighed for at øge den positive klimaeffekt af lavbundsområdet. Der er også muligheder i at afsætte det til anvendelse i bygningsmaterialer.



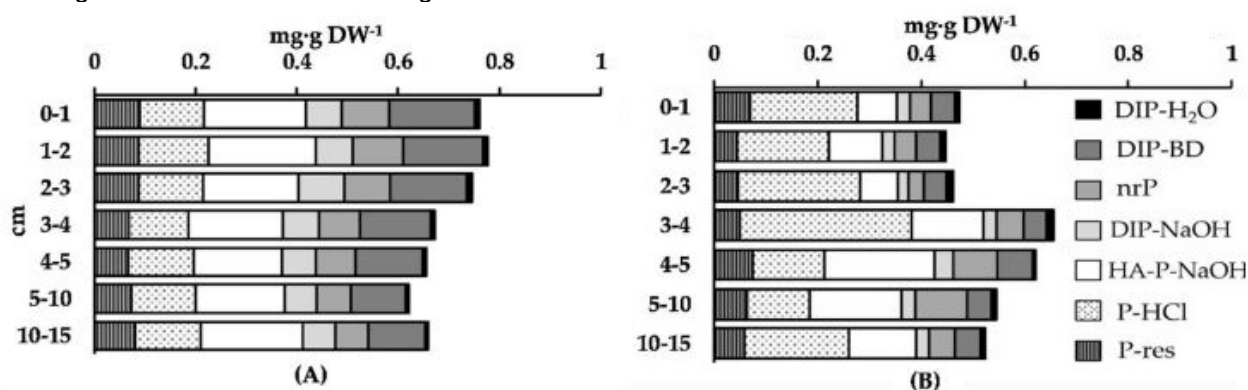
Figur 1: Fosforoptag i den overjordiske biomasse hos forskellige plantearter der er typiske for vådområder. Tallene er angivet som mængde samt den procentvise mængde P iff. tørstofmassen. I underjorden ses mobiliseringen og fluxen af fosfor. Tallene i pilene i jorden angiver den plantetilgængelige fosfor. (Zak et al., 2014).

2) Dybdepløjning

Ved virkemidlet dybdepløjning udnytter man den lagdeling af fosfor der tit opstår under den intensive dyrkning af jorden. Fosforen koncentrerer sig i de øvre 0-30 cm af jorden, og det er fra disse jordlag P-udledningen potentielt kan opstå, når jorden sættes under vand og bliver iltfri. Princippet bag dybdepløjning er derfor at vende den P-rige topjord ned, og få bragt den P-fattige underjord op. Som udgangspunkt anbefales det derfor at pløjedybden skal være 80 cm, men har man lavet forundersøgelser af fosforens fordeling i jorden der viser at topjorden kun er P-rig i nogle få cm, kan en mindre dyb pløjning også benyttes (Egemose et al., 2020).

Derudover er forholdet mellem jern og fosfor i jorden afgørende for hvorvidt dybdepløjning vil være et egnet virkemiddel. For eksempel vil der ved en lav ratio (lavt indhold af jern) potentielt kunne frigives mere P fra jorden når området vådlægges. Områder på lavbundsarealer med et højt indhold af mobil fosfor, samt en lav Fe:P-ratio vil altså være egnede til dybdepløjning, mens andre lavbunds med en høj ratio (højt indhold af jern) ikke behøves undergå behandling inden en evt. vådlægning. Dette betyder at virkemidlet kan være meget omkostningseffektivt. Virkemidlet skønnes til at koste mellem 4.200 til 7.300 kr./ha (Egemose et al., 2020).

Med dybdepløjning fjernes fosfor ikke, men fikseres i stedet. Derfor er effekten som oftest 0 kg P/ha/år ift. fosforfjernelse. Dog er det rapporteret at dybdepløjningen også kan føre til en retention af fosfor. Kolath et al. (2020) fandt at dybdepløjning tilbageholdt 0,2 kg P/ha i løbet af 207 dage. Ergo opnås der med dybdepløjning en P-effekt mod merudledningen af P ved vådlægning af lavbundsarealer, samtidig med at fremtidig P-tilførsel fra dræne tilbageholdes.



Figur 2: Mængden af fosfor i jorden hos en kontroljord (A) og hos en jord der er blevet dybdepløjet (B). Hvor DIP-H₂O = vandekstraheret opløst uorganisk fosfor. DIP-BD = opløst uorganisk fosfor ekstraheret med bicarbonat-dithionit. nrP = ikke-reaktivt fosfor. DIP-NaOH = opløst uorganisk fosfor ekstraheret med natriumhydroxid. Ha-P-NaOH = fosfor bundet til humussyrer ekstraheret med natriumhydroxid. P-HCl = mineralsk bundet fosfor ekstraheret med saltsyre. P-res = residual fosfor kvantificeret med autoklavering. Redigeret fra Kolath et al. (2020).

Effekten af dybdepløjning vil dog være meget påvirket af om der er lagdelingen af P i jorden; findes fosforen også i de dybere jordlag, vil dybdepløjningen ikke have en stor effekt. Virkemidlet kræver til gengæld ingen vedligeholdelse, og dets effekt er ikke tidsbegrænset, så længe der ikke tilføres nye mængder fosfor til lavbundsarealet som mætter den "nye" topjord. Herudover er det vigtigt at der ikke sker forstyrrelser af sedimentet senere hen, da det kan frigive den nedpløjede fosfor (Egemose et al., 2020). Virkemidlet har ikke været brugt meget i praksis, men er testet på forsøgsbasis, hvorfor der endnu er aspekter af dybdepløjning som kræver yderligere undersøgelser. Det inkluderer hvilken påvirkning grundvandsstrømning har på tilbageholdelsen af fosfor. Der kan være en risiko for at grundvand, der strømmer op igennem jorden, kan transportere den nedpløjede fosfor op og væk fra lavbundsajorden. Det skal også undersøges nærmere hvilken effekt dybdepløjning har på naturværdien. Egemose et al. (2020) redegør for at dybdepløjning ikke har nogen nævneværdig effekt på naturen eller biodiversiteten på lavbundsarealer. Men det er ikke undersøgt hvorvidt det at vende næringsrig jord ned, kan udpine jorde, og derved accelererer etableringen af jordforhold som er egnede for plantearter af høj naturværdi i området. For at hurtigere at opnå gode jordforhold, er det dog en forudsætning, at der kun tilføres en begrænset mængde næringsstoffer til arealet efterfølgende, eller at dybdepløjning kombineres med andre virkemidler såsom biomassehøst.

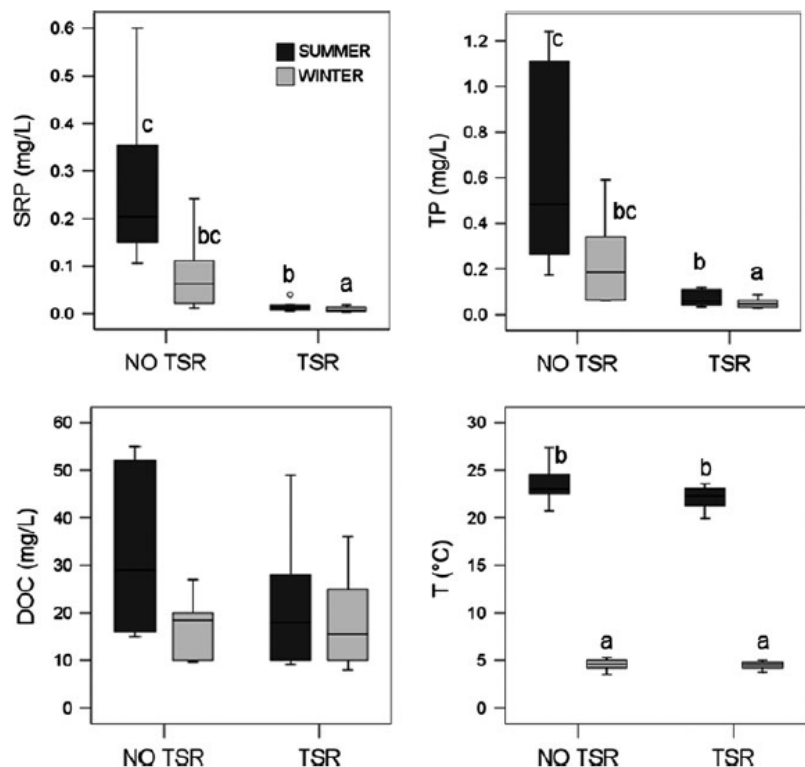
En forudsætning for at benytte dybdepløjning som en P-afværgesforanstaltning er altså at fosforen primært skal befinde sig i topjorden. Derudover forudsætter dybdepløjning også rent praktisk, at jorden ikke allerede er meget våd, da dette vil gøre det svært at færdes med maskiner på jorden og trække reolploven gennem jorden.

Dybdepløjning kan bruges sammen med biomassehøst og P-fældningsbassiner. Det vil desuden have en afledt klimaeffekt, idet den kulstofrige topjord vendes ned i underjorden, og på den måde nedsætter risikoen for at kulstoffet omsættes, selv ved fluktuerende vandstand efter vådlægning.

3) Fjernelse af topjord

Ved fjernelse af topjorden benyttes man sig på samme måde som ved dybdepløjning af, at det primært er topjorden der er fosforberiget. Men i stedet for at vende topjorden ned i underjorden, fjernes topjorden helt. Det er altså et effektivt virkemiddel, der har en omgående effekt, og ligesom med dybdepløjning, kan man nøjes med at behandle lavbundsarealerne lokalt i de områder der indeholder meget P.

Eftersom topjorden fjernes fra området, bremses ikke kun udledningen af fosfor, men der opnås også en negativ P-balance, da fosforen forlader systemet. Fjernelse af topjorden udføres kun én gang, lige inden vådlægningen, og der fraføres altså kun fosfor den ene gang, modsat biomassehøst og P-fældningsbassiner, som jævnligt frafører mindre mængder af P. Til gengæld kan der fjernes store mængder fosfor ved topjordsfjernelsen, afhængig af P-indholdet i topjorden, og jorden kan benyttes andre steder efterfølgende.



Figur 3: Effekt af fjernelse af topjord på forskellige overfladevands parametre om sommeren og vinteren. Hvor TSR = topjordsfjernelse, SRP = opløst reaktivt fosfor, TP = total fosfor, DOC = opløst organisk kulstof. Zak et al. (2018)

Hvis topjorden er af høj kvalitet med højt indhold af næringsstoffer, er det muligt at den kan sælges til gartnerier eller private haveejere. Udfordringerne for en sådan ordning er dog at kvaliteten af afgravet topjord kan variere, og at jorden kan indeholde en ukrudtsfrøpulje, hvilket kan gøre det svært at afsætte jorden til en rimelig pris (Klimkowska et al., 2010). Herudover er det muligt at sprede den afgravede topjord på marker i højbundsområder og på den måde recirkulere næringsstofferne. Uanfægtet hvilken afsætningsmetode der vælges, kan afgravning af topjord være svært at gøre rentabel, da selve processen er meget omkostningstungt; entreprenør-arbejdet og transporten til og fra stedet koster fra 30.000 kr./ha og ofte op mod 200.000 kr./ha (Klimkowska et al., 2010; Espensen et al., 2018).

En ulempe ved at topjorden flyttes fra lavbundsområdet er at den kulstofrige jord flyttes til et sted hvor den iltes, hvilket medfører at det organiske kulstof med tiden omsættes og emitterer som CO₂. På den måde kan fjernelse af topjorden være modvirkende til formålet med vådlægningen af lavbundsgrunden. Til gengæld har Zak et al. (2018) fundet, at topjordsfjernelse kan reducere methanemissionerne fra lavbundsgrunden, da planterester bliver mindre omsættelige under næringsfattige forhold, hvilket medføre mindre CO₂

i jorden, som kan indgå i metanogenese. Desuden kan fjernelse af topjorden forårsage mindre emissioner af lattergas, da der vil være mindre kvælstof der kan omdannes til N₂O (Zak et al., 2020).

Af andre sideeffekter kan det nævnes at topjordsfjernelsen kan være fordelagtig for naturen på længere sigt, da der hurtigt kan etableret et næringsfattigt miljø som tillader vækst af mere sjældne plantearter (Zak et al., 2020). Det kræver dog at jorden holdes våd, og vil afhænge meget af de lokale hydrologiske forhold, som muligvis ændres når topjorden fjernes.

Derudover må der forventes en positiv effekt i at eventuelle miljøfremmedstoffer og tungmetaller, der måtte befinde sig i topjorden, også fjernes med dette virkemiddel (Zak et al., 2020). Det er dog nødvendigt at holde for øje at disse blot flyttes til en anden lokation når topjorden fjernes.

4) P-fældningsbassin

Med et P-fældningsbassin tilbageholdes fosfor ved hjælp af jernforbindelserne der kan findes i vand. Reelt kaldes bassinet derfor også et okkerfældningsbassin, da man udnytter at okker binder fosfor og udfældes. Tilbageholdelsen sker fordi ferrojern (jern(II) eller Fe²⁺) oxideres til ferrijern (jern(III) eller Fe³⁺), hvorefter ferrijern kan binde til O eller OH og danne jern(III)(hydr)oxider (Kjærgaard & Forsmann, 2014). Disse jernoxider kaldes okker, og kan adsorbere fosfor.

Centralt for dette virkemiddel er tilstedeværelsen af jern og okker, der kan tilbageholde opløst fosfor, som fosfat (PO₄⁻). Uden jernforbindelserne ville P-retentionen bero udelukkende på at partikulært fosfor sedimenterer i bassinet, og effekten ville derfor være kraftigt reduceret. Som man kan se i Tabel 2, følger retentionen af P i høj grad retentionen af Fe. I kraft af at okker er en vigtig faktor for effekten af dette virkemiddel, er det mest oplagt at have P-fældningsbassinerne i okkerpotentielle områder, som hovedsageligt befinder sig i Vest- og Sønderjylland (Madsen, 2004). Alternativt kan der etableres en okkerkilde, som eksempelvis okkerslam, ved bassinet, men dette ville øge behovet for vedligeholdelse, samt omkostningerne ved virkemidlet.

Tabel 2: Retention af fosfor og jern i 6 forskellige okkerfældningsbassiner. Data samlet af Jensen et al. (2020)

Anlæg	Areal (ha)	TP indløb (µg P/ L)	Fe:P forhold indløb (vægtforhold)	P retentions-effektivitet (% af tilført P)	Fe retentions-effektivitet (% af tilført Fe)
Hvirlå, aug. 1998 ^{1,2)}	1,1	12	300	54	81
Hvirlå, sept. 1998 ^{1,2)}	1,1	84	104	58	56
Malle-Bovnum Bæk aug. 1998 ^{1,2)}	0,66	210	50	62	66
Malle-Bovnum Bæk Nov. 1998 ^{1,2)}	0,66	150	17	20	3,6
Hvidmose Mar-maj 2014 ³⁾	1,45	125	121	29	36
Yllebjerg Mar-maj 2014 ³⁾	0,87	52	118	26	32
Floubæk mar-maj 2014 ³⁾	1,24	95	41	31	24
Hoager, mar-maj 2014 ³⁾	1,65	95	123	54	71

1) Pedersen et al. 1999, 2) Vastrup 2000, 3) Kjærgaard og Forsmann 2014.

P-fældningsbassiner skal facilitere så høj en hydraulisk opholdstid som muligt (gerne 20 timer eller mere), for at okkerpartiklerne har tid til at dannes og sedimentere. Dette opnås dels ved at etablere et stort bassin (0,5 til 2,5 ha), og dels ved at fjerne den aflejrede sediment hvert 5. til 10. år. Andre forudsætninger for en høj P-retention inkluderer at vandet ikke bliver surere end pH 6, og at bassinet helst skal indeholde både en lavvandet (30 cm), grødefyldt del, og en dyb (100 cm) del hvor bundfældningen kan ske. Planterne i bassinet skal gerne give et stor grøde-overfladeareal, da dette hjælper på sedimentationen samt iltning af vandet. Gode arter til dette er eksempelvis vandranunkel og vandstjerne, mens siv og dunhammere vil være ufordelagtige. Der er risiko for at sedimentet kan resuspenderes, hvis bassinet bliver for lavvandet og det samtidig er udsat for vind, der hvirvler op i vandet. (Kjærgaard & Forsmann, 2014; Jensen et al., 2020).

Er tilførslen af ferrijern/okker stabil, vil P-retentionen også være stabil. De mindst effektive P-fældningsbassiner tilbageholder 25-30 % P, mens bassiner der fungerer optimalt, tilbageholder mellem 50 og 85 % P (Kjærgaard & Forsmann, 2014), hvilket svarer til op mod 140 kg P/ha/år (Jensen et al., 2020). Omkostningerne ved P-fældningsbassiner fordeler sig på anlæggesfasen og den efterfølgende vedligeholdelse. Der må forventes en samlet udskrivning på omkring 120.000 kr/ha/år over en 20-årig periode (Jensen et al., 2020). Sedimentet der fjernes fra bassinet vil eventuelt kunne spredes på marker, hvorved fosforen recirkuleres. Det er dog endnu ikke undersøgt om dette er praktisk muligt, eller om okkertilførslen kan forringe afgrødeproduktionen.

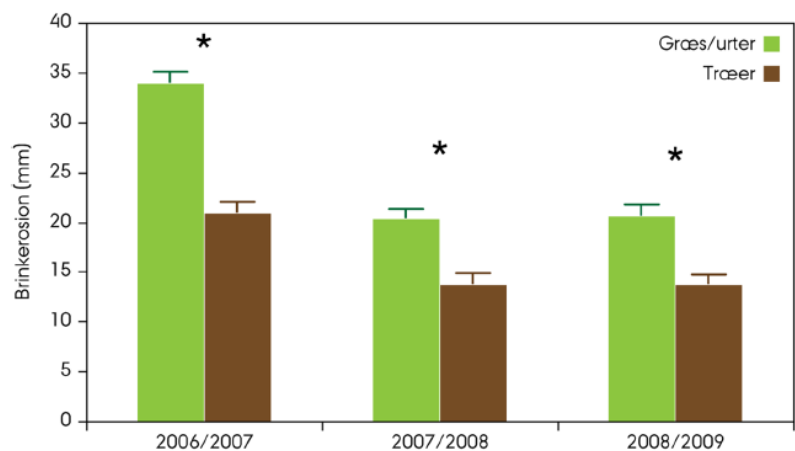
Et P-fældningsbassin vil ikke have nogen udtalt positiv eller negativ effekt på naturværdien i lavbundsjoerden på kort sigt, men kan muligvis være med til at gøre jorden mere næringsfattig på længere sigt. Virkemidlet vil dog være meget vigtig for vandmiljøet nedstrøms i vandløb og søer, eftersom man får reduceret udledningen af ferrojern som er toksisk, samt okker som bundfælder og skaber problemer i de akvatiske habitater.

Nye virkemidler

De fire fosforvirkemidler der allerede er godkendt og kan tages i brug, har hver deres fordele og ulemper, hvilket gør det muligt at vælge det virkemiddel der passer bedst til det pågældende lavbundprojekt. Etableringen af P-foranstaltninger vil hjælpe med at nedbringe fosforudledning fra vådlagte lavbundsjoerde, og forventes at kunne sikre en større gennemførelse af ansøgte vådlægningsprojekter. Samtidig arbejder miljøstyrelsen forsat med at godkendelse af nye virkemidler, således at værktøjskassen udvides yderligere til gavn for miljøet og kommende vådlægningsprojekter.

Der arbejdes eksempelvis på et virkemiddel mod brinkerrosion, som forventes at være klar til sommeren 2022 (pers. komm., Mulbjerg, K. E., 2022). Brinkerrosion er en anden kilde til P-tab, og ses mere i selve vandløbene end på lavbundsjoerden. Brinkerrosion kan føre til et fosfortab på 0,23-0,34 kg P/ha opland (Kronvang et al., 2020). Et vigtigt tiltag mod dette kan være at etablere træer og buske langs vandløb; rødderne trænger ned i vandløbsbrinken og holder på den måde sammen på jorden. Træer og buske holder signifikant bedre på jorden i brinkerne end græs- og urtevegetationer (Figur 4), og kan reducere brinkerrosionen og dermed fosfortabet med 25-40 %. Dette er 25-40 % bedre tilbageholdelse end græs og urter langs vandløbet (Kronvang et al., 2020).

Udover at reducere fosfortab til vandløbene, har høj vegetation lang bræmmerne flere andre positive effekter: skygge fra vegetationen vil sænke temperaturen i vandløbene, nedfaldsgrene giver gode hydro-morfologisk forhold i vandløbet, og der vil være et øget optag af næringsstoffer (Kronvang et al., 2020). Disse ting er alt sammen med til at forbedre den økologiske tilstand i vandløbene. Foranstaltninger mod brinkerrosion koster cirka 2.100 kr./km vandløb/år. Det vil altså være klart det billigste virkemiddel sammenlignet med de fire virkemidler, der allerede kan tages i brug. Til gengæld er det tvivlsomt, hvor stor effekt det har på fosforudledning, som er skabt af iltfrie forhold og den efterfølgende frigivelse fra jernpartikler. Hertil skal det desuden nævnes at træernes effekt mod brinkerrosion først ses efter 10-20 år. Følgelig er er dette virkemiddel, ligesom biomassehøst, ikke egnet til områder, hvor der forventes en stor og omgående P-udledning efter vådlægningen.



Figur 4: Resultater fra Odense Å, der viser forskellen i brinkerrosion under hhv. græs/urter og træer/buske. Signifikant effekt er markeret med en stjerne. (Kronvang et al., 2020).

Et virkemiddel, der kunne have potentiale, men der ikke arbejdes med på nuværende tidspunkt, er behandling jordoverfladen. Dette kunne være en sand- og bentonitcapping, som begge virker ved at adskille det fosforholdig lag fra vandet der gennemstrømmer arealet. Begge metoder er mest brugte i forbindelse med etablering af søer, hvor vandet på bunden ligger forholdsvis stille. Det er altså ikke sikkert at et sådant virkemiddel vil have samme effekt i et lavbundsområde, hvor der er meget vandgennemstrømning og fluktuerende vandstande.

En anden type af forbehandling er tilsætning af jern(hydr)oxider, som eksempelvis CFH (Compacted Ferric Hydroxide), eller andre fosforbindende produkter, som eksempelvis Phoslock. Konceptet for disse er at der skal være en komponent der kan binde og tilbageholde overskydende fosfor. Ligesom for sand- og bentonitcapping, er tilsætning af sorbenter primært benyttet i forbindelse med restaurering af søer. Følgelig kan der forekomme ukendte sideeffekter i et lavbundsområde, hvor hydrologien er anderledes. Desuden hersker der endnu usikkerheder omkring sorbenternes effekter på de organismer der lever i lavbunds-jorderne, og de omgivende vandmiljøer. Endeligt er det uvist om behandling med sorbenter, særligt Phoslock, vil være omkostningseffektivt.

Referencer:

Egemose, S., Jensen, H. S., Reitzel, K., Strandberg, B., Bruus, M., & Hutchings, N. 2020. Dybdepløjning før etablering af sø/vådområde. I: Andersen et al. 2020. Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet. DCE-rapport nr. 379. Aarhus Universitet.

Elmeros, M., Therkildsen, O. R., & Strandberg, B. 2014. Betydning af slåning af brakarealer for hhv. råvildt, harer, jordrugende fugle, bier og fødegrundlag for vilde dyr. DCE-notat, d. 8. juli 2014. Aarhus Universitet.

Espensen, B. L., Goldberg, C., Jakobsen, E. M., Lorentzen, C., Thaysen, J. N., Chistensen, M., & Bojsen, T. 2018. Katalog over omkostninger ved etablering af erstatningsnatur. Orbicon rapport. Miljøstyrelsen.

Filsø, S. S. 2019. Erfaringer fra lavbundsordningen: Udtagning af kulstofrige lavbundsjord som klimavirkemiddel. SEGES.

https://www.altinget.dk/misc/Rapport%20samlet_Barrierer%20og%20muligheder%20for%20realisering%20af%20lavbundsprojekter.pdf.

Hoffmann, C. C., Zak, D., Strandberg, B., Bruus, M., & Hutchings, N. 2020. Fjernelse af biomasse i randzoner og engarealer. I: Andersen et al. 2020. Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet. DCE-rapport nr. 379. Aarhus Universitet.

Jensen, H. S., Egemose, S., Reitzel, K., Martinsen, L., & Hasler, B. 2020. Okkerfældningsbassiner. I: Andersen et al. 2020. Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet. DCE-rapport nr. 379. Aarhus Universitet.

Kjærgaard, C., & Forsmann, D. M. 2014. Fosforfældningsbassiner. Faglig udredning vedr. fosforretention i okkerfældningsbassiner som supplerende P-virkemiddel. Teknisk rapport. Aarhus Universitet.

Klimkowska, A., Dzierza, P., Brzezinska, K., Kotowski, W., & Medrzycki, P. 2010. Can we balance the high costs of nature restoration with the method of topsoil removal? Case study from Poland. *Journal for Nature Conservation* 18; 202-205.

Kolath, T., Reuss, L., Egemose, S., & Reitzel, K. 2020. Reduction of Internal Phosphorus Load in New Lakes by Pretreatment of the Former Agricultural Soil – Methods, Ecological Results and Costs. *Sustainability* 12; pp. 19.

Kronvang, B., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N., Martinsen, L., & Hasler, B. 2020. Træer langs vandløb mod brinkerrosion. I: Andersen et al. 2020. Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet. DCE-rapport nr. 379. Aarhus Universitet.

Madsen, B. L. 2004. Okker. Et vandløbsproblem, vi kan gøre noget ved. Ringkjøbing Amt, Ribe Amt, Sønderjyllands Amt, Herning Kommune, Holstebro Kommune.

Miljøstyrelsen. 2021. Vejledning til nye fosforvirkemidler marts 2021.

<https://mst.dk/media/211378/vejledning-til-brug-af-nye-fosforvirkemidler.pdf>.

Zak, D., Gelbrecht, J., Zerbe, S., Shatwell, T., Barth, M., Cabezas, A., & Steffenhagen, P. 2014. How helophytes influence the phosphorus cycle in degraded inundated peat soils—Implications for fen restoration. *Ecological Engineering*, 66, 82-90.

Zak, D., Goldammer, T., Cabezas, A., Gelbrecht, J., Gurke, R., Wagner, C., Reuter, H., Augustin, J., Klimkowska, A., & McInnes, R. 2018. Topsoil removal reduces water pollution from phosphorus and

dissolved organic matter and lowers methane emission from rewetted peatlands. *Journal of Applied Ecology* 55; 311-320.

Zak, D., Hoffmann, C. C., Strandberg, B., Bruus, M., & Hutchings, N. 2020. Fjernelse af topjord før etablering af vådområde. I: Andersen et al. 2020. Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet. DCE-rapport nr. 379. Aarhus Universitet.