

Test af det fosfat-bindende lerprodukt "Phoslock®" i laboratorieskala

Titel: Test af det fosfat-bindende lerprodukt "Phoslock®" i laboratorieskala.

Forfatter: Kasper Reitzel & Henning S. Jensen, Syddansk Universitet

Emneord: Vand, fosforfjernelse, sørestauring, lavalkaline søer

Resume: Laboratorieforsøg med lerproduktet "Phoslock", som markedsføres til sørestauring, viste at Phoslock er i stand til effektivt at binde fosfat og ikke påvirker søvandets pH. Phoslock kan bruges i normale søer og potentielt også i lavalkaline søer. Forsøg viser, at Phoslock danner et stabilt lag på sedimentet og dermed har potentiale til at mindske resuspensionen i søer.

Projektmidler: Projektet er gennemført med støtte fra tilskudsmidlerne i forbindelse med den miljøteknologiske handleplan

URL: www.blst.dk

ISBN: 978-87-92548-42-9

Udgiver: By- og Landskabsstyrelsen

Udgiverkategori: Statslig

År: 2010

Sprog: Dansk

Copyright© Må citeres med kildeangivelse.
By- og landskabstyrelsen, Miljøministeriet

By- og Landskabsstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter inden for miljøsektoren, finansieret af By- og Landskabsstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for By- og Landskabsstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at By- og Landskabsstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik

Indhold

Introduktion	2
Materialer og metoder	4
Alkalinitetstest	4
Elementanalyse	4
Fosfat adsorptionsstudier.....	4
Fældningsstudier fra søvand	5
P frigivelsesstudier med intakte sedimentkerner	5
Resuspensionsstudier.....	5
Resultater og diskussion	8
Alkalinitet og elementanalyse	8
Adsorptionsstudier	9
Fældningsstudier fra søvand	14
Sedimentforsøg.....	16
Resuspensionsforsøg	18
Konklusion	19
Referencer	22

Introduktion

I Danmark er der i de seneste årtier gennemført et stigende antal sørestaureringsprojekter på grund af en generel dårlig vandkvalitet de danske søer. Restaureringsprojekterne kan generelt deles op i de tre følgende kategorier:

- 1) Fysisk sørestaurering (f.eks. iltning, afledning af bundvand, sedimentfjernelse)
- 2) Biologisk Sørestaurering (biomanipulation) (f.eks. udsætning af rovfisk, opfiskning af fredfisk udplantning af makrofytter)
- 3) Kemisk sørestaurering (f.eks. tilsætning af jern eller aluminium (Al) til sedimentet)

Hvor formålet med biomanipulation er at øge græsningstrykket på fytoplanktonet ved at skabe bedre vilkår for zooplanktonet (top-down kontrol), er formålet med den fysiske og kemiske sørestaurering at kontrollere fytoplanktonet ved at mindske næringsstofniveauet (bottom-up kontrol). Da fosfor (P) generelt er det næringsstof, som begrænser fytoplanktonproduktionen i ferskvandssystemer, er det ofte nok at fokusere på at nedbringe koncentrationen af P. Da den fysiske sørestaurering generelt er en meget bekostelig form for sørestaurering er det primært den kemiske form for sørestaurering, der har været anvendt i Danmark, når det drejer sig om at reducere P koncentrationen. Jern har været brugt en enkelt gang uden større held, da det kræver, at der altid er iltede forhold ved bunden, og derfor ofte må akkompanieres af kunstig iltning af bundvandet, hvilket gør metoden dyr. Det er derfor primært Al, der har været anvendt til kemisk sørestaurering pga. dets store affinitet for P og pga. den kendsgerning at det kan binde P selv under iltfrie forhold. En begrænsende faktor i brugen af Al er dog at det har sin største P affinitet mellem pH 6-8, hvilket betyder at det ikke kan bruges i lavalkaline søer uden at syreneutraliserende foranstaltninger tages med i betragtningerne. Derudover viser nye upublicerede undersøgelser (se også denne rapport) at nyudfældet Al er mere følsomt overfor strømforhold ved sedimentoverfladen end overfladesedimentet, og derfor nemt transporteres rundt i søen i ugerne efter tilsætning. Det betyder, at Al utilsigtet kan blive koncentreret i de dybeste områder, hvilket kan gøre behandlingen mindre effektiv.

Et alternativ til aluminium kan være det kommercielle australske bentonitprodukt "Phoslock". Phoslock annonceres at have gode fosforbindende egenskaber uden at det påvirker søvandets pH og alkalinitet. I Phoslock er lanthan (La) det aktive fosfatbindende element, som er indbygget i en bentonit matrice for at sikre bundfældning og for at undgå at La findes på ionform i søvandet, da dette kan være toksisk. Fra firmaet Phoslocks side eksisterer kun en meget begrænset dokumentation af produktets evne til at binde P, og der findes ikke litteratur, som

dokumenterer Phoslocks evne til at binde P ved naturligt forekommende fosfatkoncentrationer. Alligevel markedsføres produktet meget aggressivt, og det er bl.a. blevet godkendt i Tyskland.

Det er derfor formålet med dette projekt at belyse anvendeligheden af Phoslock til restaurering af danske søer generelt; men lavalkaline søer testes specifikt og det testes ligeledes om Phoslock kan have en stabiliserende virkning på sedimentet og derved mindske resuspensionen i vindpåvirkede søer.

Materialer og metoder

Alkalinitetstest

Phoslocks effekt på alkaliniteten i vandet fra Hostrup Sø blev evalueret vha. gran titrering (Mackereth et al. 1978), hvor søvandet titreres med saltsyre for at bestemme total alkaliniteten.

Elementanalyse

Indholdet af grundstofferne P og La blev bestemt ved at Phoslock blev glødet ved 550 grader, ekstraheret i salpetersyre og hydrogen peroxid og efterfølgende destrueret i mikrobølgeovn. Herefter kunne totale mængder af P og La bestemmes vha. inductively coupled plasma (ICP-OES) spektroskopi på et Perkin Elmer Optima 2100 DV Instrument.

Fosfat adsorptionsstudier

Adsorptionsstudierne blev udført i 50 ml centrifugerør i triplikater. Der blev brugt 4 forskellige medier 1) 2mM NaHCO₃, 2) Ca(HCO₃)₂, 3) søvand fra Væng Sø (relativt lav alkalinitet = 1,3 mM), og 4) søvand fra Nordborg Sø (relativ høj alkalinitet = 3 mM).

Til samtlige test blev der anvendt 36 mg Phoslock, hvilket svarer til den dosis der anbefales af firmaet til en middel-eutrof dansk sø. Vandets pH blev justeret til 7, hvorefter blev prøverne sat på rystebord i 24 timer. Efter centrifugering der blev målt fosfat på spektrofotometer (Koroleff 1983) og total opløst P (TDP) på ICP. Der blev lavet en serie triplikater uden tilsætning af fosfat samt en serie triplikater hvor der blev tilsat forskellige fosfat koncentrationer i form af (K₂HPO₄) op til en fosfatkoncentration på 3,1 mg/l.

Som en ekstra lille test pga. problemer med den spektrofotometriske fosfat analyse blev der udført fosfat analyser på ufiltrerede og filtrerede (0,2 µm membranfilter) prøver for at eftervise at Phoslock kan dispergere og danne små kolloider, der kan give et falsk P signal i den spektrofotometriske P analyse.

For at teste effekten af Na⁺ på P adsorptionen blev der lavet et forsøg hvor vi testede effekten af HCO₃⁻ ved at opløse Phoslock i CaCO₃ buffer, der efterfølgende blev justeret til pH 7 for at få CO₃ omdannet til HCO₃⁻. Der blev efterfølgende testet for effekten af Na⁺ ved at tilsætte forskellige koncentrationer af NaCl til CaCO₃ opløsningen.

Fældningsstudier fra søvand

Søvand fra 6 danske søer blev brugt. Disse søer varierede fra lavalkaline over højalkaline til brakvandssøer.

Forsøgene blev foretaget i 50 ml centrifugerør med filtreret (GF/C filter) søvand og 36 mg Phoslock. Prøverne blev sat på rystebord i 24 timer, hvorefter der blev målt P og La på ICP. Disse værdier blev sammenlignet med de aktuelle P værdier i søvandet uden Phoslock. Der blev endvidere udført et forsøg for at evaluere Phoslocks evne til at binde P over en 2 måneders periode, i Søholm Sø. Dette blev gjort ved at inkubere et så stort antal centrifugerør med søvand og Phoslock, at der kunne udtages triplikate prøver til udvalgte tider i en 2 måneders periode.

P frigivelsesstudier med intakte sedimentkerner

Intakte sedimentkerner blev indsamlet fra den lavalkaline Vedsted Sø. Der blev lavet triplikater under iltfrie forhold med hhv. Phoslock, Al og en kontrol, samt en kontrol inkuberet under iltede forhold. Udviklingen i koncentrationen af fosfat, opløst organisk P (DOP), La og egenfarve blev efterfølgende fulgt i 30 dage. TP og La blev målt på ICP, mens DOP blev beregnet som forskellen mellem TP og fosfat. Egenfarve blev målt på spektrofotometer mod en platinstandard (Hongve og Akesson 1996)

Resuspensionsstudier

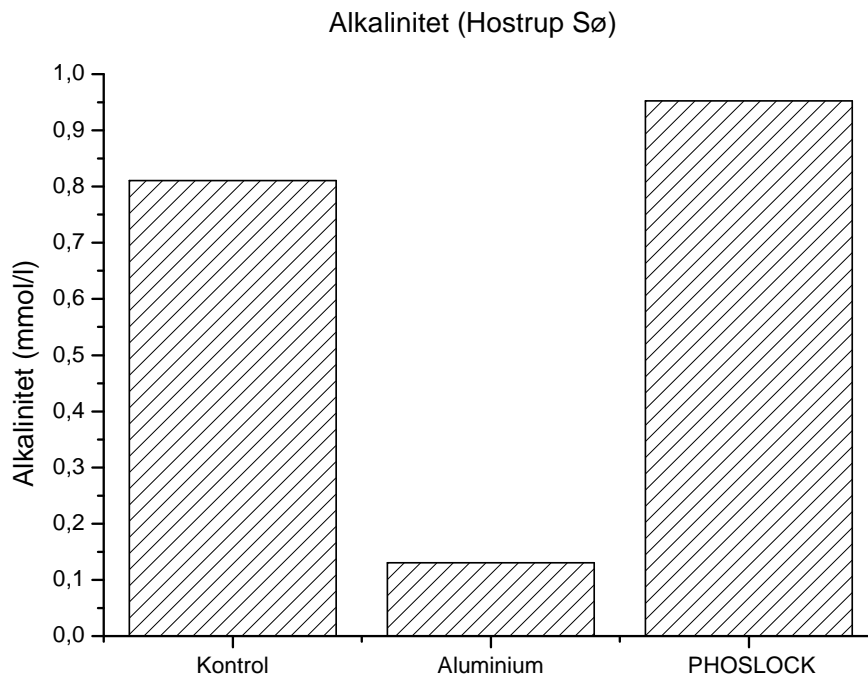
Sediment fra Hostrup Sø blev fyldt i store strømrønder hvorefter der blev tilsat søvand, således at ca. 10 cm sediment var dækket af 30 cm vand. Efter nogle dages ventetid blev der tilsat Phoslock og Al til hver sin strømrønde, mens en strømrønde forblev ubehandlet og fungerede som kontrol. Herefter blev der monteret en rotor i strømrødens top, der vha. computerstyring kontrollerer vandhastigheden i strømrønden. Ved at øge vandhastigheden i trin af 15 min og samtidig følge vandets koncentration af suspenderet materiale vha. et turbidimeter, er det muligt at finde tærskelværdien for sedimentets resuspension, dvs. den strømhastighed, der skal til for at resuspendere sedimentet. Tærskelværdierne for Phoslock og Al blev derefter sammenlignet med hinanden og med ubehandlet kontrolsediment.

Efter resuspensionsforsøget blev der testet for Phoslocks og Al's sedimentationshastigheder, ved at følge sedimentationen af de to produkter efter fuld resuspension vha. turbiditetsloggeren.

Resultater og diskussion

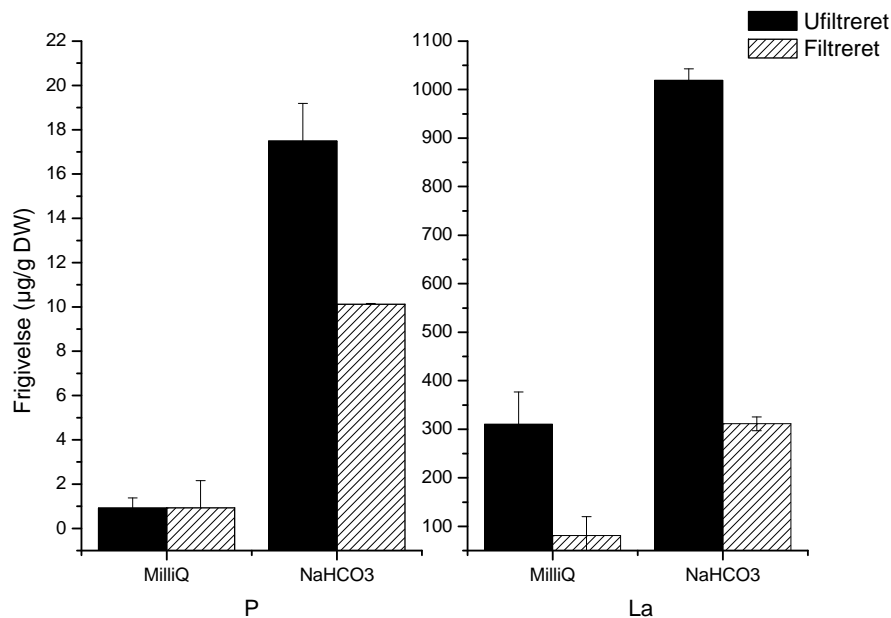
Alkalinitet og elementanalyse

Som det ses af Fig. 1 faldt alkaliniteten kraftigt når vand fra Hostrup sø blev behandlet med Al.



Figur 1. Effekt af Phoslock og Al dosering på vandets alkalinitet i Hostrup Sø

Når det samme vand blev behandlet med Phoslock var der en meget mindre påvirkning af alkaliniteten, der steg svagt. Dette viser at Phoslock at dømme ud fra alkalinitetpåvirkningerne vil kunne bruges i lavalkaline søer.



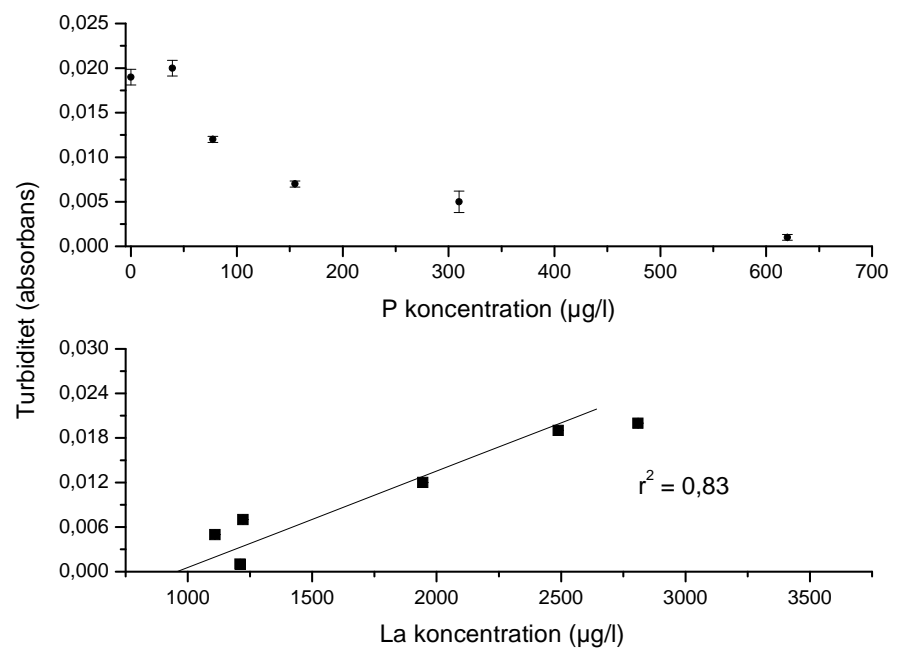
Figur 2. Effekt af filtrering og matrice på P og La kvantificeringen. Alle prøver blev centrifugeret inden måling.

Elementanalysen viste at Phoslock indeholder ca. 47000 µg La/g Phoslock (5 %) hvilket stemmer fint overens med Phoslock firmaets angivelser. Derudover ses det at Phoslock også indeholder ca. 270 µg P/g Phoslock, hvilket svarer til 0,03 % på vægt basis. Af Fig. 2 ses at mindre end 1 % af denne endogene P kan frigives fra produktet når det opløses i vand, mens 1- 2 % kan opløses når det opløses i 2 mM NaHCO₃. Ligeledes ses også hvordan langt mere La frigives når Phoslock opløses i 2 mM NaHCO₃ sammenlignet med MilliQ vand. Af Fig. 2 ses også effekten af filtrering med 0,2 µm membran filter. Figuren viser at der ved filtrering fjernes både P og La, hvilket indikerer at Phoslock dispergerer til meget små partikler når det opløses, og at dette fænomen især er udtalt i 2 mM NaHCO₃.

Adsorptionsstudier

Under de indledende adsorptionsstudier med Phoslock blev vi opmærksomme på at vi fik et relativt højt fosfatindhold når vi målte prøver, hvor der kun havde været Phoslock i. Dette fænomen var især udtalt når mediet vi brugte var 2mM NaHCO₃. Vi testede derfor, hvorvidt en opløsning, der havde udrystet med Phoslock kunne give et falsk fosfatsignal pga. den førnævnte dispergering af Phoslock. Dette blev gjort ved at måle turbiditet/absorbans på prøverne ved fosfats bølgelængde, men uden den molybdatreagens, der normalt kræves for

at danne et blåfarvet kompleks med fosfat. Vi fandt derved at vand, som var udrystet med Phoslock absorberede ved bølgelængden for fosfat, selv om der ikke var fosfat til stede og selvom prøverne var filtrerede. Vi fandt at den stigende turbiditet i vandprøverne var direkte proportional til indholdet af La i vandet og at turbiditeten faldt ved stigende fosfat koncentrationer i vandet (Fig. 3).

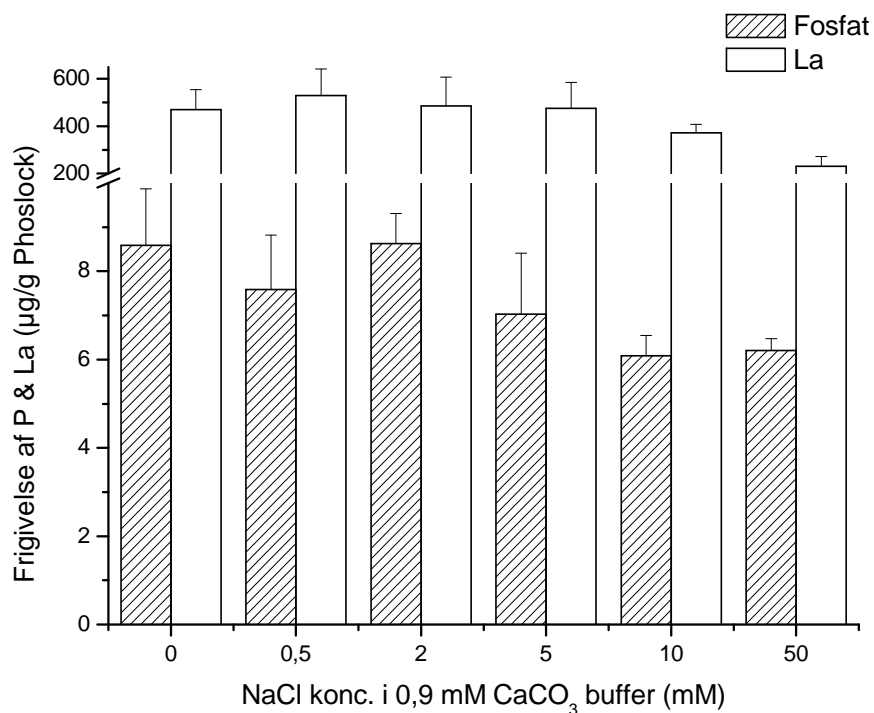


Figur 3. Effekt af P på dispergering af Phoslock (øverst). Korrelation mellem La og turbiditet (nederst).

Dette understøtter vores hypotese om at Phoslock dispergerer til meget små kolloider når det opløses i 2mM NaHCO₃ og at disse partikler kan resultere i et falskt fosfatsignal, hvis man ikke korrigerer for denne dispergering. Løsningen på dette problem var at vi konsekvent målte prøverne før og efter tilsætning af molybdatreagens, således at der kunne korrigeres for kolloidernes bidrag.

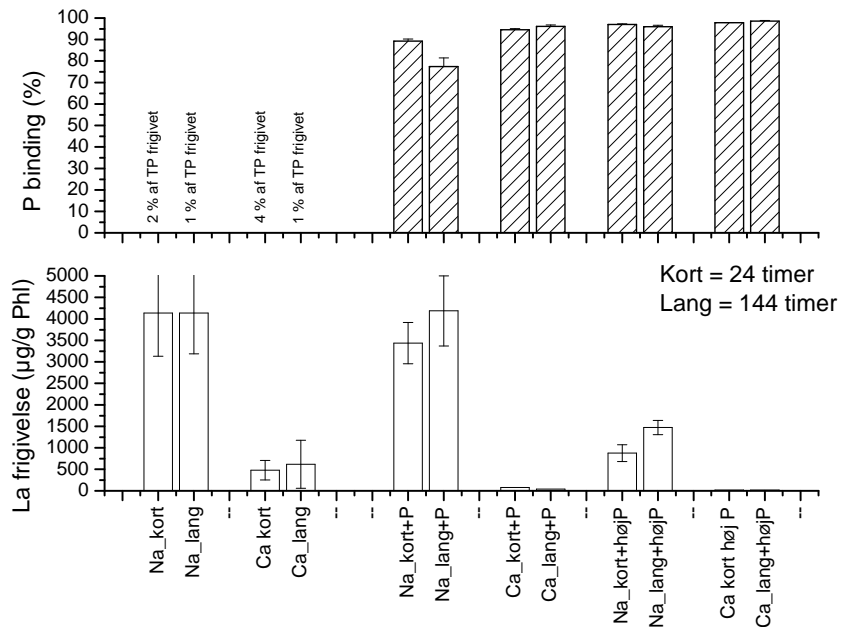
Den generelle konklusion på disse problemer med interfererende kolloider og frigivelse af P fra produktet er at disse problemer primært ses når der er Na⁺ ioner tilstede sammen med HCO₃⁻ ioner. Vi lavede således et forsøg hvor vi testede effekten af Na⁺ ved at opløse Phoslock i CaCO₃ buffer, der efterfølgende blev justeret til pH 7 for at få CO₃ omdannet til HCO₃⁻. Dette forsøg viste at frigivelsen af P og La fra Phoslock ikke blev påvirket af en tilsætning af Na⁺ i form af NaCl til CaCO₃ bufferen (Fig. 4), der var tværtimod

en tendens til mindsket frigivelse af P og La ved høje NaCl koncentrationer. Derudover var HCO_3^- i sig selv heller ikke en stor kilde til P og La frigivelsen.



Figur 4. Effekten af NaCl på frigivelsen af P og La fra Phoslock i CaCO_3 buffer.

For at undersøge effekten af tid på P binding til Phoslock i opløsninger af hhv. 0,9 mM NaHCO_3 og 0,9 mM CaCO_3 blev prøver med 3 forskellige P koncentrationer inkuberet i enten 24 timer eller 144 timer (Fig. 5). Her ses det at P bindingen i 0,9 mM CaCO_3 øges med tiden mens La frigivelsen er meget lille og ikke påvirkes af inkubationstiden.

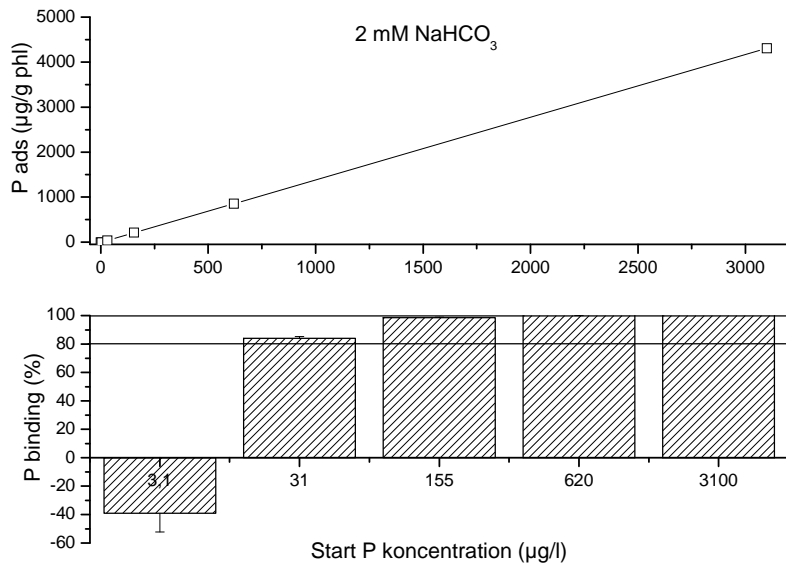


Figur 5. P binding i % i hhv. 0,9 mM CaCO₃ og 0,9 mM NaHCO₃ buffer, ved forskellige ekstraktionstider og fosfatkoncentrationer (øverst). Lanthanfrigivelse ved samme forhold som for P binding (nederst).

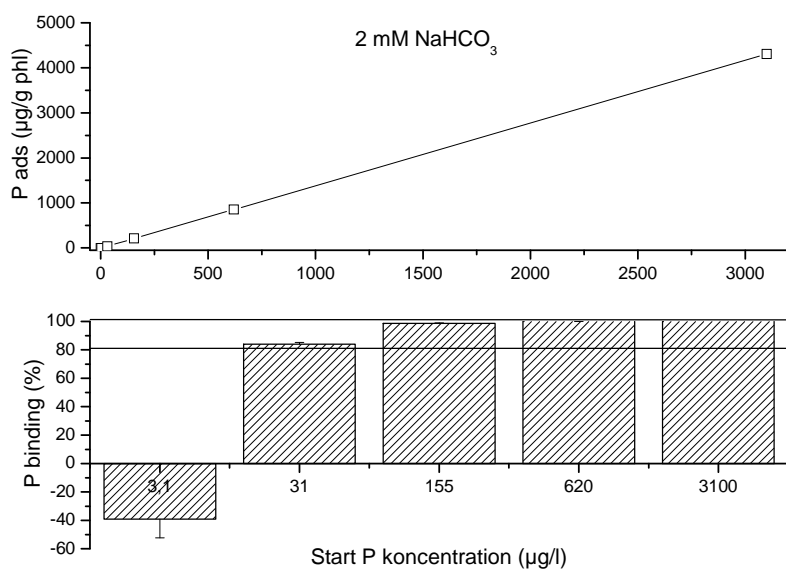
Derimod påvirkes La frigivelsen af fosfatkoncentrationen, således at La frigivelsen falder ved stigende fosfatkoncentration, som det også kunne ses af Fig. 3. I tilfældet hvor der er brugt 0,9 mM NaHCO₃ ses en modsat tendens end i 0,9 mM CaCO₃. Der ses således en stigende P og La frigivelse fra Phoslock med tiden, men dog stadig en mindre frigivelse ved højere fosfatkoncentrationer. Ud fra disse resultater vurderer vi at problemer med dispergering af frigivelse af P fra Phoslock primært skyldtes kombinationen af Na⁺ og HCO₃⁻.

Der burde derfor kun kunne opstå problemer med dispergering af Phoslock i søer der får tilført Na⁺ og samtidig har en relativ høj alkalinitet. Det er derfor muligt, at Phoslock ikke vil kunne fungere effektivt i visse brakvandssøer, da bindingseffektiviteten øjensynligt mindskes med tiden (med fortsat påvirkning

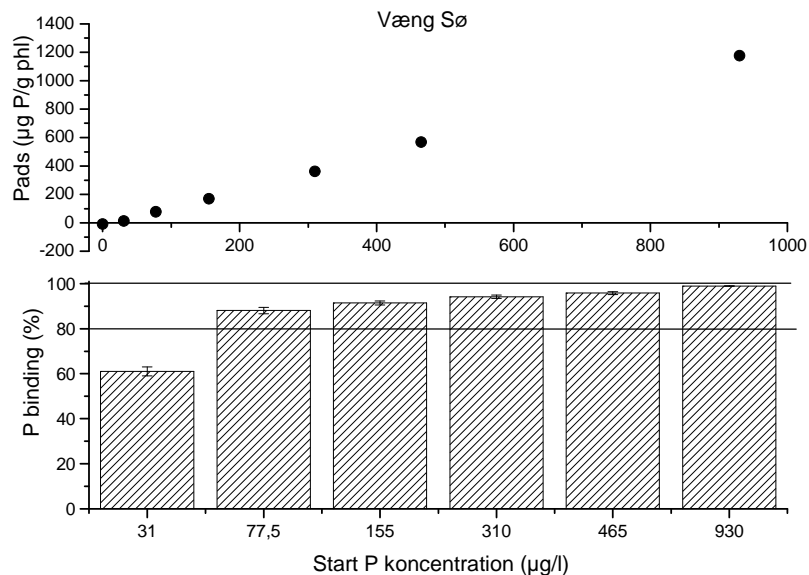
fra Na⁺ og HCO₃⁻).



Figur 6. P adsorption og P bindingeffektivitet i 2 mM NaHCO₃ som funktion af fosfatkoncentrationen.



Figur 7. P adsorption og P bindingeffektivitet i Nordborg Sø som funktion af tilsat fosfat.

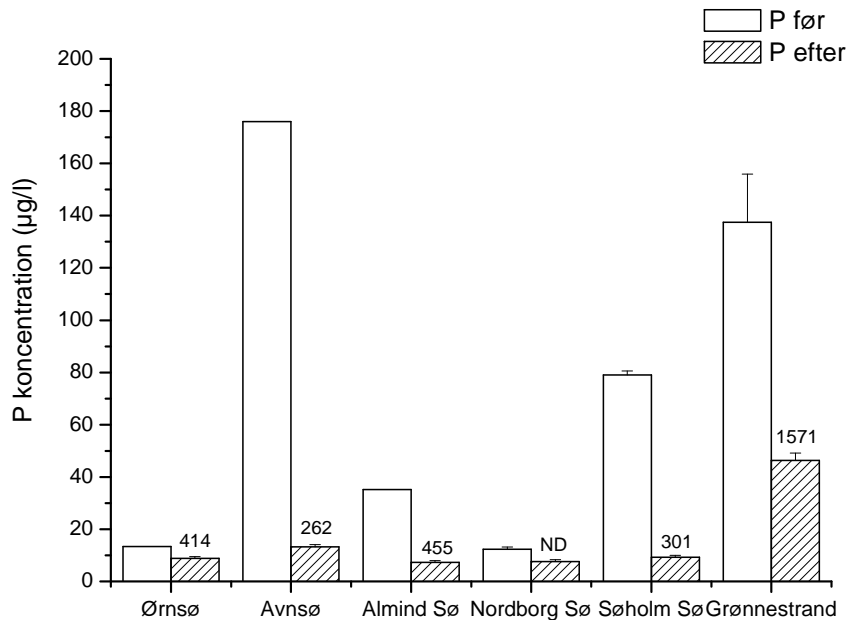


Figur 8. P adsorption og P bindingseffektivitet i Væng Sø som funktion af tilsat fosfat.

De resulterende adsorptionsfigurer udført i 2 mM NaHCO₃ og søvand underbygger ovenstående resultater og viser, at Phoslock generelt er i stand til at adsorbere fosfat, både ved høje og lave fosfatkoncentrationer, og primært har P frigivelse fra produktet i 2 mM NaHCO₃. Det ses dog også at Phoslock binder fosfat mere effektivt ved de højere fosfatkoncentrationer (Fig. 6-8), og at der som hovedregel frigives en lille smule fosfat ved de behandlinger, hvor der ikke er tilsat fosfat, som nævnt tidligere. Det ses også tydeligt at Phoslock er betydelig mere effektiv ved lave P koncentrationer i søvand end ved lave P koncentrationer i NaHCO₃. Ydermere underbygger adsorptionskinetikken i Væng Sø og Nordborg Sø vores hypotese om at høj alkalinitet i sig selv ikke vil påvirke Phoslocks P bindingsevne, da det rent faktisk er Nordborg Sø der har den højeste alkalinitet og samtidig er den sø hvor Phoslock har den mest effektive P binding ved de lave P koncentrationer.

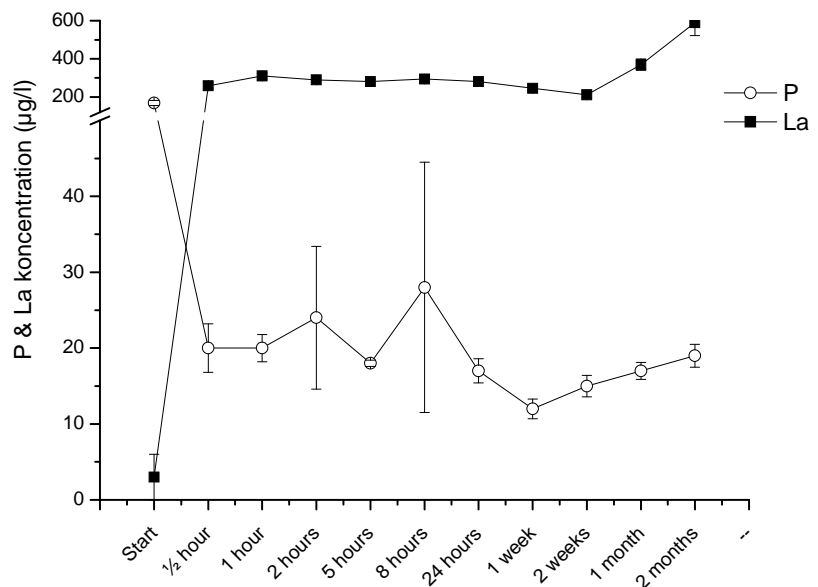
Fældningsstudier fra søvand

At Phoslock er i stand til at reducere P koncentrationen i forskellige søtyper ses af Fig. 9. Generelt ses en stor reduktion i søvandets P niveau efter 24 timers kontakt med Phoslock. Det ses dog også at søer med P koncentrationer under 20 µg/l ikke påvirkes så kraftigt som søer med høj initial P koncentration. Samtidig reduceres P koncentrationen også "kun" til koncentrationer mellem 10-20 µg/l, selv efter ca. 2 måneders inkubation, som det ses af eksemplet fra Søholm Sø (Fig. 10). Det ser således ud til at dette niveau er hvad man i



Figur 9. Effekten af Phoslock på P koncentrationen i 6 udvalgte danske søer. Tallene over kolonnerne for P koncentration efter Phoslock behandling angiver koncentrationen af La i ($\mu\text{g/l}$).

bedste fald kan forvente efter en behandling med Phoslock. En undtagelse for dette mønster er søen fra Grønne Strand, hvor P koncentrationen kun reduceres til omkring $40 \mu\text{g/l}$, samtidig med at La koncentrationen er meget højere end i de resterende søer. En mulig forklaring på dette er at Grønnestrånd ligger mindre end 200 m fra Vesterhavet og samtidig modtager grundvand med et HCO_3 indhold højt nok til at huse et stort antal vandaksarter. Det tyder således på at den mekanisme vi har beskrevet ovenfor kunne spille ind her, således at kombinationen af Na^+ og HCO_3^- forringer Phoslocks evne til at binde P. Dette underbygges også af den høje koncentration af La sammenlignet med de andre søer.

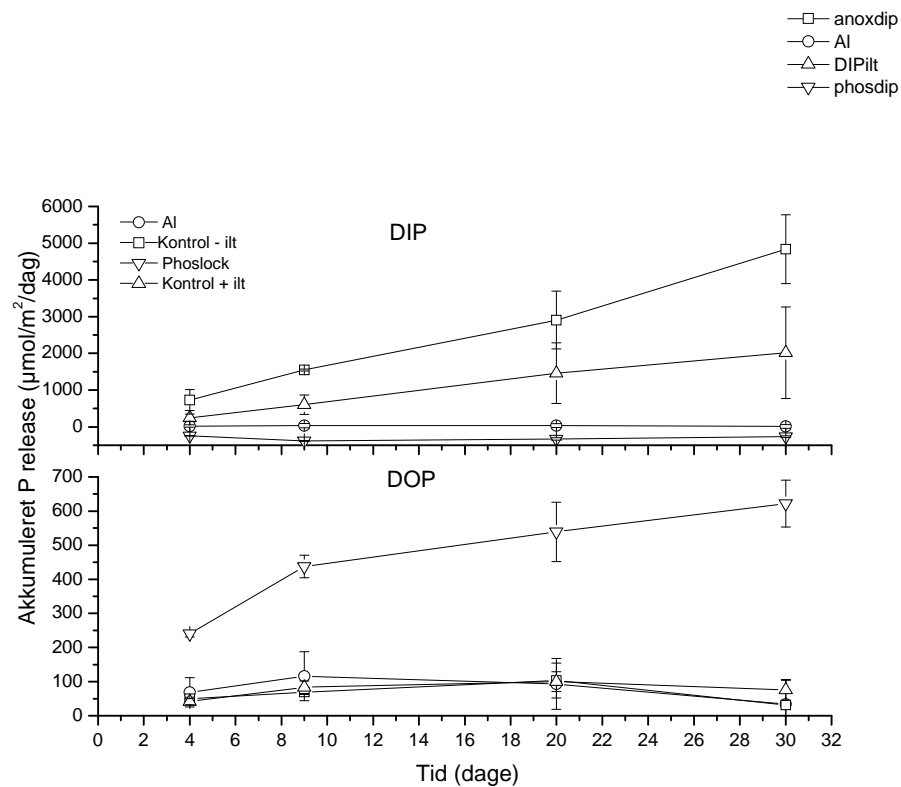


Figur 10. Effekt af Phoslock på søvandets koncentration af P og La gennem 2 måneder.

Til sammenligning kan det nævnes, at $\text{Al}(\text{OH})_3$ (den aktive P bindende Al-forbindelse) normalt kan sænke fosfatkoncentrationen i søvand til nær detektionsgrænse ($1 \mu\text{g L}^{-1}$) og at Al også virker i brakvand om end knap så effektivt som i ferskvand. Målet med kemisk sørestaurering er dog ikke kun at fælde P fra søvand; men primært at binde P i sedimentet, hvor porevandets koncentration af fosfat typisk er $300 \mu\text{g L}^{-1}$.

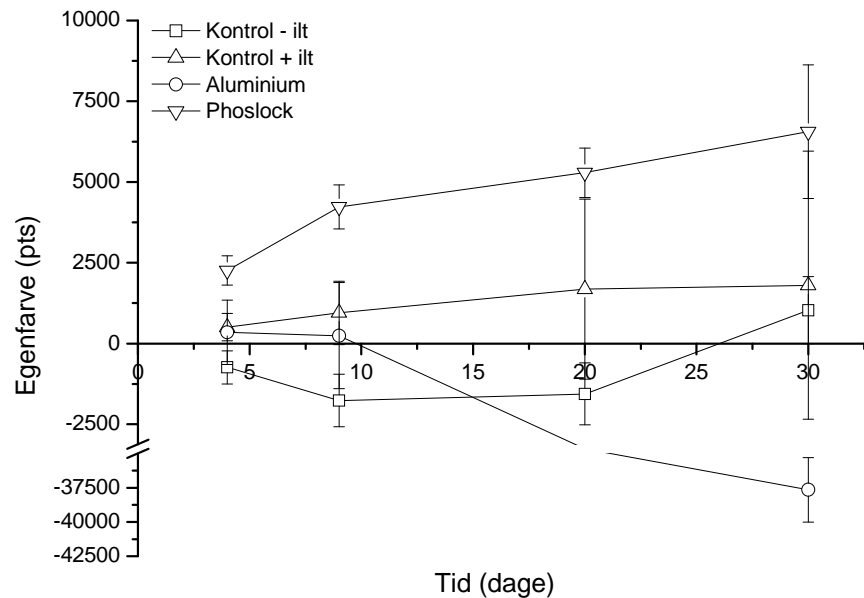
Sedimentforsøg

Forsøget med de Al- og Phoslockbehandlede sedimentkerner ved suboxiske betingelser viste at Phoslocks tilbageholdelse af fosfat var sammenlignelig med aluminiums og betydelig bedre end kontrolediment med og uden ilt ved sedimentoverfladen (Fig. 11). Faktisk optog Phoslock fosfat fra vandet samtidig med at fosfat fra sedimentet blev tilbageholdt. Det ses dog at Phoslock ikke var i stand til at tilbage holde alle typer af opløst P. Således steg den akkumulerede flux af opløst organisk P (DOP) kraftigt i de Phoslockbehandlede sedimentkerner, mens niveauet af DOP forholdt sig relativt uændret gennem perioden i de resterende behandlinger (Fig. 11).



Figur 11. Akkumuleret DIP og DOP fra sedimentet i Vedsted Sø, behandlet med Al, Phoslock, kontrol –ilt og kontrol + ilt.

Vi er af den overbevisning at Phoslock danner et meget kompakt lag oven på sedimentet, der resulterer i en mindre diffusion af ilt (og nitrat) ned i sedimentet. Dette bevirker at der kan opstå stærkt reducerede forhold i de dybere sedimentlag med en øget mobilisering af reducerbart P til følge.



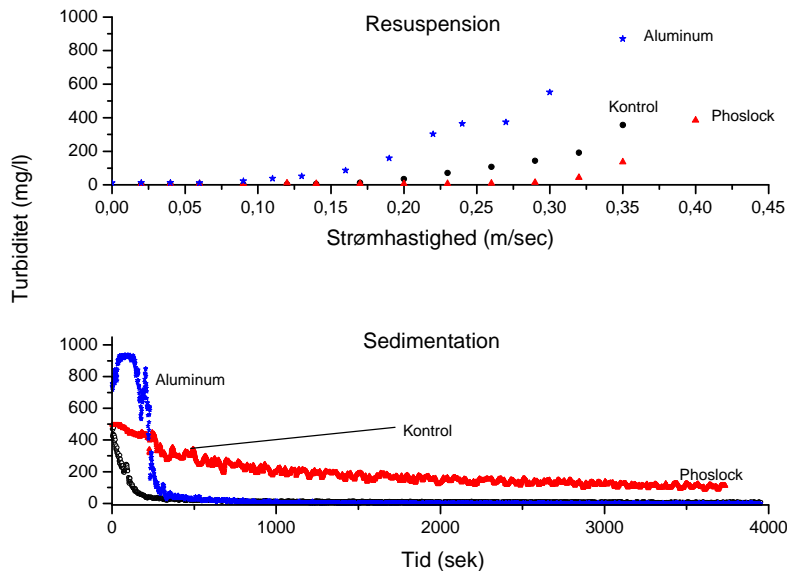
Figur 12. Akkumuleret koncentration af Egenfarve fra sedimentet i Vedsted Sø, behandlet med Al, Phoslock, kontrol -ilt og kontrol + ilt.

Den uorganiske fraktion af reducerbart P bindes nemt af Phoslock, mens det ses at den organiske del eller visse organiske P forbindelser ikke tilbageholdes nær så effektivt af Phoslock. Når disse observationer sammenholdes med en stigende egenfarve (Fig. 12) gennem forsøget tyder det på at det er P-holdige humusforbindelser, der frigives fra sedimentet med Phoslock.

Resuspensionsforsøg

I resuspensionsforsøget fremgår det med stor tydelighed at Phoslock danner et meget mere stabilt lag på sedimentet end tilfældet er for Al samtidigt med at det under udbringning eller ved resuspension vil være længere tid i vandfasen end både Al og kontrolsedimentet som det ses af den lavere sedimentationshastighed i forhold til disse (Fig. 13). Dette kan have stor betydning i søer hvor f.eks. vindpåvirkning fører til bevægelse af de dybere vandmasser. I sådanne tilfælde vil nyudbragt Al kunne blive transporteret til de dybereliggende områder af søen eller i visse tilfælde skyldes ud af søen. For Phoslocks vedkommende vil der kræves ca. 3 gange højere strømhastigheder for at starte resuspensionen sammenlignet med Al. Under udbringning vil Al

således være nemmest at kontrollere, da det har en ret hurtig synkehastighed.



Figur 13. Resuspensions- og sedimentationsforsøg fra Hostrup Sø, behandlet med hhv. Al, kontrol og Phoslock.

Erfaringer fra sørestaurering med netop Al viser da også at det meste af Al er ude af vandfasen i løbet af få timer. Dette vil være anderledes for Phoslock, der kan holdes svævende i vandmasserne i meget længere tid, og derfor vil kræver ret vindstille forhold under udbringning, således at det ikke koncentrerer i visse områder af søen. Derimod vil Phoslock være meget svær at påvirke når først det er fældet ud, mens Al vil være meget følsom overfor vandbevægelser. En anden mulig effekt af Phoslock er at det kan stabilisere sedimentet således at rodfæstede makrofytter vil kunne få et bedre rodfæste end i det ofte meget mudrede sediment der hersker i eutrofe søer.

Konklusion

Vores tests viser at Phoslock har en stor affinitet for fosfat især ved relativt høje fosfatkoncentrationer, og vores forsøg viser at man i søerne optimalt vil kunne forvente en ligevægtskoncentration på mellem 10-20 $\mu\text{g/l}$ fosfat efter Phoslock behandling. Dette er ikke på højde med Al's adsorptionsegenskaber; men normalt sigter kemisk sørestaurering mod P i sedimentet og ikke mod P i søvandet.

Phoslock kan doseres pH neutralt og vil derfor potentielt kunne fungere som et alternativt til Al i lavalkaline søer. Phoslock har endvidere en

sedimentstabiliserende egenskab, der gør at den vil kunne forblive på samme sted i søer når først det er bundfældet, mens nyudbragt Al er mere udsat for resuspension ved vindpåvirkning.

Det er dog vigtigt at Phoslock udbringes i perioder med lav turbulens i søerne, da den lave sedimentationsrate gør at Phoslock vil kunne forblive opslæmmet i vandet og derved f.eks. skylle ind i plantebælter i stedet for at synke ud på den dybe bund, som er målet for behandlingen.

Samlet set vurderer vi at Phoslock har stort potentiale indenfor sørestaurering, og vi forventer derfor at foretage flere og mere detaljerede undersøgelser i større skala for endeligt at kunne anbefale Phoslock, som et alternativ til Al indenfor kemisk sørestaurering.

Referencer

Hongve, D. & Akesson, G. (1996): Spectrophotometric determination of water colour in Hazen units. *Water Research* 30(11): 2771-2775

Mackereth F.J.H., Heron J., and Talling J.F., 1978: *Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists*. Freshwater Biological Association Scientific Publication no. 36. Titus Wilson and Sons Ltd., Kendal, p. 120.



Miljøministeriet
By- og Landskabsstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

Telefon 72 54 47 00
blst@blst.dk
www.blst.dk