Lobeliesøer – trusler og restaurering

Lobeliesøer optræder i dag næsten udelukkende i Vestdanmark, hvor de findes i dødishuller på næringsfattig jord eller som klithedesøer. Søernes vegetation rummer flere rødlistede arter, og de trues af eutrofiering, brunt vand og tilgroning på bredderne. Truslerne forværres formodentlig af de igangværende klimaforandringer. I denne artikel fokuserer vi på baggrunden for truslerne, og de forvaltningsmæssige indgreb, der kan bevare de værdifulde lobeliesøer.

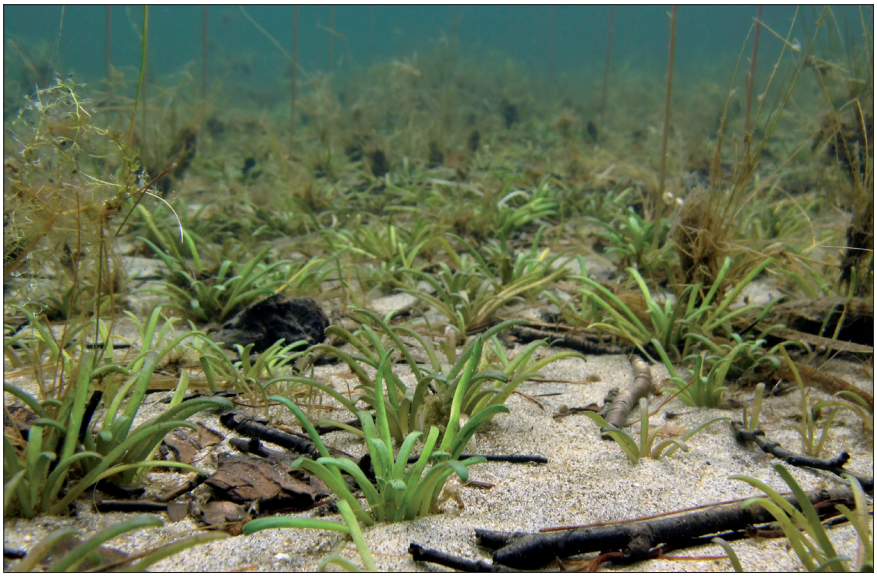
Ole Pedersen, Lars Baastrup-Spohr, Mikkel Madsen-Østerbye, Emil Kristensen, Theis Kragh, Mikkel René Andersen, Frede Østergaard Andersen & Kaj Sand-Jensen

Tab af levesteder og eutrofiering

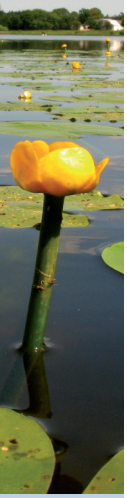
Tab af habitat og eutrofiering har udløst den voldsomme tilbagegang for strandbo (*Littorella uniflora*), som er den mest vidtudbredte nøgleart i lobeliesøer. En undersøgelse af 472 historiske søer med strandbo viste, at arten over en periode på 100 år var forsvundet fra næsten halvdelen af de oprindelige voksesteder. Tilbagegangen var størst, hvor der nu var næringsrig opdyrket jord i oplandet /1/. Vi blev også opmærksomme på at vandkvaliteten i mange tilfælde ikke var blevet så dårlig endda, men at de værdifulde grundskudsplanter alligevel var forsvundet. Derfor fokuserede vi i efterfølgende studier på sedimentets egnethed, som ofte forbliver slammet og iltfrit mange år efter, at den oprindelige eutrofiering er ophørt.

Nøglearterne blandt grundskudsplanterne – tvepibet lobelie (Figur 1), strandbo og sortgrøn brasenføde – udnytter i vidt omfang sedimentets høje indhold af CO_2 som uorganisk kulstofkilde ved fotosyntesen. Forudsætningen for at kunne optage CO_2 fra sedimentet er, at røddernes overflade er gaspermeabel, så CO_2 via luftkanaler kan transporteres videre op igennem rødderne til bladene. Men konsekvensen af luftfyldte og permeable rødder er også at rødderne taber store mængder O_2 til det omgivende sediment. Hvis sedimentet indeholder let omsætteligt organisk materiale, kan iltforbruget i sedimentet blive så højt at der ikke er tilstrækkeligt med O_2 i luftkanalerne i rødderne og bladene til at opretholde næringsoptagelsen og den fortsatte vækst /2, 3/. Resultatet er at rødderne bliver korte, planterne mistrives og de taber rodfæste /4, 5/. Risikoen for at tabe rodfæste stiger endvidere med øget indhold af finkornet organisk stof, som gør sedimentet mere vandholdigt (Figur 2).

Hvis sedimentet ikke længere er egnet som voksested for de følsomme grundskudsplanter, kan søerne restaureres ved at fjerne det øverste mudrede sedimentlag ned til den oprindelige sandbund, eller i en periode sænke vandstanden for at øge nedbrydningen af det organiske stof. I Danmark har man med succes fjernet sediment i Ål Præstesø sydvest for Varde, så tvepibet lobelie kunne genindvandre /6/. I Holland har man i flere søer fremmet genetablering af strandbo ved ligeledes at fjerne de øverste cm af sedimentet,

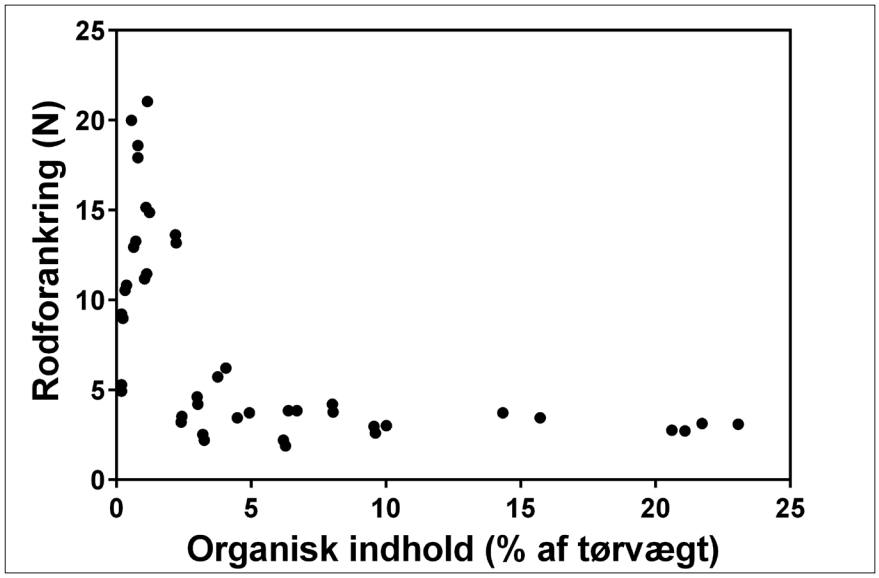


Figur 1 – Tvepibet lobelie (Lobelia dortmanna) på ren og fin sandbund. Når sedimentet slammer til i forbindelse med eutrofiering, danner planterne små korte rødder og de taber rodfæste i det vandfyldte sediment.



hvor der var ophobet let omsætteligt organisk stof fra en tidligere forurening /7/.

Som alternativ til sedimentfjernelse kan man som nævnt sænke vandstanden, så sedimentet tørlægges. Herved trænger der mere O_2 ned i den blotlagte søbund, og derved øges nedbrydningen af det organiske stof så sedimentet både bliver fastere og forbruger mindre ilt når vandstanden igen øges /8, 9/. I mange tilfælde kan man formodentlig opnå samme resultat ved at tillade naturlige vandstandsfluktuationer, hvor de øvre dele af bredzonen blotlægges i tørre somre. Grundskudsplanterne tåler alle udtørring i nogle måneder, mens deres hurtigvoksende konkurrenter (f. eks. hårtusindblad og vandpest) dør, så det er en fordel at genskabe naturlig hydrologi i de lobeliesøer som nu er vandstandsregulerede.



Figur 2 – Rodforankring som funktion af sedimentets indhold af organisk stof. Målingerne er lavet med en standardiseret kunstig rod og viser at forankringen svækkes markant ved et organisk stofindhold på 3-5% af tørvægten eller derover. Data fra /5/.

Skjulte og overraskende kilder til eutrofiering

Nogle lobeliesøer er truet af indsivende grundvand med meget høje næringskoncentrationer, mens andre trues af rastende fugle, som bringer store mængder næring til søerne fra det opdyrkede opland.

Hampen Sø er en af Danmarks største overlevende lobeliesøer. Den er et eksempel på, hvor stor betydning indsivende grundvand kan have på næringsbalancen. Søen modtager grundvand i den nordlige og nordøstlige ende og søvandet forsvinder igen til grundvandet i den vestlige ende /10/. Indsivningsområdet indeholder både skov og landbrug. Det indsivende grundvand fra skoven er næringsfattigt, men meget næringsrigt fra markerne (op til 56 mg NO_3^- N per liter) /11/. Kvælstoffet bidrager sammen med fosfor til øget vækst af planteplankton og trådalger, som lægger sig som en grøn skyggende måtte hen over grundskudsplanterne. En stor del af det tilførte fosfor forbliver i søen og aflejres i bunden på søens dybe del, hvorfra det kan frigives om sommeren når bundvandet bliver iltfrit og således bidrage til den fortsatte algevækst. Grundvandsdannelsen sker langsomt, og det indsivende grundvand fra landbrugsarealet er ca. 20 år gammelt. Derfor tager det også flere årtier før eksempelvis omlægning af landbrugsdriften til skov for alvor slår igennem på søens naturkvalitet.

Det er kendt at rastende andefugle, gæs, svaner og måger kan tilføre store mængder næring til søer via deres fækalier, men det er nyt at det kan udgøre så stor en risiko for lobeliesøerne som tilfældet er. De første eksempler stammer fra Søby Sø 25 km syd for Herning, hvor hættemåger i begyndelsen af nullerne tilførte søen kvælstof og fosfor når de overnattede. Problemet blev effektivt løst, da man fik affaldet dækket til på den nærtliggende losseplads så mågerne forsvandt. For 10 år siden modtog vi også alarmerende rapporter fra Nationalpark Thy, hvor man observerede store rastende gåseflokke i Natura 2000 området Ålvand, som er en samling meget værdifulde klithedesøer med blandt andet tvepibet lobelie og strandbo. Nogle af søerne har i dag mistet næsten hele undervandsvegetationen, og der ligger et 5-10 cm tykt stinkende slamlag på den sandede bund, som totalt ødelægger vækstmulighederne for grundskudsplanterne (Figur 3). Som det seneste og måske mest alvorlige eksempel i rækken er Kalgård Sø, som er en af de fire unikke søer i Tingdalen sydvest for Silkeborg. Her skyldes den meget kraftige eutrofiering med efterfølgende algeopblomstring (Figur 4) især overvintrende sangsvaner, som tidligere rastede på Kvindsø og Kulsø. Eksemplerne understreger hvor følsomme de næringsfattige søer er. Ved opblomstring af planteplanktonet forsvinder grundskudsplanterne, og de næringsstoffer de selv rummede samt den fosfor de bandt i søbunden ved at ilte sedimentet frigøres også, så forureningen forstærkes yderligere. Det er uklart om forureningen af Kalgård Sø er ophørt, og hvor lang tid det i givet fald varer før søen igen nærmer sig sin enestående status. For fuldstændighedens skyld skal vi også nævne, at værdifulde lobeliesøer såsom Possø og Røde Sø også blev ødelagt, fordi bredejerne syntes at det var vigtigere at opdrætte ænder i dem.

Figur 3 – Gåselort, gåsespor, gåsefjer, slam og døende tvepibet lobelie. Billedet er fra Ålvand i Nationalpark Thy, hvor rastende gæs tilfører store mængder næringsstoffer fra det omkringliggende landbrugsland.

Der er os bekendt ikke iværksat en aktiv forvaltning for at holde svaner og gæs borte fra Tingdalsøerne. I Ålvand i Nationalpark Thy har forslag om bestandsregulering medført store diskussioner med de fugleinteresserede, da en del af de rastende fugle er fredede sædgæs. Problemerne for lobeliesøerne er i stigning, fordi gåsebestandene vokser og gæssene forbliver i Danmark pga. de varmere vintre og de rige vinterafgrøder på markerne (www.dof-

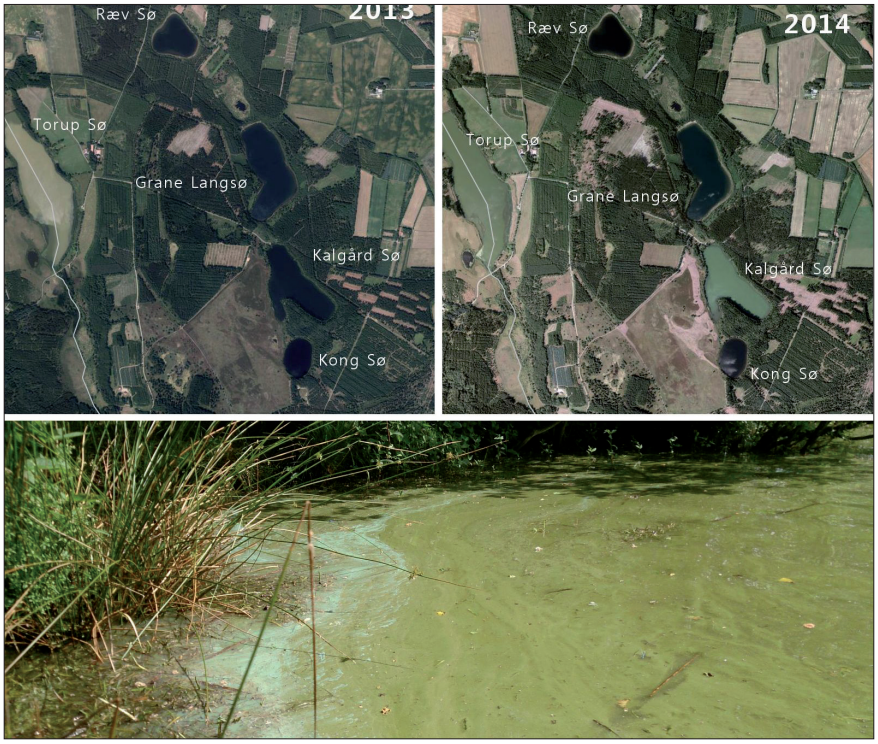
basen.dk). Vi foreslår derfor, at man begrænser de voksende bestande af grågæs og bramgæs, jager fuglene bort fra de mest værdifulde søer og i Thy opretter en skidesø til gæssene i det intensivt dyrkede agerland.

Brunfarvning med humusstoffer

Udvaskning af humusstoffer fra oplandet resulterer i brunt vand og dårlige lysforhold for grundskudsplanterne. De danske lobeliesøer varierer meget i brunfarvning, idet nogle er glasklare mens andre er kraftigt brunfarvede afhængig af oplandets vegetation og undergrund. Data fra hele Skandinavien tyder på at lobeliesøerne er blevet mere brunfarvede i løbet af de seneste 30 år /12/. Brunfarvningen skyldes udvaskning af svært nedbrydelige humusstoffer. Flere mener at den øgede brunfarvning skyldes nedsat syreregn /13/, da humusstofferne tilbageholdes i jorden ved lav pH /14/. Humusstoffer som blev tilbageholdt i jorden over flere årtier med syreregn frigives nu igen til grundvandet ved den højere jord-pH. Hypotesen støttes af at brunfarvning i de svenske søer netop er ledsaget af stigende pH, faldende sulfatindhold (mindre svovlsyre) og øget alkalinitet i søvandet /12/.

Tvorup Hul i Nationalpark Thy er en værdifuld lobeliesø, som næsten har mistet grundskudsvegetationen pga. det brune vand. Humusstofferne absorberer UV og blåt lys og i mindre omfang grønt og rødt lys, og lysabsorptionen mindsker grundskudsplanternes dybdeudbredelse. Grundvandet på forskellige positioner rundt om Tvorup Hul varierer fra næsten klart kildevand til "thevand" (Figur 5). Nåleskoven i søens opland producerer flere farvede forbindelser end heden, måske fordi skovens produktion er langt højere end hedens. Men humusindholdet i vandet styres også af typen af organiske stof, da noget organisk stof nedbrydes hurtigere end andet.

Naturstyrelsen har taget forskellige initiativer for at reducere brunfarvningen af Tvorup Hul, bl.a. ledes det meget brune drænvand fra fyrreplantagen nu udenom søen. Men søen tilføres fortsat mange humusstoffer med det indsivende grundvand, og det nedbrydes kun langsomt af solens UV lys ude i søen. UV nedbrydninger resulterer trods alt i mindre brunfarvning af søvandet om sommeren end om vinteren (Figur 6). Det er svært at se andre indgreb i oplandet til at mindske søens brunfarvning end at omlægge fyrreplantagen til hede måske i kombination med et yderligere omløbsdræn, så vandets opholdstid i søens forlænges yderligere for at forstærke UV-blegningen.



Figur 4 – Luftfoto over Tingdal-søerne fra 2013 (venstre) og 2014 (højre), som viser hvordan Kalgård Sø har skiftet farve fra det ene år til det andet. I 2013 havde alle fire lobeliesøer samme blå overflade, mens Kalgård Sø i 2014 havde samme farve som den eutrofe nabosø, Torup Sø. Kilde: Silkeborg Kommune webkort.silkeborg.dk. Nederst billede af littoralzonen i Kalgård Sø, juli 2015.

Tilgroning og dannelse af klithedesøer

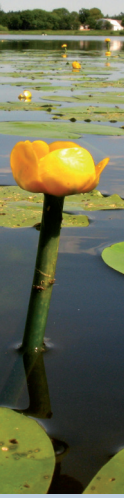
Nye lavvandede søer dannes naturligt ved udsivning af vand neden for høje klitter i et terræn, hvor sandet hele tiden flytter sig. Det bedste sted at observere denne form for søer er Råbjerg Mile. Over mange år gennemløber klithedesøerne en udvikling, hvor de i begyndelsen har klart vand og grundskudsplanter, men senere vokser bredzonen til i sumpplanter og buske, og vandet bliver mere brunfavet af udledninger fra omgivelserne. Til slut omdannes området til en hedemose. Mens denne proces tidligere foregik overalt langs de sandede og vindeksponerede kyster, har man nu om dage tæmmet klitterrænet med marehalm, hjælme og bjergfyr, så nydannede søer er få. Søernes tilgroning går også hurtigere nu pga. den forøgede kvælstoftilførsel fra luften.

Der er flere muligheder for at modvirke tabet af klithedesøer. Den mest oplagte er at gøre klitterrænet naturligt mere dynamisk ved at fjerne bjergfyrrene og åbne op for mere sandflugt. Vegetationen i tilgroede søer kan også fjernes. En tredje endnu mere oplagt mulighed er at skrælle lyngtørven bort og grave lavvandede søer nedenfor klitter, hvor vandet naturligt vælder frem. Klimaændringer kan assistere denne indsats. Det har nemlig vist sig at markant forøget nedbør og øget nedbørsoverskud i forhold til fordampning betyder, at søerne i klit- og hedeterræner vokser både i størrelse og antal, som påvist ved et studie af luftfotos af vestjyske heder fra de seneste 70 år /15/. Vi har derfor et presserende behov for en landsdækkende vurdering af mulighederne for sødannelse ved disse processer.

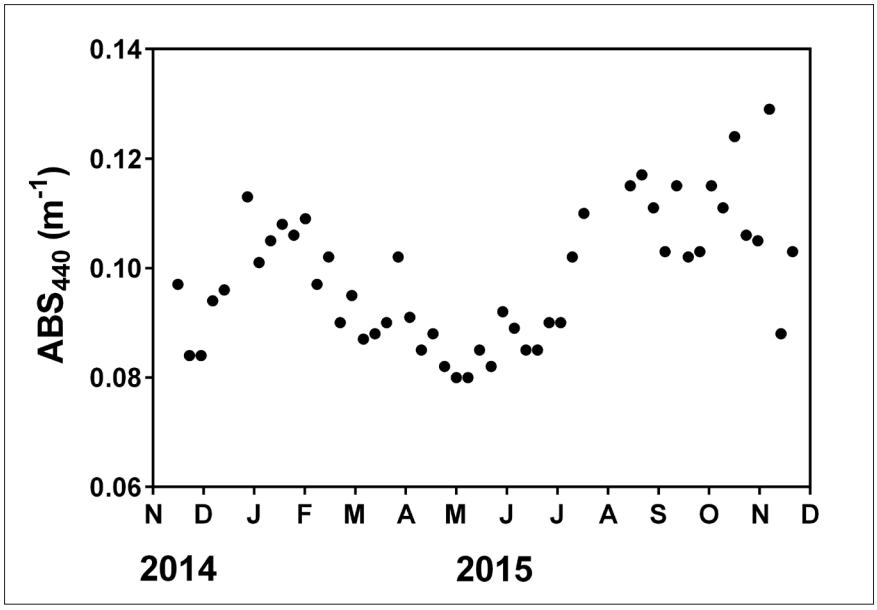
Lobeliesøer i fremtiden

Lobeliesøernes historiske udvikling er et sjældent sort kapitel i dansk naturhistorie. Adskillige sjællandske søer såsom Damhussøen, Furesø, Gurre Sø, Tissø og Tystrup-Bavelse søerne rummede grundskudsplanter for mellem 50 og 150 år siden. Nu er Dybe Sø ved Rørvig med strandbo den eneste der er tilbage på Sjælland. De jyske lobeliesøer er ikke blevet ramt lige så hårdt, men mange af dem er også blevet ødelagt. En af de største, Hostrup Sø i Sønderjylland, mistede det klare vand og størstedelen af sine grundskudsplanter pga. forurening fra en køddestruktionsanstalt, og en anden af de største overlevende lobeliesøer, Hampen Sø, er truet af landbrug. Den største generelle trussel mod søerne er eutrofiering fra landbrug og rastende fugle eller andeopdræt. Næringstilførslen fra luften med især kvælstof ligger også generelt over tålegrænsen for alle danske lobeliesøer.

Fortsatte klimaændringer kan både indebære fordele og ulemper. Øget nedbør kan



Figur 5 – Grundvandsprøver fra Tvorup Hul taget i 1,25 m dybde ca. 5 m fra søbredden hele vejen rundt om søen. Vandets indhold af farvet organisk stof er meget forskelligt afhængigt jordbundsforhold og vegetationstype i det område hvor grundvandet dannes.



Figur 6 – Årstidsvariation i farvetal (ABS440 (m^{-1}); en proxy for humusindholdet) i Tvorup Hul. Tvorup Hul var tidligere en værdifuld lobeliesø, men det brune vand fra de omkringliggende fyrreplantager har bortskygget næsten al grundskudsvegetationen.

som nævnt bidrage til at øge størrelsen og antallet af klit- og hedesøer. Omvendt vil stigende temperatur kunne øge tilførslen af organisk stof fra en større planteproduktion i omgivelserne og tillige skabe øgede iltproblemer for grundskudsplanternes rødder ved øget nedbrydning i søsedimenterne.

De største muligheder for restaurering af lobeliesøerne ligger i at fjerne sedimenternes næringsrige overfladelag som i Ål Præstesø, genindføre vanstandssvingninger, fjerne bredvegetationen og atter blotte mineralbunden og endelig etablere eller genetablere søerne de rette steder, hvor arternes rekrutteringsgrundlag stadig findes. Den nye Filsø er et eksempel til efterfølgelse.

Ole Pedersen (opedersen@bio.ku.dk), Lars Baastrup-Spohr, Mikkel Madsen-Østerbye, Emil Kristensen, Theis Kragh, Mikkel René Andersen og Kaj Sand-Jensen er ansatte ved Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Biologisk Institut, Københavns Universitet, Universitetsparken 4, 3. sal, 2100 København Ø. Frede Østergaard Andersen er ansat ved Biologisk Institut, Syddansk Universitet, Campusvej 55, 5230 Odense M

Litteratur

/1/ Pedersen O, Andersen T, Ikejima K, Hossain MZ, & Andersen FØ (2006) A multidisciplinary approach to understanding the recent and historical occurrence of the freshwater plant, *Littorella uniflora*. Freshwater Biology. 51: 865-877

/2/ Pulido C, Lucassen ECHET, Pedersen O, & Roelofs JGM (2011) Influence of quantity and lability of sediment organic matter on the biomass of two isoetids, *Littorella uniflora* and *Echinodorus repens*. Freshwater Biology. 56: 939-951

/3/ Møller CL & Sand-Jensen K (2011) High sensitivity of *Lobelia dortmanna* to sediment oxygen depletion following organic enrichment. New Phytologist. 190: 320-331

/4/ Sand-Jensen K, Borum J, Pedersen NL, Pedersen O, Raun AL, & Møller CL (2010) Når planter taber rodfæste, in Urt. p. 14-20.

/5/ Sand-Jensen K & Møller CL (2014) Reduced root anchorage of freshwater plants in sandy sediments enriched with fine organic matter. Freshwater Biology. 59: 427-437

/6/ Ejbye-Ernst M, Jepsen EO, & Reschat P (2001) Sedimentfjernelse i søer. Vand og Jord. 8: 61-66

/7/ Brouwer E & Roelofs JGM (2001) Degraded softwater lakes: possibilities for restoration. Restoration Ecology. 9: 155-166

/8/ Klamt A-M, Reitzel K, Andersen FØ, & Jensen HS (2015) Simulated drawdown and rewetting of littoral sediments: implications for Lobelia lake management. Hydrobiologia: 1-14

/9/ Baastrup-Spohr L, Møller CL, & Sand-Jensen K (2016) Water-level fluctuations affect sediment properties, carbon flux and growth of the isoetid *Littorella uniflora* in oligotrophic lakes. Freshwater Biology,

/10/ Kidmose J, Engesgaard P, Nilsson B, Laier T, & Looms MC (2011) Spatial distribution of seepage at a flow-through Lake: Lake Hampen, Western Denmark. Vadose Zone Journal. 19: 110-124

/11/ Karan S, Kidmose J, Engesgaard P, Nilsson B, Frandsen M, Ommen D, Flindt M, Andersen F, & Pedersen O (2014) Role of a groundwater–lake interface in controlling seepage of water and nitrate. Journal of Hydrology. 517: 791-802

/12/ Graneli W, Brownification of lakes, in Encyclopedia of Lakes and Reservoirs2012, Springer. p. 117-119.

/13/ Roulet N & Moore TR (2006) Environmental chemistry: browning the waters. Nature. 444: 283-284

/14/ Ekström SM, Kritzberg ES, Kleja DB, Larsson N, Nilsson PA, Graneli W, & Bergkvist B (2011) Effect of acid deposition on quantity and quality of dissolved organic matter in soil–water. Environmental Science & Technology. 45: 4733-4739

/15/ Degn HJ (2013) De danske heder bliver mere våde. Vand og Jord. 18: 148-152