

Undervandsplanters rolle i minivådområder

Konstruerede minivådområder, som virkemiddel til reducere af næringsstofbelastning fra dræned landbrugsarealer, kan effektiviseres ved at beplante det konstruerede vådområde med undervandsplanter, som supplement til den ofte naturligt forekommende rørsumpsvegetation. På den måde øges den totale næringsstoftilbageholdelse i systemet via planters direkte og indirekte effekter på næringsoptagelse.

ANNICA OLESEN, SOLVEI M. JENSEN,
ANNETTE B. ALNØE, ANNETTE BAATRUP-
PEDERSEN, TORBEN L. LAURIDSEN,
BRIAN K. SORRELL & TENNA RIIIS

Baggrund

Minivådområder er et vigtigt virkemiddel til kvælstofreduktion i dræned landbrugsarealer. I de kommende år skal minivådområder implementeres i stor stil over hele Danmark som en del af Fødevarer- og landbrugspakken. Der er i 2019 afsat 95 mio. kr. til etablering af minivådområder med overfladestrømning. Disse konstruerede minivådområder består af et sedimentationsbassin efterfulgt af tre åbne bassiner, som adskilles ved lavvandede vegetationsbræmmer /1/.

Planter kan fungere som et biofilter til vandrensning i sådanne minivådområder, da planterne optager næringsstoffer og bidrager til denitrifikation. Derudover fungerer de som substrat for biofilm, som er en belægning af næringsstofoptagende alger og bakterier.

Den naturlige indvandring af plantearter i minivådområder er typisk arter af rørsumpsplanter, som fx tagrør og dunhammer /2/. Rørsumpsplanters dybdeudbredelse er imidlertid begrænset til lavt vand og i store dele af minivådområdet med dybere vand, vil der således sjældent vokse planter. Vi ser i denne artikel på, om undervandsplanter knyttet til de dybere områder af minivådområdet (typisk op



Fig. 1: Forsøgsopsætning bestående af 56 mesokosmos (ca. 5 cm sediment og 20-22 cm vandstand). Hver mesokosmos blev iltet og forsynet med 1,2 l vand i timen, hvor overskydende vand løb ud igennem et overløbsrør.

Boks 1. Biodiversitetseffekter

- Komplementaritetseffekten (CE) er et mål for, at en øget diversitet resulterer i forskelle mellem arters udnyttelse og tilegnelse af ressourcer, som leder til en samlet set højere udnyttelse af fx næringsstoffer til opbygning af biomasse.
- Selektionseffekten (SE) er et udtryk for, at en øget diversitet øger sandsynligheden for, at en eller flere dominante og tilpassede arter er tilstede i samfundet, hvilket kan øge effektiviteten.
- Nettoeffekten af diversitet (NE) er summen af komplementaritets- og selektionseffekten

til 1 m dybde) vil kunne øge næringsstoffilbageholdelsen i systemet, og om det derfor vil være gavnligt at udplante sådanne i nyoprettede minivådområder. Vi gennemførte derfor i sommeren 2016 et mesokosmosforsøg, som var et kontrolleret udendørs eksperiment bestående af vandfyldte baljer (mesokosmer), hvori vi havde plantet undervandsplanter. I forsøget målte vi næringsstoffoptagelse, biomassetilvækst og denitrifikationspotentiale i plantesamfund af undervandsplanter med 1-4 arter og sammenlignede med habitater uden planter. Formålet var, at undersøge hvordan undervandsplanter kan bidrage til næringsstoffilbageholdelsen under realistiske næringsstoffkoncentrationer i minivådområder. I denne artikel vises et uddrag af studiets resultater /3,4/. Forsøget blev udført som en del af projektet "Planteproduktion for erhverv og natur – PLANTNAT" under GUDP, Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram.

Rensningsevnen i plantesamfund med flere arter

Studier har vist, at artsrige plantesamfund på land har højere primærproduktion og næringsstoffoptagelse grundet niche komplementaritet mellem arter /5/. Niche komplementaritet indebærer, at fordi forskellige arter udnytter ressourcer på forskellige måder og fra forskellige kilder, kan næringsstoffoptagelsen og plantebiomassen pr. arealenhed øges, når flere arter er tilstede. I forhold til undervandsplanter kan niche komplementaritet fx forekomme, hvis arter har forskellig udnyttelse af lys og næring. Ligeledes hvis der er forskel i arternes evne til at være substrat for biofilmens alger og bakterier. Niche komplementaritet i flerartsamfund kan undersøges ved hjælp af arternes biomasseproduktion ved at beregne komplementaritets- og selektionseffekter, samt den samlede nettoeffekt af diversitet (Boks 1). Der er ligeledes indikationer på, at denitrifikationspotentialet, hvorved kvælstof kan fjernes helt fra systemet, er større ved tilstedeværelsen af undervandsplanter. Dette kan skyldes, at tilstedeværelsen af planter kan skabe mere optimale forhold for denitrificerende bakterier ved både at øge akkumulering og nedbrydning af organisk stof omkring planterne. Det er derfor også interessant at undersøge, om denitrifikationspotentialet er højere i flerartssamfund sammenlignet med enkeltartssamfund, hvor forskelle mellem arter (fx forskelle i rodtybde og frigivelse af ilt fra rødder) yderligere kan optimere forholdene for denitrifikation.

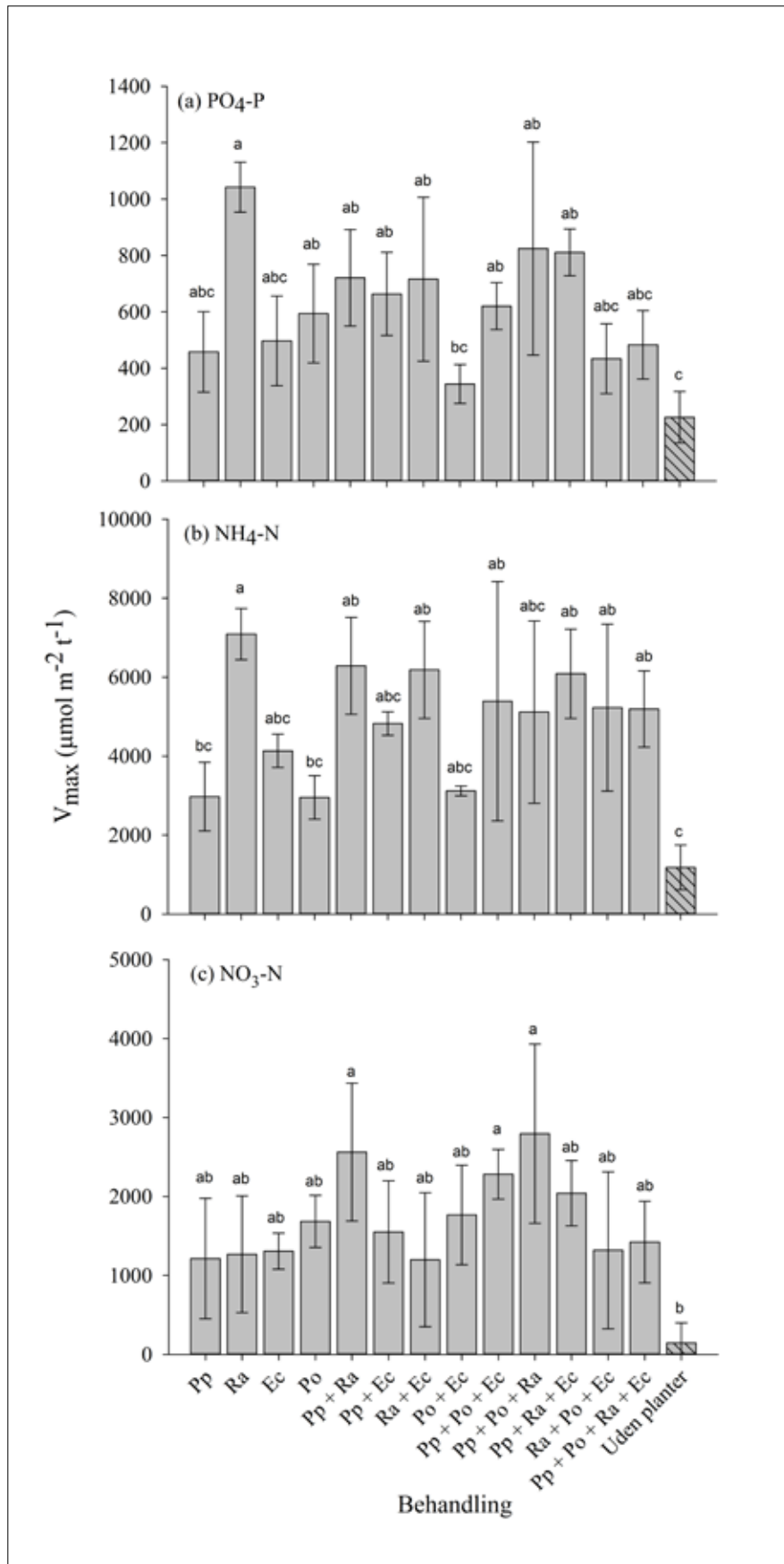


Fig. 2: Maksimale næringsstoffoptagelsesrater (V_{max} ; μmol pr. sedimentoverfladeareal (m^2) pr. time) (\pm standardafvigelse) af a) fosfat-P, b) ammonium-N og c) nitrat-N for henholdsvis 1-, 2-, 3-, og 4-artsbehandlinger samt én behandling uden planter. Behandlinger med forskellige bogstaver er signifikant forskellige. Pp = *Potamogeton perfoliatus*, Ra = *Ranunculus aquatilis*, Ec = *Elodea canadensis*, Po = *Potamogeton obtusifolius*.

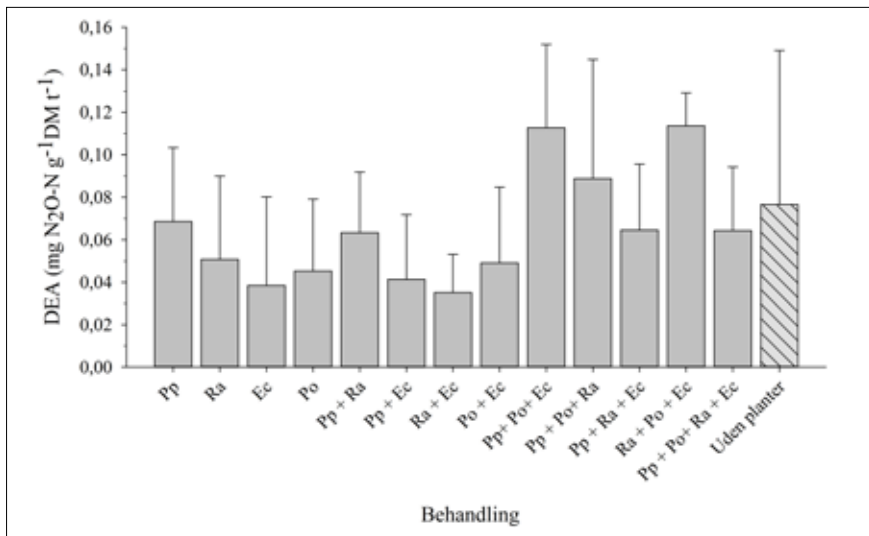


Fig. 3: Denitrifikationspotentiale (DEA; $\mu\text{g N}_2\text{O-N pr. gram sediment tørmasse (DM) pr. time}$) (+ standardafvigelse) for hhv. 1-, 2-, 3- og 4-artsbehandlinger samt én behandling uden planter. Der var ingen signifikante forskelle mellem behandlingerne. Pp = *Potamogeton perfoliatus*, Ra = *Ranunculus aquatilis*, Ec = *Elodea canadensis*, Po = *Potamogeton obtusifolius*.

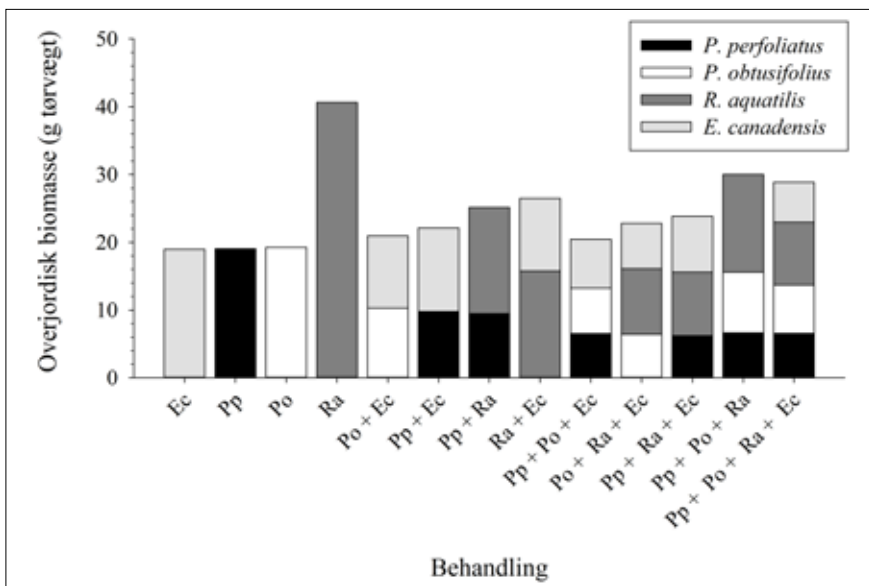


Fig. 4: Overjordisk biomasseproduktion (g tør vægt) efter otte ugers vækst i hver behandling og arternes bidrag til biomassen. Hver søjle er et gennemsnit af fire mesokosmos.

Undersøgelse af næringsstofoptagelse, biomassetilvækst og denitrifikation

Vores eksperiment bestod af en forsøgsopstilling med 56 delvist nedgravede baljer med sediment og vandgennemstrømning, som resulterede i en opholdstid på ca. 2 dage (Fig. 1). Baljerne blev iltet ved hjælp af en luftpumpe, og sedimentet bestod af rensed strandsand. Hver balje blev tilplantet med ens startbiomasse af skud fra 1-4 arter af undervandsplanter, som herefter udviklede naturlige plantesamfund over otte uger. De fire plantearter var hjertebladet vandaks (*Potamogeton perfoliatus*), butbladet vandaks (*Potamogeton obtusifolius*), almindelig vandranunkel (*Ranunculus aquatilis*) og almindelig vandpest (*Elodea canadensis*). Der var 13

behandlinger med planter (fordelt på 1-, 2-, 3- og 4-artsamfund) og en behandling uden planter med fire replikater af hver. Under vækstperioden på otte uger blev der flere gange ugentligt tilført kvælstof (N) og fosfor (P) i koncentrationer, som sikrede vækst af planterne. Efter otte uger blev plantesamfundenes næringsstofoptagelseshastighed (V_{max}) af fosfat-P ($\text{PO}_4\text{-P}$), ammonium-N ($\text{NH}_4\text{-N}$) og nitrat-N ($\text{NO}_3\text{-N}$) undersøgt, samt optagelsen i habitater uden planter, men med biofilm på sedimentoverfladen. Vi tilførte en næringsstofmængde svarende til ca. 1 mg $\text{PO}_4\text{-P/l}$, 1 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ og 3 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$, som simulerer realistiske forhold i minivådområder, der modtager markdrænvand. Efter tilførslen undersøgte vi faldet i

vandets næringsstofkoncentration over tid (ca. et døgn), som konsekvens af planternes og biofilmens næringsstofoptag. Dette gjorde vi ved udtagning af vandprøver ved faste tidsintervaller. Herefter tog vi sedimentprøver til bestemmelse af denitrifikationspotentialet i sediment under planter og i sediment uden planter for at undersøge effekten af planternes tilstedeværelse og diversitet. Afslutningsvis blev plantebiomassen høstet og inddelt efter arter, således at vi kunne beregne niche komplementaritet ved hjælp af hver arts bidrag til den samlede biomasse i systemet.

Tilstedeværelsen af undervandsplanter øger næringsstofoptagelsen

Sammenligning af optagelsesrater i habitater med planter i forhold til habitater uden planter viste, at effektiviteten af næringsstofoptagelse af fosfat og ammonium gennemsnitligt var hhv. 3 og 5 gange højere i habitater med planter. I plantesamfund var optagelsesraten af fosfat højere i 8 ud af 13 samfund sammenlignet med behandlingen uden planter. For ammoniumoptagelsen var det samme gældende for 7 ud af 13 samfund (Fig. 2). Der var generelt ikke nogen signifikant forskel mellem optagelsen af nitrat i plantehabitater sammenlignet med habitater uden planter, da der var meget stor variation i habitaternes optag.

Resultaterne viste, at tilstedeværelsen af undervandsplanter vil øge effektiviteten af næringsstoff tilbageholdelsen i minivådområder i forhold til minivådområder uden undervandsplanter. Dette skyldes, at planterne selv optager kvælstof og fosfor, men samtidig fungerer som substrat for vækst af biofilm, som ligeledes optager næringsstoffer. Komplexiteten af samfundene øges ved undervandsplanternes tilstedeværelse, således at både planterne og biofilmen bidrager til øget næringsstoff tilbageholdelse i systemet.

Den primære årsag til at vand renses for kvælstof i minivådområder, er denitrifikation, hvor nitrat omdannes til frit kvælstof via denitrificerende bakterier. I vores studie fandt vi ingen forskel i denitrifikationsraten mellem behandlingerne, og undervandsplanterne havde derfor ikke betydning for denitrifikationen (Fig. 3). Dette kan skyldes, at de undersøgte habitater kun havde udviklet sig over otte uger, hvilket ikke var nok til, at sedimentet blev iltfrit, eller at der ikke var nok tilgængeligt kulstof i sedimentet, som kunne fungere som energikilde for bakterierne. Derfor foretages der i øjeblikket i PLANTNAT projektet in-situ forsøg med denitrifikationsundersøgelser direkte i mere modne minivådområder.

Øget artsrigdom – gør det nogen forskel?

Når artsrigdommen steg i plantesamfundene, var der ikke en automatisk stigning i næringsstofoptagelsesraten, denitrifikationspotentialet eller biomasseproduktionen (Fig. 2, 3 og 4).

Derfor fandt vi heller ikke nogen effekt af niche komplementaritet på udviklingen af biomasse i flerartssamfund (Fig. 5), hverken for den overjordiske, underjordiske eller totale biomasse. Dette indikerer, at der ikke vil være nogen effekt ved at have flere arter af undervandsplanter i minivådområder med henblik på at effektivisere vandrensningen. Kun enkelte andre studier har undersøgt niche komplementaritet i samfund af undervandsplanter, hvor to studier heller ikke har kunnet påvise en effekt af flerartssamfund (7,8). Manglen på effekt kan skyldes, at arter af undervandsplanter er for ens i deres niche og ressourcekrav, og derfor ikke udnytter næringsstofressourcerne forskelligt. Hvis derimod både rørsumps- og undervandsplanter findes i minivådområdet, forventes det, at der vil forekomme niche komplementaritet mellem de to plantegrupper. Det skyldes, at de vokser på forskellige dybder og optager næringsstoffer fra forskellige næringspuljer, og derfor i højere grad vil udnytte ressourcer forskelligt end arter inden for én plantegruppe.

Vores resultater viste, at samfund med 2-4 arter af undervandsplanter ikke var mere effektive i forhold til næringsstofoptag, denitrifikation eller biomasseproduktion sammenlignet med enkeltartssamfund. Samtidig viste resultaterne, at almindelig vandranunkel (*R. aquatilis*) var særlig effektiv til biomassetilvækst (Fig. 4) samt til fosfat- og ammoniumoptagelse (Fig. 2), hvilket resulterede i, at enkeltartssamfund med vandranunkel var det mest effektive samfund. Dette indikerer, at én særlig effektiv art (som fx almindelig vandranunkel) kan være lige så god i enkeltartssamfund som i flerartssamfund.

Konklusion og perspektiver

Det er oplagt at anvende undervandsplanter i minivådområder, da de dybere områder af bassinerne ikke kan koloniseres af rørsumpsplanter. Det giver dog ikke en bedre rensningsevne at have flere arter af undervandsplanter i systemet sammenlignet med enkeltartssamfund. Det forventes dog, at en tilstedeværelse af både undervandsplanter og rørsumpsplanter øger systemets næringsstoff tilbageholdelse ved at flere nicher udfyldes af planter. Derfor anbefales det, at minivådområder beplantes både med rørsumpsplanter og undervandsplanter for at øge minivådområdernes rensningskapacitet.

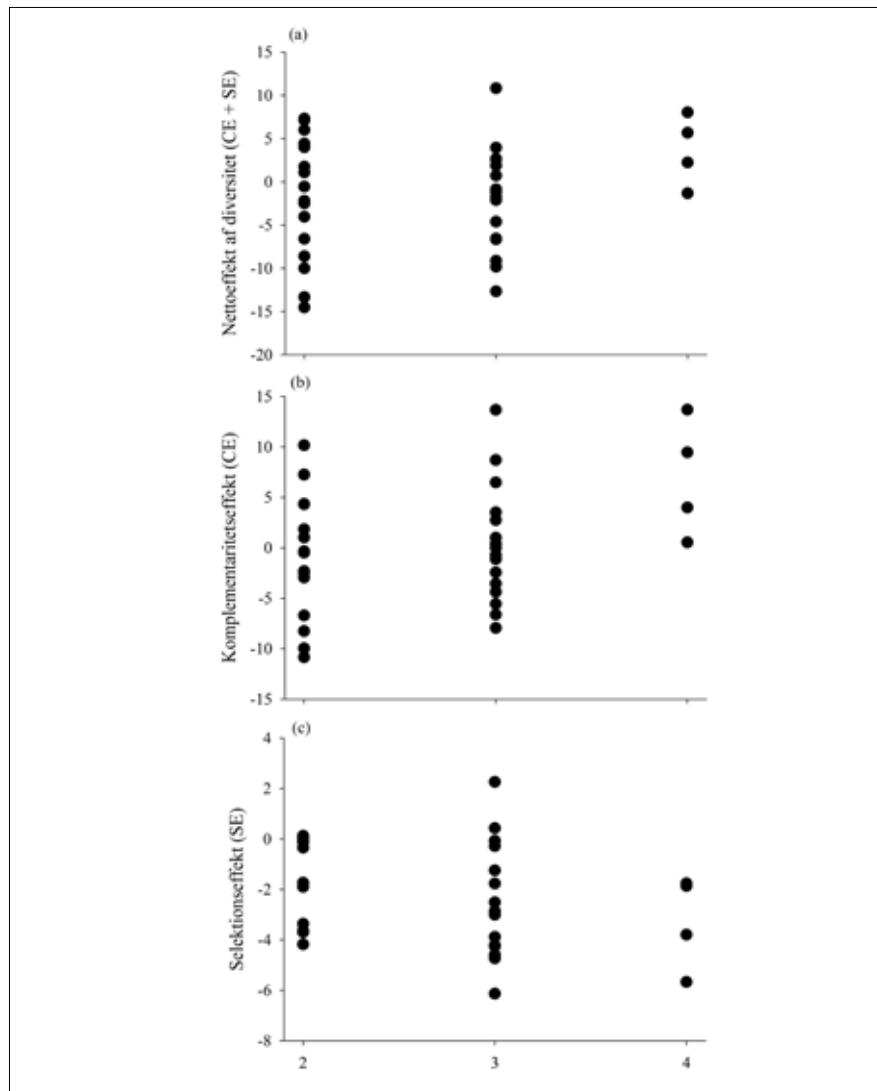


Fig. 5: Diversitetseffekter for total biomasse (g tørvægt) i flerartssamfund. a) Nettoeffekt af diversitet, b) komplementaritetseffekt og c) selektionseffekt. Hvert punkt er et mesokosmos. Der var ingen signifikante lineære sammenhænge mellem effekterne og stigende artsrigdom.

Referencer

- /1/ Kjærgaard, C., Hoffmann, C. C. 2013. Konstruerede minivådområder til målrettet reduktion af næringsstoffer i drænvand. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi og DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Landbrug.
- /2/ Vymazal, J. 2013. Emergent plants used in free water surface constructed wetlands: A review. *Ecological Engineering* 61, 582-592.
- /3/ Olesen, A., Jensen, S. M., Alnoe, A. B., Baatrup-Pedersen, A., Lauridsen T. L., Sorrell, B. K., Riis, T. 2018. Nutrient kinetics in submerged plant beds: A mesocosm study simulating constructed drainage wetlands. *Ecological Engineering* 122, 263-270.
- /4/ Riis, T., Olesen, A., Jensen, S. M., Alnoe, A. B., Baatrup-Pedersen, A., Lauridsen, T. L., Sorrell, B. K. 2018. Submerged freshwater plant communities do not show species complementarity effect in wetland mesocosms. *Biology Letters* 14. 20180635.
- /5/ Cardinale, B. J., Wright, J. P., Cadotte, M. W., Carroll, I. T., Hector, A., Srivastava, D. S., Loreau, M., Weis, J. J. 2007. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. *PNAS* 104(46), 18123-18128.
- /6/ Forshay, K. J. & Dodson, S. I. 2011. Macrophyte presence is an indicator of enhanced denitrification and nitrification in sediments of a temperate restored agricultural stream. *Hydrobiologia* 668, 21-34.
- /7/ Engelhardt, K. A. M. & Ritchie M. E. 2002. The effect of aquatic plant species richness on wetland ecosystem processes. *Ecology* 83(10), 2911-2924.
- /8/ Choudhury, M. I., McKie, B. G., Hallin, S., Ecke, F. 2018. Mixtures of macrophyte growth forms promote nitrogen cycling in wetlands. *Science of the Total Environment* 635, 1436-1443.

ANNICA OLESEN (annica.olesen@bios.au.dk), SOLVEI M. JENSEN, ANETTE B. ALNOE, ANNETTE BAATRUP-PEDERSEN, TORBEN L. LAURIDSEN, BRIAN K. SORRELL og TENNA RIIS er alle ansat ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet.