



Naturligt landskabsfilter i form af lokalt vådområde. Foto: Charlotte Kjærgaard

råder til etablering af konstruerede minivådområder. DCA- Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 15 s, Maj, 2017.

/5/ Kjaergaard, C, Hoffmann, C.C, Gertz, F, Iversen, B.V. 2017. Surface-flow constructed wetlands as targeted measures reducing drainage losses of nutrients from agricultural areas. Submitted Ecological Engineering.

/6/ Hoffmann, C.C., Kjaergaard, C. 2017. Nitrogen removal

in denitrifying bioreactors with variable hydraulic design targeting agricultural drainage water. Submitted Water Research

/7/ Dannisøe, J.G. 2017. Optimisation of the nitrogen loadings to Karrebæk Fjord - Seasonal effects from nitrogen reductions. DHI rapport, s. 93, Juli 2017.

CHARLOTTE KJÆRGAARD er PhD og specialkonsulent ved

SEGES Miljø, tidligere seniorforsker ved Aarhus Universitet. E-mail: chkj@seges.dk

CARL CHRISTIAN HOFFMANN er seniorforsker ved Inst. for Bioscience, Aarhus Universitet.

BO VANGSØ IVERSEN er PhD og lektor ved Inst. for Agroøkologi, Aarhus Universitet



Kvælstofudledningen år 1900

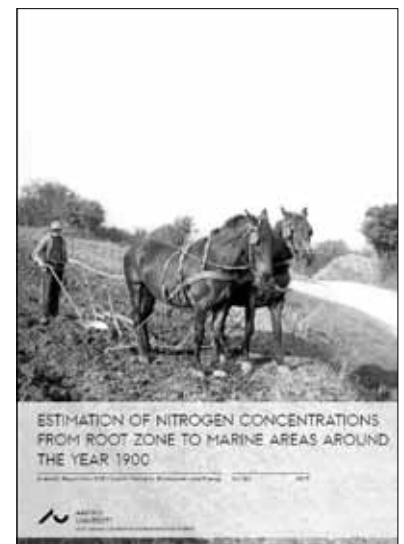
En ny rapport fra DCE ved Aarhus Universitet har beregnet estimatet for kvælstofindholdet i det vand, der løb ud til kysten omkring år 1900. Fortiden er interessant, da tiden omkring år 1900 er valgt som reference for målsætningerne i de danske vandområdeplaner.

I rapporten konkluderes, at kvælstofindhol-

det i det vand der nedsivede fra landbrugsarealerne omkring år 1900 i gennemsnit var 12 mg N/l, mens det vægtede gennemsnit for hele landet inklusiv naturarealer var på 9 mg N/l. Størstedelen af det kvælstof der blev tabt fra landbrugsarealerne, blev dog omsat i grundvand, vådområder og overfladevand således, at koncentrationen i det vand der nåede kysten kun var 1-2 mg N/l, mod nuværende kvælstofkoncentrationer på ca. 4 mg N/l.

Resultaterne kan læses i DCE rapporten "Estimation of nitrogen concentrations from root zone to marine areas around the year 1900". <http://dce.au.dk/aktuelt/nyheder/nyhed/artikel/ny-analyse-af-gammelt-kvaelstof/> Vand & Jord nr. 4 (2017) bringer én artikel om dette emne.

CHK



Hvordan virker Intelligente BufferZoner?

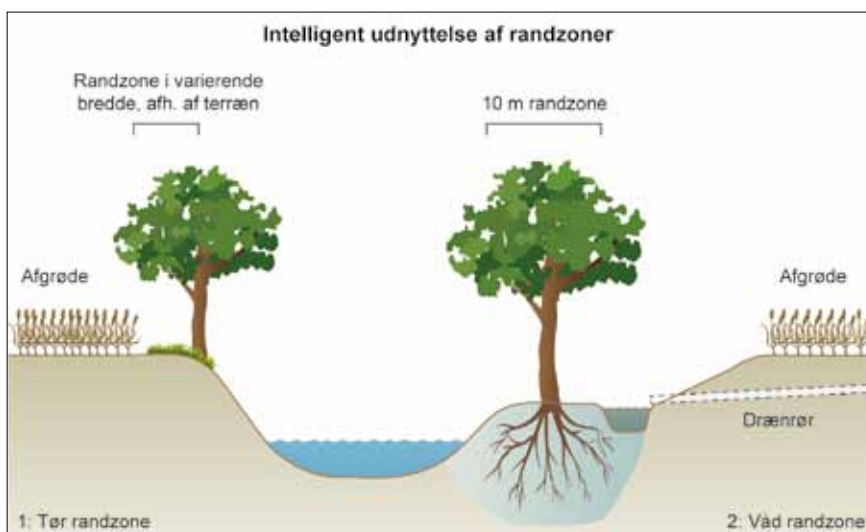
Landbrugspakken fra 2016 indeholder planer om en målrettet regulering af landbrugets kvælstofemissioner. Derfor er det vigtigt at få udviklet og testet nye virkemidler som kan medvirke til at reducere kvælstofudvaskning og -tab til overfladevand. Som noget nyt har vi testet effekterne af en Intelligent BufferZone (IBZ), der typisk placeres indenfor en 10 m randzone langs med vandløb og søer.

BRIAN KRONVANG, HENNING JENSEN,
SARA EGEMOSE, CARL CHRISTIAN HOFFMANN,
NIELS B. OVESEN, FLEMMING GERTZ & DOMINIK ZAK

Introduktion

Landbrugspakken fra 2016 indeholder kompensationsforslag om indførelse af målrettede drænvirkemidler fra 2019 der samlet forventes at skulle reducere kvælstofbelastningen af kystvande med 3800 tons N /1/. Kompensationen er nødvendig da landbruget i 2016 og 2017 har fået lov til at øge forbruget af N-gødning til det økonomisk optimale for de forskellige afgrøder. Samtidig er der et stort behov for at udvikle virkemidler som kan hjælpe med at reducere fosforbelastningen af overfladevand fra det åbne land. Det drejer sig især om fosfortabet via drænvand og overfladisk afstrømning, som udgør en stor andel af det samlede åbne lands fosfortab /2/. Endelig er der behov for at finde nye metoder i det åbne land, der kan anvendes til at forsinke vandafstrømningen fra dræn til vandløb for at forhindre oversvømmelser i af nedstrøms sårbare byer /3/.

I et forskningsprojekt (BufferTech) finansieret af Innovationsfonden i perioden 2014-2018, og i et samarbejde med Hushållsskabet i Halland og et BalticSea2020 projekt omkring integrerede randzoner /4/, tester vi



Figur 1. Skematisk tværsnit af området omkring et vandløb med visning af en Intelligent BufferZone til højre hvor drænet ender og hvor randzonen langs vandløbet derfor bliver til en zone med højere grundvandsstand og med en beplantning med elletræer.

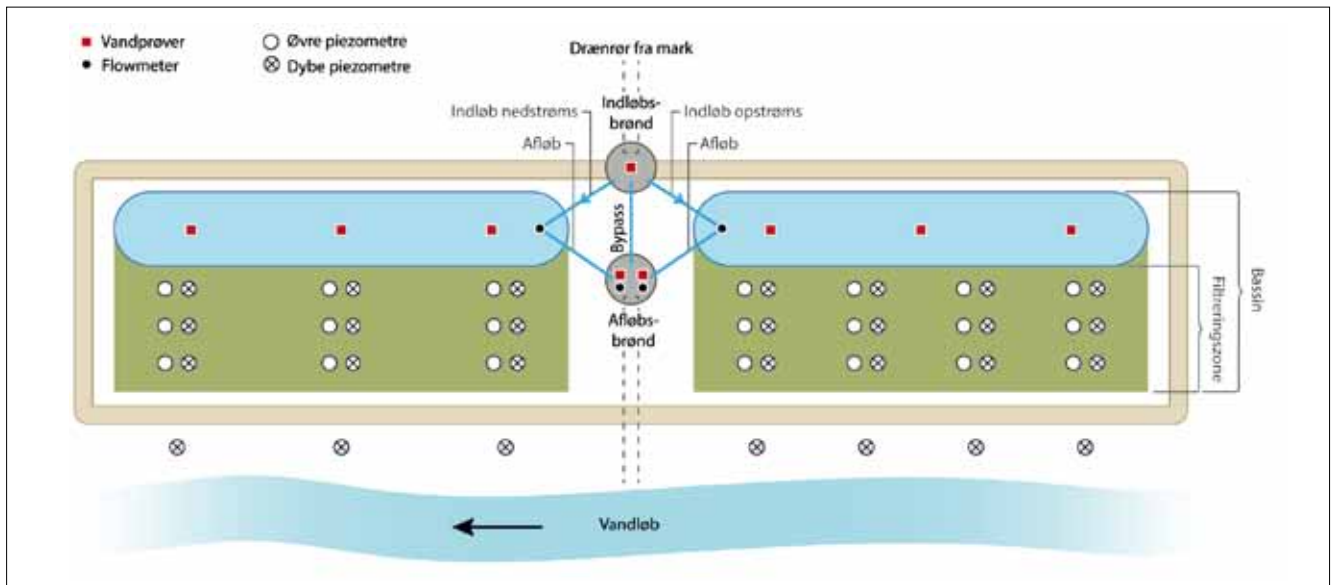
Intelligente Bufferzoners (IBZ) evne til at omsætte og tilbageholde (retention) kvælstof- og fosforforbindelser (www.buffertech.dk).

Konceptet bag Intelligente BufferZoner

Ideen bag den Intelligente BufferZone (IBZ) består simpelt i at fange drænvandet fra marken i et gravet bassin, som består af en grøft og et plateau beplantet med elletræer, der etableres langs med vandløbet (Fig. 1). I IBZ'en vil grøften virke som et lille vådområde, hvor der kan ske en omsætning

og tilbageholdelse af kvælstof og fosfor fra drænvandet, som jo ellers ville være endt direkte i overfladevand. I IBZ'en vil der ske en infiltration og gennemsivning af vand fra anlægget gennem randzonen til det tilstødende vandløb. Herved vandmættes randzonen og der kan under drænvandets passage ske en yderligere omsætning af nitrat. Hvorvidt der også kan ske en filtrering af fosfor eller en frigivelse af fosfat afhænger meget af de lokale jordbundsforhold – herunder jordens indhold af reducerbare jern- og fosfor fraktioner /5/.

Da IBZ'en typisk skal etableres ved foden af



Figur 2. Koncepter for instrumentering og måling i en intelligent bufferzone – som ved det eksperimentelle IBZ anlæg ved Fillerup. Der måles i flow i indløb og afløb med flowmètre, udtages vandprøver og måles vandstand i den åbne, dybe del af bassinet (grøften) og er opsat transekter af piezometre til måling af grundvandsstand og udtag af vandprøver i infiltrationszonen af anlægget.

skrånende marker langs mindre vandløb, for at skabe et vandtryk der kan give en gennemsvining fra IBZ gennem randzonen, vil anlægget også være en effektiv barriere for overfladisk afstrømning fra den tilstødende mark. Derfor vil de fleste IBZ'er virke både som magasin og fælde for drænvand og overfladisk afstrømning fra de tilstødende marker. IBZ'en vil derfor også fange mindre jordpartikler og sand fra drænvandet og det overfladisk afstrømmende vand fra marken, som ellers ville påvirke de fysiske forhold herunder gydeforhold for ørred i de typisk mindre vandløb, som IBZ'en primært kan etableres langs med.

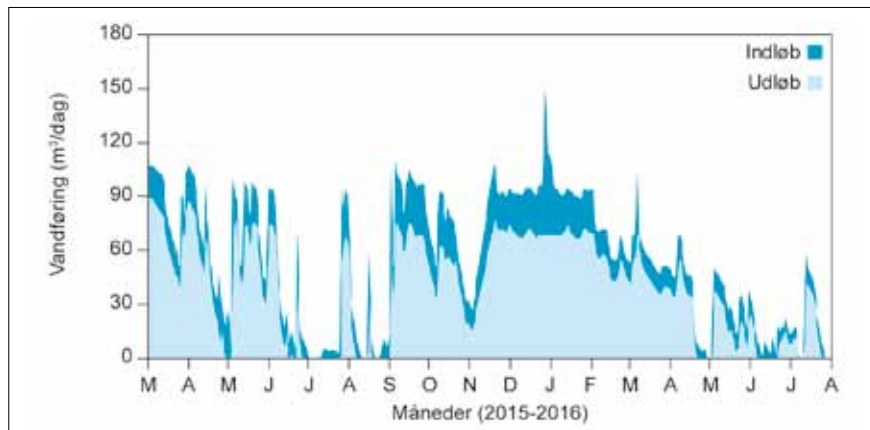
IBZ'en er derfor velegnet til at opfange vand, sediment og næringsstoffer fra marken – forventeligt især fra mindre drænsystemer fra skrånende marker (typisk 5-20 ha drænoplande).

Måledesign og -metoder

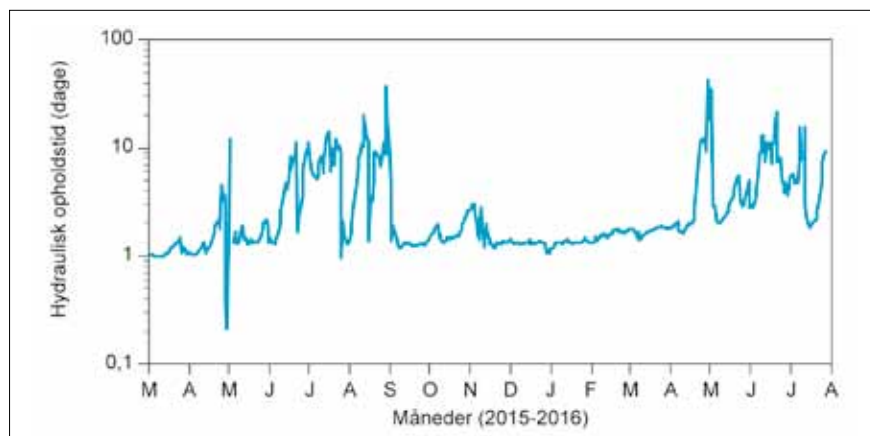
I juli 2014 blev der etableret et IBZ forsøgsanlæg på en eng langs Odder Å ved Fillerup i Odder. Forsøgsanlægget består af to eksperimentelle anlæg, der begge modtager vand fra et dræn som afvander et ca. 20 ha stort drænopland med blandet arealanvendelse (juletræer, marker i omdrift og måske lidt skov). Anlæggets design fremgår af figur 2. Hvert IBZ bassin består af en ca. 5 m bred og 1 m dyb grøft, samt en infiltrationszone som også er ca. 5 m bred. Infiltrationszonen er beplantet med elletræer. Hvert af de to IBZ bassiner modtager drænvand via et indløb som fodres med vand fra en drænbrønd (Fig. 2 og foto 1). I anlægget er der konstrueret et afløb lige nedstrøms indløbet hvor overskydende vand fra grøften kan sive gennem et udlagt gruslag



Foto 1. Foto af IBZ anlægget ved Fillerup: Øverste foto viser anlægget lige efter etablering i vinteren 2014/15. Beplantning med elletræer beskyttes af rør, nedsatte piezometerør (hvide), vandstandsmåler i grøften og indløb med flowmètre; Nederste foto viser anlægget i august 2017 dvs. 3 år efter etableringen. Det ses at elletræer er vokset sig store og der har udviklet sig en rig vegetation i IBZ.



Figur 3. Gennemsnitlig daglig vandføring i indløb og udløb til det opstrøms kammer i IBZ ved Fillerup i måleperioden marts 2015 til august 2016.



Figur 4. Beregnet gennemsnitlige daglige hydrauliske opholdstid i den åbne del af det opstrøms kammer i IBZ ved Fillerup i måleperioden marts 2015 til august 2016.

indtil en brønd, der indeholder et overløb. Overløbsvandet løber til endnu en brønd nedsat bag anlægget (Fig. 2). Endelig er der i den anden ende af grøften etableret et nødafløb, som kun træder i kraft ved ekstreme vandstande i anlægget. Alle brønde og rør er kun etableret for målingerne i dette eksperimentelle anlæg så i et IBZ vil dræn bare bliver afskåret ved deres indløb i anlægget og der vil skulle etableres et afløb.

Vandføringen (flow) måles kontinuert i hvert bassin med flowmetre opsat på indløbet og afløbet. På infiltrations plateauet er der nedsat 3-4 rækker af piezometerrør med 3 målesteder i hvert transekt, hvert af dem be-

stående af 2 piezometerrør filtersat i 2 dybder (typisk 30-40 cm og 80-90 cm under overfladen). Vandprøver udtages med automatisk prøvetager i indløbet fra drænet som puljet prøvetagning (en stikprøve hver 3 time). Hver 14'ende dag udtages der punktprøver fra indløb, afløb, 3 steder i grøften og i alle piezometerrør. Desuden pejes vandstanden kontinuert med tryktransducer i anlægget og vandstanden i piezometerrør måles før prøvetagningen. Elforsyningen til flowmetre, tryktransducer og datalogger sikres ved opsætning af solpaneler. Mållingerne i den eksperimentelle IBZ startede i foråret 2015 og forløb til efteråret 2016. I november 2015 og

marts 2016 blev der gennemført et tracer eksperiment med anvendelse af bromid som tracer for at afklare vandets strømning fra bassinerne gennem infiltrationszonen, samt strømningen fra anlægget ned mod åen. Gennemsnits koncentrationen af kvælstof og fosfor i vandprøver fra de aktive piezometerrør i anlægget, hvor der blev fundet en tracerpuls, blev herefter anvendt i beregningerne af hvad der sker af omsætning og sorption i infiltrationszonen.

Overvågning af anlæggets virkning og effektivitet blev påbegyndt i foråret 2015 med kontinuert måling af vandflow i indløb og udløb og koncentrationer af kvælstof og fosfor former i indløb (automatisk prøvetagning med ISCO), udløb, vandet i anlægget og af grundvandet i infiltrationszonen.

Resultater

Vandstrømning og opholdstid

IBZ bassinerne modtager drænvand fra et ca. 20 ha stort drænoiland. Vandføringen i indløbet til bassinerne varierer hen over året som det er vist for det opstrøms bassin (OSB) i figur 3. Størst er vandføringen i indløbet til OSB i vinterperioden med typisk 100 m³/dag til meget små vandføringer i sommerperioden hvor indløbet kan løbe helt tørt (Fig. 3). Vandføringen i afløbet fra OSB følger generelt indløbet men med en noget lavere vandføring (Fig. 3). Forskellen mellem de to målinger er infiltrationen af vand i anlægget, når der dog tages hensyn til den oftest ubetydelige indflydelse af nedbør, fordampning og vandstandsændringer i bassinet. Infiltrationen i anlægget kan beregnes til i gennemsnit for hele måleperioden at udgøre 2,6 mm pr. time i opstrøms bassin (OSB) og 8,2 mm pr. time i det nedstrøms bassin (NSB). Den store forskel i nedsivning mellem de to bassiner skyldes, at der i infiltrationsplatformen i OSB er fundet lerlag i bunden og toppen af et horisontalt sandlag, mens den i NSB hovedsageligt består af sand med indlejret grus.

Opholdstiden i de to bassiner er længst om sommeren og mindst om vinteren (Fig. 4). Opholdstiden varierer i gennemsnit gennem måleperiode fra 3,5 dag (median: 1,7 dag) i OSB til 1,8 dag (median: 1,4 dag) i NSB.

Kvælstof retention

Gennemsnitskoncentrationen af total kvælstof og nitrat var i måleperioden på henholdsvis 5,9 og 5,2 mg N/L (Fig. 5A). Nitrat udgør langt den største del af total N i drændløbet i det meste af året – bortset fra perioden maj-juli 2016 hvor organisk kvælstof har stor betydning (Fig. 5A). Der er målt en retention af total kvælstof gennem hele måleperioden.

Tabel 1. Totalkvælstof-retention i den intelligente Bufferzone i Fillerup ved Odder opgjort som massebalance for de to eksperimentelle bassiner i perioden marts 2015 til juli 2017- Opstrøms bassin (OSB) og nedstrøms bassin (NSB).

	OSB	NSB
Import af total kvælstof	177 kg	241 kg
Retention i åbent bassin	28 kg	31 kg
Retention i infiltrationszonen	17 kg	44 kg
Total retention	45 kg	75 kg
Effektivitet (%)	26%	31%

Retentionen af kvælstof er mindst i vintermånederne med et minimum på 10% i marts 2015 og er størst i sommermånederne med en retention på 62% i juni 2016 (Fig. 5B). Kvælstofretentionen er meget konstant i infiltrationszonen, mens den varierer betragteligt henover året i det åbne bassin med størst kvælstofretention i sommerperioden (Fig. 5C).

Det samlede kvælstofregnskab for de eksperimentelle bassiner er vist i tabel 1. De to bassiner viser en kvæstofeffekt på henholdsvis 26% og 31% over måleperioden på 17 måneder (tabel 1). Størst er effekten i NSB simpelthen på grund af dette anlægs større infiltration. Den beregnede årlige effekt for de to eksperimentelle anlæg er for total N opgjort til 32% og 36% svarende til henholdsvis 1310 og 2270 kg N ha⁻¹ pr. år. De tilsvarende tal er for nitrat-N på 32% og 36% eller 1040 og 1750 g N ha⁻¹ pr. år.

Fosfor retention

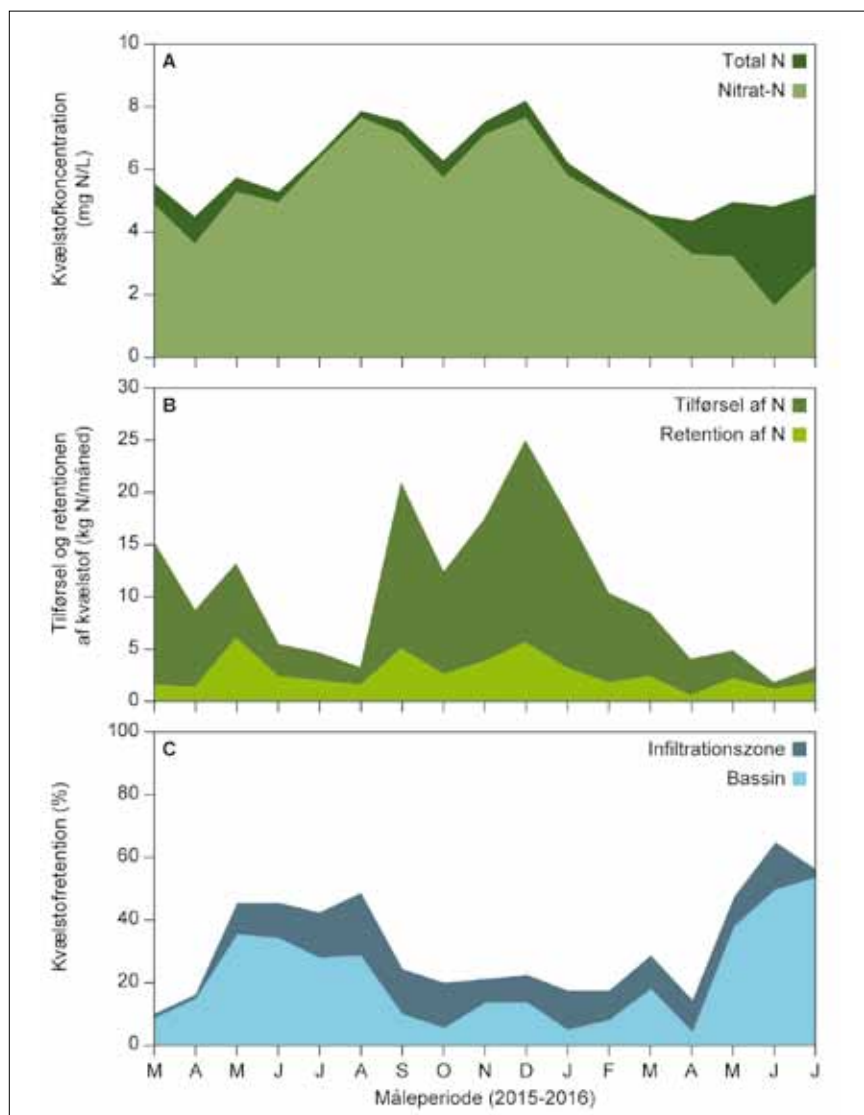
Retentionen af fosfor i det eksperimentelle IBZ anlæg er større end for kvælstof (Figur 6A). Den totale fosforretention i det opstrøms bassin udgør således en langt større andel af den månedlige tilførsel i indløbet gennem hele året med en variation fra 26-82% (Figur 6B). Retentionen er størst i sommermånederne og mindst i efterår- og vinterperioden (Figur 6B). Retentionen af fosfor er generelt størst i det åbne bassin, bortset fra en periode af efteråret hvor der formentlig frigives fosfor fra den hendørende plantebiomasse i anlægget (Figur 6B).

Det samlede fosforregnskab for de eksperimentelle bassiner er vist i tabel 2. De to bassiner viser en fosfor retentionseffekt på henholdsvis 43% og 50% over måleperioden på 17 måneder (tabel 2). Størst er effekten i NSB simpelthen på grund af dette anlægs større infiltration.

Den beregnede årlige effekt for de to eksperimentelle anlæg ligger for total P på 44% og 51% svarende til 19 og 30 kg P ha⁻¹ pr. år. De tilsvarende tal er for opløst orthofosfat på 53% og 65% eller 10 og 18 kg P ha⁻¹ pr. år.

Fremtiden – nye fuldskalaanlæg

I et nyt projekt etableres der 2 nye fuldskalaanlæg for at teste effekten af disse for fjernelse og tilbageholdelse af kvælstof og fosfor. Det ene anlæg blev etableret i maj 2017 (foto 2). En overvågning af anlæggets effekt er påbegyndt i juni 2017 med kontinuert måling af vandflow i indløb og udløb og koncentrationer af N og P former i indløb (automatisk prøvetagning med ISCO), udløb, vandet i anlægget og af grundvandet i infiltrationszonen. Der arbejdes pt. med etablering af et fuldskala-



Figur 5. Koncentrationen af total N og nitrat-N i indløbsvandet til den intelligente bufferzone i det opstrøms anlæg (A), det beregnede indløb af total kvælstof og retentionen af kvælstof i anlægget (B) og effektiviteten af anlægget fordelt på det åbne bassin og infiltrationszonen (C).

laanlæg nord for Horsens og målingerne i Fillerup anlægget er genoptaget her efter 3 år for at vurdere om alderen af anlægget har indvirkning på effektiviteten.

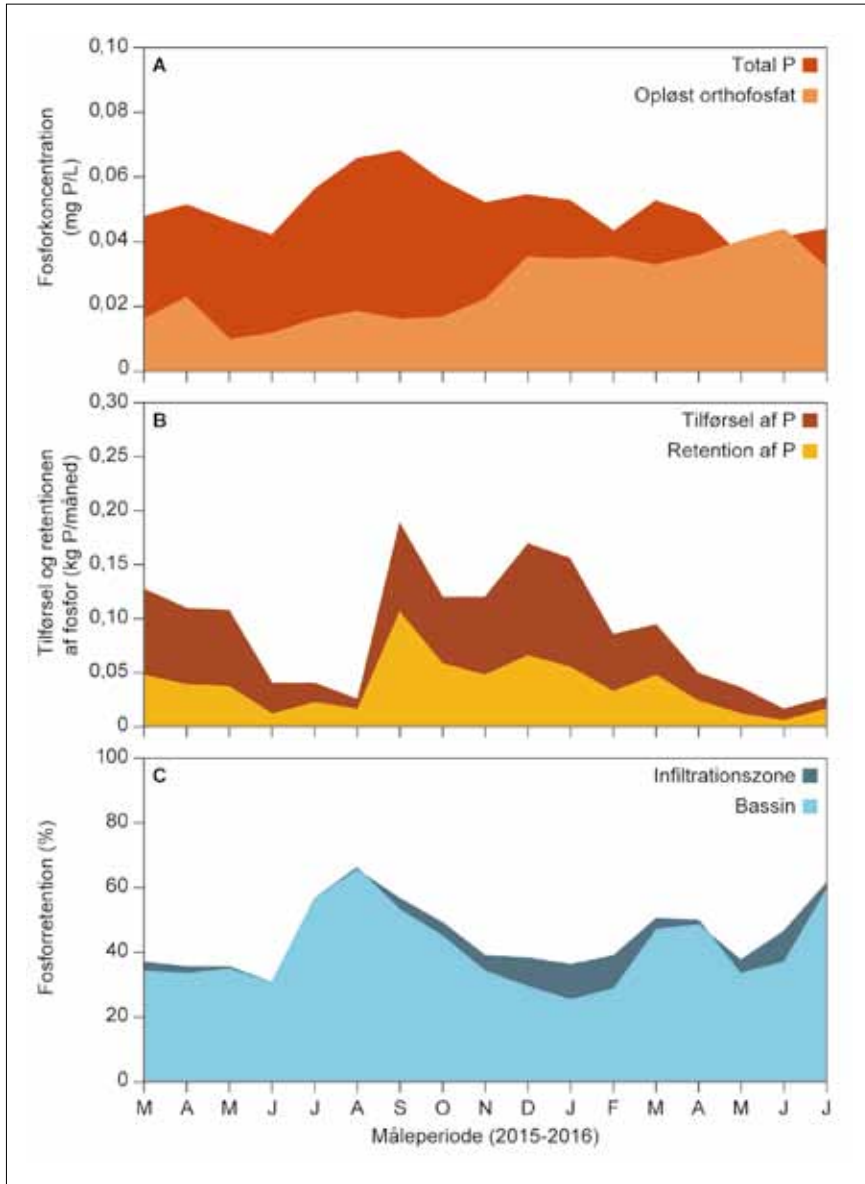
Konklusion og perspektiver

Fordelen ved de Intelligente BufferZoner (IBZ) er at de forholdsvis let kan tilpasses ind i landskabet hvor der er skrånende marker og at de virker som buffer for jord- og nærings-

stoffab via både dræntab og overfladisk afstrømning. I denne undersøgelse er den årlige effekt af det eksperimentelle IBZ anlæg ved Fillerup fundet til at være 32-36% for total kvælstof og 44-51% for total fosfor. Det vel at mærke i løbet af det første år af anlæggets levetid. Forventningerne er at effekten vil stige på sigt pga. den øgede primærproduktion i bassinerne og elletræernes gavnlige effekt for infiltrationen. IBZ virker klart bedre end de

Tabel 2. Total fosforretention i den intelligente Bufferzone i Fillerup ved Odder opgjort som massebalance for de to eksperimentelle bassiner i perioden marts 2015 til juli 2016 - Opstrøms bassin (OSB) og nedstrøms bassin (NSB).

	OSB	NSB
Import af total fosfor	1,51 kg	2,07 kg
Retention i åbent bassin	0,59 kg	0,93 kg
Retention i infiltrationszonen	0,06 kg	0,10 kg
Total retention	0,65 kg	1,03 kg
Effektivitet (%)	43%	50%



Figur 6. Koncentrationen af total P og opløst fosfat i indløbsvandet til den intelligente bufferzone i det opstrøms anlæg (A), det beregnede indløb af total fosfor og retentionen af fosfor i anlægget (B) og effektiviteten af anlægget fordelt på det åbne bassin og infiltrationszonen (C).



traditionelle randzoner da de er smalle og har en god buffereffekt og at det er muligt engang imellem at tømme anlægget for opsamlet materiale, som så kan tilbageføres til marken som en genanvendelse af især det opsamlede fosfor.

I et nyt projekt som delvist er finansieret af Miljø- og Fødevarerministeriets midler fra NIFA undersøges det i et samarbejde med Buffer-Tech projektet hvordan langtidseffekterne er i IBZ's. Desuden testes kvælstof og fosfor effekter i to nyanlagte fuldskala IBZ's anlæg, som er dimensioneret efter erfaringerne fra Fillerup anlægget. Derfor vil mere viden fra dette projekt og de andet eksperimentelle anlæg i BufferTech ved Spjald i Ringkøbing-Skjern kommune i Vestjylland forventeligt give ny og mere sikker viden om IBZ's anlægs virkning som et målrettet virkemiddel.

Referencer

- 1/ Miljø- og Fødevarerministeriet, 2015. Politisk aftale om Fødevarer- og landbrugspakken, 22 december 2015, 26 s. (<http://mfvm.dk/nyheder/nyhed/nyhed/politisk-aftale-om-foedevare-og-landbrugspakken/>).
- 2/ Poulsen, H.D. og Rubæk, G.H. (red) 2015. Fosfor i dansk landbrug. Omsætning, tab og virkemidler mod tab. DJF rapport Husdyrbrug nr. 68, 211 s.
- 3/ Wiborg, I. Kronvang, B., Poulsen, J.B., Børgesen, C.D., Henriksen, H.J., Sonnenborg, T., Refsgaard, J.C., Sørensen, H.V., Jensen, K.M., Jacobsen, T.V. 2014. LANDMANDEN SOM VANDFORVALTER. Løsningsmodeller for klimatilpasning – kommunale inspirationsværktøjer og nyt forretningsområde for landbruget. Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi Nr. 42, 45 s. + bilag.
- 4/ Feuerbach, P. 2017 BalticSea2020 projekt omkring Integrerede Skydds zoner, Hushållssällskapet i Halland (<http://balticsea2020.org/alla-projekt/overgodning/15-oevergoedning-avslutade-projekt/316-integrerade-skydds-zoner>).
- 5/ Kjærgaard, C., Hoffmann, C.C., Heiberg, L., Hansen, H.C.B., Jensen, H. & Greve, M.H. 2010. Risiko for fosfortab ved reetablering af vådområder? Vand og Jord 17(2), 58-62.

BRIAN KRONVANG er professor, CARL CHRISTIAN HOFFMANN seniorforsker, DOMINIK ZAK seniorforsker og NIELS B. OVESEN akademisk medarbejder ved Bioscience, Aarhus Universitet.

HENNING JENSEN er lektor og SARA EGEMOSE er adjunkt ved Biologisk Institut, Syddansk Universitet.

FLEMMING GERTZ er landskonsulent ved SEGES, Landbrug og Fødevarer.

Foto 2. Den nyetablerede fuldskala IBZ ved Sillerup bæk i Sønderjylland. IBZ er beplantet med elletræer og de hvide piezometerør kan ses i foto, samt nødafløbet i diget ved bagkanten af IBZ mod vandløbet.