

Landbrugs- og Fiskeristyrelsen
Miljøstyrelsen

Bestillingen: "Foreløbig effekt- og økonomivurdering af minivådområder med filtermatrice"

NaturErhvervstyrelsen og Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning (nu Landbrugs- og Fiskeristyrelsen, resp. Miljøstyrelsen) har den 13. oktober 2016 fremsendt bestilling til DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, på en vurdering af om det er muligt at angive en gennemsnitlig, forskningsbaseret N-effekt og omkostningseffektivitet for minivådområder med filtermatrice, som kan ligge til grund for en foreløbig godkendelse af virkemidlet, således at det kan bringes hurtigere i anvendelse.

Den skriftlige besvarelse der vedlægges, er udarbejdet af Seniorforsker Charlotte Kjærgaard, Institut for Agroøkologi, DCA, Aarhus Universitet og Seniorforsker Carl Christian Hoffmann, Institut for Bioscience, DCE, Aarhus Universitet.

Søren Marcus Pedersen, Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet, har, i samarbejde med de to forfattere, varetaget de økonomiske analyser.

Samtidig vedlægges en intern projektrapport, med mere detaljerede beregninger. Denne interne rapport er IPR beskyttet, hvilket indebærer at rapporten og dens indhold og resultater ikke må anvendes, præsenteres, videreformidles eller lignende til 3. part uden alle forfatteres samtykke.

Forfatterne har tilkendegivet, at de gerne bidrager med præsentation af det underliggende data- og vidensgrundlag samt beregninger.

Denne besvarelse er udarbejdet som led i "Aftale mellem Aarhus Universitet og Fødevarerministeriet om udførelse af forskningsbaseret myndighedsbetjening m.v. ved Aarhus Universitet, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 2014-2017".

Venlig hilsen



Bjørn Molt Petersen

DCA - Nationalt Center for
Fødevarer og Jordbrug

Bjørn Molt Petersen

Specialkonsulent

Dato 8. februar 2017

Mobiltlf.: 9350 8534

Fax: 8715 6076

E-mail:

bjorn.molt.petersen@dca.au.dk

Afs. CVR-nr.: 31119103

Reference: bmp

Journal 152557

Side 1/1

Foreløbig effekt- og økonomivurdering af minivådområder med filtermatrice (biofilter)

Charlotte Kjærgaard, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Carl Christian Hoffmann, Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

Søren Marcus Pedersen, Institut for Fødevarer og Ressourceøkonomi (IFRO), Københavns Universitet, har bidraget med omkostningseffektivitetsanalyser i samarbejde med Charlotte Kjærgaard og Carl Christian Hoffmann.

Bestillingen

NaturErhvervstyrelsen (NAER) / Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning (SVANA) har i bestilling 13. oktober 2016 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug om en foreløbig vurdering af gennemsnitlig N-effekt (kg N/ha) og omkostningseffektivitet (kr./kg N) forbundet med virkemidlet minivådområder med filtermatrice. Vurderingen skal baseres på resultater fra etablerede pilotprojekter. Forudsætninger for effekt skal kort beskrives, og der ønskes en kort redegørelse for risici for utilsigtede virkninger på miljø og klima samt evt. håndtering af disse problematikker.

Baggrunden for bestillingen er en vurdering af om det er muligt på det foreliggende datagrundlag at angive en gennemsnitlig forskningsbaseret N-effekt og omkostningseffektivitet for minivådområder med filtermatrice, som kan ligge til grund for en foreløbig godkendelse af virkemidlet (fast-track godkendelse), således at det kan bringes hurtigere i anvendelse.

Beskrivelse af opgaven

På baggrund af den eksisterende monitoring af relevante fuldskala filtermatriceanlæg på danske lokaliteter ønskes:

- 1) Foreløbig vurdering af gennemsnitlig N-effekt (kg N/ha) for minivådområder med filtermatrice, herunder angivelse af forslag til en N-effekt i lyset af det begrænsede datagrundlag
- 2) Foreløbig vurdering af omkostningseffektivitet (kr/kg N) for minivådområder med filtermatrice. Denne vurdering skal koordineres med IFRO.
- 3) Kort beskrivelse af forudsætninger for effekt såsom placering, opholdstid, krav til design af anlæg og prædiktion af drænafstrømning
- 4) Kort redegørelse for risici for utilsigtede virkninger på miljø og klima samt evt. håndtering
- 5) Kort redegørelse for økonomisk risiko i forbindelse med investering i anlæg, herunder om anlægget evt. kan konverteres til et minivådområde med åbne bassiner, hvis effekten udebliver eller der er andre utilsigtede virkninger
- 6) Kort beskrivelse af program for monitoring, dvs. omfang, antal år, økonomi, herunder hvilke krav der stilles til design for at anlægget kan monitoreres

Der ønskes et kort notat på dansk med kun de allervigtigste litteraturhenvisninger ca. 3-6 sider.

Baggrund for besvarelsen

Baggrunden for den konkrete besvarelse tager udgangspunkt i de resultater, der er opnået i regi af de to forskningsprojekter SupremeTech (www.supremetech.dk) og iDRÆN (www.idraen.dk). I forbindelse med det Strategiske Forskningsrådsprojekt SupremeTech er der i perioden 2010-2016 er gennemført kontrollerede laboratorieforsøg samt fuldskala feltforsøg med forskellige typer af filtermatricer (biofiltre), hvor der er opnået viden om virkemiddelseffekter og forudsætninger for disse samt afledte effekter. I forbindelse med GUDP-projektet iDRÆN er der i perioden 2011-2017 forsket i udvikling og optimering af effekten af drænfilterløsninger, herunder biofiltre, til rensning af drænvand. Flere af resultaterne fra disse projekter er publiceret internationalt, mens de seneste resultater fra de flerårige feltforsøg netop er sammenskrevet eller i publiceringsproces med henblik på videnskabelig publicering. Da disse publikationer endnu ikke er tilgængelige er de mest centrale resultater af relevans for denne besvarelse sammenfattet i den interne projektrapport (Kjærgaard & Hoffmann, 2017). Detaljerede oplysninger, der danner baggrund for den konkrete besvarelse, kan således findes i Kjærgaard & Hoffmann (2017), eller i de publikationer der henvises til i denne rapport.

Den interne rapport er en opsummering af endnu ikke-publicerede/offentliggjorte forskningsresultater fra de to eksternt finansierede forskningsprojekter (SupremeTech og iDRÆN). Det understreges derfor at den interne rapport inkl. resultater skal behandles i henhold til de gældende regler for IPR (Intellectual Property Rights). Dette betyder, at rapporten og rapportens indhold/resultater ikke må anvendes, præsenteres, videreformidles eller lignende til 3. part uden alle forfatteres samtykke.

Besvarelse af bestilling

I det følgende besvares kort de konkrete spørgsmål, der er adresseret i bestillingen fra NAER/SVANA.

1. Foreløbig vurdering af gennemsnitlig N-effekt (kg N/ha)

Resultater fra SupremeTech og iDRÆN har dokumenteret at:

- Biofiltre kan reducere årlige kvælstoftab via dræn fra 45 % for de dårligste til 60 % for de bedst fungerende filtre. Virkemiddel-effekten afhænger af hydraulisk opholdstid (HRT), temperatur (TEMP) samt filterdesign. Der er på baggrund af SupremeTech resultaterne udviklet modeller, der kan estimere den årlige N-reduktion som funktion af de styrende variable HRT, TEMP og filterdesign (Hoffmann & Kjærgaard, 2017; opsummeret i Kjærgaard & Hoffmann, 2017).
- Anvendelse af SupremeTech-modellerne på eksisterende aktuelle drændatatidsserier fra forskellige danske geo- og klimaregioner har givet grundlag for at estimere den gennemsnitlige årlige N-reduktion i biofiltre som funktion af filterareal for konkrete drænoplande, samt effekten af klimatiske variationer på virkemiddelseffekten for perioden 2013-2016. Modellerne kan således anvendes operationelt til at fastlægge biofilterarealet på en given lokalitet, med henblik på at opnå en forventet årlig N-reduktion. Scenarieanalyser for jyske lokaliteter karakteriseret ved drænafstrømning i perioden oktober-juni viser at der kan opnås en gennemsnitlig årlig N-reduktion på 50 % ved et filterareal på 0,2-0,25 % af drænoplandet. Højere effekter kan opnås på lavbund-flade lokaliteter med helårlig drænafstrømning (høj basis vandføring) ved samme filterareal. Eksempler på lavere effekter ses for lokaliteter, hvor drænafstrømningen er begrænset til vinterperioden (november til marts), hvor der for de analyserede sydøst-sjællandske lokaliteter kræves et filterareal på min. 0,5 % af oplandet for at opnå en 50 % årlig N-reduktion. Resultater fra Kjærgaard et al., 2017; opsummeret i Kjærgaard & Hoffmann, 2017.

- Scenarieanalyser af eksisterende aktuelle dræntidsserier viser gennemsnitlige N-effekter fra 13 analyserede jyske lokaliteter på 4.262 kg N/ha filterareal, svarende til 12 kg N pr ha drænopland ved et filterareal på 0,25 % af oplandet (dvs. 2.500 m² filterareal ved 100 ha opland). Scenarieanalysen viser maksimum N-effekter på 6.100-9.900 kg N/ha filterareal svarende til 15-25 kg N/ha drænopland, og minimum N-effekter på 700-1.900 kg N/ha filterareal, svarende til 5,5-8 kg N/ha drænopland (Resultater fra Kjærgaard et al., 2017; opsummeret i Kjærgaard & Hoffmann, 2017 (Tabel 1)).

2. Foreløbig vurdering af omkostningseffektivitet

Scenarieanalyser af virkemiddelseffekten samt omkostningseffektiviteten ved anvendelse af biofiltre til rensning af drænvand er beskrevet i Kjærgaard et al. (2017), og de væsentligste resultater er opsummeret i Kjærgaard & Hoffmann (2017). Analysen er baseret på standard økonomiske omkostninger ved etablering af biofiltre jf. retningslinjer for konstruktion af biofiltre fra SupremeTech og iDRÆN, estimerede vedligeholdelsesudgifter samt gennemsnitlige årlige virkemiddelseffekter fra scenarieanalysen.

Forudsætningerne for omkostningseffektivitets-analysen samt resultaterne er beskrevet i Kjærgaard et al., 2017, og opsummeret i Kjærgaard & Hoffmann, 2017a. Med udgangspunkt i det aktuelle datagrundlag viser analysen en variation i omkostningseffektiviteten fra 24 kr/kg N til 256 kr/kg N afhængigt af omfang af N-transport via dræn, N-reduktionseffektivitet og omkostninger ved etablering af anlæg (Resultater fra Kjærgaard et al., 2017; opsummeret i Kjærgaard & Hoffmann, 2017 (Tabel 2)).

3. Beskrivelse af forudsætninger for effekt

Forudsætningerne for virkemiddelseffekten som beskrevet i Kjærgaard & Hoffmann (2017) er:

- Korrekt dimensionering af biofilter i forhold til det bidragende drænopland. SupremeTech-modellerne kan anvendes operationelt til estimering af det nødvendige filterareal for at opnå den tilsigtede virkemiddelseffekt (Kjærgaard et al., 2017).
- Biofiltret skal konstrueres, så den hydrauliske kapacitet matcher de lokale afstrømningsforhold. Hvor der ikke er tilstrækkelig hydraulisk gradient, kan der anvendes pumpe. Etablering af et stuvningsbassin i tilknytning til et biofilter kan bidrage til at udjævne drænafstrømningsfluktuationer (peak flow), og dermed bidrage til at sikre at filtrets hydrauliske kapacitet matcher vandføringen. En sådan løsning bliver i regi af iDRÆN-projektet testet på et kombinationsfilter i perioden 2015-2017.
- Der er signifikant forskel på N-reduktionseffektiviteten ved forskellige filterdesigns (10-15 % i årlig N-reduktion mellem den bedste horisontale og det dårligste vertikale filter (Hoffmann & Kjærgaard, 2017)).
- Valg af biofilterdesign og filterkonstruktion har indflydelse på de negative afledte effekter i form af drivhus-gasemissioner (N₂O, CH₄) (Bruun et al., 2017), samt sulfidproduktion (Hoffmann & Kjærgaard, 2017).

4. Redegørelse for risici for utilsigtede virkninger på miljø og klima

Utilsigtede effekter på vandmiljø og klima er relateret til den anaerobe metabolisme der foregår i det reducerende aktive biofilter, hvor ilten hurtigt forbruges og hvor de øvrige oxiderede forbindelser (elektron acceptorer) også kan omdannes til mere reducerede forbindelser herunder dannelse af sulfid og drivhusgasser (N_2O og CH_4). Grundlæggende er der tale om de samme biogeokemiske processer som forekommer i større eller mindre udstrækning i naturlige vådområder:

- (i) **Iltforbrug:** Biofiltre forbruger effektivt O_2 i drænvandet, og udløbskoncentrationerne er generelt ~ 0 hele året. Geniltning af udløbsvandet efter SupremeTech design sikrer en gennemsnitlig geniltning på ca. 65 % med 40-50 % geniltning som minimum, inden det rensede vand ledes videre i drænsystemet eller ud i vandløbet (Hoffmann & Kjærgaard, 2017). Imidlertid er de ekstreme koncentrationsniveauer vigtigere end gennemsnitsniveauer, ligesom varigheden af særlige iltforhold er af betydning. Generelt er fisk og smådyr de mest følsomme organismegrupper overfor lave iltkoncentrationer. Jævnfør de engelske UPM standarder for udledning af spildevand og en modificeret version heraf, anvendt i Holland, må hændelser med varighed >24 timer ikke antage minimumværdier af iltkoncentrationer under hhv. 6 \sim 60 % mætning (UPM) og 7 \sim 70 % mætning (Holland) for at kunne overholde direktivforpligtelserne jævnfør VRD. I begge standarder beskrives, at minimumkoncentrationer skal øges til 9 mg/L (~ 90 % mætning) hvis der er særligt følsomme forhold såsom ørred- eller laksegydebanks. Hvis en minimumsmætning i udløbsvand svarer til 40-50 % kan det omsættes til aktuelle koncentrationer på < 5 mg/L i dagtimer og $< 3-4$ mg/L i nattetimer om sommeren (100 % mætning svarer ca. til 10 mg/L). Hvad iltkoncentrationen bliver i vandløbet afhænger naturligvis af størrelsen af filterbidraget ift. den samlede vandføring (dvs. det samlede filterareal af et eller flere biofiltre indenfor én vandløbsstrækning), og hvor lang en strækning der påvirkes af lave iltkoncentrationer afhænger især af vandets turbulens. Ved implementering af biofiltre skal der således være krav om at geniltningen af udløbsvandet fra biofiltre skal øges over kritiske minimumskoncentrationer.
- (ii) **Temperatur:** Biofiltre bidrager ikke til målbare temperaturændringer i udløbsvand i forhold til indløbsvand på noget tidspunkt af året (Hoffmann & Kjærgaard, 2017).
- (iii) **Organisk stof:** Resultater fra SupremeTech har dokumenteret, at der kun i første år efter etablering var en begrænset netto-udledning af organisk stof (TOC) fra biofiltre, mens der i andet måleår ikke blev observeret nogen netto-udledning af TOC. Der synes således ikke at være problemer med udledning af TOC fra biofiltre efter SupremeTech design (Hoffmann & Kjærgaard, 2017).
- (iv) **Biologisk Iltforbrug (BI_5):** Der er fundet en stigning i BI_5 efter biofiltret. Stigningen i BI_5 er dog markant reduceret i andet år efter etablering med udløbskoncentrationer på 2,0-4,7 mg O_2 L^{-1} ved indløbskoncentrationer på 1,1-1,3 mg O_2 L^{-1} . Efter geniltningen på gennemsnitligt 65 % er BI_5 reduceret yderligere til 1,9 mg O_2 L^{-1} . Resultaterne antyder, at BI_5 målingerne efter biofiltrene er et udtryk for iltforbruget ved oxidation af de reducerede forbindelser der følger udløbsvandet (Hoffmann & Kjærgaard, 2017). Generelt er gennemsnitlige BI_5 koncentrationer omkring 2 mg O_2 L^{-1} forbundet med markante reduktioner (>50 %) i forekomst af en række ilt-følsomme arter af især vårfluer, døgnfluer og slørvinger (Friberg et al., 2010). I et netop udarbejdet notat (Baattrup-Pedersen et al., 2016) blev det endvidere vist, at sandsynligheden for økologisk målopfyldelse (målt med DVFI – Dansk Vandløbsfaunaindeks) aftager med stigende BI_5 koncentrationer.

Ved BI_5 koncentrationer omkring $2 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ er sandsynligheden for måltopfyldelse reduceret til 60 %. Derfor vil de målte stigninger i BI_5 kunne have betydning for den økologiske tilstand på nedstrøms beliggende vandløbsstrækninger. Dette understreger således den helt afgørende betydning af at sikre at geniltningen af udløbsvandet fra biofiltre skal øges, så kritiske minimumskoncentrationer af ilt undgås.

I SupremeTech projektet er optimering af iltningensgraden ikke forsøgt, men det vil kunne opnås med teknisk set relativt enkle midler.

- (v) Sulfid-dannelse: En N-reduktionseffektivitet $>90\%$ bidrager til reduktion af sulfat til gasformigt sulfid (H_2S). Sulfid (også kaldet sumppgas) i lave koncentrationer lugtes meget tydeligt og kan medføre ubehagelige lugtgener for evt. naboer (lugter som rådne æg). Høje koncentrationer af sulfid kan være toksisk/dødeligt ved indånding for mennesker og dyr. Målinger af opløst sulfid ved SupremeTech anlægget viser, at der er tale om meget lave sulfid-koncentrationer ($0-7,4 \text{ mg/L}$). Sulfid opløst i udløbsvandet omdannes hurtigt til elementært svovl ved geniltningen og er synligt i form af hvide belægninger (liglagen) på de første meter efter udløbet. Problemet med sulfiddannelse er således relateret til forbruget af ilt (jf BI_5), der fordrer en effektiv geniltning, samt af visuel og æstetisk karakter, samt i forhold til lugtgener, men det bør tilsigtes at nedbringe sulfiddannelsen. Sulfid-problemerne vil være størst på arealer med helårsafstrømning, høje sulfatkoncentrationer i drænvand i kombination med en N-reduktionseffektivitet $> 90\%$. Der arbejdes i SupremeTech og IDRÆN projekterne med tiltag til at nedbringe sulfiddannelsen i biofiltre.
- (vi) Drivhusgasser: En anden følgevirkning af de stærkt reducerende forhold i biofiltre er dannelse af metan (CH_4). Målinger på SupremeTech anlæggene demonstrerede emission af CH_4 i form af gastab samt tab af CH_4 opløst i udløbsvandet (Bruun et al., 2017). Efterfølgende pilotforsøg på testanlægget har dog dokumenteret, at CH_4 gasemissioner kan reduceres fuldstændigt ved at introducere en effektiv oxidationszone (ikke-publicerede resultater). Derudover er der udtænkt løsninger, der potentielt kan nedbringe tab af opløst CH_4 .

Der er også konstateret tab af lattergas (N_2O) fra testanlæggene. Målinger over ét år demonstrerede at gasformige N_2O emissioner generelt er tæt på ~ 0 ($-0,012$ og $0,018 \text{ g N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$), hvorimod tab af opløst N_2O med udløbsvandet udgjorde $2,2-5,5\%$ af den totale nitrat-N reduktion (Bruun et al., 2017). En foreløbig vurdering af flerårige resultater (Hoffmann og Kjærgaard, ikke publiceret) tyder dog på, at der er perioder hvor N_2O tab er væsentligt mindre ($\sim 0,4\%$ af den totale N-reduktion) end resultaterne fra Bruun et al., 2017. I forbindelse med de igangsatte pilotforsøg til reduktion af sulfid og metan undersøges endvidere effekten på dannelsen af N_2O og den efterfølgende udledning af opløst N_2O . Samtidig indikerer helt nye målinger, at der på lokaliteter med tilførsel af N_2O via drænvandet, kan være en netto-reduktion af N_2O i biofiltre.

- (vii) Fosfor (P): Foreløbige resultater fra SupremeTech anlægget har demonstreret et tab af fosfor (P) i form af fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) fra filtret i opstartsperioden. Dette tab er relateret til P-indholdet i træflisen. Resultaterne viser samtidig, at der sker retention af partikulært P fra drænvandet fra forsøgsstart, og SupremeTech resultaterne antyder efter flere års målinger, at biofiltre over tid har en netto-tilbageholdelse af P. I sommerperioder med stærkt reducerede forhold er der fundet høje $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrationer i udløbsvandet, men problemet er kun kvantitativt betydende for anlæg med betydende sommervandføring. Samtidig forventes det, at tiltag der øger redox-potentialet i sommermånederne (tiltag der minimerer sulfid- og metan-dannelse), også vil minimere P-frigivelsen i

denne periode. Monitoring af P effekten er således afgørende i forbindelse med monitoring af de biofiltre der igangsættes, med henblik på at sikre at biofiltre ikke bidrager til en øget P-udledning.

5. Redegørelse for økonomisk risiko

Den økonomiske investering ved etablering af biofiltre omfatter: (i) en udgravning af bassin i 1 m dybde med et overfladeareal på ca. 0,25 % af drænoplanet (afhængigt af oplandstype) i tilknytning til det eksisterende drænsystem, (ii) rørarbejde og etablering af iltningsbrønd i udløb, og (iii) etablering af biofilter. Evt. kan en del af filtervolumen erstattes med et dynamisk stuvningsbassin (ikke-afsluttet forsøg, iDRÆN). De standardøkonomiske enhedspriser for disse udgiftsposter er beskrevet i Kjærgaard et al., 2017.

Ved korrekt konstruktion af biofiltre jf. retningslinjer fra SupremeTech og iDRÆN forventes der ikke at være risiko for, at virkemiddelseffekten ikke kan opnås. Det bør dog understreges, at virkemiddelseffekten forudsætter en korrekt konstruktion og dimensionering af biofiltret, som beskrevet under virkemidlets forudsætninger. Samtidig er det væsentligt at biofiltret konstrueres således at negative afledte effekter minimeres.

Et biofilteranlæg kan konverteres til et minivådområde med åbne bassiner. En konvertering af biofilter til åbne bassiner vil kræve (i) bortgravning af filter (flis), og (ii) udgravning af bassin svarende til de vejledende 1 % af oplandet for åbne bassiner. Bemærk at de åbne bassiner har 1 m dybe zoner adskilt af 0,3 m lavvandede zoner. Den økonomiske risiko vil være relateret til udgifter ved indkøb, udlægning og bortgravning af selve flis-filtret, hvor udgiften er proportional med filtervolumen. Alternativ kan dele af biofiltret bibeholdes ved etablering af minivådområde med åbne bassiner. En del af rørarbejdet vil være overflødig, ligesom iltningsbrønden er overflødig, men her er der tale om mindre omkostninger. De ekstra udgifter til udgravning af et større vådområde ville være indeholdt i omkostninger til etablering af minivådområde med åbne bassiner, og kan således ikke betragtes som en økonomisk risiko. Det er selvfølgelig ikke uvæsentligt at sikre, at der vil være plads til en udvidelse af minivådområdets areal til 1 % af drænoplanet.

6. Beskrivelse af program for monitoring

Ved en fast-track godkendelse, i forbindelse med at biofiltre ønskes bragt hurtigere i anvendelse, anbefales det, at igangsætte en basis monitoring på udvalgte biofiltre med henblik på at sikre et bredere repræsentativt datagrundlag dækkende geo- og klimaregioner, som beskrevet i Kjærgaard & Hoffmann (2017), sikre viden om langtidseffekter, samt at sikre robust evidens for at tekniske konstruktioner kan minimere negative afledte effekter i form af produktion af sulfid og drivhusgasser (Kjærgaard & Hoffmann, 2017).

Forslag til en basismonitoring omfatter.

- Udvalgelse af biofiltre dækkende repræsentative geo- og klimaregioner
- Måling af vandføring (elektromagnetisk flow-måler med batteripakke eller tilsluttet el-nettet)
- Klimastation med nedbørsmål inkl. datalogger og temperaturlogger
- Automatisk vandprøvetagning i ind- og udløb vha. ISCO-prøvetagere. Vandprøver afhentes hver 3. uge af autoriserede teknikere, der samtidig tilser anlægget, tapper dataloggere og laver *in situ* feltmålinger (basis kemi).

I forhold til at sikre datagrundlagets anvendelighed til at underbygge og validere biofilter-modellernes generelle anvendelighed anbefales en monitoringsstrategi bestående af tidsproportional prøvetagning med høj tidslig opløsning, og hvor prøverne efterfølgende puljes til færre prøver i akkrediteret laboratorie (jf. drænastrømningshydrografen), således at antallet af analyser reduceres til et minimum. Det årlige antal prøver forventes at ligge i størrelsesorden 75-100 prøver i hhv. ind- og udløb pr. anlæg. Denne analysestrategi muliggør en senere fastlæggelse af sammenhængen mellem styrende variable og reduktionseffektivitet (Hoffmann & Kjærgaard, 2017). Prøverne analyseres ved en basis monitoring som udgangspunkt for total N (TN), og total P (TP) samt PO₄-P og udvalgte punktprøver analyseres for TOC og BI₅. Disse monitoringsdata skal være tilgængelige for forskningsverdenen, så resultaterne kan indgå i fremtidig rådgivning for en mere permanent ordning.

Med henblik på at sikre data- og vidensgrundlaget for at tekniske konstruktioner kan minimere negative afledte effekter i form af produktion af sulfid- og drivhusgasser (N₂O og CH₄) skal bør disse elementer indgå i monitoringen ved udtagning af punktprøver (Hoffmann & Kjærgaard, ikke-publicerede data). De negative afledte effekter forventes at blive minimeret, hvis biofiltrene konstrueres jf. retningslinjer fra basis af det modificerede SupremeTech design.

7. Referencer

Baatrup-Pedersen, A., Kjeldgaard, A., Jepsen, N., Nielsen, J., Rasmussen, J.J., Andersen, H.E. & Larsen, S.E. 2016. Opdatering af naturfaglige kriterier for afgrænsning af vandløb. Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet.

Bruun, J., Hoffmann, C. C. & Kjaergaard, C. 2017. Convective transport of dissolved gases determines the fate of the greenhouse gases produced in reactive drainage filters. *Ecol. Eng.* 98, 1-10

Friberg, N., Skriver, J., Larsen, S.E., Pedersen, M.L., Buffagni, A. 2010. Stream macroinvertebrate occurrence along gradients in organic pollution and eutrophication. *Freshwater Biology* 55: 1405-1419.

Hoffmann, C.C. & Kjaergaard, C. 2017. Nitrogen reduction in full-scale permeable woodchips based filters targeting agricultural drainage water (working title). Draft manuscript.

Kjærgaard, C. & Hoffmann, C.C. 2017. Vurdering af kvælstofeffekt, virkemiddelscenarier og omkostningseffektivitet ved anvendelse af minivådområder med filtermatrice (biofiltre). Intern afrapportering af forskningsresultater fra Det Strategiske Forskningsrådsprojekt SupremeTech (2010-2016) og GUDP-projektet iDRÆN (2011-2017), 14 sider.

Kjærgaard, C., Hoffmann, C.C., Iversen, B.V., Gachango, F.G. & Pedersen, S.M., 2017. Scenario analysis of the nitrogen mitigation potential and cost-efficiency of full-scale woodchips based filters targeting agricultural drainage water (working title) (In prep.).