

Håndtering af fosfor under ny fosforregulering

Foreløbig effektopgørelse af drænvirkemiddel til reduktion af fosfortab i dræn



Projektet er udført i et samarbejde mellem virksomheden WaterCare, Aarhus Universitet Institut for Agroøkologi og SEGES.

Chefforsker Charlotte Kjærgaard
Plante- og Miljøinnovation, SEGES

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Forord

Rapporten sammenfatter de foreløbige monitoringsresultater og effektopgørelser af et WaterCare partikelfilteranlæg bestående af to filterenheder. Der er tale om foreløbige resultater opnået i den første monitoringsperiode og dermed ikke endelige konklusioner på det foreliggende datagrundlag. Anlægget er på basis af resultater fra den første monitoringsperiode blevet optimeret, og monitoring af WaterCare filteranlægget er planlagt til at fortsætte i årene 2021-2023, hvorefter de endelige effektopgørelser og konklusioner kan opgøres.

Konceptet til WaterCare filteranlæggets anvendelse på markdræn er udviklet i regi af et Innovationsnetværk i projektet ”Innovationsplatform for Drænvirkemidler” i samarbejde med virksomheden WaterCare og Aarhus Universitet Institut for Agroøkologi (AU-AGRO). Projektets monitoring af virkemiddeleffekten er i 2019/2020 pågået i regi af projektet ”Håndtering af fosfor under ny fosforregulering” der har haft fokus på nye løsninger til den målrettede P-indsats. Begge projekter er finansieret af Promilleafgiftsfonden for Landbrug. De foreløbige erfaringer og resultater er afrapporteret i denne rapport.

Effektvurderingen af WaterCare filtret er gennemført som et samarbejdsprojekt mellem SEGES og AU-AGRO og virksomheden WaterCare. WaterCare har leveret alle WaterCare filterelementer incl. pumpe samt konstruktion og optimering af filtret, og har derudover bidraget i de fælles drøftelser og beslutninger i projektet. AU-AGRO har i projektsamarbejdet været ansvarlig for prøvetagning, drift af monitoringsudstyr, laboratorieanalyser, kvalitetssikring af data samt egen effektopgørelse. AU-AGRO har ligeledes deltaget i fælles drøftelser og beslutninger vedrørende filtret og monitoring. SEGES har varetaget det overordnede projektansvar og bidraget i de fælles drøftelser om filtrets funktion, effekt og optimering, egne effektopgørelser samt denne afrapportering.

Projektleder Charlotte Kjærgaard
Plante- og Miljøinnovation, SEGES

Forsidefoto: WaterCare filter. Foto: Charlotte Kjærgaard.

1. Baggrund

Den målrettede virkemiddelsindsats til at nedbringe tab af fosfor (P) fra landbrugsarealer, og dermed bidrage til opfyldelse af vandmiljømål, fordrer at virkemidler målrettes de primære kilder og transportveje. Landbrugsbidraget til fosfortab er i en netop udgivet rapport fra Aarhus Universitet opgjort til 683 t P/år med et usikkerhedsinterval på 292-888 t P/år (Anders & Heckrath, 2020). Fosfortab via dræn udgør kvantitativt en meget betydeligt tab af P i størrelsesorden 162 (138-191) t P/år svarende til ~24% af landbrugsbidraget (Anders & Heckrath, 2020).

I en målrettet virkemiddelsstrategi er der således behov for at udvikle og teste drænvirkemidler, der omkostningseffektivt kan reducere P-tabet fra drænede arealer. Fosfortabet via dræn forekommer i form af såvel opløst phosphat-P ($\text{PO}_4\text{-P}$) samt partikelbundet P

I projektet testes hvorvidt et passivt partikelfilter kan bidrage til at reducere transporten af P fra drænede arealer.

2. Formål

Projektets formål er at teste effekten af et WaterCare partikelfilter på retention af partikler og partikelbundet P (PP) i drænvand fra en drænet mark. WaterCare filtret består af to filterenheder hhv. et forfilter, der har som funktion at tilbageholde sand og større partikler, samt et DPF-filter der skal tilbageholde mindre partikler.

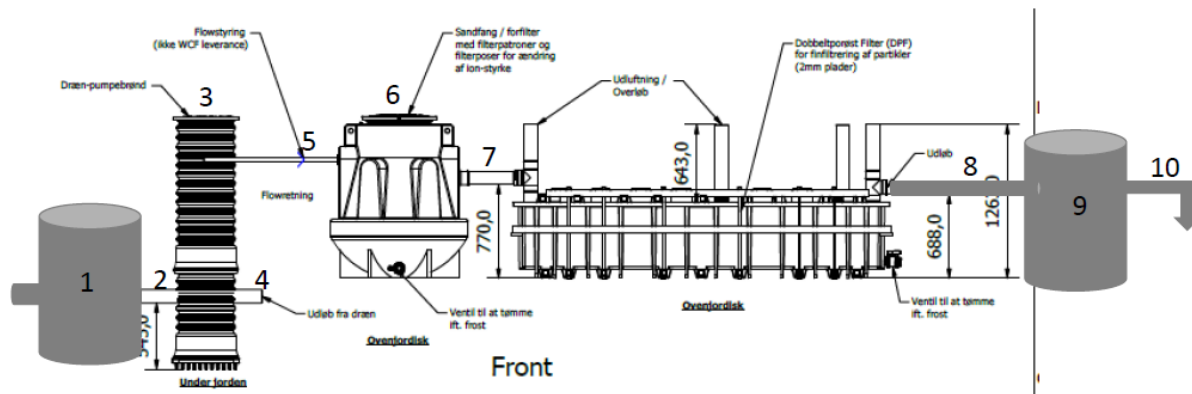
3. Test af WaterCare partikelfilter

3.1 Konstruktion og etablering af filteranlægget

Filteranlægget etableres ved tilkobling til et markdræn der løber ud i en drængrøft i den nordlige del af Fensholt delopland vest for Odder og i oplandet til Norsminde Fjord. Filteranlægget består af følgende enheder:

1. En flow-målerbrønd med en Khrono flow-måler der måler den samlede transport af vand og næringsstoffer fra marken. Flow-målerbrønden er tilknyttet et andet projekt, hvor data stilles til rådighed for nærværende projekt
2. Rørføring mellem flow-målerbrønd
3. WaterCare pumpebrønd med pumpe. Herfra pumpes med den fastsatte frekvens drænvand videre til forfiltret
4. Overløb der udledes den vandmængde der ikke pumpes over i WaterCare filtermodulerne
5. Rørføring mellem pumpebrønd og WaterCare filteranlæg
6. WaterCare forfilter på 600 L har som funktion at tilbageholde sand og større partikler herunder partikelbundet PP.
7. Rørføring til WaterCare DPF-filtret

8. WaterCare DPF-filter på 1000 L der har som funktion af tilbageholde mindre partikler herunder partikel-bundet PP.
9. Udløbsflow-målerbrønd med Khrono flow-måler der måler den faktiske vandmængde transporteret igennem filterenheden. AU-AGRO har stillet Khrono-flow-måleren til rådighed for projektet.
10. Udløb til vandløb. I udløbsrøret har AU-AGRO i efteråret 2020 tilkoblet egne filterenheder til test af porøse sorbent P-filtre. Denne sidste del af projektet køres alene i AU-AGRO regi.



Figur 1. Principskitse af filteranlæg bestående af de to WaterCare filtermoduler. Principskitsen er en modifikation af teknisk tegning fra WaterCare.

Det samlede WaterCare filter forfilter+DPF filter har et volumen på 1.600 L. Filtret incl. pumpe er stillet til rådighed for test i nærværende projekt af firmaet WaterCare, der samtidig har alle specifikationer på filterkomponenterne. Ved projektets afslutning leveres WaterCare filterenhederne retur til WaterCare.

3.2 Filteropsætning



Figur 2. Drænudløb i grøft med flow-målerbrønd og WaterCare pumpe. Foto: Charlotte Kjærgaard



Figur 3. WaterCare filteranlæg nedgravet i markkanten. Der blev efterfølgende lagt isolering over så vandet ikke frøs i vintermånederne. Foto Charlotte Kjærgaard.



Figur 4. WaterCare filteranlæg med forfilter (bagerst) og DPF-filtret. De vertikale rør er inspektions- og renserør.
Foto: Charlotte Kjærgaard.



Figur 5. Udløb med flowmålerbrønd og ISCO-prøvetager i udløb. Foto: Charlotte Kjærgaard.

3.3 Instrumentering, monitoring og analyse

Instrumenteringen omfatter:

- Elektromagnetisk flow-måler i indløb og udløb (Figur 1, brønd 1 og 9) til automatisk kontinuert måling af drænaflowstrømning. Flow-måler-1 (brønd-1) tilhører T-REX projektet og flow-måler-2 (brønd-9) tilhører AU-AGRO
- ISCO-prøvetager i indløb (udtag monteret i rørføring 5 i pumpebrønden) og udløb (rørføring 8).

Monitoring

Monitoring af filteranlægget blev igangsat i slutningen af 2019. Prøvetagningen omfatter afhentning af vandprøver og logning af flow-data hver 3. uge. Monitoring omfatter:

- Vandprøvetagning vha ISCO-prøvetagere i ind- og udløb. Drænvandsprøver udtages kontinuert og tidsproportionalt med en prøvetagningsfrekvens på én prøve pr time der puljes til døgnprøver. På baggrund af drænvandshydrografen puljes prøverne forud for analyse.
- Flow-måler. Drænvandsføringen måles automatisk og kontinuert ved elektromagnetisk flow-måler. Flow-målinger fra marken (brønd-1) anvendes i andet projekt, og er blot brugt til at vurdere hvor stor en andel af den samlede dræntransport der ledes ind i WaterCarefiltre. Flow-målinger i udløb (brønd-9) udgør den målte vandføring for den del af afstrømningen, der behandles i WaterCare filtret.

Drænvandsanalyser omfatter

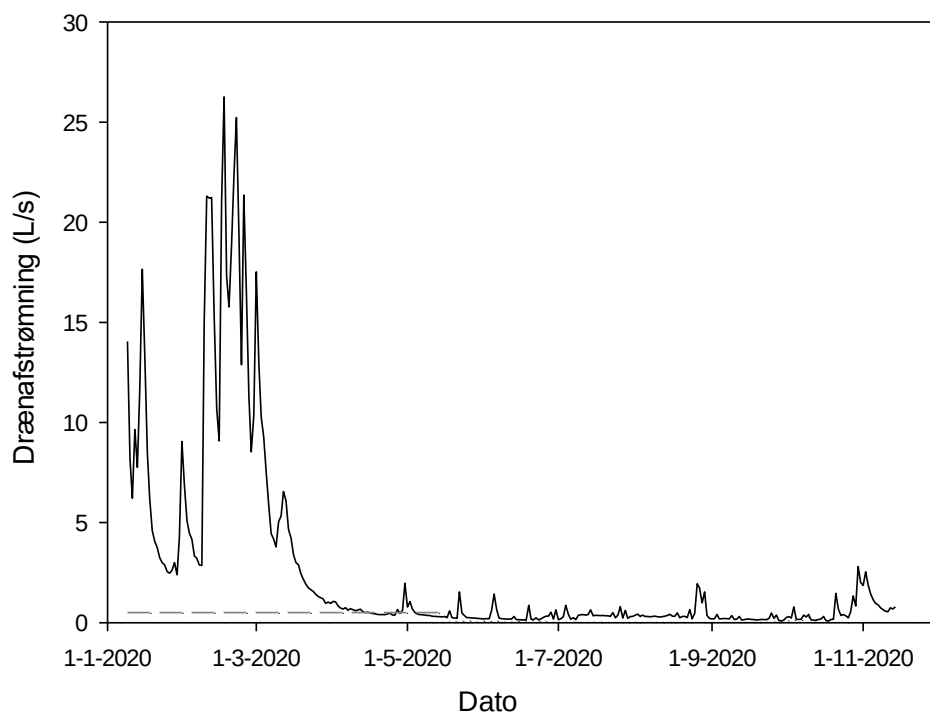
- Målinger af total-P (TP) og total opløst P (TDP) samt beregnet partikulært-P (PP)
- Målinger af partikkelkoncentration (NTU)
- Måling af afledte vandkemiske parametre pH og EC

Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi (AU-AGRO) varetager prøvetagning, drift og vedligeholdelse af monitoringsudstyr, analysearbejde og kvalitetssikring af data. Parterne får en kopi af data, og opgørelser af data foretages uafhængigt. AU-AGRO opgør og afrapporter selvstændigt.

4. Sammendrag af resultater for første måleperiode

4.1 Drænafstrømning

Drænafstrømningen i 1. halvår 2020 var typisk med høje afstrømningsrater i januar-marts med peak-flow på 25 l/s svarende til max flow på 1 L/s/ha for denne hydrauliske periode (Figur 1). Drænafstrømningen aftog til lavt base-flow fra maj. Afstrømningen i 2. halvår 2020 var meget atypisk med usædvanlig lav basis afstrømning frem til medio december kun med enkelte mindre peaks. Den totale drænafstrømning for 1. halvår 2020 udgør 68.401 m³ svarende til 273 mm.

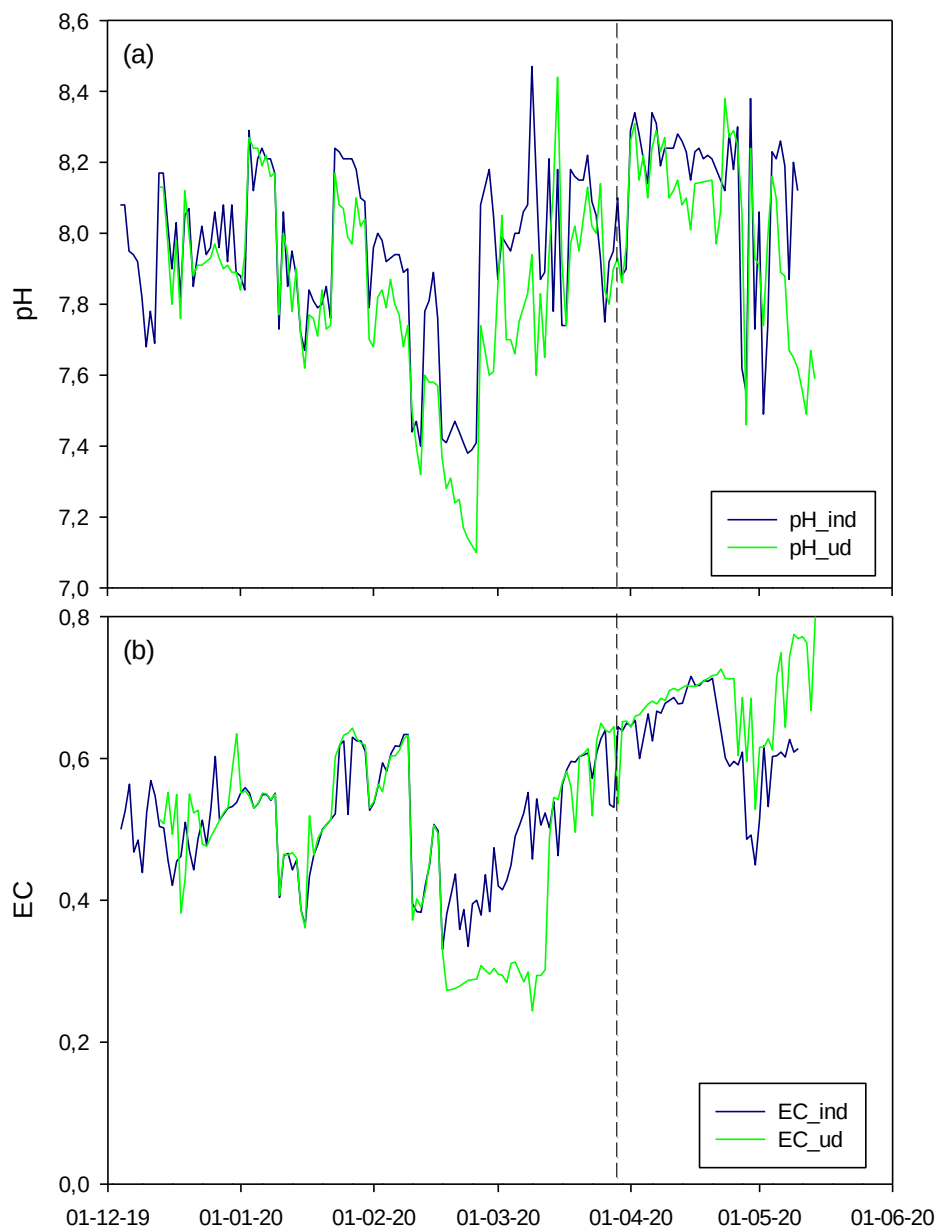


Figur 1. Drænafstrømning (L/s) fra den drænedede mark på 25 ha. Stiplet linje angiver pumperaten for vandtilførsel til WaterCare filtret, der ikke er dimensioneret til 25 ha.

WaterCare filtret på 1.600 L (WaterCare) er ikke dimensioneret til at håndtere vand fra drænoilandet på 25 ha, så pumpen kører i 1. halvår med en pumpefrekvens på 0,5 L/s (Figur 1 – stiplet linje), og en hydraulisk opholdstid (HRT) på ca. 53 min i WaterCare filtret. Den samlede tilstrømning for 1. halvår 2020 for WaterCare filtret er på 5.659 m³ svarende til 8.3% af drænafstrømningen i 1. halvår 2020.

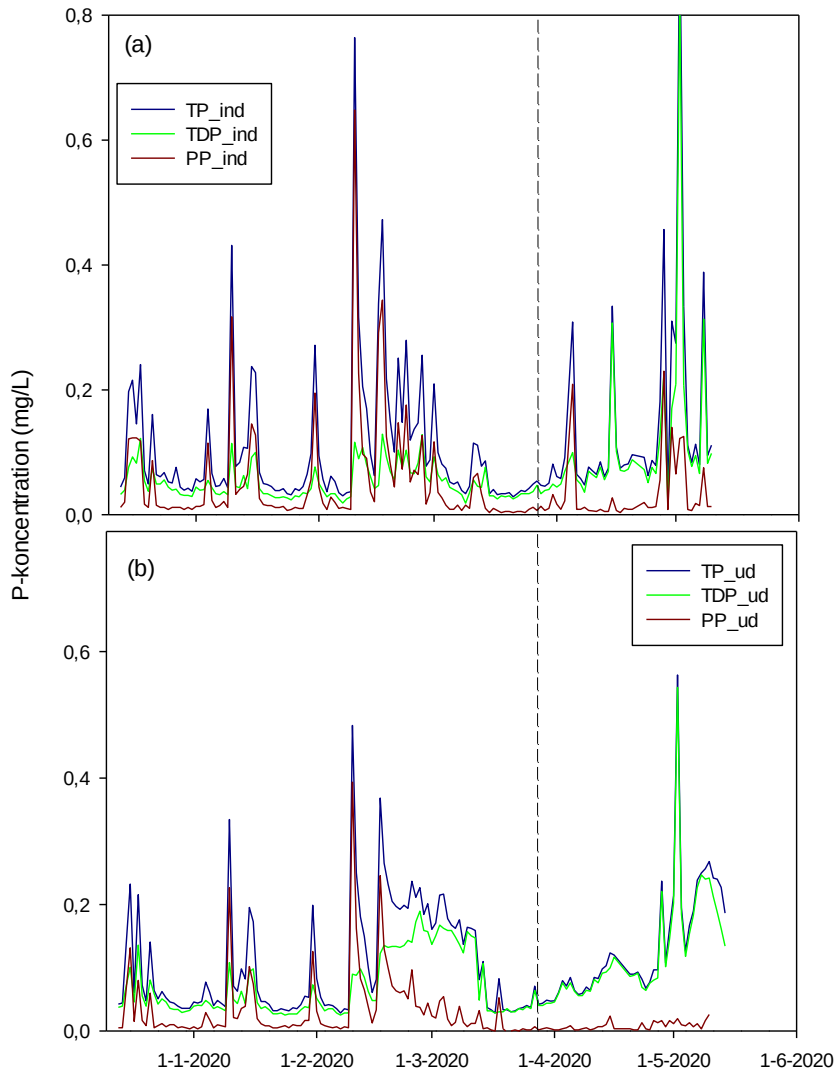
4.2 Drænvandskemi og fosfor-fraktioner

Den gennemsnitlige drænvands-pH i ind- og udløb er hhv. 8,0 og 7,9 med variationer fra 7,1 til 8,4 (Figur 2a). Der synes ikke at være nogen effekt af passiv kalkdosering i form af kalksække installeret i forfiltret d. 26/2-20 (stiplet linje). EC-målinger i ind- og udløb er sammenfaldende, dog undtaget en periode fra 19.2.20 til 10.3.20, hvor EC i udløb er væsentligt reduceret (Figur 2b). I lighed med pH ses ikke være nogen effekt af kalkdoseringen i forfiltret (stiplet linje). I perioden efter kalk-dosering er vandføringen væsentligt reduceret, mens EC generelt er stigende.



Figur 2. Målt pH (a) og EC (b) i ind- og udløb af WaterCare filter. Stiplet linje d. 26/3-20 angiver tidspunkt for dosering af kalk ved installering af tre permanente kalksække i forfiltret.

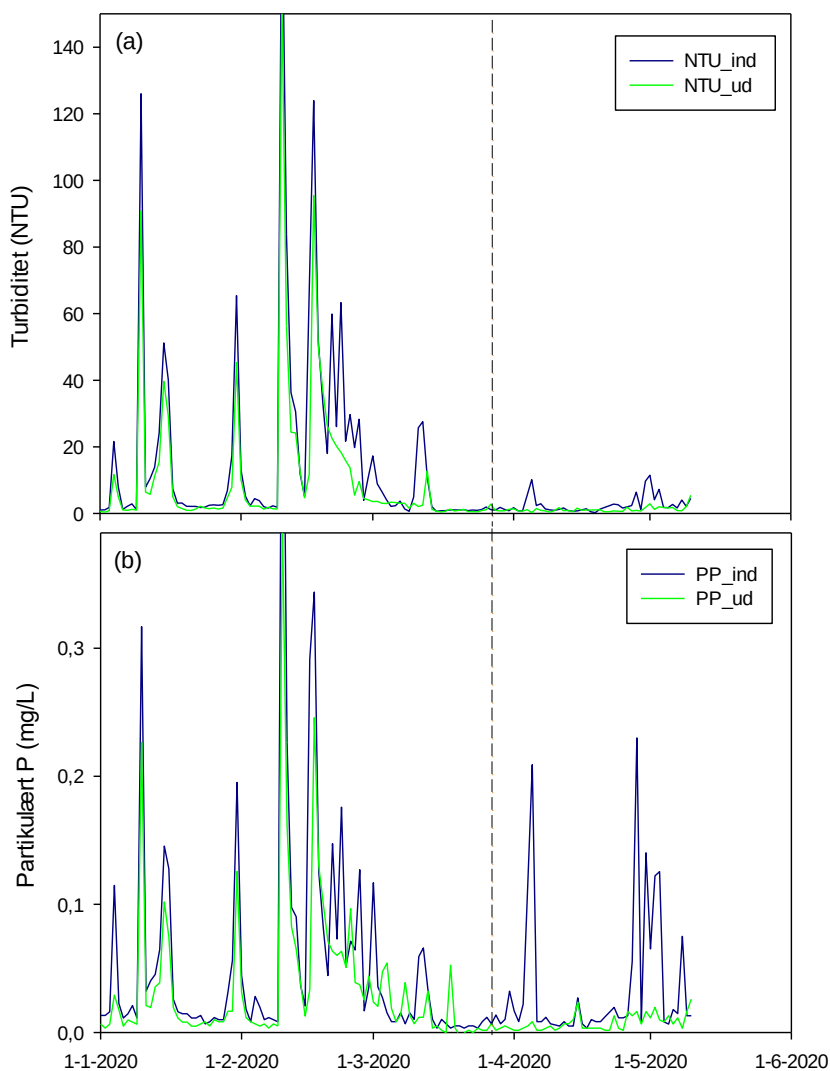
Fosfor-koncentrationerne for total P (TP), total opløst P (TDP) og partikulært-P (PP) i indløb (Figur 3a) og udløb (Figur 3b) viser generelt at TDP udgør den dominerende P-fraktion ved base-flow, mens PP i de fleste tilfælde er dominerende P-fraktion ved peak-flow (Figur 3a). Omvendt er TDP klart den mest dominerende P-fraktion i udløb (Figur 3b). I perioden efter kalk-dosering er PP i udløbet stort set reduceret til nul. Det er dog uklart om dette kan relateres til effekten af kalk eller den reducerede vandføring.



Figur 3. Koncentration af total P (TP), total opløst P (TDP) og partikulært P (PP) i (a) indløb og (b) udløb af WaterCare filter. Stiplet linje d. 26/3-20 angiver tidspunkt for dosering af kalk ved installering af tre permanente kalksække i forfiltret.

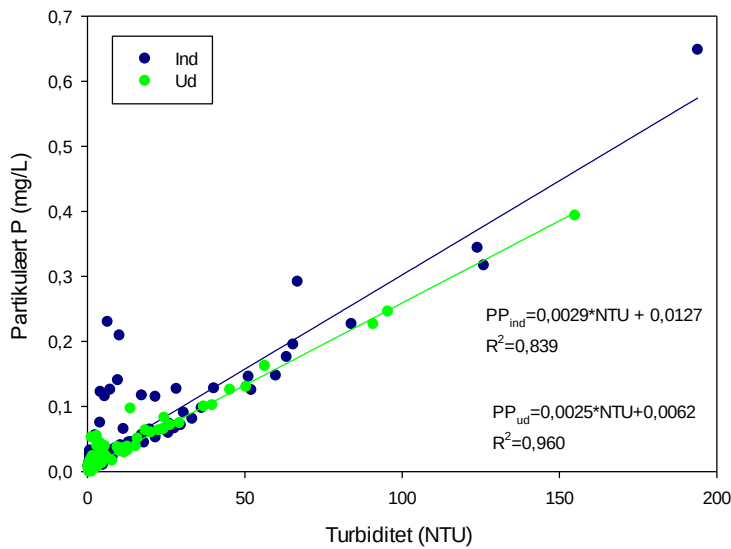
4.3 Retention af partikler og partikulært P

Turbiditetsmålinger kan anvendes som en approximation for partikeltransporten. Målingerne viser generelt en reduktion i NTU fra indløb til udløb (Figur 4a), og indikerer således, at der forekommer en retention af partikler i WaterCare filtret. Effekten af kalkfiltret på reduktion i turbiditet kan ikke umiddelbart vurderes, da drænafstrømningen stort set er ophørt i slut marts. I lighed med reduktionen i turbiditet ses også en generel reduktion i partikulært P (PP) (Figur 4b). Trods meget lav drænafstrømning ses nogle høje PP-koncentrationer i april og maj, hvor udløbskoncentrationen effektivt reduceres. Hvorvidt denne effektive reduktion i PP er et resultat af kalkdoseringen eller den høje HRT kan ikke udledes på det nuværende begrænsede datagrundlag.



Figur 4. Målt (a) turbiditet (NTU), og (b) partikulært P (PP) i ind- og udløb af WaterCare filter. Stiplet linje d. 26/3-20 angiver tidspunkt for dosering af kalk ved installering af tre permanente kalksække i forfiltret.

Korrelationsanalyse af NTU vs PP i hhv. ind- og udløb viser en stærk lineær sammenhæng, hvor R^2 er stærkere i udløb (Figur 5). Dette kunne antyde, at den PP-fraktion der ikke tilbageholdes i filtret, har en mere homogen sammensætning og samtidig en lidt lavere P-mætning af partikelfractionen.

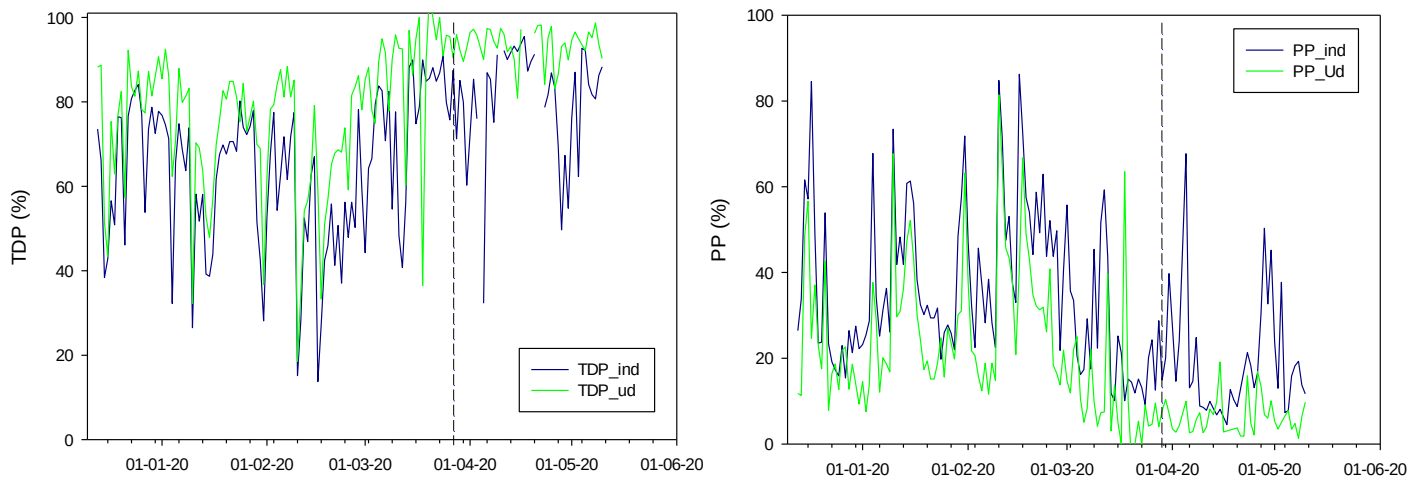


Figur 5. Turbiditet (NTU) versus partikulært P (PP) i ind- og udløb af WaterCare filter incl. regressionsanalyser.

4.4 Retentionseffektivitet af P-fraktioner

WaterCare filtret er et partikelfilter og har således som mål at reducere den partikulære P (PP) transport i drænvand. For den aktuelle lokalitet er dræninløbet til filtret generelt domineret af TDP, dog undtaget peak-flow hændelser, hvor PP dominerer (Figur 6).

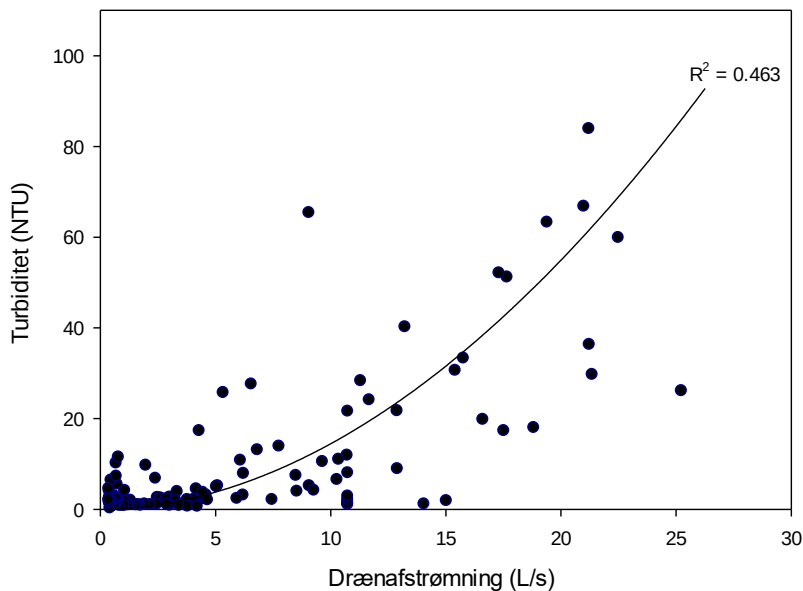
Sammenholdes ind- og udløb ses at TDP-andelen af TP øges fra ind- til udløb (Figur 6a), mens PP-andelen af TP reduceres i udløbet (Figur 6b).



Figur 6. Andel af (a) total opløst P (TDP) og (b) partikulært PP i forhold til TP i ind- og udløb af WaterCare filter. Stiplet linje d. 26/3-20 angiver tidspunkt for dosering af kalk ved installering af tre permanente kalksække i forfiltret.

4.5 Massebalancer

Partikeltransporten for afstrømningsperioden 1. halvår 2020 følger i noget omfang drænafstrømningsdynamikken (Figur 7), hvor de høje partikeltransporter ses i forbindelse med de høje hydrauliske belastninger i januar og især februar (Tabel 1). Ved aftagende drænafstrømning i marts aftaler også partikeltransporten til meget lave værdier fra medio marts og resten af drænafstrømningsperioden.



Figur 7. Partikeltransport approximeret ved turbiditet versus drænafstrømning for 1. halvår 2020.

Samlet udgør partikeltransporten fra det drænedede oplandsareal 2.100 kg svarende til 84 kg/ha for 1. halvår 2020. Den samlede TP-transport via dræn udgør 11.2 kg svarende til et areal-normeret TP-tab på 0.447 kg-P/ha. Den partikulære-P andel af TP-transporten er på 6.6 kg og PP-transporten udgør således 59% af TP-transporten via dræn.

Transporten til WaterCare filtret udgør en mindre andel af den samlede dræntransport, da WaterCare filtret ikke er skaleret til fuldskala for det 25 ha drænoiland. I alt modtager WaterCare filtret 5.659 m³ drænvand svarende til 8.3% af drænafstrømningen i 1. halvår 2020 og en samlet partikeltransport på 71 kg (Tabel 1) svarende til 3.4% af den samlede partikeltransport via dræn. WaterCare filtret tilbageholder i første forsøgsperiode knap 25.4 kg partikelmasse, og retentionen i partikeltransport for perioden er således 36% af partikeltransporten (Tabel 1).

Tabel 1. Partikeltransport og retention i WaterCare filter.

Dato	Turbiditet		Retention	
	Ind (kg)	Ud (kg)	kg	%
08-01-2020	1,72	0,94	0,78	45,3
16-01-2020	11,88	8,62	3,25	27,4
23-01-2020	0,95	0,60	0,34	36,3
30-01-2020	1,56	0,87	0,69	44,0
08-02-2020	4,33	3,06	1,27	29,4
15-02-2020	15,71	12,04	3,67	23,4
22-02-2020	16,42	11,40	5,03	30,6
02-03-2020	8,81	3,41	5,40	61,3
09-03-2020	0,91	0,88	0,02	2,4
16-03-2020	3,13	0,99	2,15	68,4
23-03-2020	0,31	0,26	0,04	14,3
30-03-2020	0,41	0,34	0,07	16,4
06-04-2020	0,97	0,31	0,66	68,1
13-04-2020	0,44	0,28	0,15	34,6
20-04-2020	0,26	0,32	-0,06	-22,2
27-04-2020	0,67	0,26	0,42	62,2
04-05-2020	1,82	0,50	1,32	72,6
10-05-2020	0,73	0,55	0,18	25,0
Total	71,04	45,65	25,39	35,7

Total-P transporten til Water Care-filtret er 0.674 kg-P heraf udgør PP 0.277 kg svarende til 41% af TP-transporten til drænfiltret (Tabel 2). WaterCare filtret tilføres således 6% af den samlede TP-transport og 4.2% af den samlede PP-transport i dræn for 1. halvår 2020. Den mindre andel af PP i transporten til WaterCare filtret, sammenholdt med dræntransporten med 59% PP, indikerer, at der sker en retention af PP i selve i pumpen. Dette er et resultat af forsøgsopstillingen, og i en opstilling med direkte strømning til WaterCare filtret må det forventes at den andel der tilbageholdes i pumpen i stedet, ville være tilbageholdt i WaterCare filtret, hvor PP-retentionen således ville have været tilsvarende højere retentionseffektivitet.

WaterCare filtret tilbageholder 0,127 kg PP svarende til 45.8% af PP-fraktionen (Tabel 2), men da der fra filtret samtidig er en netto-frigivelse af TDP på 0,104 kg, resulterer dette i en netto TP-retention på 0,023 kg svarende til en retention af TP på 3,38% (Tabel 2). Resultaterne indikerer at WaterCare filtret med god effekt tilbageholder partikeltransport og PP, men at der synes at være en desorption af P fra det tilbageholdte materiale, der reducerer effekten på TP.

Tabel 2. Transport og retention af total P (TP) og partikulært P (PP) i WaterCare filter.

Dato	Total P		TP	Partikulært P		PP
	Ind (kg)	Ud (kg)	%	Ind (g)	Ud (g)	%
08-01-2020	23,80	17,56	26	9,81	3,71	62
16-01-2020	56,81	45,57	20	33,87	22,63	33
23-01-2020	14,22	12,89	9,4	4,62	2,73	41
30-01-2020	15,25	12,39	19	5,79	3,14	46
08-02-2020	29,14	24,00	18	14,93	8,86	41
15-02-2020	71,38	54,34	24	48,72	32,78	33
22-02-2020	72,47	66,58	8,1	47,78	30,39	36
02-03-2020	61,03	77,07	-26	30,05	17,30	43
09-03-2020	16,44	54,04	-229	4,17	8,41	-102
16-03-2020	22,00	32,24	-47	8,34	3,15	62
23-03-2020	10,15	11,91	-17	1,46	2,41	-65
30-03-2020	14,03	13,81	1,6	2,63	1,02	61
06-04-2020	37,33	19,67	47	17,81	1,09	94
13-04-2020	19,94	22,31	-12	2,22	1,24	44
20-04-2020	36,65	32,43	12	2,99	2,18	27
27-04-2020	29,79	26,03	13	6,00	2,19	64
04-05-2020	105,93	69,31	35	30,21	3,80	87
10-05-2020	37,67	59,15	-57	6,06	3,31	45
Samlet	674,03	651,27	3,38	277,46	150,35	46

4.6 Evaluering og perspektiver

Ved afslutning af drænaftstrømningen efter 1. halvår 2020 blev der gennemført en visuel inspektion af WaterCare filtret (WaterCare). På baggrund af denne inspektion blev i forfiltret konstateret at:

- netvævet omkring de vertikale udløbsfiltre i forfiltret er tilstoppet af partikler, og at der efterfølgende har været overløb direkte til DPF-filtret (synlig sediment-aflejring på toprør). Det blev således besluttet af fjerne netvævet til næste monitoringsperiode.
- Kalken fandtes i sækkene som en opslemmet masse, der ikke synes at være gået i opløsning. Det blev besluttet at fjerne kalksækkene, og erstatte disse af Al-saltblokke for at se om frigivelse af Al-salte kan bidrage til flokkulering og sedimentation samt fastholdelse af PP.

Samtidig blev det i DPF-filtret konstateret at:

- Kamera-inspektionen viste at DPF-filtret var fyldt op med sediment. Samtidig var sedimentet dækket af sort suspenderet materiale, der formodes at være biofilm dannet igennem de 4 måneder uden drænvandstilførsel og høje temperaturer. Biofilmen kan være medvirkende årsag til netto-frigivelsen af TDP.
- Kamera-inspektionen understøttede generelt resultaterne, hvor det ses at DPF effektivt har kunne tilbageholde partikler. Dog ses, at DPF-filtret med den målte transport på 71 kg sediment er fyldt op, og kombinationen af et fyldt DPF-filter, samt formentligt biofilmdannelsen har bevirket en reduceret effektivitet og en intern netto-frigivelse af TPD. Dette påpeger behovet for at tømme/rense filtret for sediment med en vis frekvens.

5. Referencer

Andersen, H. E. & Heckrath, G. (redaktører). 2020. Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 338 s. - Videnskabelig rapport nr. 397. <http://dce2.au.dk/pub/SR397.pdf>