



Slutversion
Datum
2022-03-24

Uppföljning av filterbäddar för fosfor vid Råbytorp – Slutrapport

Utvärdering av två olika filterbäddar för adsorption av fosfor inom Höje å åtgärdsprogram

: EKOLOGI GRUPPEN

Framställt av: Ekologigruppen AB

www.ekologigruppen.se

Telefon: 08-525 201 00

Slutversion: 2022-03-24

Uppdragsansvarig: Filip Hvitlock

Medverkande: Filip Hvitlock, Johan Krook

Granskning: Cecilia Holmström (Ekologigruppen), Johan Larsson (Höje å vattenråd)

Foton: Om inget annat anges: Filip Hvitlock

Illustrationer och kartor: Ekologigruppen AB

Projekt: Råbytorp fortsatt uppföljning, Höjeå ÅGP Etapp 2 2019-2021

Internt projektnummer: 7832

Bilder på framsidan från Råbytorp, foto Filip Hvitlock

Rapporten inklusive fotografier får fritt användas och spridas av Länsstyrelsen och andra aktörer.

Innehåll

Innehåll	3
Sammanfattning	4
Bakgrund	5
Anläggningen	6
Metodik för mätning av vattenflöden och halter av näringsämnen	13
Metod för mätning av vattenföring	13
Metod för mätning av transport av näringsämnen	13
Resultat från uppföljningen	18
Filterbäddarnas prestation för retention av näringsämnen	18
Fosfor	19
Kväve	22
Kontroller och stickprov från andra befintliga WEREC-filterbäddar	23
Diskussion och utvärdering	27
Filterbäddarnas praktiska egenskaper	27
Rätt läge för filterbädd	27
Filterbäddarna ur ett resursperspektiv	29
Ekonomisk hållbarhet för rening av fosfor och kväve	29
Resursmässig hållbarhet	30
Referenser	32
Bilaga 1 – Händelselogg för provtagning	33

Sammanfattning

Denna uppföljningsstudie har utvärderat två olika filterbäddar för reduktion av fosfor från vatten i jordbrukslandskapet. En filterbädd konstruerad av WEREC och en av Nordkalk anlades under 2018 i syfte att kunna utvärderas. Filterbäddarna anlades parallellt med varandra och tar emot vatten från samma källa. Mätningar i in- och utlopp skedde kontinuerligt under två år.

Kostnadseffektiviteten för retentionen av fosfor i filterbäddarna bedöms som låg jämför med andra etablerade metoder för retention av näringsämnen i vatten. Filterbäddar är tekniska anläggningar som kräver tillsyn och ett visst mått av underhåll för att fungera bra. Detta bör beaktas vid val av plats när man anlägger filterbäddar. Resultaten från denna uppföljning visar att motivet för en enskild filterbädd bör vara väl genomtänkt.

Filterbäddar kan ändå i vissa fall anses vara lämpliga som verktyg för att minska halterna av fosfat i avrinnande vatten från jordbruksmark. På platser där följande parametrar sammanfaller: höga fosforkoncentrationer, platsbrist och begränsat tillrinningsområde, kan det vara motiverat att anlägga filterbäddar. Anläggning av filterbäddar för fosfor, avsedda att filtrera vatten från jordbruksmark, kan dock vara svårt att motivera utifrån ett samhällsekonomiskt och resursmässigt hållbart perspektiv.

En rad olika typer av vattenvårdsåtgärder har anlagts och utvärderats med syftet att minska läckaget av näringsämnen, framför allt av fosfor och kväve, från jordbruksmark. Våtmarker för näringsrening tillhör de vanligaste åtgärderna, men andra typer av åtgärder används också. Filterbäddar för fosfor är en åtgärd som tidigare inte utvärderats mycket i fullskala.

Med tidigare ansökta medel (LOVA) har två parallella kalkfilterbäddar anlagts i anslutning till en redan befintlig damm i Råbytorp, i Råbytorpsdiket, ett biflöde till Höje å. Filterbäddarna blev klara för användning och mätning i januari 2019.

Grundsytet med anläggningen av dessa filterbäddar var primärt uppföljning, även om de absorberar fosfor precis som andra filterbäddar. Anläggningen designades för att möjliggöra flödesmätning och kontinuerlig provtagning, samt justering av flödet till vardera filterbädden på ett enkelt vis.

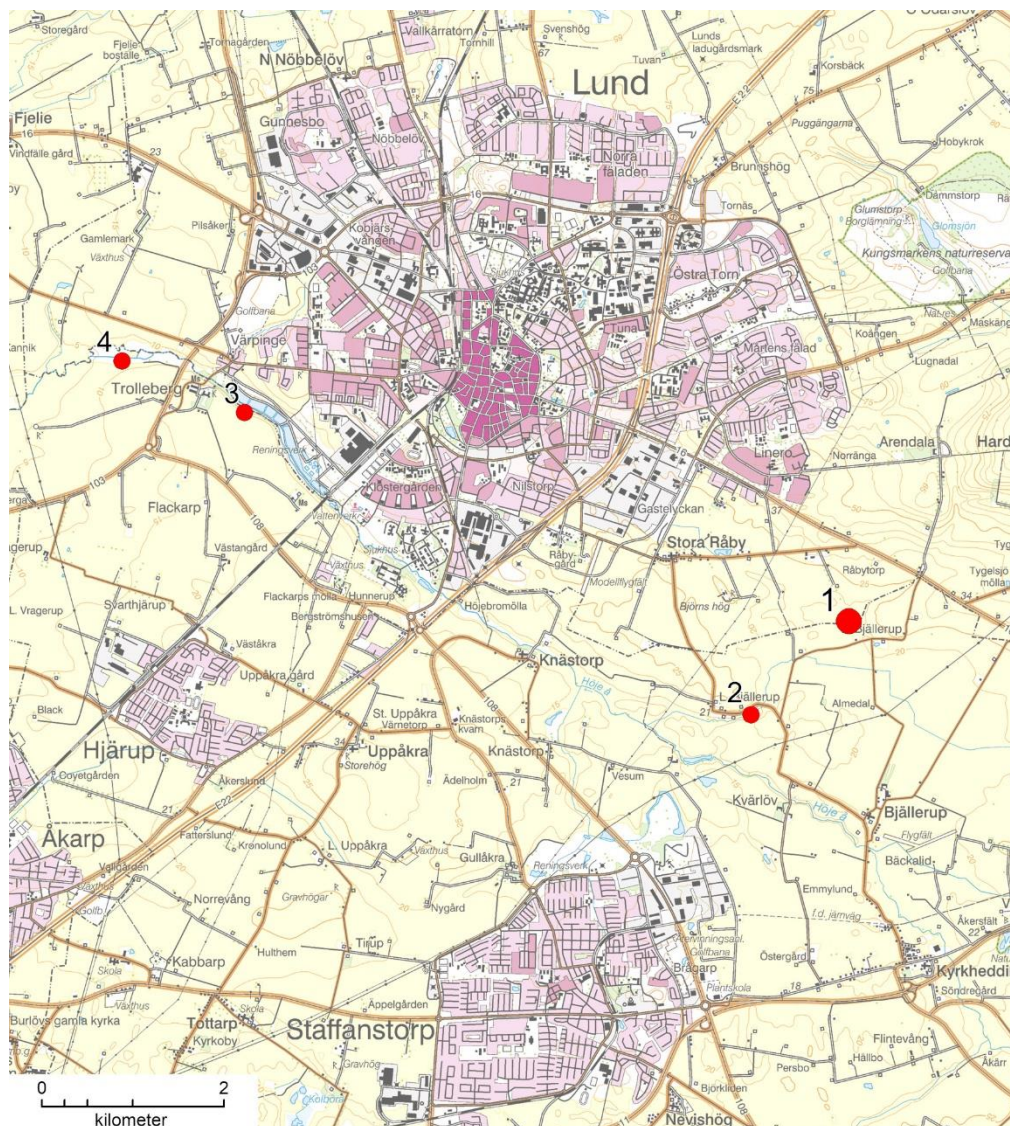
Föreliggande rapport sammanfattar en uppföljning genom kontinuerlig mätning av filterbäddarnas prestation under perioden februari 2019 till mars 2021.

Uppföljningsprojektet genomfördes av Ekologigruppen i Höje å vattenråds regi. LOVA-stöd har lämnats till projektet genom Länsstyrelsen Skåne. Syftet med uppföljningen var att öka kunskapen kring denna typ av vattenvårdsåtgärder.

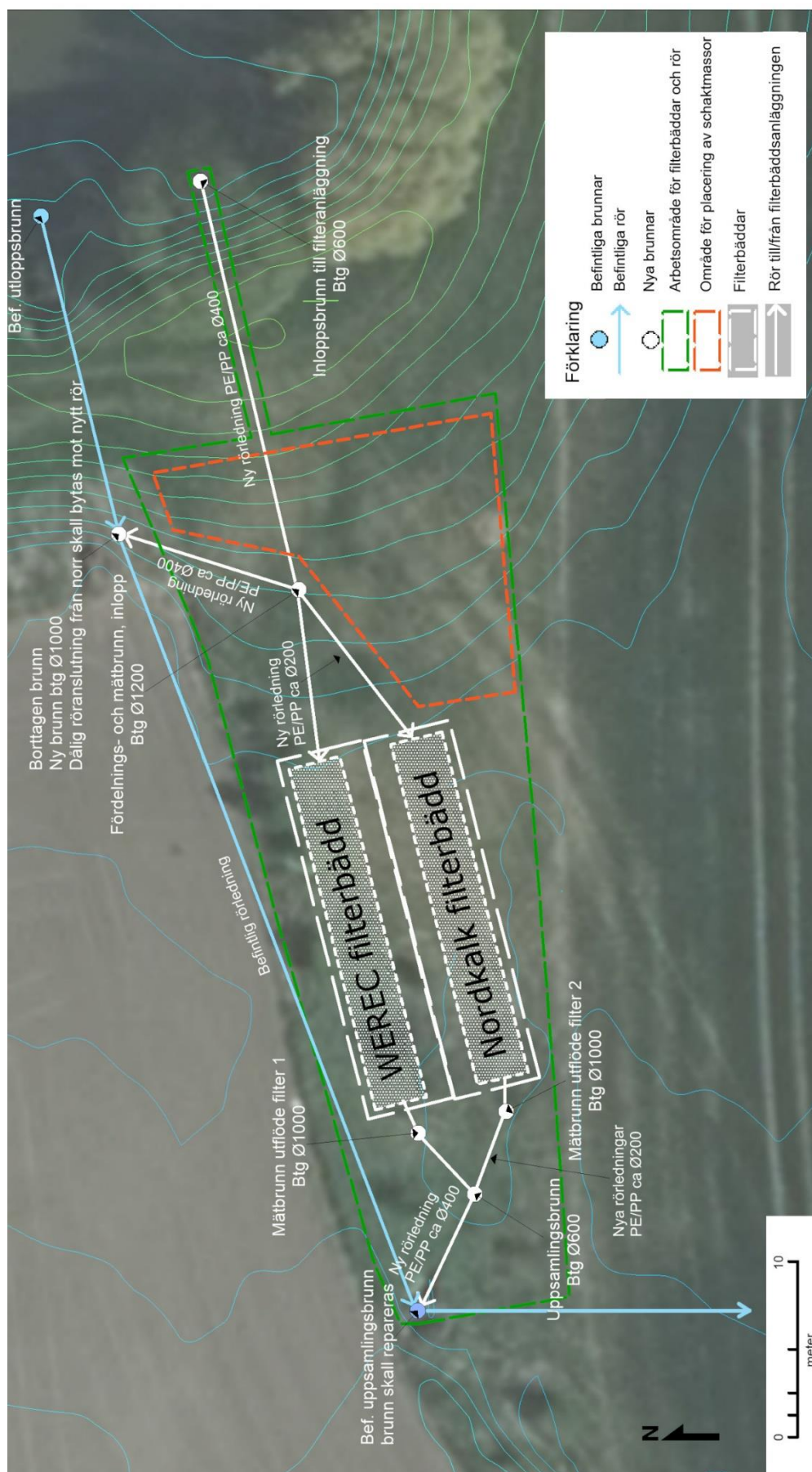
Anläggningen

Två lika typer av filterbäddar för fosfor jämfördes; en filterbädd från WEREC med hyttsand som adsorbent och en filterbädd från Nordkalk med Nordkalks filtermaterial Filtra G som huvudadsorbent. Inför anläggningen av filterbäddarna valdes WEREC och Nordkalk som leverantörer till vardera filterbädden – detta på grund av att WEREC, med deras patentsökta koncept, kan anses vara den mest etablerade leverantören av filterbäddar för fosfor i vatten från jordbruksmark. Nordkalk har anlagt några filterbäddar i sydvästra Skåne under de senaste åren och kan anses vara en intressant utmanare. WEREC och Nordkalk stod för konstruktionen av sina filterbäddar för att uppföljningen i första hand skulle jämföra två produkter/koncept, och inte filtermaterial. WEREC ledde av sekretesskäl entreprenaden av WEREC-bädden, medan Ekologigruppen (konsult till Höje å vattenråd) skötte design av in- och utlopp, fördelning av vattnet och resterade del av entreprenaden.

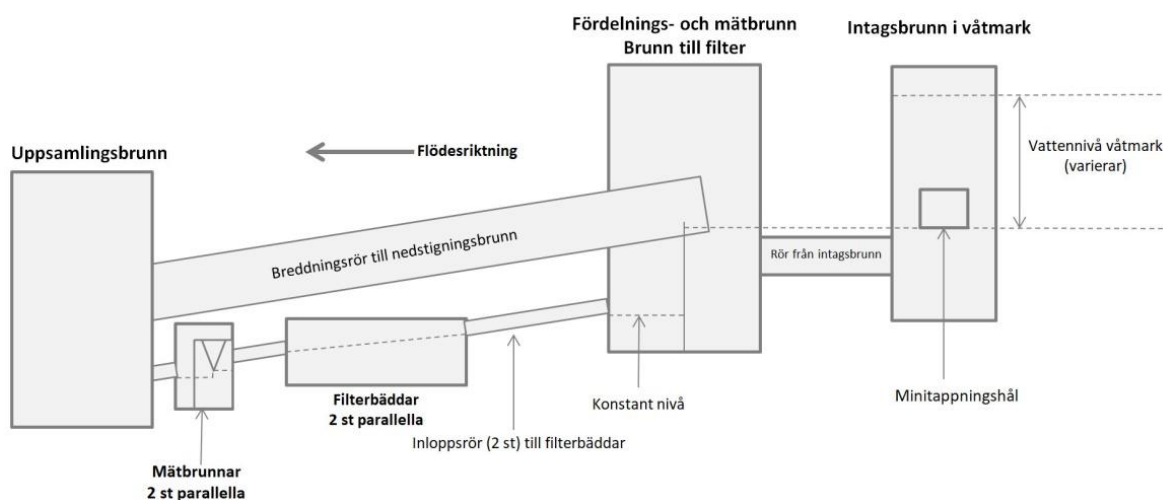
Figur 1 visar en översiktskarta med den aktuella anläggningen markerad, samt tre filterbäddar som WEREC anlagt inom Höje å åtgärdsprogram 2016–2018. Figur 2 visar en planritning över anläggningen med de två filterbäddarna och figur 3 en förenklad schematisk beskrivning av anläggningen. Figur 4–9 visar foton av filterbäddarna, fördelningsbrunn och intagsbrunn i damm, samt en schematisk skiss av WEREC-bädden. Vattnet har exakt samma egenskaper i båda filterbäddarnas inlopp, vilket är en förutsättning för jämförelsen mellan filterbäddarna. Våtmarken, från vilken filterbäddarna ska ta emot vatten, anlades på 1990-talet och har varit föremål för utvärdering tidigare. Tillrinningsområdet är cirka 370 ha och medelvattenföringen 32 l/s. Maxflöde 600 l/s. Flödesmängderna till vardera filterbädden reglerades till en så jämn nivå som möjligt för optimal rening. Vattnet passerade en fördelningsbrunn, för att sedan rinna med självfall genom bäddarna, via mätbrunnar och därefter vidare genom befintligt kulvertsystem till ett öppet jordbruksdike.



Figur 1. Översiktskarta. Röda punkter markerar anläggningarnas positioner utanför Lund i Skåne. 1: Anläggningen med två filterbäddar för uppföljning, 2: WEREC-bädden vid Lilla Bjällerup, 3: WEREC-bädden Trolleberg öst, 4: WEREC-bädden Trolleberg väst. Kartunderlag: Geodatasamverkan.



Figur 2. Planritning över anläggningen. Vid höga flöden passerar endast ett litet delflöde in i filterbäddarna. Vid låga flöden genom dammen passerar det mesta av vattnet filterbäddarna. Flygbild: Geodatasamverkan.



Figur 3. Förenklad schematisk beskrivning av anläggningen i profil. I fördelnings- och mätbrunnen kan nivå för breddning, såväl som bredd på intagsöppningar till filtren regleras. Breddning av flöden högre än 97 l/s sker direkt i våtmarken via befintlig utloppsbrunn.



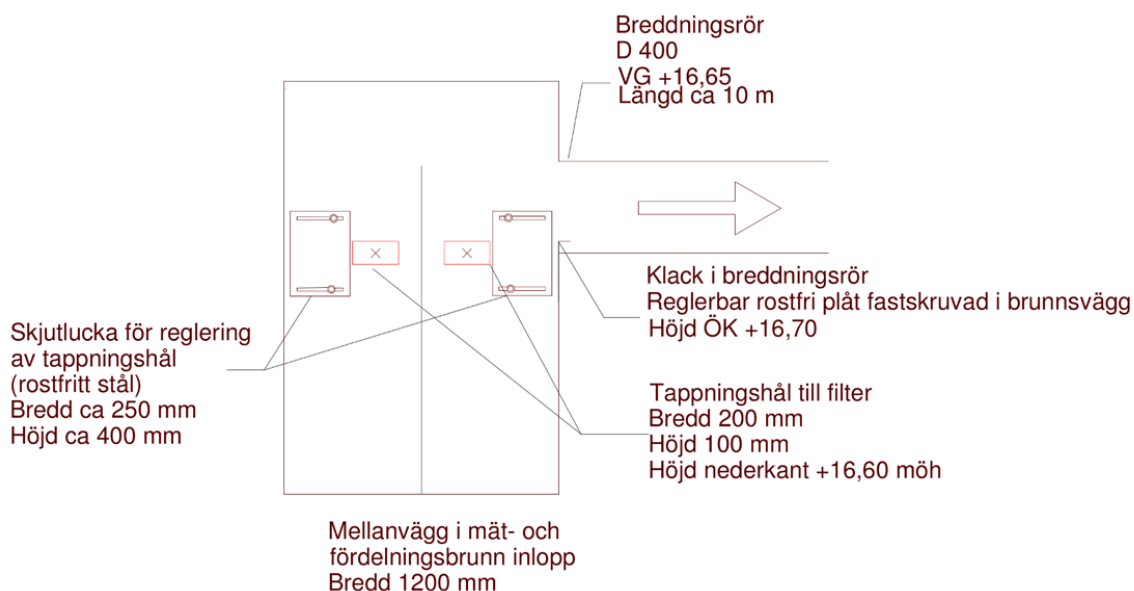
Figur 4. Intagsbrunn i damm med skyddsplåt och finmaskigt nät för att minska känsligheten för flytande vegetationsrester.



Figur 5. Intagsbrunn i damm, med 20x20 cm minitappningshål och finmaskigt nät för att skydda filterbäddarna mot igensättning. Efter mätperiodens slut flyttades det finmaskiga nätet till fördelningsbrunnen för ökad driftsäkerhet (men försämrad precision i regleringen av flödena till filterbäddarna).



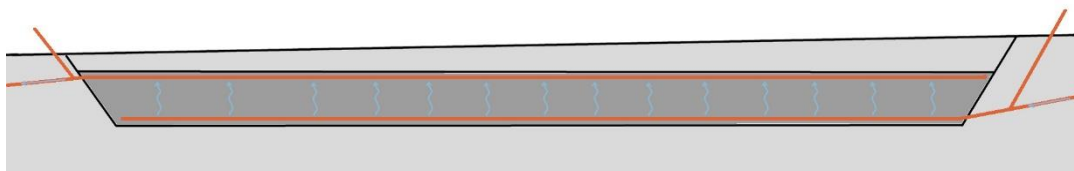
Figur 6. Breddavlopp i damm. Breddning sker när flödet genom dammen överstiger ca 100 l/s. Vattnet som passerar genom breddavloppet leds förbi fördelningsbrunnen och filterbäddarna.



Figur 7. Principskiss för fördelningsbrunn. Intagsnivån till filterbäddarna ligger lägre än vattengången för breddningsledningen, vilket gör att stora delar av totalflödet passerar filterbäddarna vid låga flöden. Vid högre flöden rinner merparten av vattnet genom breddningsledningen och passerar därmed inte filterbäddarna. Justerluckorna möjliggör olika fördelning av vattnet mellan filterbäddarna.



Figur 8. Filterbäddarna som de såg ut när de var nyanlagda. Nordkalks bädd i till vänster i bild och WERECS bädd (som är täckt med jord) till höger i bild. Vattenflödet går från kameran, genom filterbäddarna, vidare genom mätbrunnarna och sedan ut i befintligt kulvertsystem. I Nordkalk-bädden rinner vattnet genom ett lager makadam, över första mellanväggen, ner genom ett silande lager med filtermaterial, ut i slitsade spridarrör som löper genom nästa mellanvägg och fördelar flödet i filtermaterialet, genom vilket vattnet pressas upp till ytan, för att sedan rinna mot utloppet.



Figur 9. Schematisk skiss av WEREC-bädden. Vattnet rör sig från höger till vänster i bild. Underst ligger bottenrör samt bottenmakadam (hyttsten), ovan på det filtermaterialet (hyttsand). Överst i filterbädden ligger uppsamlingsrör, samt ytterligare ett makadamlager. Fiberduk ligger runt om allt material för att avgränsa mot omgivande jord. Ovanpå filterbädden ligger sedan ett lager jord, markytan sås in och kan brukas. Vattnet i filterbädden ska fördelas så jämnt som möjligt för optimalt utnyttjande av filtermaterialet.

Metodik för mätning av vattenflöden och halter av näringsämnen

Metod för mätning av vattenföring

Metoden följer HaV:s handledning för vattenföringsbestämningar inom miljöövervakningen (HaV, 2016). Mätningar av flöden genomfördes på två punkter, en i varje mätbrunn nedströms filterbäddarna (se figur 2 och 10). Vattenföringen mättes indirekt med hjälp av en anlagd mätsektion i form av ett Thomsonöverfall i mätbrunnar på nedströmssidan av vardera filterbädden (se figur 13). Tryckgivare, så kallade divers (Van Essen Instruments TD-Diver), mätte vattenståndet på uppströmssidan av Thomsonöverfallen. Flödet över respektive 90 graders Thomsonöverfall räknades sedan ut med ekvation 1 nedan. Vattenstånden mättes även manuellt vid varje provtagningsstillfälle. Mätvärdena från tryckgivarna kalibrerades efter de manuella mätningarna vid analys av data.

För beräkning av ackumulerat flöde uppdaterades mätvärdena var 15:e minut under perioden 2019-01-28 – 2020-06-16. Under mätperioden 2020-06-16 – 2021-03-18 uppdaterades mätvärdena istället var 30:e minut.

$$Q = \frac{8}{15} * \mu * h^{2,5} * \sqrt{2 * g} \quad (1)$$

Q = flöde

μ = friktionskoefficient

h = höjd mellan vattenyta och spets på triangel

g = tyngdacceleration (9,82)

Hänsyn till flödesskillnader mellan in- och utlopp i filterbäddarna på grund av avdunstning och infiltration bortsågs ifrån. Jordarten på platsen är lerig morän, alltså relativt tät. Dammens nivå i förhållande till filterbäddarnas ger ett nettoflöde av ytligt grundvatten från dammen till filterbäddarna. Vid mycket torra förhållanden (sommaren 2019) uppskattades ett något högre flöde ut från filterbäddarna än in.

Metod för mätning av transport av näringsämnen

Transport av ämnen mättes enligt strategin för trendvattendrag i HaV:s handledning för vattenkemi i vattendrag (HaV, 2016). Metodiken anpassades för ändamålet eftersom detta är relativt unikt.

Tidsstyrda pumpar tog konstant upp vatten från anläggningen vid fördelningsbrunnen uppströms filterbäddarna samt vid vardera mätbrunnen nedströms filterbäddarna (se figur 2 och 14). Vattenprover hämtades sedan från pumparnas uppsamlingskärl veckovis under perioden 2019-01-28 – 2020-03-24 och sedan varannan vecka under perioden 2020-03-25 – 2021-03-18. Vid beräkning av transport av näringsämnen användes mätvärdena på vattnet som ansamlats i provtagningskärlen mellan två provhämtningstillfällen kombinerat med beräknade flöden för aktuell period.

Uppsamlingskärlen bestod av 25-litersdunkar som placerats i små jordkällare med isolerade lock, detta för att skydda vattnet mot höga temperaturer och isbildning (se

figur 10). Vid hämtning av vattenprover skakades uppsamlingskärnen om för att röra upp eventuellt sediment från botten, varefter sköljning och fyllning av provflaskor gjordes. Provflaskorna lades därefter i kylväskor med frysklampor och postades till laboratorium för analys. Figur 10–14 visar bilder på mätutrustningen.

Vid några tillfällen då prover inte kunde hämtas från uppsamlingskärnen p.g.a. tekniska problem (oftast igensatta slangar eller motsvarande) togs istället stickprover direkt från brunnarna. Vid de tillfällen då stickprover togs bestämdes mätvärdenas representativitet sedan utifrån flödessituationerna i anslutning till varje provtagningsstillfälle.

Flödena genom filterbäddarna var relativt små, oftast 0–6 l/s, vilket gjorde att beräkningarna av vattenflöden behövde handpåläggning vid dataanalys. Tryckgivarnas (Van Essen Instruments TD-Diver) felmarginaler, och framförallt kalibrering mot uppmätt lufttryck (Van Essen Instruments Baro-Diver) gjorde att mätvärdena i efterhand behövde kalibreras mot manuellt uppmätta nivåer i mätbrunnarna. Orimliga värden ersattes av medelvärden före respektive efter.



Figur 10. Installation av mätutrustning vid mätbrunnarna nedströms filterbäddarna. Jordkällare med isolerade lock användes för förvaring av uppsamlingskärl (25-litersdunkar) till provvattnet. Rör för provtagarslangar grävdes ner för att minska frekvensen av mätstopp vid minusgrader.



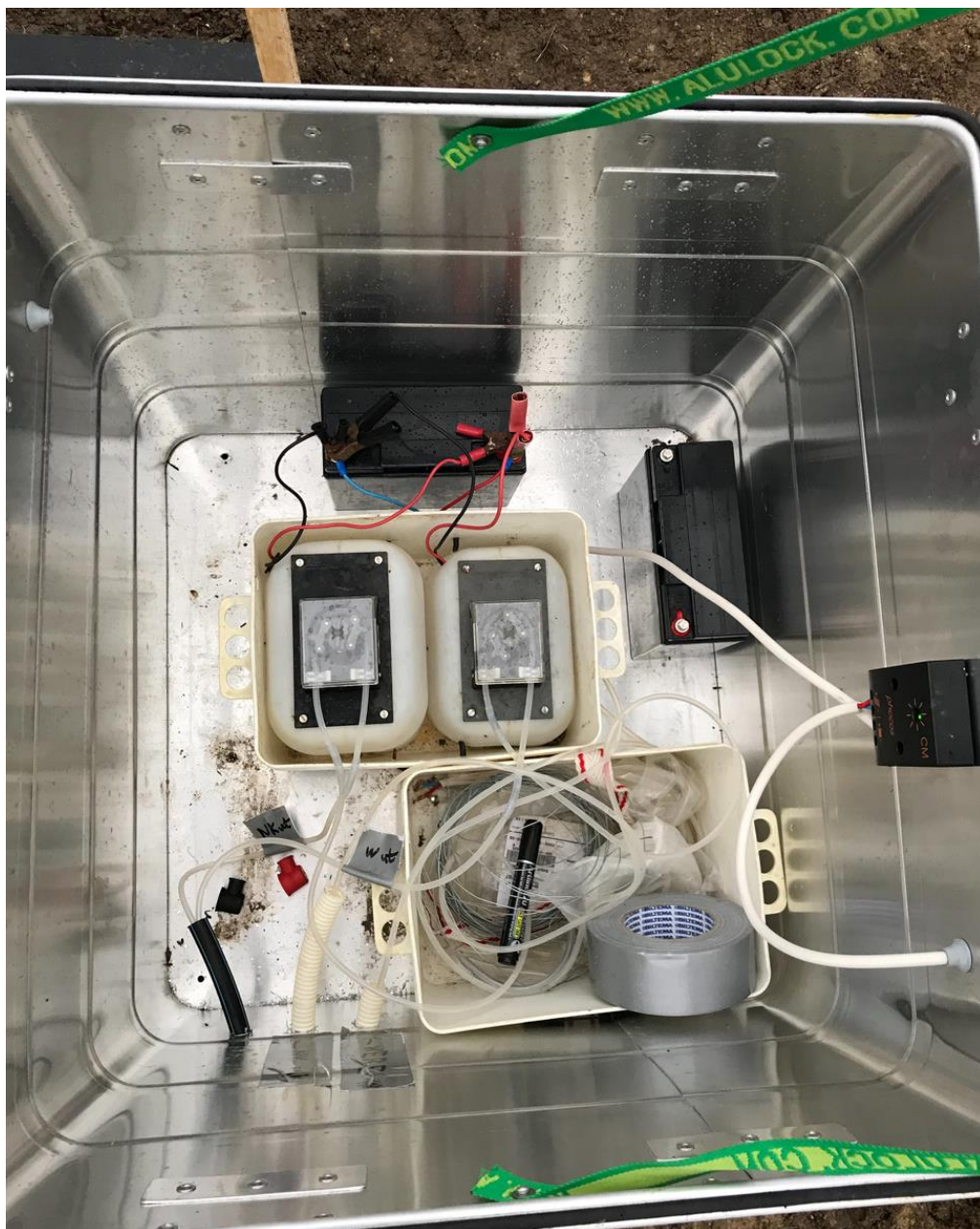
Figur 11. Provtagningsutrustning (en provpunkt) vid fördelningsbrunnen, uppströms filterbäddarna.



Figur 12. Provtagningsutrustning (två provpunkter) vid mätbrunnarna nedströms filterbäddarna.



Figur 13. En av mätbrunnarna nedströms filterbäddarna. Slangen till provtagarpumpen kan ses i bildens övre del. Vattnet från filterbädden kommer ut ur röret till höger i bild, rinner över det triangulära överfallet (Thomson) i den täta mellanväggen, och sedan ut i röret till väster i bild. Till höger i bild syns en kedja med en tryckgivare (Van Essen Instruments TD-Diver). Tryckgivaren mäter vattennivån på uppströmssidan av mellanväggen, vilket möjliggör beräkning av flödet över överfallet. Vid varje provtagningstillfälle mättes vattennivån manuellt för att data från tryckgivaren skulle kunna kalibreras i efterhand.



Figur 14. Tidsstyrda peristaltiska pumpar för kontinuerlig provtagning av vattnet. Batteriet laddades av en solcellspanel för att minimera behovet av batteribyte. Flödena genom filterbäddarna varierade i så pass liten grad (se figur 15) att flödesstyrda pumpar, som vanligtvis används vid uppföljning av våtmarker inte kunde motiveras.

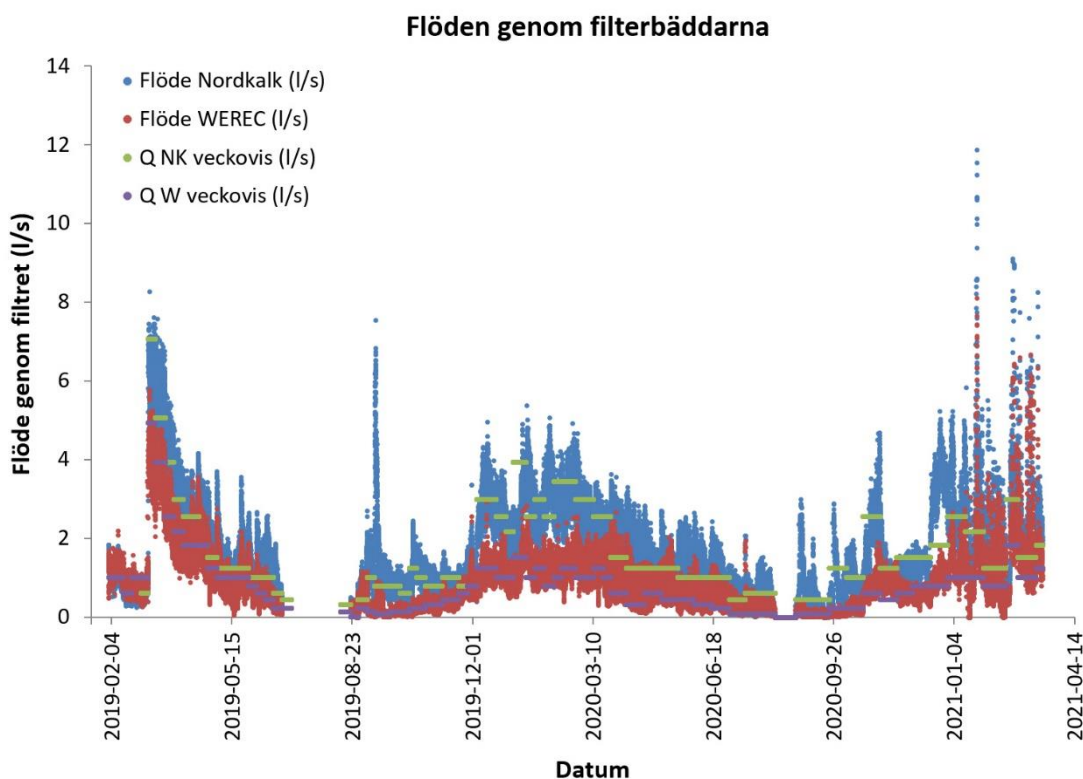
Resultat från uppföljningen

Filterbäddarnas prestation för retention av näringsämnen

Mätning av vattenkvalitet genomfördes vid tre punkter: i fördelningsbrunnen uppströms filterbäddarna samt i vardera mätbrunnen nedströms filterbäddarna. Mätningarna påbörjades i februari 2019 och avslutades i mars 2021. Bilaga 1 visar fältanteckningar från provhämtningarna. Länsstyrelsen i Skåne har givits tillgång till rådata från mätningarna.

Ingen hänsyn har tagits till osäkerheter i analyserna av näringsämnen. Ingen hänsyn har heller tagits till osäkerheter i flödesmätningarna. Avdunstning, utspädning av regnvatten och läckage/infiltration mellan in- och utlopp i filterbäddarna har inte tagits med i beräkningarna. Figur 15 visar flöden genom filterbäddarna under mätperioden.

Vid tidigare studier har det konstaterats att för låg omsättningstid genom filtermaterialet kan leda till att materialet släpper ifrån sig delar av den fosfor som ansamlats (Österberg 2012, IVL 2014). På grund av Nordkalk-bäddens dyrare anläggningspris och potentiellt mer potentia filtermaterial leddes något mer vatten genom denna filterbädd med hypotesen att den skulle klara av att ta emot högre vattenflöden utan att släppa ifrån sig det fosfor som adsorberats. Flödet till WEREC-bädden ställdes in med beräknat maxflöde på 4,9 l/s på inrådan av WEREC.



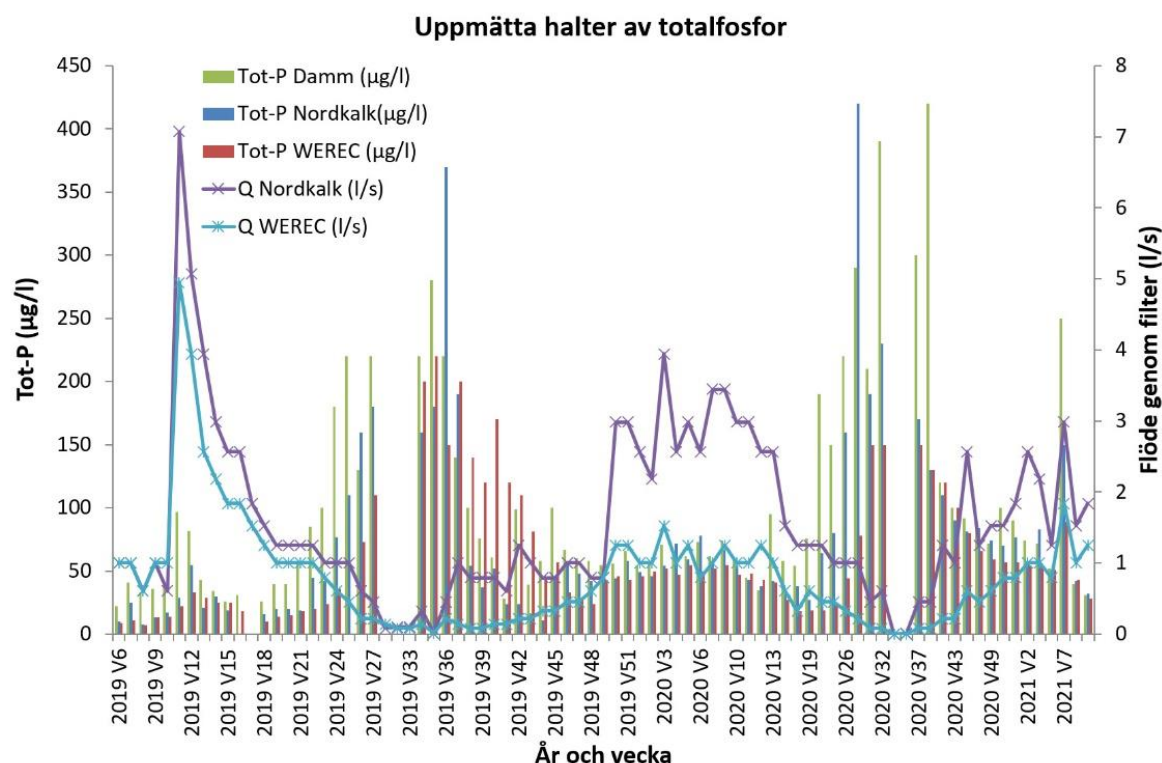
Figur 15. Uppmätta flöden genom filterbäddarna. Röda och blå punkter visar flöden beräknade från tryckgivare och Thompsonöverfall. Gröna och lila streck visar manuellt uppmätta flöden. Ett längre mätuppehåll förelåg under sommaren 2019 vid torka och nollflöden.

Fosfor

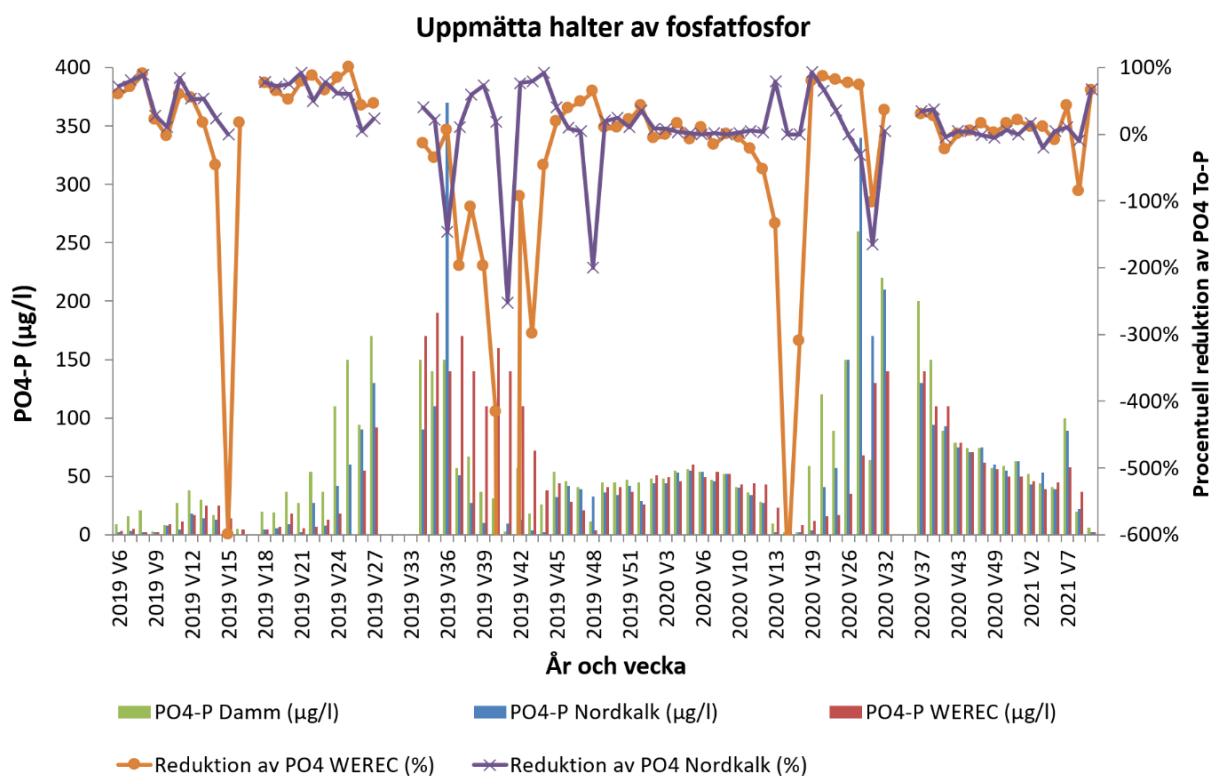
Figur 16 och 17 visar uppmätta halter av totalfosfor respektive fosfatfosfor i damm (fördelningsbrunn) samt nedströms Nordkalk- respektive WEREC-bädden. Även veckovis uppmätta flöden genom respektive filterbädden visas i diagrammet. Upptag av fosfor skedde för de flesta perioderna, med vissa undantag. Inga mönster kunde ses för avgång av totalfosfor från filterbäddarna vid höga flöden. Större avgångar av fosfat i WEREC-bädden sammanföll ofta med relativt låga halter i ingående vatten. Tendenser fanns till större ackumulation av totalfosfor vid högre halter av totalfosfor i ingående vatten, se figur 18.

I figur 19 visas ackumulerad mängd totalfosfor och fosfatfosfor i filterbäddarna. Nordkalk-bädden (20 m³ aktivt filtermaterial) uppvisade en nettoackumulation av såväl fosfat som totalfosfor, med totalt 2,3 kg ackumulerad totalfosfor under mätperioden. WEREC-bädden (32 m³ aktivt filtermaterial) uppvisade även den en nettoackumulation av såväl fosfat som totalfosfor, med totalt 2,2 kg ackumulerad totalfosfor under mätperioden.

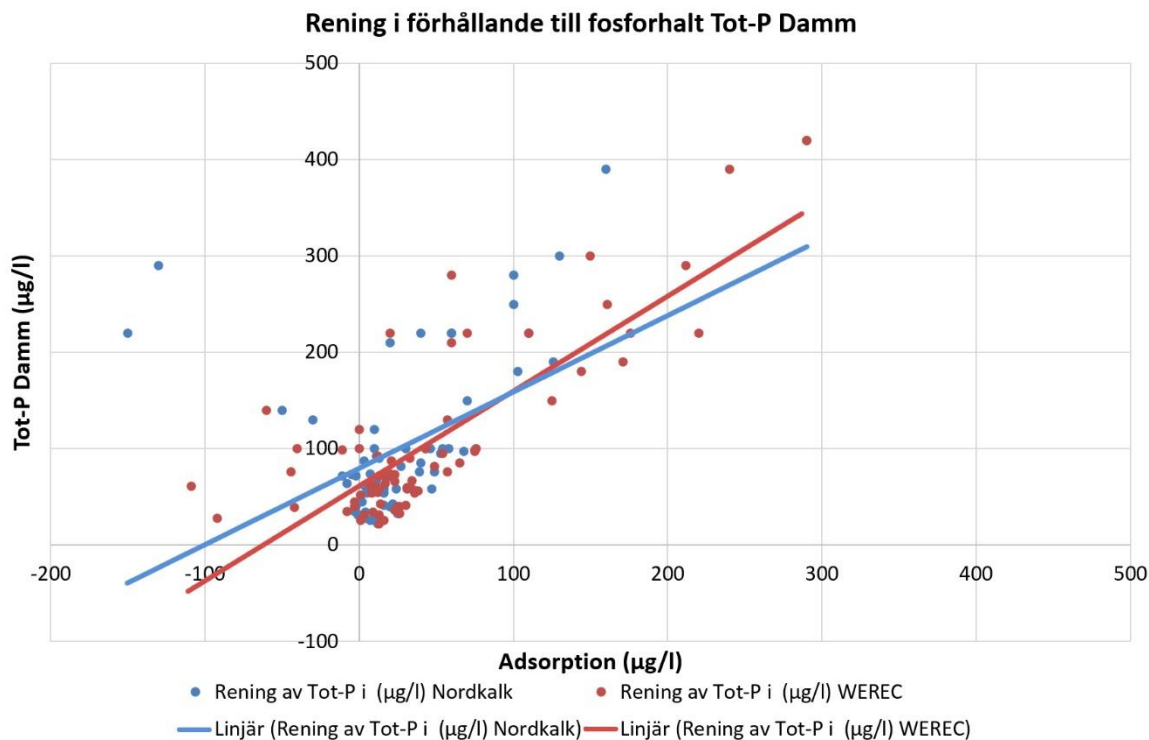
Den procentuella reningen av totalfosfor för det vatten som passerade filterbäddarna uppgick till i medel 25 % för Nordkalk-bädden och 34 % för WEREC-bädden. Att WEREC-bädden skulle ha högre reningsgrad än Nordkalk-bädden var väntat eftersom ett högre flöde tilläts genom Nordkalk-bädden samtidigt som mängden filtermaterial var mindre. Under mätperioden passerade ca 105 000 m³ vatten genom Nordkalk-bädden och ca 56 000 m³ genom WEREC-bädden. I förhållande till mängden passerat vatten genom filterbäddarna ackumulerades cirka 0,12 kg/m³ filtermaterial i Nordkalkbädden och 0,07 kg/m³ filtermaterial i WEREC-bädden. Av det vatten som passerade genom fördelningsbrunnen under mätperioden fortsatte sammanlagt ungefär 11 % genom filterbäddarna, resten gick genom breddningsledningen. Vid höga flöden var givetvis denna siffra mycket lägre och vid låga flöden passerade allt vatten genom filterbäddarna.



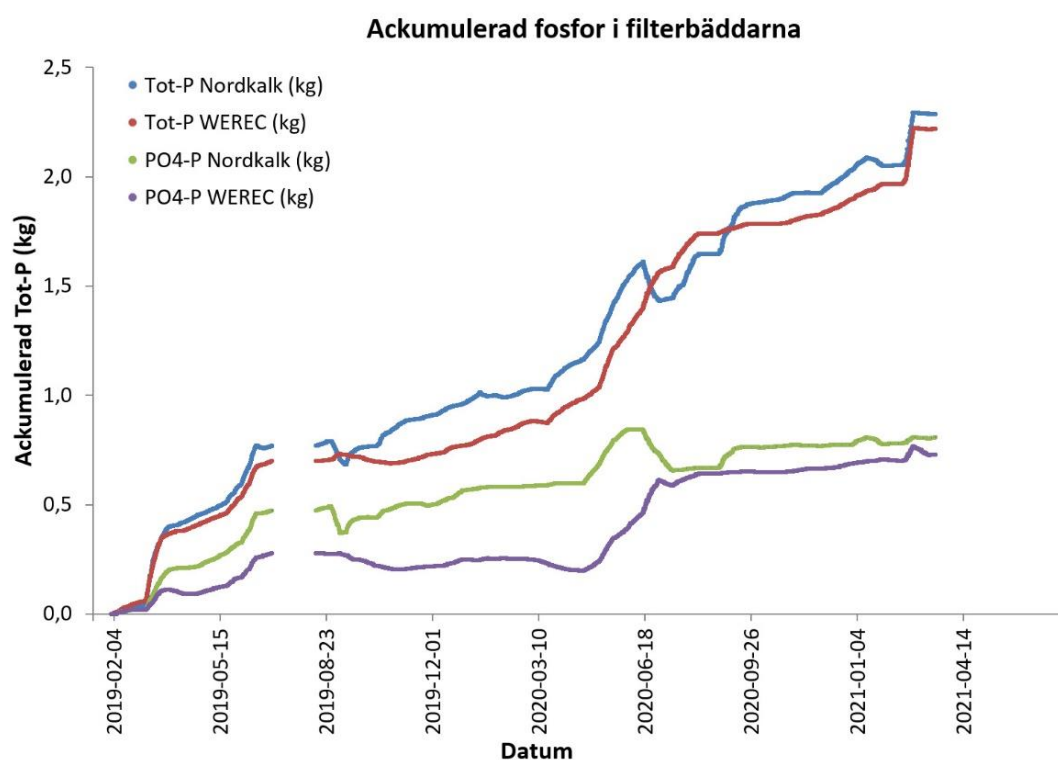
Figur 16. Uppmätta halter av totalfosfor under mätperioden. De högsta halterna av totalfosfor uppmättes under sommarhalvåren, då vattenflödena generellt var lägre. De högre vattenflöden som tillåts i Nordkalk-filtret verkar inte ha haft någon större inverkan på adsorptionshastigheten av totalfosfor.



Figur 17. Uppmätta halter av fosfatfosfor (staplar – enhet: µg/l), samt fosfatfosfors andel av totalfosfor i damm (linjer – enhet: %) under mätperioden. De höga procentuella släpp av fosfat som framförallt WEREC-filtret uppvisar har ofta uppträtt vid låga halter av fosfat i inkommande vatten (damm).



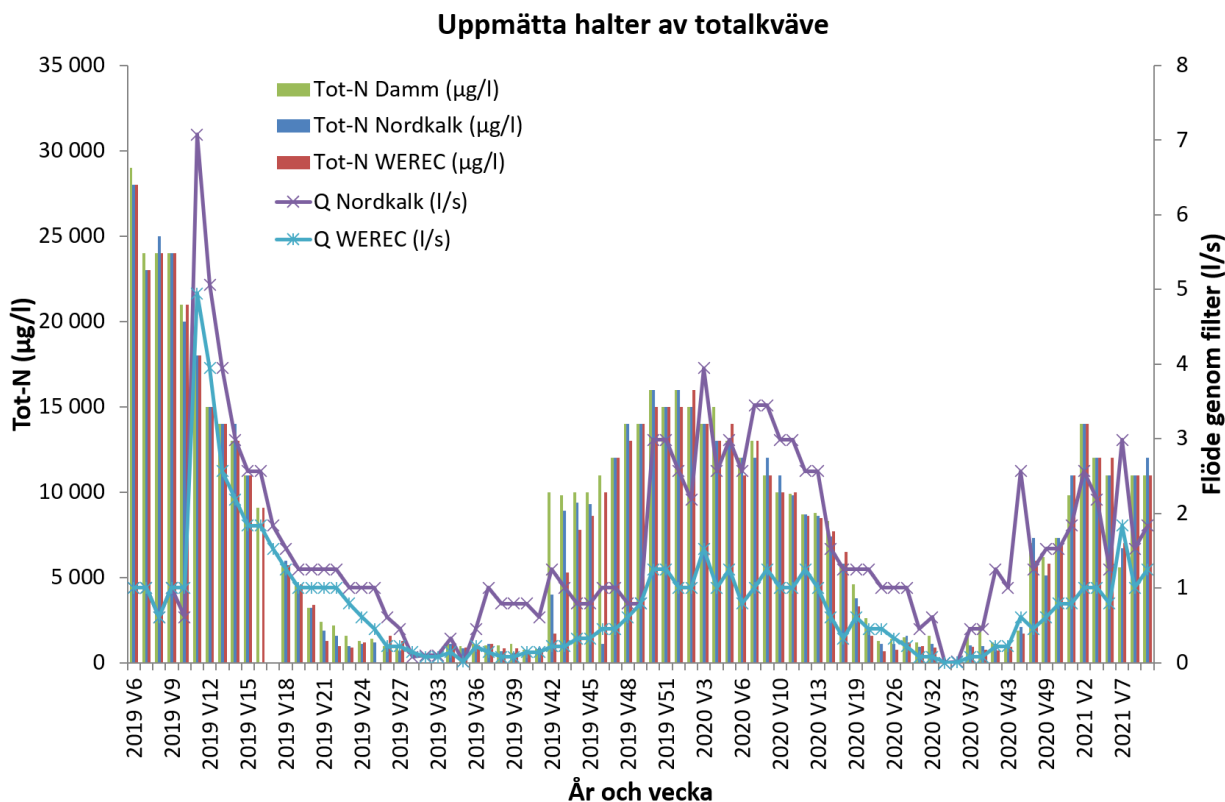
Figur 18. Filterbäddarnas adsorption av totalfosfor i förhållande till halterna av totalfosfor i dammen.



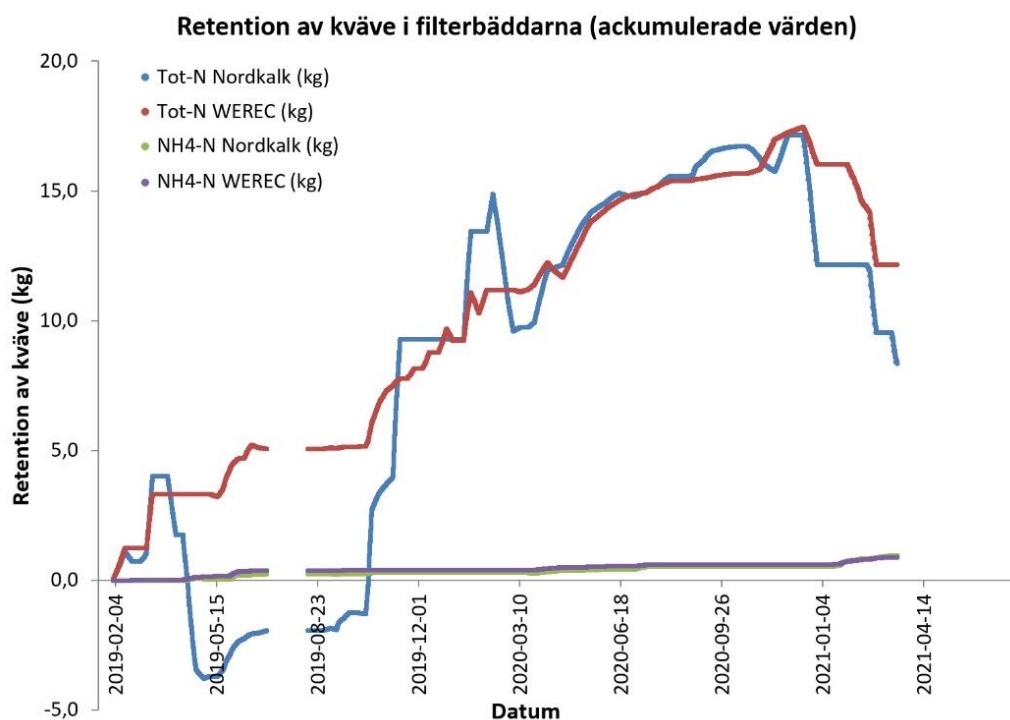
Figur 19. Ackumulerade mängder totalfosfor och fosfat i filterbäddarna. Ett längre mätuppehåll förelåg under sommaren 2019 vid torka och nollflöden. Adsorption av fosfat verkar ske främst på våren. Andelen partikulär fosfor är högre än fosfatfosfor vid mätseriens slut.

Kväve

Figur 20 visar uppmätta halter av totalkväve i damm (fördelningsbrunn) samt nedströms Nordkalk- respektive WEREC-bädden. Figur 21 visar ackumulerad retention av totalkväve i filterbäddarna. Båda filterbäddarna uppvisade en netto retention av totalkväve. I Nordkalk-bädden varierade halterna av totalkväve kraftigt över tid. I Nordkalk-bädden verkar höga flöden vara kopplade till avgång av nitrat/nitrit, medan ammoniumhalter har varit relativt stabila.



Figur 20. Uppmätta halter av totalkväve under mätperioden. Kvävehalterna samvarierade med växtsäsongen och var som högst precis i början av mätperioden. Dålig tillväxt och därmed kväveupptag hos grödorna under den torra sommaren 2018 resulterade i rekordhöga kväveläckage under början av 2019.



Figur 21. Ackumulerade mängder totalkväve och ammonium i filterbäddarna. Ett längre mätuppehåll förelåg under sommaren 2019 vid torka och nollflöden.

Kontroller och stickprov från andra befintliga WEREC-filterbäddar

Inom Höje å åtgärdsprogram har, förutom testanläggningen som utvärderades i föreliggande projekt, tre filterbäddar för fosfor anlagts av WEREC. Tabell 1 nedan visar en översikt över dessa filterbäddar. I föreliggande uppföljning ingick tillsyn och stickprovtagning av dessa filterbäddar för att vidga synen på utvärderingen en aning och samtidigt få indikationer på eventuella underhållsbehov. I januari 2021 gjordes flera försök att ta vattenprover vid in- och utlopp på dessa tre filterbäddar. Filterbäddarna hade inga stigarrör eller motsvarande avsedda för provtagning på utloppssidan, vilket försvårade provtagningen. Varierande vattennivåer gjorde att åtkomsten blev begränsad vid höga flöden och inget vatten rann igenom filterbäddarna vid låga flöden.

Provtagning var endast möjlig på en av filterbäddarna, Trolleberg väst, se Tabell 2. Sammantaget kan sägas att dessa filterbäddar har varierande funktion och att de verkliga flödena genom filterbäddarna vid MQ (årsmedelflöde) sannolikt är mindre än beräknat (baserat på observationer i fält). Att genomflödet av vatten är mindre än beräknat behöver inte ses som ett problem om man endast tar hänsyn till att kostnaderna för driften av filterbädden är kopplade till anläggning och utbyte av material. Tidpunkten då filtermaterialet är i behov av utbyte blir dock svår att avgöra om vattenprovtagning inte är möjlig. Därför borde möjlighet till provtagning av vattnet vara möjlig på alla filterbäddar som anläggs framgent. Vid utbyte av filtermaterial kan provtagningsbrunnar sättas på utloppsrören. Generellt kan det vara svårt att hitta lokaler med tillräckliga fallnivåer för att vattnet ska orka trycka sig igenom filtermaterialet vid lägre flödessituationer. Figur 22–25 visar bilder från in- och utlopp vid dessa filterbäddar.

Tabell 1. Uppgifter om befintliga WEREC-bäddar som anlagts i Höje å åtgärdsprogram 2016-2018. Filterbäddarnas positioner kan ses i översiktskartan i figur 1.

Namn	Trolleberg öst	Trolleberg väst	Lilla Bjällerup
Tillrinningsområde (ha)	33	20	1195 (sidodamm)
Volym filtermaterial (m ³)	36	144	195
Beräknad flöde vid MQ (l/s)	2,5	15	25
Beräknat maxflöde (l/s)	4	23	37
Filtermaterial	Hyttsand	Hyttsand	Hyttsand
Driftsatt (datum)	2016-02-03	2016-05-25	2018-10-30
Entreprenadkostnad exklusive projektering (kr ex moms)	189 000	269 000	414 040
Totalkostnad för utbyte av material 2021 (kr ex moms)	136 682	378 680	-
Status	Filterbädden tar ej emot något vatten. Dräneringar behöver kopplas på stamledning för vattentillförsel. Provtagning möjlig vid högre flöden (och aktiv anläggning). Byte av filtermaterial är ej aktuellt då filtret i praktiken aldrig varit i drift. Framtida arbeten med dräneringar kommer att aktivera filterbädden.	Vattenflödet fungerar. Provtagning möjlig vid MQ. Filtermaterialet kan vara i behov av byte. Provtagningsbrunn på utloppsbröret kan installeras för enklare övervakning.	Vattenflöde fungerar. Ej möjligt att provta utgående vatten. Liten skillnad mellan vattennivåer vid in- och utlopp resulterar sannolikt i låg förbrukningstakt för filtermaterialet. Ej aktuellt att byta filtermaterial ännu, men provtagningsbrunn på utloppsbröret behövs.
Provtagning	Ej möjlig	Provtagen 2021-01-28. Mätvärdena tyder på mättat filtermaterial.	Ej möjlig

Tabell 2. Analysvärden för fosfor och pH vid inlopp (IN) och utlopp (UT) på filterbädden Trolleberg väst. Värdena representerar ett mättillfälle, siffrorna ska därmed tolkas med stor försiktighet.

Parameter	Värden IN	Värden UT	Adsorption/kvarhållning
Fosfatfosfor, PO4-P (µg/l)	35	11	24
Fosfor total, Tot P (µg/l)	76	91	-15
pH vid 20°C	7,9	7,7	-



Figur 22. Inloppsrör (rött med perforerad metallcylinder) till filterbädden Trolleberg öst. Breddningsutlopp till damm (svart) syns också i bild. Inloppsledningen till dammen är inte vattenförande på grund av att planerad påkoppling av dräneringsledningar inte har gjorts. Bilden är tagen 2021-01-13 i samband med en höglödessituation.



Figur 23. Inloppsror till filterbädden vid Lilla Bjällerup.



Figur 24. Ett stigarrör på utloppsledningen till filterbädden Trolleberg väst möjliggjorde provtagning.



Figur 25. Utloppsroren från filterbädden vid Lilla Bjällerup mynnar i en bädd av makadam under vattenytan i Råbydiket. Vid låga vattenstånd i Råbydiket rinner i princip inget vatten genom filterbädden, vilket gör att provtagning på utloppsvattnet inte är möjlig.

Diskussion och utvärdering

Filterbäddarnas praktiska egenskaper

Under uppföljningsprojektets gång har erfarenheter kring anläggningens skötselbehov och tekniska funktion erhållits. Nedan följer en bedömning av anläggningens funktion och potential för rening av fosfor från vatten i jordbrukslandskapet.

Filterbäddar är tekniska anläggningar som kräver tillsyn och ett visst mått av underhåll för att fungera bra. Detta bör beaktas vid val av plats när man anlägger filterbäddar.

Hösten 2019 upptäcktes problem med genomflödet i WEREC-bädden efter en period av nollflöden under sommaren och sedan mycket låga flöden under tidig höst. Trots höga nivåer i fördelningsbrunnen rann mycket lite vatten genom WEREC-bädden (se figur 16, V36-48 2019). Vid mycket låga vattenhastigheter kan sedimentation av fina partiklar ske, vilket är tänkbart i detta fall. En spolning av spridarrören på uppströmssidan (botten) av WEREC-bädden gjordes under V44 2019. De skarpa böjarna på rören gjorde det dock svårt att komma in långt med spolmunstycket. Det är tveksamt om spolningen gjorde någon större skillnad, men tre veckor senare var genomrinningen normal igen, kanske på grund av konstant högt tryck på uppströmssidan. Nordkalk-bäddens öppna konstruktion gör att den är mindre känslig för igensättning än WEREC-bädden.

Nordkalkbäddens öppna konstruktion gjorde att växlighet i form av framför allt fintrådiga alger och andmat tidvis var riklig i de kammare där det fanns vattenspegel. Yngel av mört och abborre lyckades etablera sig i första kammaren under sensommaren 2019. Ätlig groda etablerade sig också närmast utloppet i Nordkalkbädden under 2020. Nordkalk-bäddens L-stöd gör det svårt för groddjur att ta sig upp ur bädden inför vintern, detta skulle emellertid lätt kunna lösas med någon form av ramp.

I dialogen med Nordkalk hade de idéer om att man skulle kunna förlänga tiden mellan byte av filtermaterial genom att årligen tillsätta mindre mängder Filtra-G. Detta var dock svårt att genomföra praktiskt i detta fall, då filteranläggningen är omgiven av åkermark.

Flödet genom en filterbädd får inte bli för högt eftersom man då riskerar att filtermaterialet släpper tidigare absorberad fosfor. I praktiken innebär detta ofta att man bara kan leda en liten andel av det tillgängliga vattnet genom filtret, och ofta inget vid lägre flöden. WEREC erbjuder dock flottörstyrda inloppslösningar för att komma runt detta problem. I praktiken används dock oftast ett enkelt men funktionellt stigarrör med perforerad plåt cylinder till WEREC-bäddar för hög driftsäkerhet (Ekstrand 2018). Nordkalk-bäddens konstruktion ger mer förlåtande egenskaper vid belastning med höga flöden, då vattnet kan rinna över mellanväggen och filtermaterialet, en inbyggd breddningsfunktion finns alltså i filterbäddens konstruktion.

Rätt läge för filterbädd

Filterbäddar för fosfor är tekniska anläggningar som förväntas bidra till minskade utsläpp av fosfor (och till viss del kväve) samt möjliggöra en viss återföring av den adsorberade fosfor till omgivande jordbruksmark. I många fall är det svårt att hitta lokaler med fallhöjder som är förmånliga för en effektiv fördelning av vattnet mellan filtret och vattendraget/kulverten. Ofta är det svårt att få vattnet att passera filtret vid lägre flöden under sommartid, då det ibland förekommer höga fosfathalter och filtrets potentiella reningskapacitet utgör en större andel av vattenflödet än på vinterhalvåret. Det finns dock exempel på områden med begränsad avrinning där fosforhalterna i avrinnande vatten är mycket höga – högt belägna djurgårdar tillhör de vanligaste. Marken nära dessa gårdar har emottagit gödsel från betande djur under många års tid, vilket resulterar i överskott av fosfor och därmed höga läckage. Platsbrist är också vanligt i dessa miljöer, vilket gör det svårt att anlägga exempelvis en fosfordamm. I

sådana fall skulle det kunna vara intressant att minska läckage av fosfor genom anläggning av filterbäddar. Aktiv pumpning av vattnet till en filterbädd skulle då eventuellt kunna möjliggöra effektivare reningsgrad genom jämnare omsättningstid och att en större andel av vattnet passerar filtret istället för att breddas förbi. Man närmar sig då den metod för rening av fosfor med kalkfilter som idag tillämpas för många enskilda avlopp.

I tidigare studier har man sett att vid lång omsättningstid på vattnet ger möjlighet för filtermaterialet att adsorbera mer fosfor än vid kort omsättningstid. Likaledes ger högre halter av fosfor i vattnet en högre upptagningskapacitet hos filtermaterialet (IVL 2014, Österberg 2012). Även i föreliggande uppföljningsstudie indikerar mätvärdena i figur 18 att adsorptionen av fosfor är högre vid höga halter av fosfor snarare än låga. Därmed bör utgångspunkten för maximal nytta av en filterbädd vara att omsättningen av vatten ska vara låg och halterna av fosfor i inkommande vatten så höga som möjligt för att optimera kostnadseffektiviteten. Tillfälliga flödestoppar genom filtret bör undvikas.

Att anlägga en filterbädd för fosfor bör således främst motiveras av höga halter fosfor och begränsat tillrinningsområde, exempelvis skulle vissa djurgårdar kunna vara lämpliga. I sådana fall skulle vattnet kunna pumpas in i filterbädden istället för att rinna in med självfall. På så sätt skulle man kunna maximera vattenflödet genom filterbädden när halterna av fosfor är som högst (generellt under sommarhalvåret).

Filterbäddarna ur ett resursperspektiv

Nedan följer resonemang kring anläggningarnas hållbarhet ur ett samhällsekonomiskt och resursmässigt perspektiv.

Ekonomisk hållbarhet för rening av fosfor och kväve

Syftet med filterbäddarna är att fastlägga fosfor från genomrinnande vatten. För att kunna utvärdera filterbäddarnas prestanda ur ett ekonomiskt perspektiv görs nedan en jämförelse med anlagda våtmarkers prestanda för fastläggning av fosfor i sediment. Tabell 3 visar kostnader och prestanda för filterbäddarna som utvärderats i detta projekt. Tabell 4 visar beräkningar av ekonomisk prestanda för anlagda våtmarker.

Tabell 3. Beräkning av de utvärderade filterbäddarnas kostnadseffektivitet. Prisläget 2018 används i tabellen, prisuppgångar sedan dess tas alltså inte hänsyn till.

Beskrivning	Nordkalk	WEREC	Enhet
Kostnad material och rör till bäddar	82 280	125 460	SEK
Kostnad L-stöd	179 180	-	SEK
Kostnad anläggning	75 000	75 000	SEK
Summa	336 460	200 460	SEK
Uppskattning kostnad byte av filtermaterial (Nordkalk 2021, WEREC 2018)	36 500	78 000	SEK
Mängd aktivt filtermaterial	20	32	m ³
Bunden Tot P under mätperioden	2,3	2,2	kg Tot-P
Bunden Tot P per år	1,08	1,04	kg Tot-P/år
Bunden Tot-N under mätperioden	8,4	12,2	kg Tot-N
Bunden Tot N per år	3,95	5,74	kg Tot-N/år
Prognostiserad totalkostnad över en 20-årsperiod, antaget materialbyte vart 4:e år (4 byten)	482 460	512 460	SEK
Kostnad per bundet kilo Tot-P över 20 år	22 288	24 749	SEK/kg Tot-P
Kostnad per bundet kilo Tot-N över 20 år	6 103	4 463	SEK/kg Tot-N

Samtliga priser anges i SEK exklusive mervärdesskatt.

Kostnaderna utgår från offerter och fakturor från anläggningen av de utvärderade filterbäddarna

Tabell 4. Anlagda våtmarkers kostnadseffektivitet sett till retention av näringsämnen.

Jämförelse våtmarker	Värde	Enhet
Anläggningskostnad för 1 ha schaktad våtmark (90 kr/kbm) plus projektering och upphandling **	975 000	SEK
Beräknad retention av Tot-P i våtmark *	15	kg tot-P/ha*år
Beräknad retention av Tot-N i våtmark *	300	kg tot-N/ha*år
Kostnad per bundet kilo Tot-P över 20 år	3 250	SEK/kg Tot-P
Kostnad per bundet kilo Tot-N över 20 år	163	SEK/kg Tot-N

Samtliga priser anges i SEK exklusive mervärdesskatt.

* Värden framtagna från tidigare studier på våtmarkers retentionsförmåga

** Priser hämtade från anlagda våtmarker under 2020 inom Höje-, Sege- och Kävlingeåns vattenråd

De kostnader som presenteras i Tabell 3 innehåller osäkerheter och är inte riktigt representativa för alla filterbäddar för fosfor som anlagts. Ofta är filterbäddarna ganska mycket större, vilket minskar anläggningskostnaden per kg filtermaterial och ökar därmed kostnadseffektiviteten. Vid jämförelse med offerter från hösten 2021 för utbyte av filtermaterial i WEREC-bäddarna Trolleberg öst och Trolleberg väst (Tabell 1) så har priserna dock stigit med cirka 25 % räknat per m³ filtermaterial jämfört med siffrorna i Tabell 3 (som är hämtade från offerter 2018). Kostnaderna för anläggning och drift av filterbäddar i Tabell 3 bör därmed inte ses som överskattade, trots filterbäddarnas förhållandevis små storlekar. Beräkningarna i Tabell 3 antar även att filtermaterialet är mättat efter 4 år och att retentionsgraden inte minskar mot slutet av en 4-årsperiod (mätningarna i föreliggande studie pågick endast i 25 månader), vilket den i praktiken bör göra (Ekstrand 2018). Extrapoleringen av data från 25 månader till 48 månader (4 år) innebär därför med största sannolikhet en överskattning av retentionen av fosfor. Jämfört med andra WEREC-filterbäddar som anlagts av Høje å vattenråd får den utvärderade WEREC-bädden anses fungera relativt bra, åtminstone i de fall den tar in vatten även vid låga flöden.

Filterbäddarna presterade sämre med avseende på rening av fosfor jämfört med tidigare småskaliga försök då potentialen för filtermaterial jämförts (Österberg 2012). Detta kan bero på en mängd olika faktorer, exempelvis lägre fosforhalter i tillrinnande vatten, att delar av filterbäddarna sätts igenom med fina partiklar samt kanalisering i filtermaterialet med ojämn fördelning av vattnet och kortare verklig uppehållstid som följd.

Syftet med denna utvärdering är inte att direkt jämföra filterbäddar för fosfor med anlagda våtmarker. Våtmarker levererar en mängd ekosystemtjänster, däribland retention av näringsämnen, ökad biologisk mångfald, rekreation, fördröjning med mera. En anlagd våtmark blir en del av landskapets ekosystem, varför en direkt jämförelse mellan filterbäddar och våtmarker inte går att göra. Våtmarker är dock den mest etablerade metoden för att rena vattnet från jordbruksmark från näringsämnen, därför används våtmarkers kostnadseffektivitet för rening av fosfor och kväve som referens. Våtmarker varierar stort sett till retention (och frisläppning) av fosfor, både över tid och mellan olika våtmarker. Siffrorna i Tabell 4 kan dock anses vara ganska representativa för en våtmark anlagd primärt för näringsrening.

Kostnaden för att rena ett kilo fosfor är cirka 7–8 gånger högre i filterbäddarna jämfört med i våtmarker. Rening av kväve skedde i filterbäddarna, men får ses som en sekundär effekt. Kostnaden för rening av kväve är cirka det 25–40 gånger högre i filterbäddarna jämfört med i våtmarker.

I beräkningarna av kostnadseffektivitet antas att en våtmark anläggs och sedan inte underhålls under kommande 20 år (Tabell 4). För filterbäddarna tas anläggningskostnad samt kostnad för utbyte av filtermaterial vart fjärde år med, inga övriga underhållsinsatser antas. Kostnadsanalyserna är således enkelt utformade. Man skulle exempelvis kunna anta att en våtmark behöver underhållsinsatser tidigare än efter 20 år, å andra sidan kommer kostnaderna för dessa insatser vara mycket lägre än anläggningskostnaden, vilken i beräkningarna antas upprepas efter 20 år. Gällande filterbäddarnas driftkostnader antas inga underhållsinsatser mellan utbytena av filtermaterialet (Tabell 3).

Resursmässig hållbarhet

Kalkfilter för adsorption av fosfor är ett relativt nytt verktyg i vattenvårdssammanhang, men har under de senaste åren börjat användas i större omfattning. En av anledningarna till att använda filtren är att komma åt den lösta fosfor, som är svår att binda i våtmarker framför allt sommartid. En annan anledning till användning av just filter är att de tar relativt liten plats i anspråk, man kommer alltså åt lägen som, på grund av intressekonflikt, är omöjliga att anlägga våtmarker på.

Det finns några leverantörer på marknaden för fosforfilter, däribland WEREC och Nordkalk. WEREC får anses vara ganska etablerad som leverantör, medan Nordkalk inte har nått lika långt på marknaden.

Många adsorberade material har tidigare testats i labbskala för bedömning av potential som fosforadsorbenter, men har fallit bort av olika anledningar (Ekstrand et al., 2015). Tillgången till adsorberande material varierar något över tid då olika intressen i samhället ibland tävlar om resurserna.

Hyttsand, som använts i WEREC-bädden är en restprodukt från stålindustrin. För att rena den smälta stålmassan från slagg tillsätts kalk, som binder slagget och gör det möjligt att avskiljas från stålet. Restprodukten blir en lätt glasig sandliknande produkt, som kallas Hyttsand. Till filterbädden som utvärderas i föreliggande rapport köpte WEREC sin hyttsand från Merox (stålindustri) i Oxelösund, som i sin tur fick kalk levererad från SMA Minerals. Kalken som SMA levererade till Merox bröts på Gotland (Dahlborg 2018). För närvarande (2021) har dock WEREC inte möjlighet att köpa hyttsand då en stor industri har allokerat all hyttsand för användning. WEREC har därför inlett ett samarbete med LECA, som har en filterprodukt kallad Filtralite, vilken framställs av lera (www.leca.se). Filtralite har i tidigare småskaliga tester uppvisat liknande prestanda för adsorption av fosfor som hyttsand (IVL 2014), men har sannolikt ett något högre pris.

Den kalk som används till Nordkalks produkt Filtra-G kom dels från Uddagården utanför Falköping, dels från täkter i Norge, vilka regleras av svensk miljölagstiftning (Wadmark, 2018).

Oavsett vilket material som används som adsorbent i fosforfiltren behöver en råvara brytas eller tas upp från jordlager eller berg. En resursanvändning som kan betraktas som ändlig beroende på tillgång. Utöver detta behövs också en del energi vid framställningen. Byggnadsbranschen använder också kalk-och lerbaserade råvaror i stor utsträckning, vilket ibland kan ge konkurrens. I dagsläget används kalk även som jordförbättringsmedel inom jordbruket. Efter det att filtermaterialen mättats med fosfor kan de spridas ut på åkrar för att återföra fosfor till åkermarken. Det är dock svårt att räkna på skillnader i behov av fosfortillförsel för åkermarken.

Referenser

Tryckta källor

Ekstrand, S., Persson, T., Bergström R. och Kynkkäänniemi, P. 2015. Åtgärdseffekter - kväve och fosfor i jordbruket. IVL, rapport C 124.

Havs- och vattenmyndigheten 2016 - 1. Vattenföringsbestämningar inom miljöövervakningen. Version 2:2, 2016-12-08.Handledning för miljöövervakning.

Havs- och vattenmyndigheten 2016 - 2. Vattenkemi i vattendrag. Version 1:4, 2016-11-01. Handledning för miljöövervakning.

Hedström A., 2006. Reactive filter systems for small scale wastewater treatment – a literature review. Vatten 62:253-263

IVL 2014. Åtgärder mot fosforläckage från jordbruksmark – dikesfilter och dikesdammar; FAS 2. Slutrapport Maj 2014. IVL, Svenska Miljöinstitutet. WEREK Water Ecosystem Recovery AB.

Österberg A. 2012. Removal and Recycling of Phosphorus from Wastewater Using Reactive Filter Material Polonite®. Examensarbete. KTH KEMITEKNIK. Stockholm

Digitala källor

www.leca.se/filtrering/filtralite-vattenrening

Muntliga källor

Dahlborg, Ann-Charlotte, Merox, 2018-02-08

Ekstrand, Sam, WEREK, 2018 (flera intervju tillfällen fram till och med 2021)

Wadmark, Lars, Nordkalk, 2018-02-19

Bilaga 1 – Händelselogg för provtagning

Slutversion
2022-03-24

År Vecka	Datum	Kommentar
2018 V49	2018-12-06	Startat provtagningen. Öppningar till bäddarna i fördelningsbrunnen satta till ca 2 cm (1,5 cm plus läckage)
2018 V50	2018-12-12	Hämtat prover första gången. NK-bäddens utloppsror har satt igen lite, vilket gjorde att vattnet letade sig igenom betongen och rann på marken nedströms bädden. Den 7/12 regnade det 11,6 mm (SMHI), kanske kan förklara fosfatsläpp.
2018 V50	2018-12-14	Stängt av flödet till båda filterbäddarna helt genom att plugga igen intagsrören i fördelningsbrunnen. Stoppat provtagningen. Anledning: Nordkalk-bädden fungerar inte, allt vatten rinner ovanpå filtermaterialet.
2019 V4	2019-01-25	Nordkalk klara med byte av filtermaterial.
2019 V5	2019-01-28	Startat provtagningen. Öppningar till bäddarna i fördelningsbrunnen satta till ca 1,5 cm (inkl läckage). Nivåer mätta innan justeringen. Noterat att breddningsröret i fördelningsbrunnen är deformerat, kontaktat JKN i ärendet.
2019 V5	2019-02-01	JKN åtgärdade breddningsröret i fördelningsbrunnen.
2019 V6	2019-02-06 09:00	Hämtat prover. Besiktigat JKNs åtgärder av breddningsröret i fördelningsbrunnen
2019 V7	2019-02-13 09:00	Hämtat prover
2019 V8	2019-02-20 11:00	Hämtat prover. Rensat provtagningsslangen i brunnen nedströms Nordkalk, slangen hade delvis satts igen.
2019 V9	2019-02-28 08:00	Hämtat prover. Observerat Cladophora i NK-bädd kammare 1 och 2.
2019 V10	2019-03-06 09:00	Hämtat prover. Högflöde i dammen (VY ca 10 cm över breddningskant). För första gången skilde sig flödena mellan bäddarna. Justerade om flödena i filterbäddarna med högflödet som utgångspunkt: Werek 2,0 cm öppet och ca 4,9 l/s; Nordkalk 2,5 cm öppet och ca 6,4 l/s.
2019 V11	2019-03-12 09:30	Högflödesperiod. Hämtat prover. Rensat provtagarslang i fördelningsbrunn.
2019 V12	2019-03-20 09:00	Hämtat prover. VY damm 56 cm över nederkant minitappningshål, växtmaterial dämmer i nätet.
2019 V13	2019-03-27 09:30	Provhämtning. Nivå i damm 35 cm ö vg minitappning, dvs 20 cm ö vattennivå innanför nät. Räfsan stulen.
2019 V14	2019-04-04 13:30	Hämtat prover. Inget flöde i provtagarslangen från Nordkalk-bädden. Bytte ut slangen mot ny, tillfällig dragning ovan mark. VY damm 26 cm ö vg minitappning.
2019 V15	2019-04-11 08:30	Hämtat prover. Ny räfsa. Observerat gödselgranulat på åkrarna runt anläggningen. VY damm 35 cm ö vg minitappning. Prover inkomna till SYNLAB sent (efter helgen).
2019 V16	2019-04-17 10:30	Hämtat prover. NK-dunk tom. Bytt peristaltslang till NK-provtagaren. VY damm 33 cm ö vg mintappning.
2019 V17	2019-04-24 10:00	NK-dunk tom igen. Inga prover tagna. Hittat hål på provtagarslang NK. Åtgärdat problemet och tömt dunkarna. Ej mätt nivåer etc.

2019 V18	2019-05-02 09:00	Hämtat prover. Rensat NK-slang i brunn.
2019 V19	2019-05-08 11:00	Hämtat prover. Rensat bort avlagringar på NK-överfall. Kolla diver-data här, har den driftat? Rensat provtagarslang och bytt peristaltslang damm.
2019 V20	2019-05-15 09:00	Hämtat prover
2019 V21	2019-05-22 09:00	Hämtat prover. Bytt NK provtagarslang.
2019 V22	2019-05-28 11:00	Hämtat prover. Bytt provtagarslang Damm.
2019 V23	2019-06-04 09:00	Hämtat prover. Bytt peristaltslang WECEC. Rensat provtagarslang NK.
2019 V24	2019-06-11 09:00	Hämtat prover. Bytt nedre delen av NK provtagarslang. Rensat Werek provtagarslang. Bytt Damm provtagarslang.
2019 V25	2019-06-18 10:00	Hämtat prover. NK-provtagarslang avsliten och tuggad på (sork), bytt övre del.
2019 V26	2019-06-25 10:00	Hämtat prover. Mycket låga flöden. Hämtat Diver-data.
2019 V27	2019-07-03 09:00	Hämtat prover. Mycket låga flöden
2019 V28	2019-07-09 09:00	Inga prover hämtade. Inget vatten i två av dunkarna. Hål i slangar och igensättning. Mycket låga flöden
2019 V29	2019-07-17 09:00	Pausat mätningarna pga mycket låga flöden.
2019 V33	2019-08-13 09:00	Startat mätning åter. Bytt provtagarslangar NK in, NK+W ut, peristalt damm.
2019 V34	2019-08-21 14:00	Hämtat prover
2019 V35	2019-08-27 09:00	Hämtat prover. Bytt provtagarslang Damm. Flyttat fiskyngel från första kammaren i NK-bädd till damm, ca 70 abborrar och 4 mörtar. Förmodligen har de kläcks i filterbädden. Mycket låga flöden.
2019 V36	2019-09-04 11:00	Hämtat prover. Bytt nedre provtagarslang NK
2019 V37	2019-09-10 10:00	Hämtat prover. Noterat för högt flöde i NK jmf med W.
2019 V38	2019-09-17 15:00	12/9: Justerat flödena till filtren NK och W 1,5 cm öppet till båda inkl läckage. 17/9: Hämtat prover.
2019 V39	2019-09-23 10:00	Hämtat prover. Bytt provtagarslang NK och W.
2019 V40	2019-10-01 10:00	Hämtat prover. Bytt persitaltslang NK. Räfsat upp slam vid intagsbrunn i damm. Räfsat upp en del andmat i NK-bädd
2019 V41	2019-10-09 10:30	Hämtat prover. Rör om 100 cm behövs till diver.
2019 V42	2019-10-15 10:00	Hämtat prover. Bytt peristaltslang damm. Stickprov i damm då dunken var tom.
2019 V43	2019-10-22 09:30	Hämtat prover. Satt upp Diver med metallrör i intagsbrunn i damm.
2019 V44	2019-10-29 09:00	Hämtat prover. Provtagarslang NK frusen. Bytt provtagarslang NK och Damm.
2019 V45	2019-11-05 10:00	Spolning av WEREK-filters stigarrör på upp- och nedströmssida gjord den 1/11. Hämtat prover (5/11). Bytt peristaltslang WEREK. Kortat nedre provtagarslang med hål i NK. Kopplat på lossnad provtagarslang Damm.
2019 V46	2019-11-12 10:00	Hämtat prover. Förberett för omdragning av slang under jord för W och NK.
2019 V47	2019-11-19 09:00	Hämtat prover. VY damm 27 cm ö VY intagsbrunn pga pillöv.
2019 V48	2019-11-26 09:30	Hämtat prover. Dragit nya provtagarslangar WEREK och NK. Pumparna till W och NK nästan stannat pga solbrist. VY damm 27 cm ö VY intagsbrunn pga pillöv. 2019-11-28: Bytt batterier.

2019 V49	2019-12-04 10:00	Hämtat prover. Justerat flöden; W 1,0 cm + läckage; NK 2,0 cm plus läckage. Ej justerat provtagarslangar.
2019 V50	2019-12-11 09:00	Hämtat prover. Ej justerat provtagarslangar.
2019 V51	2019-12-20 11:00	Hämtat prover. Ej justerat provtagarslangar.
2019 V52	2019-12-28 14:00	Hämtat prover. Ej justerat provtagarslangar. Fruset i provtagarslang till NK.
2020 V1	2020-01-03 12:00	Hämtat prover. Ej justerat provtagarslangar.
2020 V3	2020-01-14 09:00	Hämtat prover. Höglöde, dammen breddade litegrann. provtagarslang ut från NK-pump hade lossnat. Såg ut som att någon snubblat över isoleringen till NK mätbrunn.
2020 V4	2020-01-21 15:00	Hämtat prover
2020 V5	2020-01-29 08:30	Hämtat prover
2020 V6	2020-02-06 08:30	Hämtat prover
2020 V7	2020-02-12 08:45	Hämtat prover. Höglöde.
2020 V9	2020-02-24 09:00	Hämtat prover. Höglöde. Bytt provtagarslang till NK-brunn, slangen var avsliten.
2020 V10	2020-03-03 09:00	Hämtat prover
2020 V11	2020-03-10 09:00	Hämtat prover
2020 V12	2020-03-18 09:00	Hämtat prover. Cladophora har börjat växa i NK-bädd.
2020 V13	2020-03-24 09:30	Hämtat prover. Bytt provtagarslang Damm. 52 prover tagna. Sista provtagningen i uppföljningsprojekt 1.
2020 V15	2020-04-06 14:00	Hämtat prover. Första provtagningen i fortsatt uppföljningsprojekt. Bytt pumpslang WEREC.
2020 V17	2020-04-21 11:30	Hämtat prover. Bytt pump WEREC då den befintlig lagt av.
2020 V19	2020-05-05 11:00	Hämtat prover. Bytt pumpslang damm.
2020 V21	2020-05-19 08:30	Hämtat prover. Blåst ur provtagarslangar
2020 V22	2020-06-01 16:30	Hämtat prover. Blåst ur provtagarslangar. Mybo på Damm-dunken.
2020 V24	2020-06-01 09:00	Hämtat prover. Blåst ur provtagarslangar. Nollställt Divers, laddat upp data och justerat till mätning var 30:e min istället för tidigare var 15:e min.
2020 V26	2020-06-16 09:00	Hämtat prover . Blåst ur provtagarslangar. Nollställt divers (ej Baro). Ändrat till 30 min mätintervall.
2020 V28	2020-07-01 10:00	Hämtat prover. Blåst ur slangar.
2020 V30	2020-07-14 10:00	Hämtat prover. Stickprov damm. Bytt peristaltslang Damm.
2020 V32	2020-07-30 08:00	Hämtat prover. Bytt provtagarslang damm (gnagarbiten).
2020 V34	2020-08-12 16:00	EJ hämtat prover p.g.a. noll flöde genom filtren. Blåst ur provtagarslangar.
2020 V36	2020-08-25 09:30	Ej hämtat prover pga nära noll flöde. Lerpropp i slang damm. Blåst ur slangar.
2020 V37	2020-09-09 16:30	Hämtat prover. Blåst ur slangar. Bytt peri-slang NK och W
2020 V39	2020-09-22 09:30	Hämtat prover. Blåst ut slangar. Sorkgnag på slang vid brunn damm. Damm-prov uppfyllt med stickprov från damm ca 30%.
2020 V41	2020-10-06 12:00	Hämtat prover. Blåst ut slangar.
2020 V43	2020-10-20 09:00	Hämtat prover. Blåst ur slangar. Bytt peri-slang Damm. Endast 2 cm vatten i W-dunk, diskvalificerade mätvärden (mycket höga halter P). Mätvärden kopierade från Damm.

2020 V45	2020-11-03 09:30	Hämtat prover. Blåst ur slangar. Sänkt plåt i fördelningsbrunn och kontrollerat öppningarna. Ca 0,5-1 för W och 1-1,5 för N.
2020 V47	2020-11-17 09:00	Hämtat prover. Blåst ur slangar
2020 V49	2020-11-30 13:00	Hämtat provet. Blåst ur slangar. Hämtat extrabatterier till laddning
2019 V50	2019-12-11 09:00	Hämtat prover. Ej justerat provtagarslangar.
2019 V51	2019-12-20 11:00	Hämtat prover. Ej justerat provtagarslangar.
2019 V52	2019-12-28 14:00	Hämtat prover. Ej justerat provtagarslangar. Fruset i provtagarslang till NK.
2020 V1	2020-01-03 12:00	Hämtat prover. Ej justerat provtagarslangar.
2020 V3	2020-01-14 09:00	Hämtat prover. Högflöde, dammen breddade litegrann. Provtagslang ut från NK-pump hade lossnat. Så ut som att någon snubblat över isoleringen till NK mätbrunn.
2020 V4	2020-01-21 15:00	Hämtat prover
2020 V5	2020-01-29 08:30	Hämtat prover
2020 V6	2020-02-06 08:30	Hämtat prover
2020 V7	2020-02-12 08:45	Hämtat prover. Högflöde.
2020 V9	2020-02-24 09:00	Hämtat prover. Högflöde. Bytt provtagarslang till NK-brunn, slangen var avsliten.
2020 V10	2020-03-03 09:00	Hämtat prover
2020 V11	2020-03-10 09:00	Hämtat prover
2020 V12	2020-03-18 09:00	Hämtat prover. Cladophora har börjat växa i NK-bädd.
2020 V13	2020-03-24 09:30	Hämtat prover. Bytt provtagarslang Damm. 52 prover tagna. Sista provtagningen i uppföljningsprojekt 1.
2020 V15	2020-04-06 14:00	Hämtat prover. Första provtagningen i fortsatt uppföljningsprojekt. Bytt pumpslang WEREC.
2020 V17	2020-04-21 11:30	Hämtat prover. Bytt pump WEREC då den befintlig lagt av.
2020 V19	2020-05-05 11:00	Hämtat prover. Bytt pumpslang damm.
2020 V21	2020-05-19 08:30	Hämtat prover. Blåst ur provtagarslangar
2020 V23	2020-06-01 16:30	Hämtat prover. Blåst ur provtagarslangar. Mybo på Damm-dunken.
2020 V26	2020-06-16 09:00	Hämtat prover. Blåst ur provtagarslangar. Nollställt divers (ej Baro). Ändrat till 30 min mätintervall.
2020 V28	2020-07-01 10:00	Hämtat prover. Blåst ur slangar.
2020 V30	2020-07-14 10:00	Hämtat prover. Stickprov damm. Bytt peristaltlang Damm. Hämtat data Baro
2020 V32	2020-07-30 08:00	Hämtat prover. Bytt provtagarslang damm (gnagarbiten).
2020 V34	2020-08-12 16:00	Ej hämtat prover p.g.a. noll flöde genom filtren. Blåst ur provtagarslangar.
2020 V36	2020-08-25 09:30	Ej hämtat prover pga nära noll flöde. Lerpropp i slang damm. Blåst ur slangar.
2020 V37	2020-09-09 16:30	Hämtat prover. Blåst ur slangar. Bytt peri-slang NK och W
2020 V39	2020-09-22 09:30	Hämtat prover. Blåst ut slangar. Sorknag på slang vid brunn damm. Damm-prov uppfyllt med stickprov från damm ca 30%.
2020 V41	2020-10-06 12:00	Hämtat prover. Blåst ut slangar.
2020 V43	2020-10-20 09:00	Hämtat prover. Blåst ur slangar. Bytt peri-slang Damm. Endast 2 cm vatten i W-dunk, diskvalificerade mätvärden (mycket höga halter P). Mätvärden kopierade från Damm.

2020 V45	2020-11-03 09:30	Hämtat prover. Blåst ur slangar. Sänkt plåt i fördelningsbrunn och kontrollerat öppningarna. Ca 0,5-1 för W och 1-1,5 för N.
2020 V47	2020-11-17 09:00	Hämtat prover. Blåst ur slangar
2020 V49	2020-11-30 13:00	Hämtat provet. Blåst ur slangar. Hämtat extrabatterier till laddning
2020 V51	2020-12-15 09:00	Hämtat prover. Blåst ur slangar
2020 V53	2020-12-29 13:00	Hämtat prover. Bytt peri-slang damm. Bytt batteri damm. Rester av kavelmun dämmer i damm.
2021 V2	2021-01-13 09:00	Hämtat prover. Grumligt vatten i damm. Slang på trycksidan av pump damm hoppat av pga frysning.
2021 V4	2021-01-28 11:00	Hämtat prover.
2021 V6	2021-02-09 10:00	Tagit STICKPROVER. Slangar frysta sedan 29/1. Stoppat pumpar.
2021 V7	2021-02-19 09:00	Stickprover. Representativa från ungefär 16/2-25/2 (högflödestopp den 19-20/2). Stickprover. Slangarna fortfarande frusna pga tjäle. Kunde ej starta pumparna. Högflöde pga av snösmältning med tjäle en bit ner i marken. Markavrinning.
2021 V9	2021-03-04 14:00	Stickprover. Representativa från ung 26/2-12/3. Startat pumpar. Bytt alla peristaltslangar.
2021 V11	2021-03-18 10:00	Sista provtagningen. Stickprover. Representativa från ung 13/3-18/3. Monterat ner provtagningsutrustning.