

Biofilter for rensing av avløpsvann fra overløp. Erfaringer ved bruk av jord og vegetasjon i tre anlegg i Tyskland for mulig bruk i Norge

Av Anette Åkerström og Bent C. Braskerud

Anette Åkerström (Ph.D) jobber som forskningskoordinator i Oslo VAV.

Bent C. Braskerud (Ph.D) jobber med overvannstiltak i Oslo VAV.

Summary

Biofilters for treatment of combined sewer overflows. Experiences from three soil and vegetation-based systems in Germany and their potential application in Norway. Overflows from combined sewer systems can be a significant source of pollution for watercourses. For certain critical overflows, it may be beneficial to treat the overflow using a vertical flow biofilter for overflows (VBO), which is common in Germany. In a VBO, polluted water is directed over a vegetated surface and slowly percolates through soil or filter material. City of Oslo- Agency for Water and Wastewater Services, together with the municipalities of Bergen and Bærum, conducted a study tour to gather knowledge and experience directly from facility owners and experts in Germany. This report presents three VBO facilities that handle overflows from populations ranging from 5,000 to 200,000 inhabitants. The VBO systems demonstrate good treatment results for particles, ammonium, organic matter, and bacteria. The standard filter material consists of a mixture of sand and a lime compound. When activated carbon is added, the removal of micropollutants increases, which has been thoroughly studied at one of the facilities.

The VBO require little maintenance once vegetation is well established, but they do require regular operation and supervision. Based on the experience gathered in Germany, we recommend that VBO systems be tested in our municipalities for overflow treatment.

Sammendrag

Overløp fra avløpsfellesledninger kan være en betydelig forurensner av vassdrag. For noen kritiske overløp kan det være fordelaktig å rense overløpet via vertikalstrøms biofilter for overløp (VBO), noe som er vanlig i Tyskland. I et VBO ledes forurenset vann over en vegetert overflate, og siger langsomt ned gjennom filtermaterialet. Vann- og avløpsetaten i Oslo har sammen med Bergen og Bærum kommune gjennomført en studietur for å innhente kunnskap og erfaringer direkte fra anleggseiere og fagekspert i Tyskland. Her presenteres tre VBO anlegg som håndterer overløp fra 5000 - 200 000 innbyggere. VBO-anleggene viser til gode rensresultater av partikler, ammonium, organisk materiale og bakterier. Standardfilteret består av en blanding av sand og en kalkforbindelse. Blandes aktivt kull inn, øker fjerningen av mikroforurensninger,

noe som er grundig undersøkt i et av anleggene. Anleggene krever lite vedlikehold når vegetasjonen er godt etablert, men krever jevnlig drift/tilsyn. Basert på erfaringen vi innhentet i Tyskland, vil vi anbefale at VBO-anlegg testes i våre kommuner for overløpsrensing.

Innledning

Overløp fra avløpsfellesledninger (avløp og overvann samles og transporteres i samme ledninger til avløpsrenseanlegget) kan være en signifikant forurensning av vassdrag. I Oslo er 6 av elvene i tilstandsgrad dårlig eller svært dårlig, og vi i Vann- og avløpsetaten er opptatt av å redusere vår påvirkning av vassdragene som skjer via overløpsutslipp. Samtidig setter det nye avløpsdirektivet også krav til å redusere overløpsutslipp. Vi gjør allerede mange tiltak for å redusere mengden av overløp, men ønsker å

undersøke aktuelle metoder for å rense overløpsutslipp. Vertikalsstrøms biofilter (VBO) er en metode som er benyttet i Tyskland, Frankrike og Italia, med gode resultater. En gjennomgang av disse løsningene er beskrevet av Braskerud og Åkerström (2023) i en litteraturstudie.

I de tyske delstatene Nordrhein-Westfalen og Rheinland-Pfalz, er bruk av VBO-anlegg en populær måte å møte strenge utslippskrav til overløp og utslipp fra avløpsrenseanlegg. Utslippskravene omfatter også mikroforurensninger for å hindre forurensning av grunnvann og vassdrag. Resipientene til avløpsanleggene er små, har lav vannføring og benyttes til vanning. Grunnvann er den vanligste drikkevannskilden i området og grunnvannsspeilet står ofte høyt. Naturlig filtrering gjennom jordsmonnet er derfor ikke tilstrekkelig for å beskytte det mot forurensning.



Figur 1. Studieturdeltakerne sammen med to foredragsholdere fra ingeniørfirmaet IBC (bak til venstre), en fra Erft Verband (helt til høyre) og to ansatte fra universitetet i Kaiserslautern - Landau (lys rød og mørk rød jakke). Foto er tatt foran RSFplus. Oslo kommune, Vann og avløpsetaten: Bent C. Braskerud, Marit Robøle Løberg, Elisavet Veliou, Tone Fosslund Wesche og Anette Åkerström. Bergen kommune, Bergen Vann: Ingrid Vatne. Bærum kommune: Ann-Katrin Dale og Reidar Kveine.

For å innhente praktisk kunnskap om VBO har vi vært på studietur, 24.-26. september 2024, og besøkt tre anlegg i Tyskland som vi gir en oppsummering av i artikkelen. Hensikten er å øke kompetansen og kunnskapsgrunnlaget om hvilke muligheter VBO har for å rense overløp.

- Hvilke designkriterier kan vi legge til grunn for å oppnå tilstrekkelig rensing av det fortynnede avløpsvannet?
- Hvilke begrensinger og ulemper har metodikken?
- Hva er driftserfaringen?
- Oppsummert; er dette noe vi kan benytte i Norge?

For å vurdere videre om slike anlegg kan installeres i en kommune i Norge krever det samarbeid på tvers av fagmiljøer, og aksept fra innbyggere. Vi var en sammensatt gruppe som reiste til Tyskland, som representerte ulike fagområder: VA-prosjektering og utredning, strategi og utvikling, teknisk drift, overvann og kommunikasjon (Figur 1). Dette er fagområder vi anser som nødvendige for å vurdere og etablere VBO-prosjekter

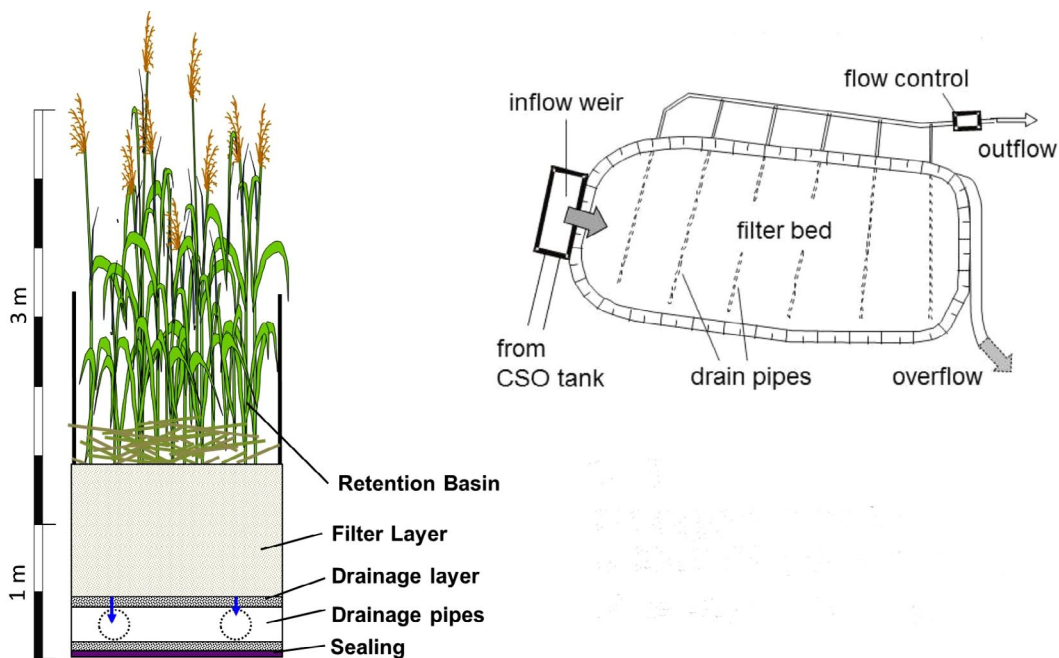
i praksis. Professor Dittmer fra Kaiserslautern-Landau universitet (RPTU) er fagekspert på området (Figur 9). Han har vært vår kontaktperson og har utformet programmet.

Vertikalstrøms biofilter for overløp (VBO) i praksis

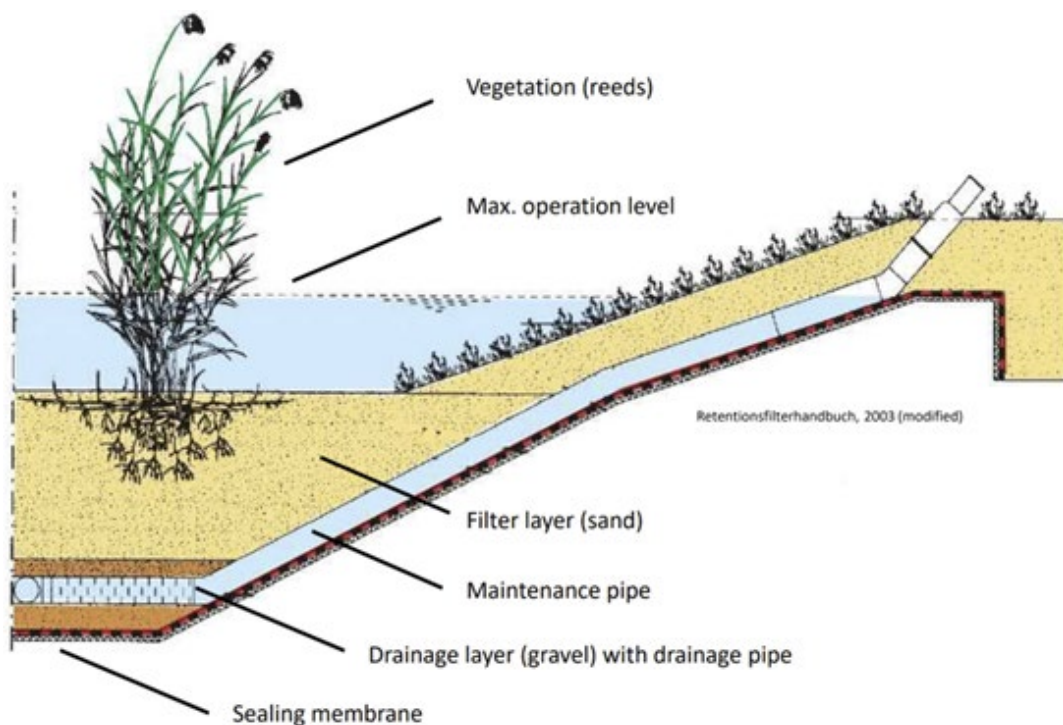
Prinsipper, funksjon, oppbygging

Den konvensjonelle bruken av VBO er å rense overløp fra felles avløpsledninger (AF-ledninger), men kan også benyttes for å rense utløpet fra overvannsledningsnett og overvann fra vei. VBO er designet for å behandle store mengder vann, og har som hovedformål å rense vannet. VBO er et teknisk anlegg med styring av inn- og utløp og hydraulisk oppholdstid. I filtermaterialet dannes en biofilm som har stor betydning for en rensende effekt.

Vanlig plassering og tilknytning til ledningssystemet er ved overløpspunktet på oppsamlingsledningen til renseanlegget. I Tyskland har disse overløpene ofte en fordøyningstank. Overløpet fra fordøyningstanken føres deretter til et VBO anlegg.



Figur 2. Prinsippsskisse av et biofilter med takrør (reed) som mottar overløp fra avløp felles. En utløpsanordning (flow control) bestemmer utløps-hastigheten fra anlegget (Dittmer m.fl., 2016).



Figur 3. Tverrsnitt av et typisk VBO-anlegg. Legg merke til drens-systemet som er koblet til et rør som muliggjør inspeksjon og vedlikehold, og bidrar til lufting av anlegget (figur fra Christoffers, <https://ibc-ingenieure.com/naturnahe-wasseraufbearbeitung-details>).

Særlige fordeler for VBO anses å være; den hydrauliske belastningen på vassdragene blir redusert etter større nedbørhendelser, forurensing til vassdragene reduseres, samt svært lave energi- og driftskostnader.

Figur 2 og 3 viser en vanlig utforming av et VBO. Anlegget mottar overløpsvann fra fordrøyningsstanken. Derfra fordeler vannet seg over overflata til VBO-anlegget. Overflaten har ofte høye sidekanter og vil fungere som et fordrøyningsvolum/overflatebasseng. Vannet infiltreres gjennom et tilpasset filtermedium med rensverking. Renset vann tas ut gjennom drenering i bunnen av anlegget og ledes ut til resipient. Det må alltid være et overløp fra overflatebassenget i tilfelle vannmengdene som tilføres overstiger anleggets kapasitet. Tett membran i bunn beskytter grunnvannet fra forurensing. Utløpet kan strupes slik at oppholdstiden i filteret kan reguleres. Vanlige utløpsmengder er 0,01-0,05 l/(s·m²). Laveste

volumer blir brukt til de mest sårbare resipientene. Ifølge Dittmer var standard dimensjoneringskrav tidligere en hydraulisk belastning på 40 m³/år, dvs. 40 m³ per m² filteroverflate. I dag er det mer fokus på tilførsler av finstoff (mindre enn 0,06 mm), og filterarealet skal være ca. 1 % av redusert areal («tette overflater») i nedbørfeltet. Standard filtermateriale er sand, med kornstørrelsen 0 -2 mm, der innholdet av leire og silt er mindre enn 3 %. Kalsiumkarbonat (CaCO₃) tilsvarende 20 % av filtervolumet er vanlig for å justere pH.

Takrør (*Phragmites australis*) er den vanligste planten som benyttes til beplantning. Den tåler varierende fuktighet, har dype røtter og er mye brukt i våtmarker for rensing av vann. Takrør er den mest fortrukne planten da den lager riktig struktur i filtermaterialet for å fremme aerobe forhold og vekst av biofilm. Plantene reduserer faren for klogging/gjentetting av overflata på to måter:

1. Røttene bryter nye veier i filtermediet, noe som bidrar til “riktig” porøsitet i filteret og fremmer aerobe forhold.
2. Fjorårskuddene legger seg på overflata. Hvis de dekkes av nye sedimenter, holder de jordstrukturen åpen og kan bedre renseevnen.

Renseeffekt

VBO har vist god renseseffekt av flere stoffer (Tabell 1). Ammonium (NH_4), som er giftig for vannlevende organismer ved høye konsentrasjonen fester seg til partikkeloverflata i filteret til den er mettet. Etter hvert som filteret dreneres og oksygen slipper til, “nitrifiseres” NH_4 til NO_3 (nitrat). Ved neste tilførsel av overløpsvann, skylles NO_3 ut fra filteret sammen med det rensede overløpsvannet (Dittmer m.fl., 2016). Den totale nitrogenfjerningen er derfor ikke så stor, men den finnes da i en form som ikke er giftig. Omtrent all NH_4 omdannes til NO_3 . Prosessen er avhengig av aerobe forhold så det er viktig at filteret er godt luftet.

Partikler, spesielt finstoff som silt og leire, fjernes effektivt i filteret, men overbelastning med sedimenter bør unngås. Vegetasjonsdekket bidrar til å opprettholde infiltrasjonskapasiteten. Takrøret skal med andre ord ikke fjernes. Det gjør driften enklere.

Organisk materiale målt som kjemisk oksygenforbruk (COD) reduseres betydelig, med rapportert COD-fjerning på opptil 80 %. Typisk COD konsentrasjon i avløpsvann er 278 +/- 104 mg/L (Ødegaard, 2012). Bachmann-

Machnik m.fl. (2018) utførte målinger av utløpet fra 4 VBO filter etter 40 overløpsepisoder, og utløpet hadde en median bakgrunn konsentrasjon på 2,5 mg/l. Over tid mente Dittmer at COD fjerningen var mer enn 80 %. Det stemmer med Christoffers fra IBC, som oppgir TOC (totalt organisk karbon) fjerningen til over 73 %.

Fosfor fjernes ikke i like høy grad. Rizzo m.fl. (2020) oppgir rensegrader på ca. 45 % for total-P og mindre og avtakende for løst-P.

Ulike bakterier reduseres også i stor grad, og utløpsvannet oppfyller kravet til badevannskvalitet forteller Christoffers fra IBC.

WWTP Aachen-Soers, VBO-anlegg for 200.000 PE

Dette enorme anlegget er dimensjonert for 200 000 PE, ble ferdigstilt i 2024 og blir fulgt opp som en del av EU-prosjektet StopUP (Stop urban pollution). Målet er å redusere tilført forurensing til elva Würm. En eksisterende fordøyningstank for overløp på 20.000 m³ ble oppgradert, og 6 store biofiltre med overflatevolum på 36.800 m³ ble anlagt (Figur 4). Hele anlegget kostet 15 mill. euro. Anlegget er plassert oppstrøms avløpsrenseanlegget, og er siste overløpspunkt før inntaket til renseanlegget. Anlegget er på samme område som avløpsrenseanlegget, og driftes av det samme personalet. Det er i drift ca. 10 ganger per år, dvs. mottar overløpshendelser renseanlegget ikke kan håndtere.

Tabell 1. Oppsummering over oppnådde renseresultater.

Stoff/parameter	Rensegrad	Median konsentrasjon i utløpet	Kilde
Ammonium (NH_4)	95-100 %	0,09 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$	Dittmer m.fl., 2016, Ekkehard Christoffers fra IBC, Bachmann-Machnik m.fl., 2018.
Partikler (TSS)	67- 98 %	3 - 5,6 mg TSS/l	Ekkehard Christoffers fra IBC. Tondera, 2019
Organisk materiale (COD)	45 - 80 %	2,5 mg/l	Dittmer m.fl., 2016, Ekkehard Christoffers fra IBC, Bachmann-Machnik m.fl., 2018. Tondera, 2019.
Total organisk karbon (TOC)	73 %	-	Christoffers fra IBC
Fosfor	15-50 %	-	Tondera, 2019. Rizzo m.fl. 2020.
Bakterier	2 log enheter	-	Ekkehard Christoffers fra IBC



Figur 4. Her sees 1 av 6 kammer i VBO anlegget Aachen-Soers. Anlegget er tilknyttet innløps-overløpet til renseanlegget for 200 000 PE. Overløpsvannet fordeler seg i to kanaler som overtoppes og sprer avløpsvannet inn over takrørene. På denne måten fordeles vannet utover filteret på en skånsom måte. Grunnvannet som står høyt i området, ble senket før anlegging. En membran hindrer lekkasje fra VBO til grunnvannet. Det er benyttet «standard filtermedia», som er 0,75 m dypt. Det ble plantet 6 takrør per m².

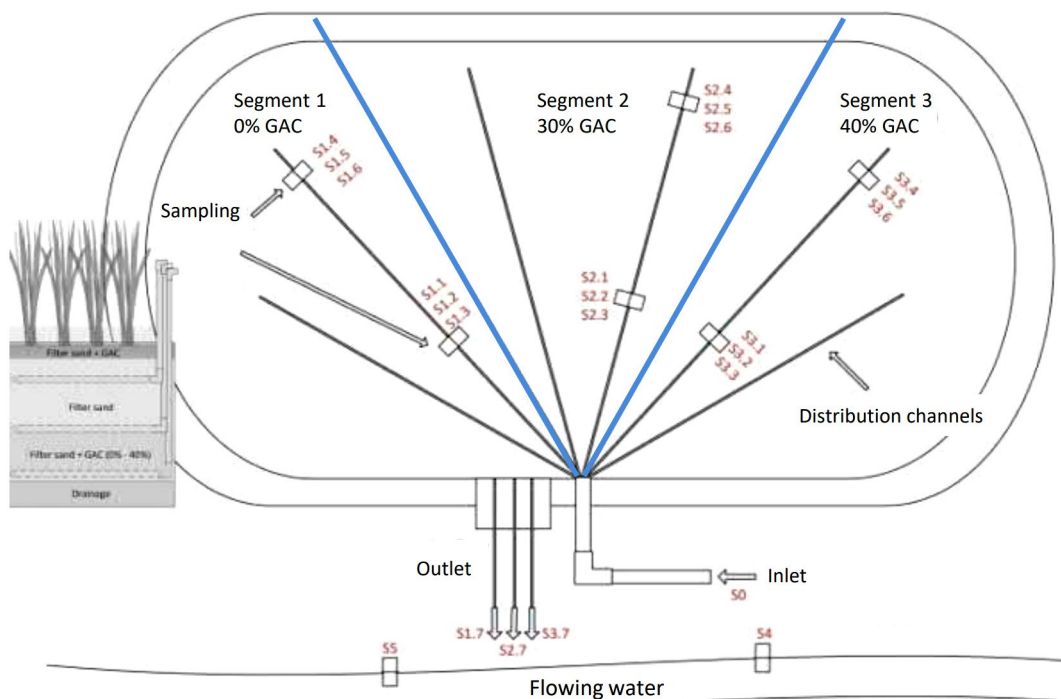
Reinbach RSFplus, VBO som renser mikroforurensinger

Anlegget kalles RSFplus, fordi granulert aktivt kull (GAK) er tilført filtermaterialet for å øke renseeffekten av ulike mikroforurensinger, som legemiddelrester. Anlegget er plassert ved et avløpsrenseanlegg for 27 000 PE. RSFplus har 2 funksjoner: etterpoleringstrinn av utløpsvannet fra renseanlegget ved normalsituasjon (”tørrvær”), og rensing av overløpsvann når kapasiteten på renseanlegget blir nådd som følge av større nedbørsmengder. Anlegget har vært i drift siden 2019 med stadig prøvetaking. En YouTube video av anlegget kan sees på denne lenken <https://www.youtube.com/watch?v=6II-4Qvnb1Ac>.

Anlegget er delt in i 3 kammer som kan alterneres for å sikre aerobe forhold i filteret (Figur 5,

Fakta om Reinbach RSFplus

- Nedbør i området: ca. 600 mm/år.
- Nedbørfelt: 155 ha redusert areal («tette flater»).
- Filteroverflaten er på 5000 m², dvs. 0,3 % av nedbørfeltets størrelse
- Tørrværsavrenning fra avløpsrenseanlegget: 50 l/s i snitt over døgnet; 200 l/s døgnet topp.
- Maksimal beregnet tilførsel: 4000 l/s
- Maksimalt observert tilførsel så langt: 2300 l/s.
- Volum for tilbakeholding: 12.300 m³. Vannstand er da 2 m.
- Vannet pumpes ut; 50 l/s per sektor, dvs. til sammen inntil 150 l/s.



Figur 5. Oversiktstegning av anlegget. Det er delt i tre sektorer/kammer, med ulikt innhold av granulert aktivt kull (GAK) i filtermediet. Segment 1 har «standard» filtermedium. Segment 2 og 3 har tre lag i filtermediet. I tillegg til standard filtermedium, inneholder de GAK. Filteret har dybde på 1 m i tillegg til 0,25 m drenslag. Legg ellers merke til at hver sektor har to fordelingskanaler for avløpsvannet slik at filterne ikke skal punktbelastes, men få tilført vann for jevnt fordelt infiltrering. Figuren viser også prøvetakingspunkter (tegning fra Christoffers). Etter at overløpsvannet er infiltrert, samles det opp i et drenssystem og pumpes til nærmeste bekk.

6 og 8). De har i tillegg ulike filtermaterialer for å kunne jevnføre renseeffekten. Et kammer har standard filtermateriale, kammer 2 og 3 har i tillegg GAK. Begge har 20 % i det øvre lag. Kammer 2 har 30 % og kammer 3 har 40 % GAK i det nedre lag. Filtermediene ble valgt etter grundige pilotstudier i testkolonner som pågikk i flere år. Figur 7 viser renseeffekten av ulike stoffer som ble oppnådd i pilotstudien. Når GAK tilsattes filtermaterialet oppnås betydelig høyere rensegrader jamført med standardfiltermateriale.

Det bygde anlegget har vært intenst prøvetatt av ulike stoffer, og stoffenes metabolitter (nedbrytningsprodukter). Det er undersøkt over 150 mikroforurensinger i anlegget over en 20 måneders periode (15.000 prøver analysert). For de fleste stoffer oppnås en rensegrad på over 90 %, med både 30 % og 40 % GAK i filteret. Det er mulig at GAK må etterfylles etter noen år, og derfor er det nødvendig med regelmessig prøvetaking av utløpet for å følge med på funksjonen til filteret. Våre guider Dahmen og Christoffers (Figur 1 bakerst til venstre) forklarte at hittil har ikke mikroforurensingene blitt akkumulert i filtermediet, noe som kan skyldes biologisk nedbryting. Den biologiske aktiviteten er størst øverst i filteret og det virker som at tilsetning av GAK bidrar til å øke den mikrobiologiske aktiviteten.

med både 30 % og 40 % GAK i filteret. Det er mulig at GAK må etterfylles etter noen år, og derfor er det nødvendig med regelmessig prøvetaking av utløpet for å følge med på funksjonen til filteret. Våre guider Dahmen og Christoffers (Figur 1 bakerst til venstre) forklarte at hittil har ikke mikroforurensingene blitt akkumulert i filtermediet, noe som kan skyldes biologisk nedbryting. Den biologiske aktiviteten er størst øverst i filteret og det virker som at tilsetning av GAK bidrar til å øke den mikrobiologiske aktiviteten.

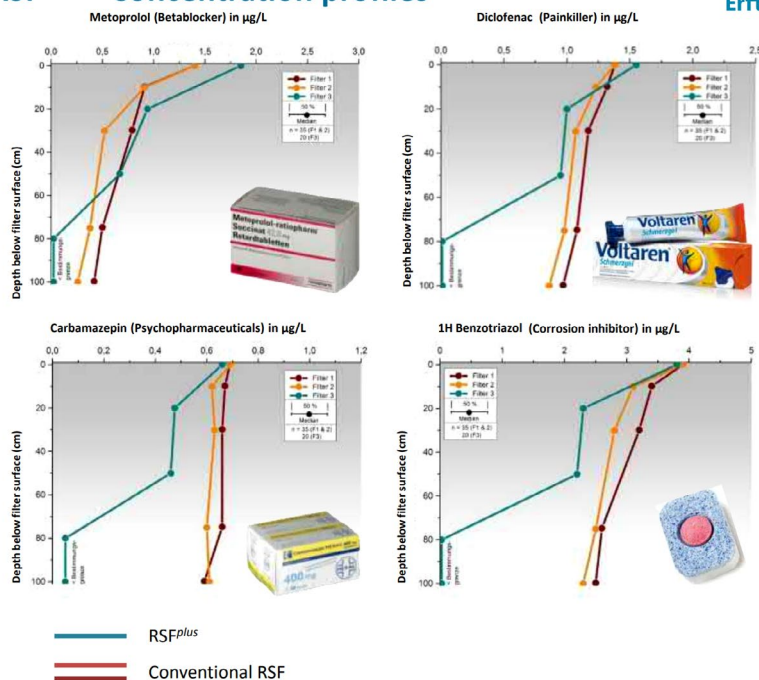
Saarbrücken-Ensheim, VBO med to parallelle filtre og en Ph.d. avhandling

Dette anlegget ble bygd i ca. år 2000. Prof. Ulrich Dittmer (Figur 9) tok sin Ph.d. på dette anlegget.



Figur 6. Filtrene har membran mot grunnvannet og er drenert. Drensvannet ledes mot tre pumpekummer som sender vannet til bekken. Bilde av ATD-Aachen.

RSF^{plus} – Concentration profiles



Erft Verband
120 Jahre Wasserversorgung
für unsere Region

Source: test.de; voltaren.de; shop.spcpharma.com

Figur 7. Innhold av metoprolol, diklofenak, karbamazepin og benzotriazol i filtermediet til tre testkollonner (fra overflata til 1 m dyp) i RSF^{plus} og to standard RSF-filtre. Innblanding med aktivt kull gav ofte det beste resultatet. Bilde fra Brunsch m.fl., 2020.



Figur 8. Panoramabilde av RSFplus anleggets tre innløp (fotoet har fortegnet innløpene som normalt ligger på en rett linje). I dette tilfellet er det kun sektor 1 som mottar renset avløpsvann. Legg merke til kanalene som fordeler avløpsvann ut i filteret for de overtoppes slik at vannet fordeler seg i filteret.

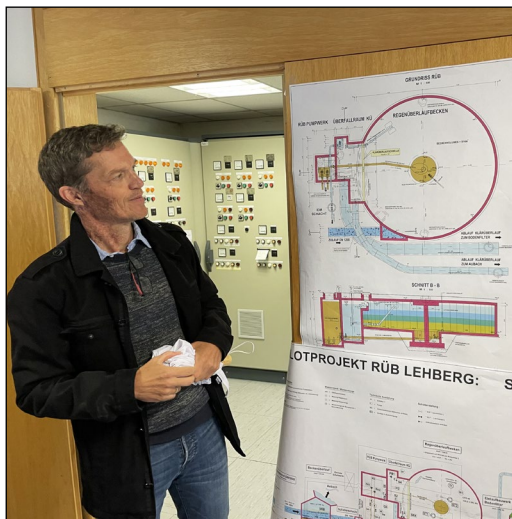
Derfor er anlegget godt studert. Anlegget gav opphav til standard utforming som vises i figur 2. Anlegget har to filter etter hverandre. Disse belastes vekselvis, slik at ett står tørt for nedbryting av organisk materiale. Ved store regnskyl kan begge belastes samtidig.

I følge Dittmer var ikke naboene veldig begeistret for å få VBO-anlegget så nær egne hus. Stående vann på overfalta kan ha redusert nedbrytingen av organisk materiale og skapt

uønsket lukt. I tillegg så ikke anlegget så vakkert ut. Etter hvert som trer og busker har vokst og skult innsyn til anlegget, har klagen stilnet (Figur 10 og 11).

Antall overløp og mengden vann som tilføres anlegget kan variere betydelig. Ifølge Dittmer kunne 30 - 60 % av årlig nedbør føre til overløp til dette anlegget. Det tilsvarte 20 - 40 overløpshendelser per år. Et overløp regnes per dag det pågår, dvs. et overløp som pågår i 3 dager gir 3 overløp. En gjentakende utfordring var imidlertid at mengden vann som tilføres et nystartet anlegg ofte var for lite for god vegetasjonsutvikling (Figur 11). Som en tommelfingerregel mente Dittmer at anlegg som hadde færre enn 15 overløp i året ville slite i Tyskland.

God kjennskap til overløpshyppighet og mengde overløpsvann er viktig informasjon for



Figur 9. Prof. Dittmer forteller om fordrynings-tankens oppbygning for overløpsvannet renner videre til VBO-delen av anlegget.

Fakta om VBO Saarbrücken-Ensheim

- Nedbørfelt: 33 ha redusert areal.
- Tilknyttet PE: 5000
- Filterareal: 1200 m² motsvarende 0,36 % av det reduserte arealet
- Fordrøyningsvolum: 1050 m³
- Filtermateriale: 20 % finsand, 60 % mellomsand og 20 % grovsand



Figur 10. Da anlegget ble anlagt, ble det en del klager fra naboene, som hadde direkte innsikt. Etter hvert som tre-vegetasjonen har vokst til, er anlegget ikke lenger synlig, og klagen har stilnet.



Figur 11. Mangel på vann kan gi misvekst spesielt på nyetableringer (foto fra Dittmer).

å dimensjonere et VBO-anlegg. I områder under utvikling kan dette endre seg. Å ha fleksible utbyggingsløsninger kan være en fordel, slik at VBO anlegget får tilpasset belastning: En trinnvis utbygging kan være et alternativ i slike tilfeller. For lite tilførsler er som oftest et større problem enn for mye.

Tyske VBO har i hovedsak membran mot

undergrunnen for å beskytte grunnvannet. Av den grunn var trær uønsket vegetasjon i selve filtermediet fordi det er en bekymring om at røttene kan punktere membranen.

Tilførsler av fint sediment, type mindre enn 0.06 mm, kan slamme igjen overflata. Dette er spesielt sårbart før vegetasjonen har kommet godt i gang.



Figur 12. Innløp til det første VBO filteret. Steiner er lagt som en beskyttelse mot erosjon, og en gabionterskel for å redusere vannhastigheten inn i filteret. I utgangspunktet skulle like mye vann fordeles til de to filterene, men i praksis fikk det ene litt mer enn det andre.



Figur 13. Overløp til renne fra filter 1 til venstre, og innløp til filter 2 til høyre.



Figur 14. Overløp fra filter 2, samt renne for renset overløpssvann til bekk.

Det biologiske mangfoldet kan være uønsket; dyr kan lage kanaler i filteret og dermed skape snikstømmer som reduserer rensegraden.

Figur 12 - 14 viser bilder over anlegget; innløp, fordeling mellom filtrerene og utløpsrenne til bekk.

Viktige erfaringer og tilpasning til norske forhold

Biofilterets plassering og størrelse

I Tyskland er anleggene knyttet til renseanlegget og driftes av samme personell. I Oslo vil det være aktuelt å anlegge VBO tilknyttet kritiske overløp på ledningsnettet, der det er plassbegrensinger og ofte skrånende terreng.

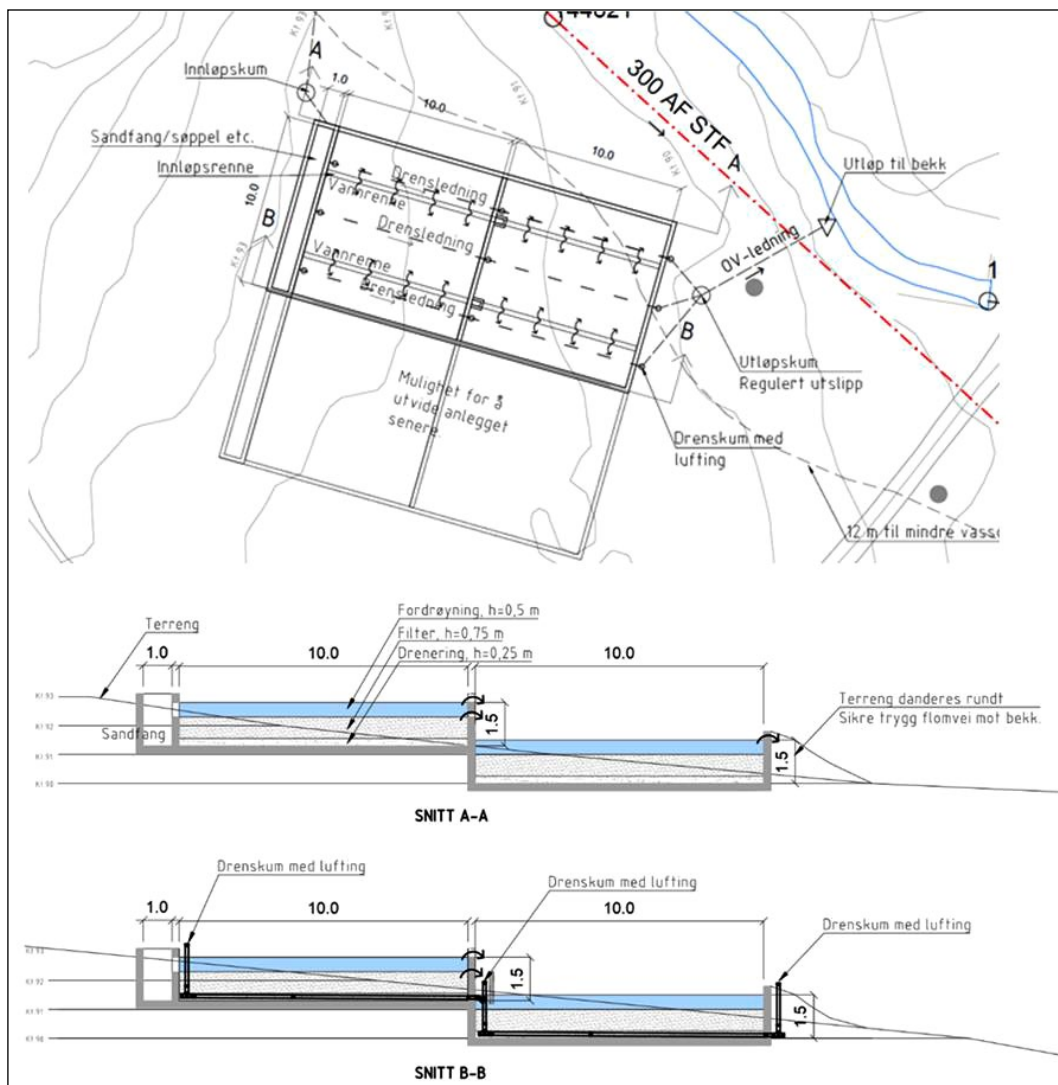
Det er ofte vanskelig å beregne nødvendig størrelse på et VBO-anlegg, siden kunnskapen om overløp mengende kan være veldig usikre. Vi anbefaler å installere målere for å samle data om både mengde og hyppighet på aktuelle steder.

Ifølge Dittmer er underbelastning den største utfordringen til biofiltrerene, med forventende

negative konsekvenser for vegetasjonen og biofilmen ved lavere belastning enn 15 overløpshendelser i året. Underbelastning fører til at vegetasjonen kan bli tørkestresst. Biofilmen trenger jevnlig tilførsel av karbon for å fungere og som fås med overløpene.

I utgangspunktet oppgav Dittmer m.fl. (2016) at biofilteret skulle være 1 % av nedbørfeltets tette (impermeable) areal som en tommelfingerregel. Vi besøkte anlegg som var mindre, 0,3 % og 0,36 % av nedbørfeltets størrelse, men årsnedbøren er på kun 600 mm, mot ca. 800 mm i Oslo. Vi foreslår at biofilterets størrelse baseres på faktisk utløpsmengde istedenfor prosent redusert areal. Foreløpige beregninger av et overløp i Oslo viser at overflate behovet vil være $\sim 100 \text{ m}^2$ basert på overløp mengde, men 940 m^2 basert på 1 % regelen.

For å unngå overdimensjonering kan filtrerene bygges trinn-vis. Det vil si at vi bygger for eksempel halvparten av det vi antar er nødvendig størrelse, og deretter ser om det er behov for



Figur 15. En skisse som viser hvordan et VBO-anlegg kan se ut ved et overløpspunkt på ledningsnett. Det bør etableres 2 filter som kan alterneres for å sikre aerobe forhold. Hvis overløpene øker, enten som følge av økte tetteflater og/eller økt nedbør, kan det settes av mer plass slik at anlegget kan bygges ut på et senere tidspunkt (Illustrasjon av Marit Robøle Løberg, sjefsingeniør Oslo VAV).

utvidelse. Dette vil gi bedre beslutningsgrunnlag for utvelgelse og prioritering av overløp for utredning og tiltak. I skråning må filterne bygges i terrasser (Figur 15).

Innløp

Ofte vil overløpsvannet komme som korte og intense pulser. For å hindre erosjon i filtermaterialet og kortslutningsstrøm på overflata er det

ønskelig å lede vannet inn i anlegget slik at det fordeler seg over hele overflata på en skånsom måte.

Samtlige anlegg som vi besøkte, var lagt etter en såkalt CSO-tank (en fordrøyningstank). Denne kan fungere som buffer for å samle partikler og søppel, samt hindre erosjon. I de fleste tilfellene ble fordrøyningstanken tømt tilbake til renseanleggene etter en regnhendelse.

God hydraulisk utforming av innløpet til filteret med renner som bremser og fordeler vannet, er svært viktig for å unngå erosjon og mulige "kortslutninger". I en innkjøringsperiode kan det være hensiktsmessig å strupe innløpet for å unngå nettopp dette.

Tilførsel av store mengder finstoff som vil tette filteret må unngås. Bruk av en fordøyningstank eller en annen form for "slanfelle" kan unngå dette og forlenge filterets levetid (Vohla m.fl., 2011, og Rizzo m.fl., 2020). Regelmessig tømning av tilknyttede sandfang vil også redusere belastningen til anlegget. Problem med salt i VBO-anleggene ble ikke nevnt under studieturen, men takrør har trolig en viss toleranse.

Vi anbefaler at man vurderer mulige tilførsler av partikler i nedbørfeltet. Strøs det med grus, eller saltes det? Å lage en fordøyningstank eller en enklere slanfelle for oppsamling av sedimenter og søppel vil uansett være aktuelt. Driften må være enkel å gjennomføre.

Valg av filtermateriale

Anlegget Reinbach RSFplus viste til svært omfattende og grundige undersøkelser av renseeffekten ved bruk av GAK. Dette er aktuelt i forbindelse med det nye avløpsdirektivet som har fokus på ulike mikroforurensinger i avløpsvannet (legemiddelrester o.l.). Basert på erfaringer fra Tyskland vil vi anbefale bruk av filtermateriale lik kammer 2 i Reinbach RSFplus, som har tre lag i filtermediet og tilsatt GAK. Filteret har dybde på 1 m i tillegg til 0,25 m dremslag.

For å øke fjerning av fosfor foreslår vi å tilsette noe ione-absorberende. Fosfor fjernes først og fremst gjennom bindingsprosesser der Ca, Fe og Al er involvert (Vohla m.fl., 2011). Det kan for eksempel være innblanding av jernspon. I Norge har vi god erfaring ved bruk av Filtralite P i avløpsrensing (Jenssen m.fl., 2010) som også kan være aktuelt å benytte. En konstruert våtmark med takrør (5000 m²) i kanten på innsjøen Utterslev i København mottar normalt urbant overvann og overløpsvann, men tilføres forurenset innsjøvann i tørre perioder (Gervin og

Brix, 2001). Filteret består av 2 m knust grus og marmor. Her var fosforfjerningen 97 % med en utløpskonsentrasjon på 0,04 mg/L. Bruk av kalkrike substrater som Filtralite P kan ha negativ betydning for planteveksten pga. høy pH. Det er også registrert uønsket høy pH i det rensede vannet fra et annet våtmarksanlegg (Vohla m.fl., 2011).

Beplanting

Vegetasjon er en viktig komponent i alle konstruerte våtmarkssystemer. Det er gjort en rekke forsøk som viser vegetasjonens betydning for renseevnen. Beral m.fl. (2023) oppsummerer funksjonen som vegetasjon kan ha i bioreten-sjon-systemer:

- Fjerne olje og fett, partikler og sporstoffer.
- En del organiske stoffer som PAH kan brytes ned i rhizosfæren (området rundt røttene).
- Styrket tilbakeholding av fosfor og nitrogen (kan variere fra lekkasje til sterk tilbakeholding).
- Vannvolumet reduseres gjennom fordamping
- Rotutviklingen holder oppe infiltrasjonen i filtermediet.

Takrør er eneste anbefalte plante i de tyske anleggene som de mener gir best egnet miljø for dannelse av biofilm, og dermed effektiv rensing. Annen vegetasjon er regnet som ugras, og fjernes.

Det ble plantet 6 takrør per m². Den tilhører gressfamilien og kan bli over 3 m høy. I Artsdatabanken er den listet som «livskraftig». Takrør tåler tørke og sjokkbelastning av forurensinger, og kan som mange andre arter, beskytte overflate mot erosjon (Kearney, 2019).

I Norge har vi god erfaring med å anlegge regnbed. Hvis vi lager VBO-anlegg i Norge mener vi det er aktuelt å teste andre arter i tillegg, kanskje busker og trær. Målet må være å lage et anlegg med multifunksjon, der håndtering av overløp kan forenes med økt biologisk mangfold. Valg av andre arter enn takrør må vurderes etter mulig rotutvikling, som gjerne kan være omfattende, og nedbrytningshastigheten på bladverket, som ikke må føre til gjentetting av overflata.

Hvordan håndterer VBO norske vintre?

Overløp kan skje hele året. Vi kjenner ikke til hvordan filteret vil fungere ved avrenning vinterstid. Hvis filteret fyser med mye vann stående på toppen, kan det danne seg en ishinne som vil hindre videre infiltrasjon. Trolig vil et dekke av visnende planterester og snø kunne gi noe isolasjon. I tillegg vil god drenering redusere faren for betongfrost. Vi kjenner heller ikke til om rensegraden holder seg gjennom vinteren. Zhu mfl. (2003) viste i et lab-forsøk at bindingen til Leca filter avtok noe med synkende temperatur, men var fortsatt god. Hvordan er f.eks. funksjonen til bakteriene? Vil det kreve en tidsperiode med re-etablering av biofilmen? Dette kan vi lettest finne ut ved å bygge et anlegg og teste i praksis.

Konklusjoner og anbefalinger

- Etablering av VBO-anlegg for håndtering av overløp er en lovende ny teknologi for Norge, som er vel testet i Tyskland og andre EU-land.
- VBO-anleggene må ha en forbehandling for å redusere tilførsel av partikler og redusere energien på vannet som tilføres anlegget. En "slamfelle" eller CSO-tank etableres på en måte som gjør driften av anlegget enkelt.
- Vannet fordeles over filteroverflata i renner for å unngå punktbelastning. Overflata på biofiltrene må være tilnærmet vannrette og jevnt flate for å få god spredning på vannet og maksimal utnyttelse av infiltrasjonen.
- Siden informasjonen om mengde overløpsvann kan være begrenset, anbefaler vi å bygge ut trinn-vis. Dvs. lage anlegg som f.eks. håndterer 50 % av forventet avrenning/overløp, men at anlegget er lagt til rette for utvidelse om nødvendig. Det vil også muliggjøre bruk av oppdatert kunnskap mht. filtermedier.
- Vi anbefaler at vi tester ut både Reinbach RSFplus substratet og Filtralite P. Begge med aktivt kull. Det er mulig Leca-produktet må blandes med sand for å unngå for høy pH for optimal plantevekst. Dette kan testes ved at pilotanlegg lages med forskjellig filterblandinger.

- Takrør er foretrukket plante. Vi anbefaler likevel å inkludere andre arter inkl. trær i områder der membran ikke er nødvendig, f.eks. der anlegg etableres på leirjord.
- For å unngå perioder med uttørking pga. få overløp, kan man legge til rette for at overvann fra gater kan ledes i begrensede mengder til VBO-anlegget

Referanser

Bachmann-Machnik m.fl, 2018. *Integrating retention soil filters into urban hydrologic models – Relevant processes and important parameters*. J. of Hydrology, vol. 559; 442-453. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.02.046>

Beral, H., D. Dagenais, J. Brisson og M. Köiv-Vainik (2023). *Plant species contribution to bioretention performance under a temperate climate*. Sci. of Tot. Env. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160122>

Braskerud, B.C. og A. Åkerström (2023). *Vertikalstrøms våtmarksfilter for å rense avløpsvann fra overløp i byer*. Vann nr. 3 (58); 155-164. [Braskerud.pdf \(vannforeningen.no\)](https://www.braskerud.no/vannforeningen.no)

Brunsch, A., L. Beyerle, K. Knorz, C. Brepols, H. Dahmen, E. Christoffels und H. Schäfer (2020): *Retentionsbodenfilter zur Entfernung von Mikroschadstoffen aus Mischwasserabschlägen und Kläranlagenablauf*, Korrespondenz Abwasser, Abfall. Link: <https://ibc-ingenieure.com/wp-content/uploads/2020/10/KA-2020-10-RBFplus-Artikel.pdf>

Christoffers, E. and H. Dahmen (2024). *Handout RSF^{plus}*. Utgiver Erft-Verband og IBC-ingenieure.com

Dittmer, U., D. Meyer, K. Tondera, B. Lambert and S. Fuchs (2016). *Treatment of CDO in retention soil filters. Lessons learnt from 25 years of research and practice*. Novatech 28.6-1.7.2016. Updated 26.09.2024. PowerPoint presentation.

Kearney, K. (2019). *Combined sewer overflow constructed wetlands: A review of current practices and comparison of Design and operation in Europe*. Master thesis, Univ. of Cph.

Jenssen, P.D., and L. Vråle (2004). *Greywater treatment in combined biofilter/ constructed wetlands in cold climate*. I: C. Werner et al. (eds.). *Ecosan – closing the loop*. Proc. 2nd int. symp. ecol. san., Lübeck, 7.-11. april 2003, GTZ, Germany, 875–881.

Jenssen, P.D., T. Krogstad, A.M. Paruch, T. Mæhlum, K. Adam, C.A. Arias, A. Heistad, L. Jonsson, D. Hellström, H. Brix, M. Yli-Halla, L. Vråle and M. Valv (2010). *Filter bed systems treating domestic wastewater in the Nordic countries – Performance and reuse of filter media*. Ecol. Eng.; 1651-1659. doi: 10.1016/j.ecoleng.2010.07.004

Tondera, K. (2019). *Evaluating the performance of constructed wetlands for the treatment of combined sewer overflows*. Ecol. Eng.; 137, 53-59.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.10.009>

Rizzo, A., K. Tondera, T.G. Pálffy, U. Dittmer, D. Meyer, C. Schreiber, N. Zacharias, J.P. Ruppelt, D. Esser, P. Molle, S. Troesch, F. Masi (2020). *Constructed wetlands for combined sewer overflow treatment: A state-of-the-art review*. Sci. of the tot. Env. 727, 138618.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138618>

Vohla, C., M. Köiv, H. John Bavor, F. Chazarenc og Ü. Mander (2011). *Filter materials for phosphorus removal from wastewater in treatment wetlands—A review*. Ecol. Eng. 37; 70-89. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.08.003>

Zhu, T., T. Mæhlum, P.D. Jenssen and T. Krogstad (2003). *Phosphorus sorption characteristics of a light-weight aggregate*. Wat. Sci. Tech., Vol. 48, no. 5; 93-100.

Ødegaard, H. (red.) (2012). *Vann og avløpsteknikk*. Norsk Vann.

Annonser i Tidsskriftet VANN og få gratis profilering på Norsk vannforenings nettsider!



– Alle annonsører lenkes opp til egne nettsider

Priser:

En halvside annonse pr. nr.	kr	1 800	170 x 120 mm + 3 mm utfallende alle kanter
En helside annonse pr. nr.	kr	3 000	170 x 240 mm + 3 mm utfallende alle kanter
Fire halvside annonser, fire nr.	kr	6 600	
Fire helside annonser, fire nr.	kr	11 500	

Kontakt: post@vannforeningen.no

 **AXFLOW**

 **asplan viak**

 **SWECO**

 **MIVANOR**
- DIN MILJØADVISER -

 **aquateam COWI**

 **NIBIO**
NORSK INSTITUTT FOR
RINDØKNING

 **Tekna**

 **Yarconsult AS**

 **FRANZEOSS
MILJØKALK**

 **biosense
LABORATORIES**

 **NOKA AS**

 **MFT**
Pionerer i regnvannshåndtering

 **COWI**

 **Norconsult**

 **kemira**