

Våtmarksfilter

- En ny generasjon renseanlegg

Av Trond Mæhlum
og Nils Erik Pedersen

Trond Mæhlum er forsker ved Jordforsk
og Nils Erik Pedersen er daglig leder i NAVA as.

Sammendrag

Våtmarksfiltre er en ny type renseanlegg som har blitt testet ut i Norge siden begynnelsen av 90-tallet. Forsøksanlegg for behandling av avløpsvann fra eneboliger har vist gode rensere-sultater. Design og belastning av anleg-gene er tilpasset norske forhold med krav til høy og stabil funksjonseffekt i kaldt klima. Våre erfaringer har vist at konstruerte våtmarksfilter er en ny ge-nerasjon renseanlegg som kan utgjøre et kostnadseffektivt og konkurranse-dyktig alternativ eller supplement til tradisjonell renseteknologi. Anleggene er spesielt godt egnet for enkelthus, grupper av hus, mindre grender og lo-kalsamfunn, hyttefelt og turistbedrifter der tradisjonell avkloakking blir ufor-holdsmessig dyr eller medfører store naturinngrep. Det bør utarbeides retningslinjer for bygging og drift av våtmarksfiltre. Våre erfaringer viser også at anleggene ikke er vedlikeholdsfrie. Regelmessig kontroll og ettersyn kre-ves for at anleggene skal fungere til-fredsstillende.

Innledning

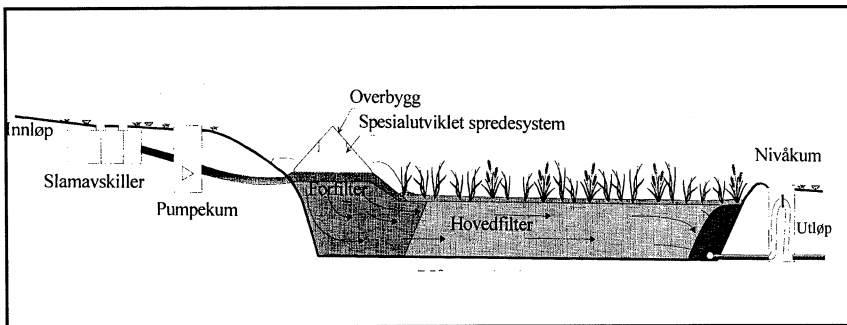
Jordforsk har gjennomført en uttesting av våtmarksfiltre for rensing av husholdningsavløp. I perioden 1991 - 94 ble det bygget flere mindre anlegg dimensjonert for inntil 10 pe. Rense-metoden består av en slamavskiller et-terfulgt av et eller flere filtre med ver-tikal og horisontal vannstrømning. De-ler av filtrene er tilplantet med våt-marksvegetasjon. Formålet med utprø-vingen har vært å finne frem til gode løsninger med hensyn til renssevne, driftssikkerhet og kostnadseffektivitet. Oppfølgingen har blitt foretatt som en del av Program for naturbasert avløps-teknologi (NAT 1994-97). Sluttrapport-eringen foreligger som en dr.scient. avhandling ved Norges landbrukshøg-skole (Mæhlum, 1998). Resultatene fra forsøksanleggene i NAT-programmet ga grunnlag og motivasjon for å gå vi-dere med utvikling og utprøving av våtmarksfiltre for større enheter. I 1997 ble det bygget to våtmarksfiltre for hen-holdsvis 60 og 40 pe i Fredrikstad og i Bromølla kommune i Sør-Sverige.

Denne artikkelen gir en oppsummering av erfaringene fra de tre eldste våtmarksfiltrene i Akershus fylke og en foreløpig vurdering av de to relativt nyetablerte anleggene.

Renseprosesser, konstruksjon og anvendelse

Rensing av avløpsvann i konstruerte våtmarksfiltre skjer igjennom fysiske, kjemiske og biologiske prosesser. Avgjørende for sluttresultatet er bl.a. antall enkeltprosesser og rekkefølgen av disse, utforming og miljøet rundt, samt avløpsvannets oppholdstid i de ulike prosessene. Våtmarksfiltre blir konstruert for å oppnå stabil effekt uten tilsats av kjemikalier og med lavt behov for strøm, drift og vedlikehold, selv ved varierende og tidvis fraværende belastning. For å kompensere for reduserte krav til innsatsfaktorer må avløpsvannets oppholdstid økes for å sikre tilstrekkelig gjennomføring av de ulike renseprosessene. Konstruerte våtmarksfilter blir dermed en mer areal- og volumkrevende løsning (3-8 m²/pe) sammenlignet med prosessstekniske renseanlegg. Litteratursammenstillingen av Kadlec og Knight (1996) gir en god oversikt over prosessgrunnlaget, internasjonale erfaringer og bruksområder for våtmarksfiltre. Fosforfjerning i konstruerte våtmarksfiltre skjer hovedsakelig ved sorpsjon til filtermaterialet. Dette stiller strenge krav til filtermaterialets kjemiske sammensetning, homogenitet og aktive overflate. Fosfor akkumuleres i filteret inntil bindingkapasiteten er brukt opp og mate-

rialet må erstattes. I Norge har det vært fokus på filtermaterialer med høy bindingsevne for fosfor, som jernholdig sand, skjellsand og spesialutviklet lettklinker. Brukt filtermateriale anrikt med næringssalter kan benyttes på landbruksarealer som jordforbedringsmiddel. Våtmarksfiltre bygges av filtermaterialer med god vannledningsevne. Filtermaterialet legges opp i et utgravd basseng med inntil 1 m filterdybde. Filteret avgrenses fra omgivelsene med en tett membran eller leirjord. På toppen av filteret legges det et vekstlag med torv/plantejord før tilplanting med våtmarksplanter, eventuelt isolering og overdekking med stedegne løsmasser. Rensing av avløpsvann i våtmarksfilter har i de fleste tilfeller foregått i beplantede filtre. Plantene har to hovedfunksjoner; 1) transport av oksygen gjennom hule røtter ned i filteret, noe som skaper et svært sammensatt mikrobielt aktivt miljø for omsetning og nedbrytning, og 2) forbedring av renseanleggets estetiske inntrykket. Dersom filteret skal tilplantes, vil valg av planter avhenge av lokalitet og klima. Arter som anbefales er takrør og dunkjevle, men andre arter som sverdlilje og sjøsvaks kan også være aktuelle. Våtmarksanleggene er tilnærmet luktfrie da nedbrytningsgasser omsettes og fjernes i vekstsjiktet på toppen av anlegget. Anleggene har ingen frie vannflater som kan gi oppformering av insekter eller kontakt med sykdomsfremkallende organismer i avløpet forutsatt at vannivået ligger min. 10 cm under overflaten. Toppflaten vil da være fast og med god bæreevne. Anleggene kan



Figur 1. Prinsippskisse av forfilter og våtmarksfilter for rensing av avløpsvann (anlegg 4 og 5 i tabell 1).

etableres i nærheten av bebyggelse uten å forårsake problemer i nærmiljøet og de kan dessuten tjene som et spennende og estetisk element i en hage eller et boligområde.

Forsøksanleggene og oppfølgingen

Tabell 1 på neste side viser en oversikt over designparametre for forsøksanleggene. Forsøksanleggene består av en slamavskiller, en pumpekum og et eller flere filtre: 1) et vertikalstrømmende forfilter oppbygd av graderte lettklinker og 2) et horisontalstrømmende hovedfilter bestående av lettklinker eller naturlig jernholdig sand. Forfilteret har et spesifikt areal på 1 - 2 m²/pe. Vannet fordeles på filterflaten og perkolerer ned gjennom filtermassene. Gjennom utvikling og optimalisering av forfilteret er de fleste oksygenforbrukende prosessene flyttet fra hovedfilteret og frem til forfilteret. Dette reduserer behovet for kontinuerlig lufttilførsel gjennom planterøttene. Anleggene 4 og 5 anvender et fordelingsystem hvor

vannet finfordeles på overflaten ved hjelp av dyser (Figur 1)

Utprøvingen har hatt som minimumsmål å tilfredsstillere kvalitetsnormer for minirensanlegg mht dokumentasjon av anleggene, herunder utprøving (omfatter bl.a. parametervalg, prøvetakingsfrekvens, varighet), renskrav og rapportering. Anleggene har hatt som mål å tilfredsstillere kravene til Klasse 1 anlegg med langtidsgrense 20 mg/l BOF₇ og 1,0 mg/l Tot-P. Det er dessuten lagt vekt på å dokumentere renseseffekten for suspendert stoff (SS) andre organiske parametre (KOF, TOC), nitri-fikasjon, Tot-N reduksjon og hygienisering (fjerning av *E. Coli*). Prøvetakingen har foregått ved hjelp av stikkprøver (6-12 ganger pr år) etter slamavskiller (innløp), utløp forfilter og utløp av våtmarksfilter. Teoretisk oppholdstid i slamavskilleren er minimum 18 timer og i selve våtmarksfilteret minimum 7 dager ved maksimal belastning. I praksis har denne variert fra minimum, til 3-4 ganger så lang oppholdstid. Dette bidrar til en vesentlig utjev-

Tabell 1. Oversikt over design parametre for forsøksanlegg med våtmarksfilter.

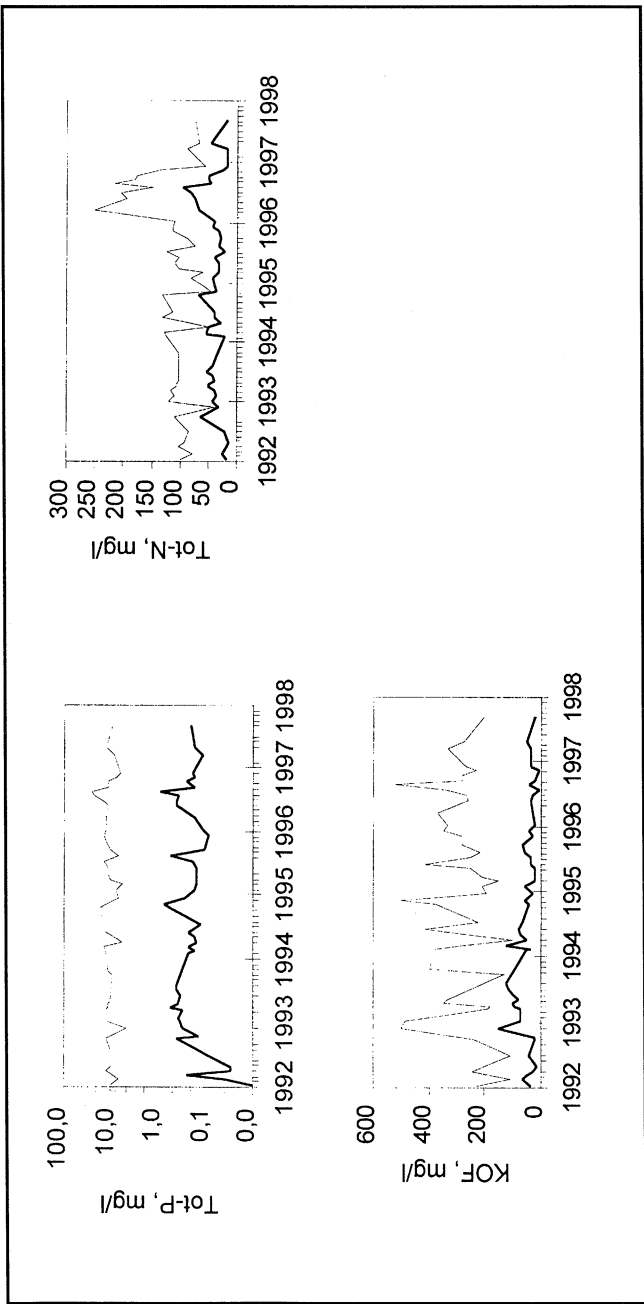
Anlegg Filter media	Kommune	Start dato	Forfilter	Filter media	Areal m ²	Pe _{dim} (tilknyttet)	Q _{dim} m ³ /d	Q _{målt} m ³ /d
1. Haugstein	Enebakk	12/91	Separat	Sand ² /lettklinker ³	106	10 (7)	2	0,8
2. Tvetter	Vestby	1/93	Nei ¹	Lettklinker ³	110	10 (7)	2	0,8
3. Østegården	Rælingen	12/93	Separat	Sand ² /lettklinker ³	135	10 (7)	2	0,8
4. Lilleng	Fredrikstad	12/97	Integrert	Lettklinker ⁴	420	60	15	4,0
5. Bromølla	Bromølla	1/98	Integrert	Lettklinker ⁴	200	40	6	5,6

1) Integrert forfilter fra 1997, 4-10 mm Leca (Rælingen). 2) Jernholding sand fra Mysen. 3) Leca 0-4 mm rund (Rælingen). 4) Leca Filtralite-P (Rælingen).

Tabell 2. Renseeffekt (%¹) i forsøksanlegg med våtmarksfiltrer basert på gjennomsnitt av inn- og utslippsverdier (utslippskonsentrasjoner av Tot-P og BOF₇ i mg/l i parentes).

Renseanlegg	Tot-P	BOF ₇	KOF	TOC	SS	Tot-N	NH ₄ -N	TKB**
1. Haugstein	98 (0,3)	90 (15)	82	59	79	64	71	<50
2. Tvetter	97 (0,4)	84 (23)	69		76	55	56	<50
3. Østegården	93 (0,6)	90 (10)	41	12	30	79	80	<50
4. Lilleng	98 (0,1)			90		53	80	<50
5. Bromølla	99 (0,1)	98(5)				47		<10

1) Beregnet uten korrigering for evt. fortykning. 2) Termotolerante koliforme bakterier (*E. coli*)/100 ml.



Figur 2. Tidsserier for inn- og utløpskonsentrasjoner av fosfor (Tot-P), kjemisk oksygenforbruk (KOF) total nitrogen (Tot-N og biokjemisk oksygenforbruk (BOF₇) i anlegg 1.

ning av variasjonen i avløpsvannets sammensetning, både i inn- og utløp. Gevinsten ved blandprøvetaking på slike anlegg er derfor vurdert å være lav i forhold til den økte kostnaden slikt utstyr medfører.

Resultater og diskusjon

Tabell 2 gir en oppsummering av renseseffektene i anleggene 1 til 5. Det blir først gitt et utdrag av NAT programmets konklusjoner for evaluering av anleggene 1 til 3 (Mæhlum 1998), deretter en foreløpig vurdering av de større anleggene 4 og 5. Figur 2 viser inn- og utløpskonsentrasjoner for driftsparametre i anlegg 1 i oppfølgingsperioden 1992-1997.

Resultatene fra oppfølgingen av anleggene 1 til 3 (tabell 2 og figur 2) viser at våtmarksfiltre med forfiltre kan gi en god rensing av organisk stoff (BOF) og total fosfor som tilfredsstiller kravene til Klasse 1. De tre anleggene har oppnådd følgende effekt: >80% BOF reduksjon, >90% Tot-P reduksjon, >50% Tot-N og $\text{NH}_4\text{-N}$ reduksjon og en effluent som tilfredsstiller kravene til badevann mht termostabile koliforme bakterier. Renseeffekten for organisk materiale (KOF, TOC) og nitrogen har vært lavere enn for BOF og Tot-P, men effekten ble forbedret over tid. Fosforretensjonen har vært god og stabil med bruk av lettklinker og naturlig jernholdig sand. I prosjektperioden har leverandøren av lettklinker (a.s. Norsk Leca) forbedret filtermaterialet mht fosforretensjon. Filtermaterialet Filtralite-P har blitt utviklet bl. a. på

bakgrunn av erfaringer fra prosjektet (anlegg 4 og 5). Til tross for 4-7 års positive erfaringer med fosforbinding i filterne er det fortsatt uavklart hvor lang levetid disse filterne har mht fosforbinding. Supplerende laboratorieforsøk antyder en minimum levetid på 15 år med dagens lave belastning av filterne. Et rimeligere alternativ til lettklinker er jernholdig sand fra utfellingssjiktet i sand og grustak. Jernholdig sand har imidlertid relativt lav permeabilitet og gir lav renseseffekt mht KOF, TOC og SS på grunn av lekkasje av humusforbindelser og jern (Tabell 2). Disse forbindelsene har imidlertid liten negativ innflytelse på resipientene. Et annet filteralternativ er det kalkrike produktet korallsand. Dette materialet har vist gode egenskaper for fosforretensjon i laboratorietester.

Statistiske analyser av tidsserier (Mæhlum, 1998) viste at det var ingen signifikante forskjeller i renseseffekt mellom kalde og varme perioder (mindre enn 10 prosentpoeng forskjell for alle parametre testet). Temperatur-effekten ble sannsynligvis kompensert av lang hydraulisk oppholdstid (15-30 dager). Det ble ikke påvist endringer i renseseffekten som følge av perioder med høy hydraulisk belastning. I tørre perioder (1-3 mnd sommerstid) har det ikke vært utslipp pga. høy evapotranspirasjon og lav belastning. Vegetasjonen ser ikke ut til å ha vesentlig innflytelse på reduksjon av BOF og Tot-P i anlegg 1 til 3. Det er imidlertid vist at plantene og rotsystemet bidrar til økt nitrogenfjerning. Forfiltreringen har gitt en god effekt mht nitrifikasjon og re-

duksjon av BOF. Denne filterløsningen har blitt optimalisert under oppfølgingssperioden mht fordelingssystem, belastningsrater og valg av filtermateriale, som vist i figur 1 og i omtalen av anlegg 4 og 5 (tabell 1 og 2). Kostnadseffektiviteten til denne typen våtmarksfiltre er dokumentert av Refsgård et al. (1998). Våtmarksfiltre med forfilter, geomembran og lettklinker vil for 1 husanlegg ha en etableringskostnad på ca 75 000 NOK + mva. Driftskostnadene vil omfatte vedlikehold av pumpe og bytting av filtermaterialer. Våtmarksfiltre for 1-2 husanlegg er dyrere enn infiltrasjon og kan sammenliknes med minirenseanlegg i etableringskostnader. Krav til tilsyn er imidlertid lavt og anleggene er robuste mot store endringer i stoffkonsentrasjoner, stoffmengder og hydraulisk belastning.

En foreløpig sammenstilling av erfaringene fra anleggene 4 og 5, basert på ett års resultater, er sammenstilt i tabell 2. Den høye fosforfjerningen (98%) forventes å avta med årene. Teoretiske beregninger tilsier imidlertid at anleggene i snitt vil kunne holde 95 % renseeffekt over 15-20 år. Erfaringene fra anleggene 1 til 3 forsterker denne antagelsen. En annen - til en viss grad overraskende - effekt er den høye reduksjonen av $\text{NH}_4\text{-N}$ på årsbasis. Ved utslipp til vann vil ammonium oksideres til nitrat og dermed forbruke oksygen med tilhørende uheldig virkning for sårbare resipienter. Ammonium, i større konsentrasjoner, vil i tillegg ha toksisk effekt på fisk. Det er derfor grunn til å vurdere hvorvidt reduksjonskrav for

ammonium ved utslipp til sårbare resipienter bør vektlegges sterkere. Det er i den senere tiden kommet signaler fra sentrale myndigheter på at utslipp fra mindre renseanlegg er et lokalt problem som bør håndteres lokalt via bla miljømål for vannresipienter (jfr. revideringsprosessen av separasjonsforskriften, T-616). Lokale fiskeinteresser, egnethet for friluftsliv, rekreasjon, bading mm vil i større grad kunne påvirke valg av avløpsløsning. En sentral parameter ved en slik vurdering er fjerning av bakterier. Ved hjelp av lang oppholdstid, relativ høy pH og filtrering i finkornige masser fjerner våtmarksfiltre det aller meste av sykdomsfremkallende bakterier (TKB/E-Coli). Prøver så langt indikerer at utløpsvannet tilfredsstillende SFTs krav til godt egnet badevann med hensyn til bakterier (< 50 TKB/100 ml).

Konklusjoner og anbefalinger

Basert på erfaringene gjennom prosjektet har Jordforsk utviklet og testet filterløsninger som kan gi tilfredstillende rensing i områder hvor det ikke kan infiltreres ihht gjeldene retningslinjer. Jordforsk antar at forfiltere og våtmarksfiltre basert på anleggserfaringer kan tilfredsstillende fremtidige krav til separate avløpsanlegg foruten å være et supplement til større prosess tekniske renseløsninger. Forfilteret fremstår i dag også som en aktuell separat løsning som alternativ til tradisjonelt sandfilter og som forbehandling til f. eks. et infiltrasjonsanlegg. Det ser ut til at denne type horisontalstrømmende filtre kan etable-

res uten vegetasjon i det plantene har relativt lite å si for renseseffekten for fosfor og organisk stoff. Man er i så fall ikke avhengig av klimatiske forhold som er gunstige for vekst av våtmarksplanter. Dette medfører at bruk av våtmarksfiltre med vannmettet horisontal strømning også vil være en velegnet renseløsning for høyereliggende områder (turistbedrifter, hyttefelt, boliger mm.) og områder i nord. Filteret kan også etableres uten bunntetting for delvis infiltrasjon i relativt tette løsmasser (leire og silt).

Det er nevnt ved flere anledninger at våtmarksfiltre og andre naturbasert renseløsninger er enkle å bygge og tilnærmet vedlikeholdsfrie i drift. Det er imidlertid av stor betydning at slike anlegg detaljplanlegges og kontrolleres regelmessig under byggefasen av faglig kvalifisert personell. Det må i tillegg gjennomføres jevnlig ettersyn/service. For større anlegg bør det utpekes en driftsansvarlig for anlegget og stilles krav til utarbeidelse av driftsinstruks og driftsjournal, samt årlig serviceavtale med etterfølgende rapportering av driftsresultater. Driftsinstruksen bør bygges opp slik at eier og driftsansvarlig kan sette seg inn i anleggets oppbygging og funksjon. Dette er svært

viktig ved f.eks. eierskifte. Driftsinstruksen skal gi kunnskap og oversikt til å drive og vedlikeholde anlegget. Driftsjournalen danner grunnlaget for føring av årsrapport som bør benyttes for rapportering av driften. Ved god kvalitetskontroll under bygging, samt regelmessig oppfølging av anleggene, vil våtmarksfilter kunne utgjøre et kostnadseffektivt rensesanlegg med høy driftssikkerhet, lavt energibehov og med lav belastning på lokale resipienter.

Referanser

Kadlec, R.H. og R.L. Knight. 1996. Treatment wetlands. CRC Lewis Publishers. Boca Raton, Florida.

Mæhlum, T. 1998. Cold-climate constructed wetlands: Aerobic pretreatment and horizontal subsurface flow wetlands for domestic sewage and landfill leachate purification. Norges landbrukshøgskole. Doctor Scientiarum Theses 1998:9. 180 s.

Refsgaard, K., A. Høyås og T. Mæhlum. 1998. Modeller og analyser av økonomi og miljø for jordrensanlegg, våtmarksfiltre og minirensanlegg. NILF rapport 1998:2.