

Desentrale avløpsløsninger – Avløpsrensing i filtersenger med forfiltre

Av Magnhild Føllesdal

Forfatteren er sivilingeniør og ansatt i maxit Group AB, hun har vært prosjektleder for prosjektet «Wastewater treatment in filter beds» i prosjektperioden 2002 til 2005

Innlegg på møte i Norsk Vannforening
4.april 2005

Sammendrag

I 2002 startet et nordisk prosjekt for kunnskapsutveksling og videreutvikling av våtmarksløsninger av typen filtersenger med forfiltre. Prosjektet har hatt deltagere fra alle de nordiske land og fullskala pilotanlegg er bygd i Finland, Sverige, Danmark og Norge. Prosjektet har mottatt støtte fra Nordisk InnovationsCenter.

Seks anlegg er designet etter VA miljøblad nr 49 "Våtmarker", mens tre anlegg er bygd mindre og mer kompakte. Alle anleggene er fulgt nøye i en periode på 2 til 2,5 år. Resultatene viser renses effekter på 99 % for fosfor, 85 % for organisk stoff og 50 % for total nitrogen.

En nordisk design-veileder for filtersenger med forfiltre er utarbeidet på grunnlag av erfaringer gjort i prosjektet.

Gjenbruk av fosformettet filtermateriale er studert av MTT Agrifood Research Finland i vekstforsøk, og forsøkene har vist at fosformettet filtermateriale har en god gjødsel-effekt og at fosfor som er bundet til Filtralite®P er plantetilgjengelig.

Tungmetall- og bakterieinnholdet i brukt filtermateriale er undersøkt av Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB), og analyser av prøver fra flere eldre anlegg ga ingen resultater over grenseverdiene i slamforskriften.

Summary

Decentralised wastewater treatment – Wastewater treatment in filter beds with pre-filters

A Nordic project on knowledge transfer and further development of wetlands solutions of the type filter beds with pre-filters started in 2002. The project has had participants from

all the Nordic countries and full-scale pilot plants have been built in Finland, Sweden, Denmark and Norway. The project has got foundation from Nordic Innovation Centre.

Six plants have been designed after the Norwegian "VA miljøblad" no 49 "Våtmarker" (Wetlands) and three plants are built smaller and more compact. All plants are followed up thoroughly for a period of 2 to 2.5 years.

The results show treatment efficiencies on 99 % for phosphorus, 85 % for organic matter and 50 % for total nitrogen.

A Nordic Design Guideline for filter beds with pre-filter is worked out on the basis of the experience from the project.

Reuse of phosphorus saturated material is studied by MTT Agrifood Research Finland, and the results showed that phosphorus saturated material has a good fertilizer effect and that phosphorus bound in Filtralite®P is available for the crops.

The content of heavy metals and bacteria in used filter material is investigated by UMB and analyses on samples from various old filter plants did not get results beyond the limits given in the regulations.

Innledning

Prosjektet "Wastewater treatment in filter beds" har vært gjennomført med støtte fra Nordisk Innovasjonssenter. Prosjektperioden har vært fra oktober 2002 til juni 2005, og det har vært totalt 15 deltagerorganisasjoner med i prosjektet.

Delprosjektene i Sverige, Danmark, Finland og Norge har vært gjennomført med bygging og oppfølging av pilotanlegg. Delprosjektlederne i de enkelte landene har vært:

- Stockholm Vatten i Sverige
- Århus Universitet i Danmark
- Finsk Miljø Institutt (SYKE) i Finland
- UMB og Jordforsk i Norge

Prosjektet har også sett på gjenbruk av fosfor fra fosformettet filtermateriale og innhold av tungmetaller og bakterier i det brukte filtermaterialet.

Delprosjektet med fosforgjenbruk er gjort i Finland hos MTT, mens UMB i Norge har sett på innhold av tungmetaller og bakterier i brukt materiale.

Alle sluttrapporter fra prosjektet er tilgjengelige på www.filtralite.com under "Wastewater treatment in filter beds". Her finnes også en deltagerliste med kontaktinformasjon.

Design

Pilotanleggene er i utgangspunktet designet etter det norske VA miljøblad nr 49 "Våtmarksfiltre". En oversikt over design av alle anleggene er gitt i tabell 1.

To anlegg er bygd kompakte med resirkulering over forfiltrene og filter-seng i tank og et anlegg er bygd med en mindre filterseng.

Tabell 1 Design av pilot anläggning

	DK 1 Denmark One house	DK 2 Denmark Two houses ¹	Pilot 1 Finland One house	Pilot 2 Finland Two appartm.	Talby Sweden Office + appartm.	Fågelsta Sweden Two houses	Hvidsten Norway Two houses	Norderås c Norway 4 appartm. ²	Norderås w Norway 4 appartm. ²
Design	5 pe	5 pe	5 pe	10 pe	7 pe	10 pe	10 pe	5 pe	5 pe
Load (l/d)	~ 850	~ 480	100/440/220	1100	370 (140)	468 (360)	~ 500	375/400/750	750/0/288
Septic tank	2	2	4	4	6	6	7	7	7
Pre filter in	Tanks	Tanks	Domes	Tanks	Tanks	Tanks	Tanks	Domes	Domes
Filtralite quality in pre filters	NR 2 - 4	NR 2 - 4	NC 3 - 8	NC 3 - 8	NR 2 - 4	NR 2 - 4	NC 4 - 10	NR 2 - 4	NR 2 - 4
Surface area (m ²) of pre filters	6,5	6,5	6,3	9 ⁴	6,9	6,9	14	3,2 ⁴	3,2
Filter bed volume (m ³)	40	40	40	10 (5+5) ⁵	50	70	40	7 ⁵	23
Filter material in filter beds	Filtralite P 0-4mm	Filtralite P 0-4mm	Filtralite P 0-4mm	Filtralite P 0,5-4mm ⁶	Filtralite P 0-4mm	Filtralite P 0-4mm	Filtralite P 0-4mm	Filtralite P 0-4mm	Filtralite P 0-4mm

¹ Two persons in each house.

² Maximum 9 persons have lived in the house in the period of this investigation, one period with only 2 persons

³ The two pilot plants at Norderås shares one 7 m³ septic tank

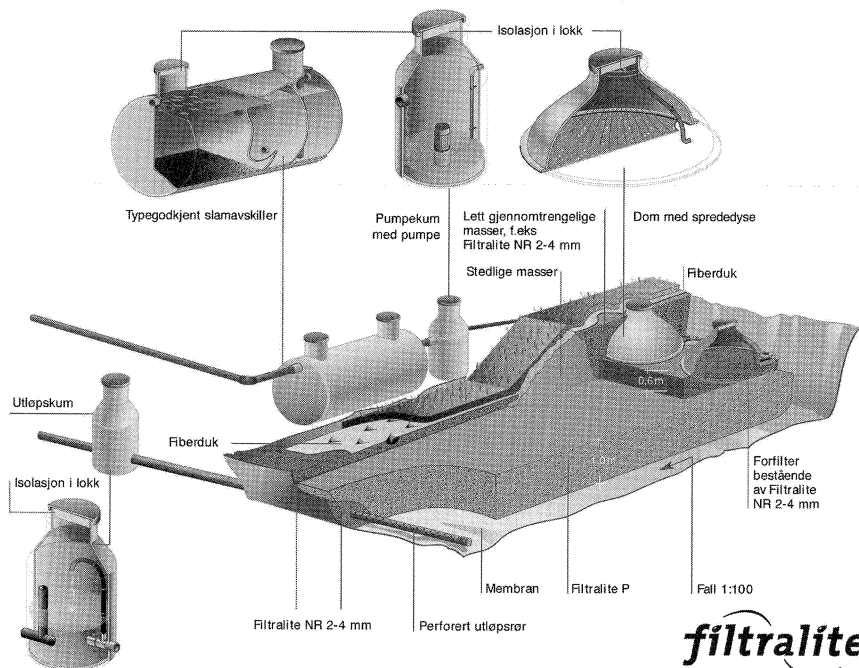
⁴ Pre filter with recirculation

⁵ Filter bed is made compact, the filter material is filled in tank(s)

⁶ The filter material was changed summer 2004 from Filtralite P 0 - 4 mm to Filtralite P 0,5 - 4 mm, due to hydraulic problems.

Renseanlegget er bygd opp av septik-tank, pumpekum, forfilter med dyser,

en dykket filterseng og utløpskum, se figur 1.



Figur 1 Anleggsutforming for filterseng med forfilter

Anleggstypens funksjon

I septiktanken fjernes større partikler og noe organisk stoff. Størrelse og design vil bestemme hvor effektiv fjerning septiktanken gir. Etter septiktanken renner avløpsvannet over i pumpekummen. Her er det en neddykket pumpe som starter på nivå, dvs. at når vannivået i kummen når en viss høyde starter pumpa og pumper til stoppnivå er nådd.

Avløpsvannet dusjes ut over overflaten av forfilteret, det er viktig at dysene fordeler vannet godt slik at det fordeles over hele forfilterets overflate. Forfilteret er et aerobt biofilter, og biofilmen fjerner det meste av

organisk materiale fra avløpsvannet. Nitrifikasjon av avløpsvannet skjer også i denne delen av anlegget.

Etter forfilteret renner vannet ned i filtersengen, som er et dykket basseng fylt med filtermaterialet, Filtralite®P. Filtralite®P er et spesialproduisert filtermateriale for fosforfjerning i filtersenger. Oppholdstiden for vannet i filtersengen er ca 14 til 21 døgn, avhengig av vannforbruket i huset som er tilknyttet anlegget. Utløpet fra filtersengen er i bunnen av filterbassenget. Vannet renner inn i utløpskummen som er utstyrt med en utløpslange, se figur 1, eller et overløp i en to-kamret utløpskum. Utløps-

slangen eller overløpet bestemmer vannhøyden i filtersengen og er normalt satt til ca 10 cm under topp av Filtralite P laget.

Byggeerfaringer

Pilotanleggene i Sverige, Danmark og Finland er designet av Haco as fra Norge, og bygging av pilotanleggene ble koordinert av deltagerne fra hvert land under ledelse av Haco. Pilotanleggene i Norge er designet og bygget av delprosjektlederne UMB og Jordforsk.

Det oppstod ingen større problemer under bygging av anleggene. Det er viktig å følge tegningene nøye og være forsiktig med membranen som skal være under filtersengen, slik at denne ikke blir punktert.

Bunnen av filtersengen bør kompakteres med en vibratormaskin. Filtermaterialet ble levert i storesekker, noe som var enkelt og velfungerende for håndtering av relativt store volumer.

Isolasjon av anleggene er viktig, Filtralite® ble brukt til å isolere filtrene mens alle lokk ble isolert med plater av isopor. Varmekabler ble tvunnet rundt pumpeledningene fra pumpekummen til forfiltrene for å hindre frysing.

Driftserfaringer

Pumpa i pumpekummen er den eneste mekaniske delen i anlegget. Kun anleggene i Danmark har hatt problemer med driftsstopp på pumpa, sannsynligvis pga. hardt vann og at kalk tettet til inne i pumpa.

Dysene i forfilteret må vaskes og spyles regelmessig. De fleste partiklene som ble funnet var fra bygge-

perioden, små plastbiter etc. Anleggene i Danmark har hatt mer problemer med gjentetting av dysene, dette også sannsynligvis pga. hardt vann og kalkavsetninger.

Overflaten av forfilteret bør rakes regelmessig for å forhindre for tett biohud. Blir det små dammer på overflaten bør dette gjøres oftere. Et av anleggene i Danmark fikk etter en tids drift lagt på et tynt lag med grovere filtermateriale på toppen av forfiltrene for å forhindre dette.

Filtralite®P-materialet inneholder kalk. Overskuddskalk vil felle ut i utløpskummen, noe av dette kan se ut som stearin på overflaten. Den som tar utløpsprøvene bør prøve å unngå å få kalk med i vannprøven. I pilot 1 i Danmark ble noe av utløpsvannet resirkulert tilbake til septiktanken for å utnytte kalken til felling, det vil føre til høyere slamproduksjon i septiktanken, uten at dette ble observert i den perioden dette ble testet ut i Danmark.

Generelt var konklusjonen fra delprosjektene at anleggstypen er driftsstabil og solid.

Resultater fra pilotanleggene

Vannprøver ble tatt fra hvert anlegg en gang pr måned og analysert. Vannprøvene ble tatt etter septiktanken, etter forfilteret og etter filtersengen.

Alle prøver er tatt som stikkprøver med unntak av anleggene til Stockholm Vatten, hvor prøvene har vært en kombinasjon av blandprøver over uke og døgn og stikkprøver.

Den hydrauliske belastningen på denne type anlegg kan variere veldig mye avhengig av aktiviteten og

vanene til personene i det tilknyttede huset(husene). Dimensjonerende vannforbruk for en person er 110 l/døgn i Finland og 200 l/døgn i Norge. I dette prosjektet har noen anlegg hatt vannmåler mens andre kun har fått estimert vannforbruket. Hydraulisk belastning er vist i tabell nr 1.

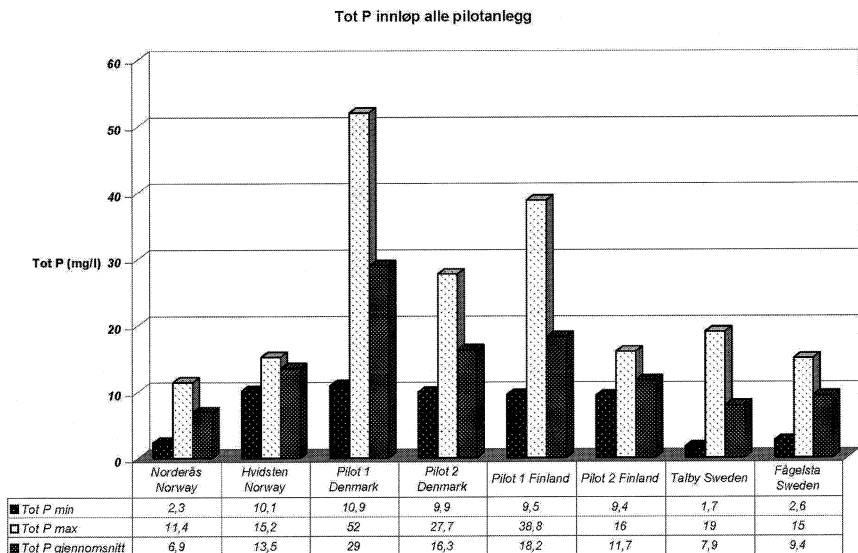
Innløpsverdiene som er brukt til å kalkulere renseseffekt i dette prosjektet er vannprøver tatt etter septiktankene, dvs. at de reelle innløpsverdiene er høyere og at renseseffektene for bl.a. organisk stoff er ennå høyere enn oppgitt.

Alle husene i prosjektet er private bolighus med unntak av piloten i Talby i Sverige der anlegget renser vann fra et lite kontorbygg med en leilighet. Pilotanleggene i Kuusankoski i Finland, Fågelsta i Sverige og Hvidsten i Norge har alle to boliger tilknyttet.

Som vist i figurene 2, 3 og 4

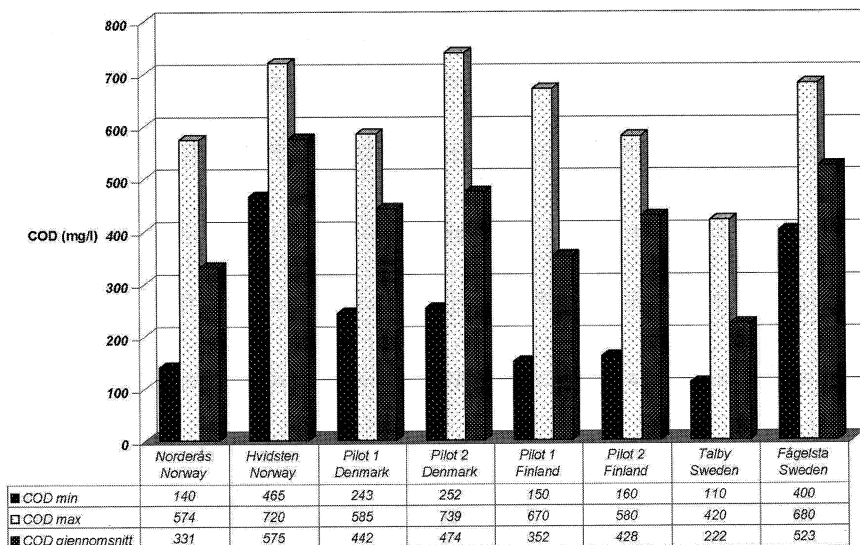
varierer sammensetningen av avløpsvannet mye. Fosfor-innholdet i innløpsvannet varierer fra ca 10 mg/l for de norske, svenske og et av de finske anleggene, de andre har verdier rundt 20 mg/l. Dette kan skyldes bruk av vaskemidler med fosfat, men det er ikke konfirmert. COD-verdiene varierer også, en verdi på 400 til 500 mg/l kan se ut til å være et normal område for familiehus. Det er også store variasjoner i nitrogen- innholdet. Prøven på 270 mg/l for total nitrogen fra pilot 1 i Finland var tatt i en periode da drikkevannsbrønnen til huset var nesten tørr og innløpet til pilotanlegget var tilnærmet svartvann (dvs. kun avløp fra toalettet).

Antall prøver varierer i denne studien. De fleste prøvene er stikkprøver, og for slike prøver vil ukedag og når på døgnet prøvene er tatt kunne påvirke resultatene.



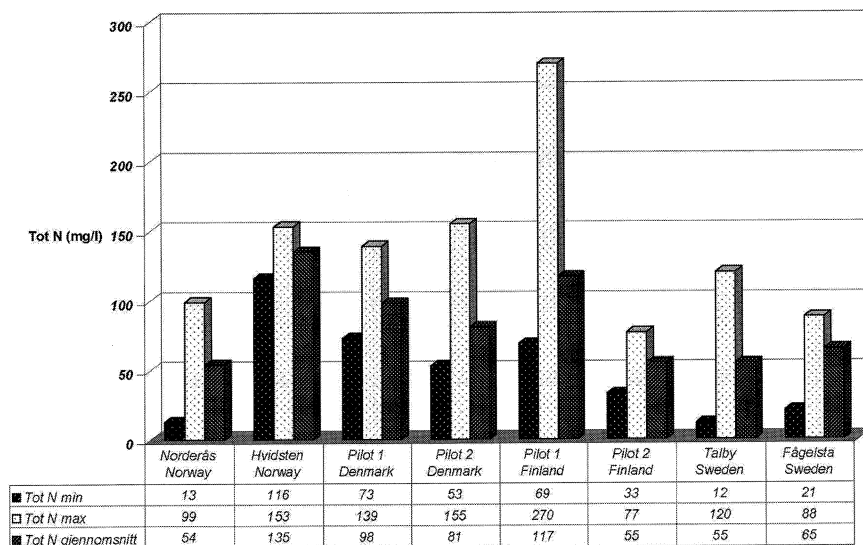
Figur 2 Min, max og gjennomsnittsverdier for fosfor i innløpsvannet (etter septiktank) til alle pilotanleggene.

COD innløp alle pilot anlegg



Figur 3 Min, max og gjennomsnittsverdier for COD i innløpsvannet (etter septiktank) til alle pilotanleggene.

Tot N innløp alle pilot anlegg



Figur 4 Min, max og gjennomsnittsverdier for total nitrogen i innløpsvannet (etter septiktank) til alle pilotanleggene.

Renseeffekter for pilotanleggene

Gjennomsnittlig renseseffekter for alle pilotanleggene i prosjektperioden er:

Total fosfor ~ 99 %
Total nitrogen ~ 50 %
Organisk stoff ~ 85 % *

* her er prøvene fra oppstartsperioden tatt med.

Renseeffekter for hvert pilotanlegg er gitt i tabell 2.

Tabell 2 Renseeffekter for alle pilotanleggene for total fosfor, total nitrogen, kjemisk oksygenforbruk (COD) og biologisk oksygenforbruk (BOD). (Resultatene inkluderer oppstartsperiodene).

¹ gjennomsnittlig verdi med oppstartsperiode, median BOD verdi for Talby var 83,3 %.

	Tot P % reduction	Tot N % reduction	COD % reduction	BOD % reduction
Norderås compact Norway	98	40	94	96
Norderås small wetl Norway	99	56	92	96
Hvidsten Norway	99	39	82	81
DK 1 Denmark	94	50	90	90
DK 2 Denmark	99	57	90	90
Pilot 1 Finland	99	46	90	95
Pilot 2 Finland	95	46	92	96
Talby Sweden	99	43	73	37 ¹
Fågelsta Sweden	99	66	89	82

Total fosfor

Hovedsakelig fjernes fosfor i filter-sengen som er fylt med Filtralite®P. Pilotanleggene med fullskala filter-senger og den lille våtmarken på Norderås (halv størrelse) har alle 99 % fosforfjerning i perioden med unntak av DK 1 i Danmark. Dette anlegget er bygd med tre utløpssoner, og det har ikke vært koblet over til neste utløpszone før utløpsgrensen har vært overskredet. Dette er også det anlegget som har hatt høyest fosforbelastning. De kompakte pilotanleggene (Norderås compact og pilot 2 i Finland) har begge hatt noen hydrauliske problemer. Norderås-anlegget har hatt 98 % renseseffekt for fosfor i perioden mens pilot 2 i Finland har hatt 95 %.

Total nitrogen

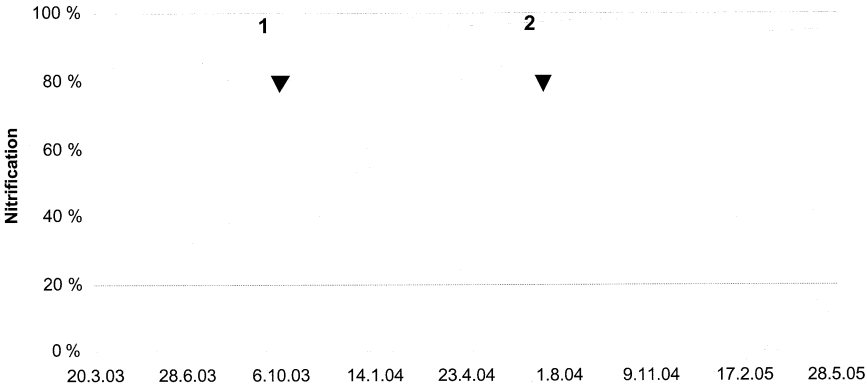
Fjerning av nitrogen varierer fra 39 til 66%. Den totale fjerningen av nitrogen avhenger av både nitrifikasjon og denitrifikasjon.

Nitrifikasjon

Nitrifikasjonsprosessen vil foregå i forfilteret og den organiske belastningen, oksygentilgang, temperaturen og tilstanden på biofilmen vil være avgjørende for effektiviteten. Nitrifikasjonsgraden varierer fra 33% til 88%. Tre av anleggene har forfiltere under domer mens resten har forfilter i tette tanker. Det kan se ut som om nitrifikasjonen er mer effektiv i forfilterne plassert under domer, selv om det er for tidlig å trekke noen bastante konklusjoner ut fra disse resultatene.

Tabell 3 Nitrifikasjon, alle anlegg

	Pre filter	Nitrification		Comments
		Average (%)	Median (%)	
Norderås Norway compact pant, recirculation	Dome	~90		first periode, later 20 - 80 %
Norderås Norway, small wetland	Dome	~70/~75		stable periodes before Oct 03 and after Sept 04
Hvidsten Norway	Tanks	33		
Pilot 1 Denmark	Tanks	76		pre filter, whole plant 85%
Pilot 2 Denmark, rebuilt to recirculation	Tanks	61		pre filter, whole plant 76%
Pilot 1 Finland	Domes	88	94	
Pilot 2 Finland, compact plant, recirculation	Tanks	68	72	
Talby Sweden	Tanks	75	76	without start up period
Fågelsta Sweden	Tanks	70	77	without start up period



Figur 5 Nitrifikasjon i pilotanlegg nr 1 i Finland med forfilter under domer. 1) er ny drikkevannsbrønn, 2) ny familie flyttet inn. (Finsk Miljø Institutt/SYKE).

Denitrifikasjon

Forholdene for denitrifikasjon er ikke optimalisert i anleggstypen filterseng med forfilter. Denitrifikasjon vil normalt finne sted i filtersengen, men det meste av organisk stoff er fjernet i forfilteret og tilgjengelig karbonkilde er begrenset. Den høye pH'en i filtersengen er heller ikke optimal for denitrifikasjon.

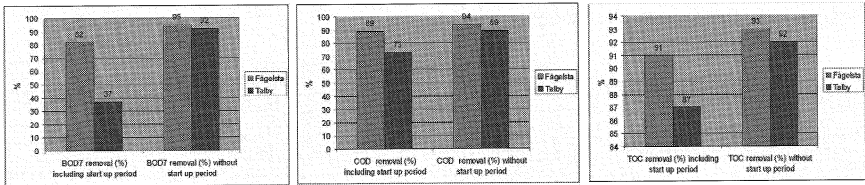
Organisk stoff

Organisk stoff blir i denne anleggstypen fjernet i septiktanken og i forfiltret. Dette prosjektet har ikke sett på fjerningen av organisk stoff i

septiktankene. Fjerning av organisk stoff har vært veldig bra i pilotanleggene, men oppstartsperioden er kritisk, og anlegg med oppstart vinterstid bruker noe lengre tid på å etablere en høy renseeffekt for organisk stoff.

Resultatene fra Stockholm Vattens anlegg Fågelsta og Talby er vist i figur 6; BOD₇, COD og TOC med og uten resultatene fra oppstartsperiodene.

Anleggene med resirkulering over forfiltrene hadde noe høyere renseeffekt for organisk stoff, men generelt fungerte alle anleggene bra.



Figur 6 Renseeffekter for organisk stoff med og uten oppstartsperioder for Fågelsta og Talby pilotanlegg, Stockholm Vatten.

Bakterier

Tester ved Århus Universitet viste 99 % fjerning av totale koliforme bakterier og termotolerante koliforme bakterier etter forfiltrert. Etter filter-sengen hadde alle anleggene 99,9 % fjerning av bakterier. Høy pH i filter-senga vil inaktivere bakterier som kommer inn med avløpsvannet. pH-effekten vil gradvis gå ned når anlegget blir eldre.

Kompaktanlegget i Kuusankoski (pilot 2 i Finland) hadde noen høye bakterieverdier, med variasjon fra 10 til mer enn 300 cfu/100 ml. De høye verdiene ble funnet på samme tid som det var høye verdier av fosfor i utløpet, og man antar at det da har

funnet sted en delvis by-pass av Filtralite®P-tanken.

Gjenbruk av mettet filtermateriale

Filtralite®P-materialet i filtersengene vil ha en viss levetid før det må byttes ut. Levetiden er avhengig av belastningen på anlegget. Kompaktanleggene må regne med hyppigere bytte av materiale.

MTT i Finland har gjort vekst-forsøk med Filtralite®P materiale i to omganger, første gang med brukt materiale fra reelle anlegg og andre gang med kunstig mettet materiale.

Begge vekstforsøkene ble utført som pottforsøk der alle betingelser og gjødselverdier var kontrollert, se bilde nr 1.



Bilde nr 1 Vekstforsøk i pottes hos MTT i Finland.

Resultatene fra forsøkene viste at fosfor fra mettet Filtralite®P ga like god plantevekst som kunstig fosforgjødsel.

For å kunne gjenbruke mettet filtermateriale på jordbruksland må tungmetall- og bakterieinnholdet være lavere enn grenseverdiene satt i slamforskriften. UMB i Norge har gjort tester på brukt filtermateriale fra fem gamle filteranlegg. Det ble ikke funnet verdier som overskred grenseverdien i slamforskriften i denne undersøkelsen.

Oppsummering

Det er totalt bygd og testet ut ni fullskala pilotanlegg i dette prosjektet, og resultatene viser at anleggene gir gode og stabile renses effekter for fosfor, organisk stoff og nitrogen.

Vekstforsøk med fosformettet Filtralite®P-materiale ga like gode resultat som kunstig fosforgjødsel.

Det er lagt ned mye arbeid i prosjektet og det anbefales for spesielt interesserte å gå inn på nettstedet www.filtralite.com under "Wastewater treatment in filterbeds" og laste ned de fullstendige rapportene fra hvert enkelt delprosjekt.

Referanser:

Carlos A.Arias and Hans Brix ,University of Aarhus, 2005, **Wastewater Treatment in Filter Beds, Results from the pilot plant DK1 at Mørke, Denmark,**

Carlos A.Arias and Hans Brix ,University of Aarhus, 2005, **Wastewater Treatment in Filter Beds, Results from the pilot plant DK2 at Friland, Denmark,**

Magnhild Føllesdal,maxit Group, 2005, **Common Report from all the Pilot Plants,**

Daniel Hellström and Lena Jonsson, Stockholm Vatten, 2005, **Wastewater Treatment in Filter Beds – Evaluation of two onsite treatment plants,** Trond Mæhlum and Jens Chr. Køhler, Jordforsk, 2005, **Wastewater Treatment in Filter Beds, Report from pilot plant Hvitsten, Norway,**

NKF and NORVAR, 2001, **VA miljøblad No 49, 2001, Våtmarksfiltre (filter beds)"**

Anna-Mari Nyholm, Markku Yli-Halla, Pekka Kivistö, MTT, 2005, **Wastewater Treatment in Filter Beds, Reuse of filter material**

Adam M.Paruch, Tore Krogstad, Petter D.Jenssen, Gunnar Stensen , UMB, 2005, **Heavy metals accumulation and hygienic indication in subsurface flow constructed wetlands,**

Riikka Vilpas (SYKE),Matti Valve (SYKE), Satu Rätty (maxit Oy) 2005, **Report from the pilot plants in Finland,**

Lasse Vråle, Arve Heistad, Petter Jenssen (Norwegian University of Life Science), 2005, **Results and experiments from the two pilot plants at Norderås in Norway,**