

Småskalig avloppsvattenrening

Krister Fors



VA-Forsk

VA-Forsk är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet. FoU-avgiften är för närvarande 1,05 kronor per kommuninnevånare och år. Avgiften är frivillig. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

VA-Forsk initierades gemensamt av Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvattenrening
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

VA-Forsk styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Ola Burström, ordförande

Olof Bergstedt

Roger Bergström

Stefan Marklund

Mikael Medelberg

Peter Stahre

Jan Söderström

Göran Tägtström

Agneta Åkerberg

Skellefteå

Göteborgs VA-verk

Svenskt Vatten AB

Luleå

Roslagsvatten AB

VA-verket Malmö

Sv kommunförbundet

Borlänge

Falkenberg

Steinar Nybruken, adjungerad

Thomas Hellström, sekreterare

NORVAR, Norge

Svenskt Vatten AB

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

VA-Forsk
Svenskt Vatten AB
Box 47607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
E-post svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Småskalig avloppsvattenrening
Title of the report:	Small-scale purification of waste water
Rapportens beteckning Nr i VA-Forsk-serien:	B 2003-103
Författare:	Krister Fors, BEC-Miljöteknik
VA-Forsk projekt nr:	20-100
Projektets namn:	Småskalig avloppsvattenrening
Projektets finansiering:	VA-Forsk, BEC-Miljöteknik
Rapportens omfattning Sidantal: Format:	18 A4
Sökord:	Småskalig, avlopp, rening, filter, enskilda
Keywords:	Small-scale, wastewater, purification, filter
Sammandrag:	Förfiltrering/sedimentering och rening i torvfiltren motsvarade värden från litteraturen. Med bättre utformning av filter och vattenspridning i filtren torde reningsgraden av fosfor, kväve och BOD motsvara kommuners reningskrav.
Abstract:	Prefiltration/sedimentation and purification in peat filters meet the results from a literature search. With enhanced filter design and distribution of water in the filters the degree of purification is probable to meet the demands of local authorities.
Målgrupper:	Kommuner, branschtidningar
Omslagsbild:	Test- och prototypmaskin för rening av avloppsvatten. Foto: Kjell Ove Nilsson, Ludvika
Rapporten beställs från:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2003
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	5
Summary	6
Syfte med projektet	8
Småskalig avloppsvattenrening.....	9
Befintliga system.....	9
Projektets system	10
Examensarbete	11
Inriktning	11
Resultat av examensarbete	13
Resultatsammanfattning	15
Fortsatt utvärdering och utveckling av systemet (2000–2003)	16
Filtersystem hos brukare.....	16
Filtersystem och slamavskiljande cylinder på reningsverk.....	17

SAMMANFATTNING

Syftet med projektet var att utvärdera ett småskaligt system för enskilda avlopp med tonvikt på ett flerstegs filtersystem. Parallellt skulle ett examensarbete vid Göteborgs Universitet göras med litteraturstudier på mikrobiologiska processer och filterreningsprocesser för torvfilter samt vattentester på in- och utgående vatten avseende totalfosfor, totalkväve och BOD. Handledare var Göran Dave och biträdande handledare Krister Fors.

Filtren bestod av torv i olika partikelstorleksgrad och avloppsvatten pumpades in i en cylinder med filterduk för en första avskiljning av fasta partiklar som kunde störa reningen i filter. Från silduken rann vattnet ner i ett första filtersteg för mikrobiologisk och kemisk-fysikalisk adsorption. Här förökade sig aktiva heterotrofer, som inledde nedbrytningen av BOD. Även en viss adsorption skedde även här av ammoniumkväve. Olika organiska syror var verksamma i denna process.

En fastläggning skedde i det första filtret av partiklar och s.k. SS/BOD/Total kol, som kom att utgöra kolkälla för bakterier och svampar. En reduktion av BOD i ett första steg gynnade en vidare mikrobiell rening genom att justera proportionerna mellan bl.a. kväve och BOD. Troligen kom heterotrofer att konkurrera ut nitrifierande autotrofer, liksom pH-värdet att hämma nitrifieringen i de följande två filterstegen.

Genom att ammoniumkvävet fastlades relativt stabilt genom riklig förekomst av kolhaltig substans i både filtermaterial och avloppsvatten, lågt pH-värde samt anpassad syrenivå så kom filterfunktionen att inhibera nitrifiering och därmed minska utläckage av vattenlösligt nitrat och nitrit. Ammoniumkvävet låg kvar utan att omvandlas till ammoniakgas, omvandlas till nitrat i högre grad eller omvandlas av bakterier i metabolismen. Anpassad syresättning bidrog även till att upprätthålla hög nedbrytning av BOD och relativt hög fastläggning av ammoniumkväve i de följande två stegen.

Trots en belastning av filtren med $576 \text{ cm}^3 / \text{cm}^2 \text{ dygn}$; 10–60 högre belastning än i litteraturen och en dålig fördelning av vattnet över filtren samt dålig packning av filtren, så uppnåddes relativt goda reningsresultat. Dessa resultat motsvarade de som återfanns i litteraturen.

Kvävereningen var i medeltal: 30,4 %

BOD reningen var på: 78,8 %

Ammoniumkväve reningen var i medeltal på: 39,4 %

Fosforeringen var i medeltal på: 5,3 %

I senare utvecklade filter har pH-värdet justerats med olika filtermaterial liksom ett fosforsteg tillkommit. Med ett sådant steg och andra optimeringar har reningsgraden avsevärt förbättrats. Med en bättre packning av filtren samt spridning av avloppsvattnet över hela filterytan har filterreningen sålunda optimerats. Silduken på cylinder

samt slamprocesser i cylinder har förbättrats, liksom ett rengöringssystem av silduken på cylinder.

Reningsgraden har höjts till:

En kväverening på ca 50 %

En fosforrening på ca 75 %

En BOD rening på ca 96 %

Från reningssystemet kan nu återvinnas näringsämnen i filtermaterial och ur cylindern utkommande kompost / behandlat slam. Vattnet kan återanvändas för lokalt bruk eller infiltreras / resorberas i mark. Till systemet kan också läggas ett efterpoleringssteg i form av damm, rotzon eller liknande.

Efter projektet har också ett system installerats och utvärderats under 2,5 år i Götene kommun samt ett system testats på reningsverket i Grangärde, Ludvika Kommun med goda resultat.

SUMMARY

The aim with the project was to evaluate a small-scale system with emphasis on a multiple step filtering system. Parallel with the project an essay at the University of Gothenburg was to be done, with studies of relevant literature on microbiological processes and filter processes of peat filter and water samples and tests of incoming and outgoing water concerning total phosphorus, total nitrogen and BOD. Tutor was Göran Dave and assistant tutor Krister Fors.

The filter consisted of peat of different particle sizes and the wastewater was pumped into a cylinder with a filter cloth / screen for an initial separation of particles, that otherwise could block the filter purification. From the screen the water flowed down to a first filter step for a microbiological and chemical-physical adsorption. In this step the heterotrophic bacteria multiplied, a fact that was to start the degradation of BOD. Also a certain degree of adsorption of ammonium nitrogen (NH_4^+) took place here. Different organic acids were active in this process.

A precipitation of particles and so-called SS/ BOD total carbon took place that would be the base of carbon source for bacteria and fungus. A reduction of BOD in the first filter step promoted further purification by adjusting the proportions between Nitrogen-BOD. The heterotrophic bacteria were believed to dominate the nitrifying autotrophic bacteria in the following two filter steps.

By the relatively stable precipitation of ammonium nitrogen through the abundant presence of carbonaceous substances in both the filter media and waste water, a low pH level and adjusted level of oxygen the said filter function inhibited the nitrification

and thereby lessened the leakage of water soluble nitrate and nitrite. The ammonium nitrogen was inert without being transformed into ammonia gas, transformed into nitrate in a higher degree or used by bacteria in the metabolism. An adjusted level of oxygen also contributed to a high degree of precipitation of ammonium nitrogen in the following two filter steps.

Despite a load of the filters of 576cm³/ cm² d: 10–60 times higher load compared to what was found in literature and a bad distribution of water in the filters and a bad package of the filter material a relatively good purification was achieved.

The purification of nitrogen on an average: 30.4 %

The purification of BOD: 78.8 %

The purification of phosphorus on an average: 5.3 %

The purification of ammonium nitrogen on an average: 39.4 %

In later developed filters the pH-level has been adjusted with different filter material and a specific phosphorus step has been introduced. With such a step and other optimisations the degree of purification has been made considerably better. With a better package of the filters and distribution of the wastewater across the entire surface of the filters the purification has been further optimised. The screen of the cylinder and the sludge process in the cylinder has been improved and likewise the cleaning of the screen.

The purification has been improved with:

A purification of nitrogen: about 50 %

A purification of phosphorus: about 75 %

A purification of BOD: about 96 %

Out of the system nutrients from the filter material, compost or treated sludge can be recovered. The water can be used for irrigation or being infiltrated or resorbed into ground. A final step of purification may also be added, such as a dam and the like.

After the completion of the project a system has been installed and evaluated during 2.5 year in Götene and a system has been tested at the Sewage Treatment Works of Grangärde, Ludvika with the same good results as in Götene.

SYFTE MED PROJEKTET

Syftet med projektet var att utvärdera ett småskaligt avloppsvattensystem med tonvikt på ett flerstegs filtersystem. Avloppsvattnet pumpades till anläggningen för en initial slamavskiljning och en följande rening i ett trestegs filtersystem. (Teknikbeskrivning: se vidare under ”Småskalig avloppsvattenrening”).

Mätningar på utgående och ingående vatten skulle göras med Fotospektrometer (Lasa 20) och Laboratorietester för att kalibrera resultaten av egna mätningar. Parametrar för analyserna var: Kväve, fosfor och BOD men med tonvikt på kväve och BOD reningen på grund av att filtermaterialet utgjordes av Spagnumtorv. Detta filtermaterial finns dokumenterat i vissa försök tidigare, men ej i ett trestegs system.

Ett examensarbete erbjöds Göteborgs Universitet och en elev gjorde sin 20-poängs arbete med just ”Det småskaliga systemet”.

Kunskaper från litteraturen och från tester skulle ligga till grund för arbetet. Under-tecknad var hjälphandledare och Sven Dave var examensarbetarens handledare på Universitetet. Denna hade en bakgrund som agronom i sitt hemland; El Salvador. Hypoteser för arbetet utvecklades tillsammans med båda handledare, liksom senare slutsatser. Arbetet fick namnet: Rening av hushållsavloppsvatten med torv; av Oscar Hernandez.

Hypoteser för ex. arbete och VA-projektet sammanföll i stort, men med råd från Sven Dave koncentrerades arbetet på kväverening och nitrifikationsprocesser. Filtren skulle utvärderas vad gäller deras kemiska, fysikaliska och mikrobiologiska egenskaper, dvs. torvens olika reningsegenskaper. Den främsta reningsprocessen bedömdes dock vara den biologiska reningen och den mekaniska reningen i de olika filterstegen.

Slutsatser skulle även göras på framtida potentialer att rena även fosfor med kemisk fastläggning i filtermaterial.

Inom projektets ram låg dokumentering av litteratur vad gäller kväverening och nitrifikationsprocesser, men med sammanställning av litteratur skulle även slutsatser göras om en förändring av filterstegen så att även fosforreningen skulle ske i minst ett filtersteg.

Med gjorda erfarenheter skulle projektet kunna utvidgas till att omfatta även fosfor rening hos en brukare (på befintligt enskilt avlopp) och även försök med tester på reningsverk av fosfor, kväve, SS, och BOD reningen i filter.

Med vunna erfarenheter skulle kunskapsbasen öka för förståelsen av viktiga processparametrar i filterrening. Detta kunde gälla: Mikrobiologisk rening i små lokala reningssystem för hushåll och eventuellt mindre reningsverk. Filtertechniken skulle avsevärt kunna förbättras för exv. enskilda avlopp och därmed punktutsläpp av fosfor och kväve till recipienter och grundvatten.

Med nya kunskaper skulle även forskning och utveckling av nya filtersystem stimuleras. Tanken var också att forskning vid universitet och högskolor i framtiden skulle kunna stimuleras till att mer se på s.k. reaktiva fosforfilter och kvävefilter samt att filter skulle kunna återvinnas med i filtren bundna näringsämnen. Många kontakter har tagits med forskare under projektets gång och efter projektet vid den fortsatta utvärderingen av filtren (se under ”Fortsatt utvärdering”), bl.a.: Göran Dave, Göteborgs Universitet, Marie Adamsson, Göteborgs Universitet, Annelie Hedström, Vattenteknik vid Luleå Universitet, Lena Ringqvist, SLU, Ylva Eklind (Hansson), SLU, Lena Johansson, KTH, Peter Balmér, Ryaverken, Holger Kirchman, SLU m.fl.

SMÅSKALIG AVLOPPSVATTENRENING

Befintliga system

Inom teknikområdet – Enskilda avlopp – kan man göra uppdelningen:

1. Slamavskiljning
2. Efterbehandling av vattenfraktion

Traditionell slamavskiljning utgörs av två- eller trekammarbrunnar eller i sämsta fall enbart en stenkista där avloppsvattnet infiltrerar och fast substans fastnar där och viss biohud ombesörjer en biologisk nedbrytning av BOD och viss fosfor och kväve. Många äldre slambrunnar är dock otäta, speciellt de med betongringar, där det ofta saknas tätning mellan ringar och ofta dålig gummitätning som med åren förstörs. Detta orsakar ofta utläckage av avloppsvatten till mark och kanske recipienter. Vid ytvatten och vid grundvattenströmmar kan stora mängder näringsämnen komma ut i mark, till recipienter och kanske grundvatten. Nyare trekammarbrunnar i betong och plast är tätare och fungerar bättre. Vissa slambrunnar kan förses med fosforfällning innan efterbehandlingen för att minska belastningen på infiltration eller markbädd.

Slambrunnar måste dimensioneras för att kunna klara av sedimenteringen vid större flöden med BDT-vatten och WC-vatten (Grå- och svartvatten). Naturvårdsverk har där rekommendationer liksom kommuners praxis bestämmer volymen på slamtank, större tank vid både svart- som gråvatten etc. Ofta skulle en slamtank med ca 1 meters djup och med en längd på kanske 1,5–2,5 meter klara av sedimenteringen bättre än en djup på brunn med en diameter på ca 0,8 m. Om denna även har s.k. lameller för att minska flödes hastigheten och ett grenrör vid utflödet för att förhindra slamflykt, skulle sedimenteringen avsevärt förbättras. Vissa minireningsverk har även en aktiv-slambehandling inbyggt i systemet. I slambrunn återvinns ofta små mängder fosfor och kväve. Ofta bundet till sedimenterade partiklar liksom BOD avskiljningen är låg.

Vad kommunernas Miljöskydd ofta har anmärkning på är efterbehandlingen i infiltrationsbädd och markbädd där systemen ofta är feldimensionerade. Biohuden kan täppa igen och försvåra infiltrationen. Ytvatten kan tränga in och laka ur fosfor och kväve. Man finner ofta att bädden och infiltrationen har fel lutning vilket medför att inte hela bädden kan utnyttjas och att den lättare sätts igen. Man har också föga kunskaper om hur snabbt dessa system mätts av fosfor och kväve och systemen är inte inspekterbara genom att de är anlagda i mark. Vissa markbäddar kan inspekteras genom att de ligger i markplan eller strax under. Nyare typer av markbäddar finns i ett modulsystem som är övervakningsbara och ibland specifika för t.ex. fosforfastläggning i ett bättre material än enbart sand, innehållande järn/ kalk/ aluminium. Främst fosfor fastläggs i sanden i traditionella markbäddar och infiltrationsanläggningar, men ofta är materialet inte optimerat för att fastlägga bl.a. fosfor. För att få en större säkerhet och buffert krävs ofta en efterföljande damm, rotzon eller liknande för att klara av en nitrifiering och denitrifiering av kvävet samt ett ytterligare upptag av fosfor kväve i en ”fånggröda”.

Sammantaget så fungerar många äldre reningsanläggningar för s.k. enskilda avlopp dåligt och lagstiftningen kräver en rening av fosfor, kväve, BOD och koliformer efter en slamavskiljning. Kravet på procentuell avskiljning för respektive ämnen skiljer sig mellan kommuner och många har strängare krav i vissa känsliga områden på näringsämnena. Då främst kraven på kväve- och fosforåtervinning.

Man har också i många kommuner krav på återvinning av slam eller komposterat slam. Med strängare lagstiftning för även kommunala reningsverk för slam/näringsämnen torde även fler kommuner strama upp sina krav på återvinning. Deponering kommer att fasas ut och ev. förbränning av slam kommer kanske att bli mindre vanligt i framtiden för både reningsverk, små som stora, och för de enskilda avloppen. Kan även filtermedia från markbädd/ infiltration återvinnas, så kommer även här en främst lokal återvinning ske av näringsämnena. Speciellt om ett byte av filtermedia kan ske innan risk föreligger för filtermättnad och utläckage till mark och vatten av näringsämnena.

Projektets system

Systemet består av en *slamavskiljningsdel* i form av en cylinder, där första delen av cylindern har en avvattningsduk och den senare delen en komposteringsdel. Inmatning till cylindern består av en skruv som ligger inom ett foderrör. Foderröret börjar utanför cylinder där inmatning av avloppsvatten sker och slutar inne i cylindern. Tack vare denna lösning så kan inget fastna vid inmatningen och vattendelen rinner snabbare in i cylindern än det fasta materialet. På så sätt avvattnas avloppsvattnet effektivt och stor del av s.k. BOD/ SS stannar kvar inne i cylindern för ytterligare avvattning och senare kompostering / torkning. Det senare är möjligt tack vare utformningen av syresättningen och ventilationen inne i cylindern. Kompostering

sker automatiskt och i och med rotation av cylinder sker också frammatning och utmatning automatiskt. Rotationshastighet och frekvens anpassas efter önskad uppehållstid i cylindern.

Dessutom består tekniken av filter med ett effektivt system för fördelning av vattnet över hela filterytan och därmed effektivt utnyttjande av hela filtervolymen. Både den bakteriella, kemiska och mekaniska reningen befrämjas av detta faktum. Filtren kan skräddarsys för BOD / Fosfor/ Kväverening, så att i processtekniken BOD-N-P halterna återfinns i lämpliga halter och proportioner för att optimera den biologiska reningen. Likaså kan genom val av filtermedia pH-halterna styras till för reningen lämpliga nivåer. I ett filtersystem kan ammoniumkvävet fångas upp i ett filtersystem och återvinnas vid filterbyte. På så sätt kommer ingen nitrifiering att ske i senare filtersteg med det ofta rådande problemet att nitrat / nitrit följer med vattnet pga. sin höga vattenlöslighet ut i mark och till recipienter / grundvatten. I ett annat filtersystem kan en nitrifiering ske i ett senare steg genom anpassning av filtermedia och pH-nivåer och ett denitrifieringssteg ligga efter nitrifieringssteget. Systemet kan också förses med ett fosforfällningssteg och på så sätt anrika näringsämnena i utgående kompost.

Det viktiga är att både fosforrening och kväverening blir effektiv samt att BOD reningen blir optimal och att både filtermaterial och slam förädlad till kompost / torkad substans kan återvinnas. Volymen blir skrymmande liten av ett års produktion av biologiskt material från exv. en familj. Filtren kan anläggas i mark eller ovan mark alltefter lokala förhållanden. Ovan mark så pumpas vattnet till filtren. Filtren kan anläggas ovan varandra eller efter varandra och alternativt kopplas seriellt eller parallellt. Både cylinder och filtermoduler kan dimensioneras upp för bruk i exv. minireningsverk för 10–250 pe eller för fler fristående hus. Cylinder kan ensamt fungera som slambehandlingsmodul vid komplettering av exv. minireningsverk och vid anslutning till fler fristående hus, seriellt eller parallellt.

EXAMENSARBETE

Inriktning

En elev från Göteborgs Universitet, Avdelningen för miljövetenskaplig programutbildning deltog i utvärderingen av "Småskaligt avloppsvattensystem" med att göra en litteraturgranskning inom området samt att genomföra tester av in- och utgående avloppsvatten med en s.k. fotospektrometer (Lasa 20) och att dra slutsatser av

projektet. Allt detta i ett examensarbete, 20 p. Arbetet fick titeln: Rening av hushålls-avloppsvatten med torv. (Se även under ”Syfte med projektet”, s. 2).

Avskiljningsgraden av fosfor, kväve och BOD skulle undersökas i ett flerstegs filtersystem av torv. Torven bestod av spagnumtorv och har dokumenterad effekt för bl.a. adsorption av ammoniumkväve. Hypotesen var också att eventuellt kunde nitrifikation och denitrifikation ske i de olika filterstegen.

Andra arbetshypoteser var:

- Torven är ett lämpligt material för att reducera BOD, kväve och bakterier i WC-vatten
- Torven har viss förmåga att adsorbera både fosfor och kväve.
- Torvbädden fungerar som ett filter och näringsfälla
- I övre delen av torven bildas det en biohud som ger en bra livsmiljö för mikroorganismer
- I absorberat vatten inne i filtret skapas bra miljö för mikroorganismer.

Avloppsvattnet pumpades in i en roterande cylinder där viss del av BOS/SS avskiljdes genom en silduk. Därifrån strömmade vattenfraktionen ner till ett torvfilter (F2) och vidare till filter (F3) beläget snett framför filter (F2) med torv. Under Filter F3 samlades avloppsvattnet upp i en brunn med ett partikelfilter av glasull och ett filterlager av torv.

Ingående vattenflöde var ca 4 l/minut och torven belastades med ca. $576 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ dag. Jämfört med andra försök så var denna hydrauliska belastning avsevärt högre än i andra försök (6–8 samt, 51, 84 cm^3/cm^2 dag). Resultat från dessa försök jämfördes sedan med denna studies resultat.

Ingående halter höll sig relativt stabilt med avseende på:

- Total-N: medeltal = 147,2 mg/liter (Från 108–207 mg/liter)
- Total-P: Medeltal = 43,2 mg/liter (Från 35,7–55,7 mg/liter)
- Ingående BOD var: 72, 250 och 72,1 mg/liter

Provtagningarna skedde under sex veckor med två ggr per vecka. Filtrens area var: F2 = 1,8 m², F3 = 1,2 m² och F4 = 0,5 m³ (cylindrisk)

Även försök med kolonner gjordes under tre veckor med tillförsel av avloppsvatten med 8 liter per dag i tre dagar och 24 liter/dag under 3 dagar per vecka. Flödena blev då 6,44 resp. 19,32 l/ minut (= 316,8 och 964,8 cm^3/cm^2 dygn). Den ena kolonnen fylldes med torv och den andra med LECA-kulor. Det senare materialet förväntades fastlägga fosfor och det förra kväve.

Resultat av examensarbete

1. Totalkväve i torvfilter:

Ing. i medeltal = 147,2 mg/l Utg. i medeltal = 98,8 mg/l *Rening, N = 30,4 %*

2. Totalfosfor i torvfilter:

Ing. i medeltal = 43,2 mg/l Utg. i medeltal = 40,9mg/l *Rening, P = 5,3 %*

3. Ammoniumkväve i torvfilter:

Ing. i medeltal = 70mg/l Utg. i medeltal = 408mg/l *Rening, NH₄⁺ = 39,4 %*

4. Nitratkväve i torvfilter:

Ing. i medeltal = 3,9mg/l Utg. i medeltal = 7,9mg/l

5. BOD i torvfilter:

Ing. i medeltal = 72,05mg Utg. i medeltal = 31,6mg/l *Rening, BOD = 56,1 %*

Test AnalyCen = 250mg/l Test AnalyCen = 53mg/l *Rening, BOD = 78,8 %*

PH-värden:

För de 6 testillfällena var ingående *pH* i medeltal = 5,9

För de 6 testillfällena var utgående *pH* i medeltal = 6,2

Dock var *pH* värdet i de första filterstegen i medeltal = 5,3

Syrehalter:

För de 6 testillfällena var *ingående syrehalt* i medeltal = 7,1mg/l

För de 6 testillfällena var *utgående syrehalt* i medeltal = 6,1mg/l

För de 6 testillfällena i AnalyCen test var ing. syrehalt i medeltal = 6,4mg/l

För de 6 testillfällena i AnalyCen test var utg. syrehalt i medeltal = 4,2mg/l

Temperaturer:

För de 6 testillfällena var *ingående temperatur* i medeltal = 11 grader

För de 6 testillfällena var *utgående temperatur* i medeltal = 9,6 grader

Allmänna kommentar till resultaten:

KVÄVE (Föregås av slamavskiljning)

För *infiltration* ligger kvävereningen på 36–50+–15 %

För *markbäddar* ligger kvävereningen på 24+–15 %

För *våtmark* ligger kvävereningen på 40–80 %

För *biodamm* ligger kvävereningen på 40–80 %

Enligt Bulna och Belanger, 1990 ligger kvävereningen på 20–40 %

FOSFOR (Föregås av slamavskiljning)

För *infiltration* ligger fosforreningen på ca 70 %

För *markbädd* ligger fosforreningen på ca. 40 %

För *våtmark* ligger fosforreningen på ca. 50 %

För *biodamm* ligger fosforreningen på ca. 50 %

(Källa: VAV-Nytt nr. 1995)

BOD7

För *infiltration* ligger BOD reningen på >90 %

För *markbädd* ligger BOD reningen på >90 %

För *våtmark* varierar BOD reningen

För *biodamm* varierar BOD reningen

(Källa: VAV-Nytt nr. 1995)

Biologisk rening

Den biologiska reningen innebär att man med hjälp av mikroorganismer sönderdelar och bryter ner de organiska föroreningar som transformeras till biologisk flock (cellmassa). Temperatur, vatten och syretillgång styr de mikrobiella processerna. Aeroba bakterier trivs bäst vid pH på 6,5–7,5 och vid en temperatur på 25–35 grader. För att växa behöver de också näring i form av främst fosfor och kväve. Även partikelstorleken och tillgänglighetsgraden av kol är viktigt för processerna.

Nedbrytningsförloppet består av en serie delreaktioner:

- 1) Bildandet av lösliga ämnen med hjälp av bl.a. enzymer.
- 2) Avlägsnande av BOD genom bildandet av aminosyror, kolhydrater.
- 3) Avlägsnande av lösligt fosfor, som byggs in i cellerna under bildandet av biomassa, CO₂ och H₂O.
- 4) Nitrifikations- och denitrifikationsprocesser.

Torven som biologiskt filter

Reningen i försöken bygger på att avloppsvattnet pumpas in i en cylinder för slamavskiljning. Sedan får vattenfraktionen passera ett trestegs filtersystem där även syre tillsätts. Även genom pumpningen erhålls en viss mängd av vattenlösligt syre.

Torven har förmågan att absorbera vatten i sina mikro- och makroporer och att kunna binda till sig både fosfor och kväve. I högre grad ammoniumkväve än fosfor pga. polariteten. Även rent mekaniskt binds BOD till filtermassan. På så sätt fungerar filtren både som filter och näringsfälla, där dessa kan återvinnas och utgöra jordförbättringsmedel eller gödsel.

Det är humussyrorna som står för den s.k. adsorptionen och jonbyteskapaciteten. Här är det ammoniumkväve som i första hand kan bindas till torven. Fastläggning av fosfor är sämre i torvmaterial och här måste specifika steg eller inblandning ske

av aluminium, järn eller kalk. Bäst är alltså BOD avskiljningen, 91–95 % och kväveavskiljningen, 20–40 %. (Brooks et Al, 1984 m.fl.)

Genom katjonbyte adsorberas ammoniumkvävet fram till det alla bindningsplatser är upptagna och om filtret torkar kan ammonium oxideras till nitrat. Under anaeroba förhållanden kan även ammoniumkvävet läcka ut. Ammoniumkvävet kan oxideras i en nitrifikationsprocess av *Nitrosomonas* och *Nitrobakter*, vilket kräver ca 4,6 gram syre per gram kväve och ett pH på 7–8,5.

Denitrifikationsprocessen reducerar kvävet mikrobiellt genom assimilativ eller dissimilativ process. Den assimilativa bygger in kvävet i cellvävnaden medan den dissimilativa utnyttjar kvävet som elektronacceptor. Den dissimilativa processen får som slutprodukter: ammonium, s.k. nitratamonifiering eller kvävgas, s.k. denitrifikation.

Det finns även en kemisk nitratreduktion där NO är huvudsaklig slutprodukt. Detta är en abiotisk process som katalyseras av $\text{pH} < 5,0$. Vid god tillgång på organiskt kol och en total anaerob miljö så överväger nitratreduktion till ammonium. Torvens organiska kolinnehåll borde vara idealisk för denitrifikationsprocesser och närvaro av anaeroba zoner. Detta kräver dock en omvandling av ammoniumkväve till nitrat.

Fosforbindningen är beroende främst av halterna av järn och aluminium och ev. silikat. Den kemiska tillgängligheten av mineralerna bestäms av pH, redoxpotential, temperatur, tid och partikelstorlek. Fosfatbindningen minskar med minskad redoxpotential. Fosfor binds först snabbt för att sedan följas av en långsammare reaktion. Högre temperaturer gynnar fosforbindningen så att en ökning från 10 till 20 grader innebär fördubblad reaktionshastighet.

I anläggningar där nitrifikation förekommer, så måste nitrathalten hållas låg för att inte störa den mikrobiella fosforeringen. Om det finns tillgång till nedbrytbara kolföreningar och en anaerob separat zon, så kan nitrathalten hållas tillräckligt låg med hjälp av denitrifikation. Med en kol-kväve kvot (COD-TKN) som överstiger 10 så är det inga problem med att både reducera nitrat och bortföra fosfor. Om kvoten däremot är lägre än 8, så måste man välja om det är fosfor eller kväve som skall bortföras.

Resultatsammanfattning

- Reduktionen av totalkväve (i medeltal = 30,4 %), BOD (ca. 80 % i Analysen test) och bakterier i torvfilter är acceptabel i jämförelse med andra studier och i jämförelse med infiltrationssystem och markbäddar (Kväve: 24–50 % $\pm$ 15 % och BOD < 90 %), trots en mycket hög belastning (576 cm³/cm² dygn) Upp till 50 ggr högre än i jämförande studier och trots en dålig fördelning av vattnet över filtrets hela yta. Delar av filtren fick en stor belastning vattenflöde, BOD och näringsämnen.

- I kolonnförsöken var fosforavskiljningen bra. Materialet var Leca kulor. Dock ej i torven.
- Kväveurlakningen var större i den lösare packad torven i torvfiltren än i den mer packade torven i kolonner.
- Ett optimalt filter måste ha bättre fördelning av vattnet över hela filterytan, lägre belastning av pumpat vatten över filterytan samt vara bättre packat.
- Genom sådan åtgärder torde kvävereningen kunna förbättras upp till ca 50 % och BOD reningen upp minst 90 %.
- Högt vattenflöde, ojämn vattenfördelning, lågt pH-värde och relativt låg temperatur pga. av att maskinen och filtren ej var isolerade skapade troligtvis dålig miljö för Nitrobacter och nitrifiering. Betydelsen av Nitrobacter och Nitrosomonas är dock oklar där dessa relateras till nitrifikation, pH, temperatur, kolinnehåll och syrgashalt.
- Näringsinnehållet och struktur/ grovlek hos ett förbrukat torvfilter bör göra att det kan vara ett lämpligt material som gödsel eller jordförbättringsmaterial.
- Filtretorven kan också komposteras.

FORTSATT UTVÄRDERING OCH UTVECKLING AV SYSTEMET (2000–2003)

Filtersystem hos brukare

I enlighet med erfarenheter från ex. arbete och utvärdering av småskalig avlopps-vattenrening har under 2000–2003 systemet utvecklas.

Filtermoduler med effektiv fördelning av avloppsvattnet över hela filterytan, förbättrad packning av filtermaterialet för att undvika s.k. kanaler och dimensionerad pumpning av vattnet efter initial och förstärkt slamavskiljning efter en defekt tvåkammарbrunn, har varit i bruk i snart tre års tid hos en brukare i Götene Kommun.

- Kväveavskiljningen ligger i snitt på ca. 50 %
- Fosforavskiljningen ligger i snitt på ca. 75 %
- BOD avskiljningen ligger i snitt på ca. 96 %

Kommunens hälsoskydd kräver en rening på:

- Minst 30 % för kväve
- Minst 50 % för fosfor
- Minst 95 % för BOD

Det enskilda avloppet hade från början brister i slamavskiljningen med slamflykt och allmänt dålig funktion och kanske läckage från cementringar.

Ett t-rör kopplades på utgående rör och istället för att vattnet leddes direkt ut till en bäck (som har förbindelse med Väneren), så placerades tre cylindrar ut vertikalt i mark för att förbättra slamavskiljningen. Här syresätts även vattnet och pumpas till en filterenhet bestående av ett trestegs filtersystem (för kväve / fosfor och BOD rening).

Genom att skraddarsy de tre stegen, beroende på om det skall ske en biologisk, kemisk eller mekanisk rening, så optimeras reningen. Filtren placeras ovan mark i en isolerad ram och dit vattnet pumpas från en av cylindrarna. Vattnet fördelas sedan effektivt över hela ytan genom ett speciellt fördelningskar. På så sätt utnyttjas hela filtervolymen, näringsämnen och vatten fördelas effektivt, bakterier får en god miljö för den mikrobiella reningen och genom modulsystemet kan reningen övervakas och lätt underhållas vid behov. Trots 10 gradig vinterkyla så är det varmt i de isolerade filtren och en god rening sker även vintertid. På grund av att markförhållandena var dåliga för infiltration – tät lerjord – så var ett system med förbättrad slamavskiljning och en ”markbädd” den enda möjliga lösningen.

Systemet kräver ej komplicerad schaktning och är relativt utrymmessnålt. Med en pumpning till filtren får man en jämn tillförsel och fördelning av avloppsvattnet, vilket förbättrar reningsgraden och uthålligheten i systemet. Det störs ej heller av ytvattenströmmar. Genom filtrens utformning med olika material och kornstorlekar, så sätts ej filtren igen av biohud och föroreningar.

Filter med näringsämnen kan återvinnas som gödsel eller jordförbättringsmedel.

Filtersystem och slamavskiljande cylinder på reningsverk

Som ett led i förbättring av tekniken så testades en roterande cylinder och filter tillsammans på Grangärde reningsverk i Ludvika Kommun under ett antal månader. Personal och en ”projektledare” liksom kommunanställd kemiingenjör övervakade tester och drift. Prover togs på BOD, fosfor och kväve. Olika filtermaterial testades liksom olika viktiga teknikparametrar. De senare utgjordes exv. av pumpflöden till cylinder, förbättringar av silduk och rengöring av silduk. Rotation av cylinder liksom pumpning skedde genom ett styr- och reglersystem med automatik varje timme under dygnet med ca 800 liter totalt per dygn.

”Maskin” med cylinder och filter kommer under 2003–2004 att tillverkas med en långt driven automatisering för brukaren, där även driftstopp vid elavbrott inte ska påverka driftsäkerheten. Detta sker genom ett DC-backupsystem för pump och elmotor. För övrigt så kommer även specifik cylinder för behandling av slam/slamhaltigt vatten att kunna komplettera ett minireningsverket för enskilda hushåll och fler hushåll i en gemensam anläggning (10–200 pe)

Enbart slamhantering kan alltså utföras med cylinder, dithörande uppsamlingskärl och pumpenhet. Detta som komplement till befintligt reningsverk 10–200 pe eller som del av eget reningsverk med 1. Cylinder 2. Filter 3. Ev. damm, dike, rotzon etc. eller recipient.

Testvärdena vid försöken i Grangärde klarar de ”kommunala kraven” för rening av BOD, fosfor och kväve för enskilda hushåll.



Box 47607 117 94 Stockholm

Tfn 08-506 002 00

Fax 08-506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se