

Membranfiltrering och fällning för behandling av kommunalt avloppsvatten

En innovativ metod för högre resurseffektivitet

*Rune Bergström, Lars Bengtsson, Uwe Fortkamp, Susanna Berg, Staffan
Filipsson*

Författare: Rune Bergström, Lars Bengtsson, Staffan Filipsson, Uwe Fortkamp, IVL, Súsanna Berg, KTH

Medel från: Vinnova

Rapportnummer: C 48

Upplaga: Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2014

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90

www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	3
Summary	4
1 Varför en ny metod för behandling av avloppsvatten?.....	5
2 Är membranfiltrering ett alternativ till konventionell behandling?	5
3 Hur genomförde vi testerna?	6
4 Resultat och diskussion	6
5 Referenser:.....	9

Sammanfattning

Behandling av kommunalt avloppsvatten är en process där stora mängder vatten hanteras och som idag kräver mycket resurser. IVL Svenska Miljöinstitutet har tagit fram en innovativ metod med stor potential att minska resursanvändningen, att öka utbytet av biogas och producera ett mycket rent vatten. Metoden baseras på en utökad förfällning av avloppsvatten för avskiljning av bland annat större delen av det organiska materialet, vilket också minskar belastningen på det följande membranfiltreringssteget med ultrafiltration och omvänd osmos och därmed ger förutsättningar att nå höga reningsgrader. Slammet från fällningen rötas för att producera biogas. Metoden har testats på Hammarby Sjöstadsverk av IVL och i ett examensarbete genomfört av Susanna Berg, KTH. Arbetet är en del i projektet Morgondagens kommunala vattenrening - en produktionsanläggning för nyttigheter, som är delfinansierat av Vinnova.

Undersökningarna ledde till följande resultat:

- Optimerad förfällning kan avskilja en stor del av det organiska innehållet, och valet av fällningskemikalierna påverkar avskiljningsgraden.
- En efterföljande membranfiltrering kan avskilja stora delar av kvarvarande föroreningar inklusive kväve som fanns kvar i vattnet.
- Det var således möjligt att uppnå höga reningsgrader.
- Resultaten tyder på en intressant potential för metoden och att vidare utvecklingsmöjligheter finns.

Summary

Municipal wastewater treatment is a process to achieve sufficient water quality, which is usually done today using biological treatment. Although the process is optimised it still uses significant resources in its current form. IVL Swedish Environmental Research Institute has developed an innovative concept with potential to reduce use of resources, increase biogas production and achieve clean water. The method involves increased pre-precipitation to reduce the organic content as well as the load on the following membrane filtration with ultrafiltration and reverse osmosis, where water is cleaned for higher purity. The produced sludge is digested to produce biogas. The method has been tested at Hammarby Sjöstadsverk by IVL and as a part of a thesis project, performed by Súsanna Berg, KTH. The work was performed as a part of the project “Municipal Wastewater Treatment of Tomorrow- a production facility for utilities” partly financed by Swedish Vinnova.

Main results are:

- Optimised pre-precipitation was able to separate the majority of the organic content and the efficiency is influenced by the choice of precipitation chemicals.
- The following membrane treatment was able to remove most of the remaining pollutants including nitrogen compounds.
- Thus it was possible to achieve a high degree of cleaning with this alternative approach.
- The results show the potential of the investigated method and further options for development of the method.

1 Varför en ny metod för behandling av avloppsvatten?

Kommunal avloppsvattenrening är en mycket viktig process världen över för att säkerställa god vattenkvalité i recipienten. Hittills har fokus mest legat på att säkerställa en god reningsgrad till låg kostnad. Biologisk behandling i aktivslamprocessen har visat sig vara en robust och prisvärd metod för reningen. I takt med ökande kunskap om miljöeffekter t.ex. genom utsläpp av kväve och fosfor har kraven på rening ökat. Det har i sin tur medfört att reningsprocessen har modifierats och anpassats. Reningsprocessen är energikrävande och producerar slam som måste omhändertas. En vanlig metod är att röta slammet för att minska volymen och producera biogas. Idag ställs också frågan hur långt vattnet behöver renas, då exempelvis läkemedelsrester förekommer i det renade vattnet, om än i små koncentrationer.

IVL Svenska Miljöinstitutet ser möjligheter att omvandla dagens reningsprocess till en process där olika nyttigheter produceras i form av rent vatten, tillgänglig energi och näringsämnen som återförs i kretsloppet. En möjlighet är att anpassa dagens biologiska behandling och optimera den på olika sätt. En annan ansats är att testa ett nytt koncept som minskar behovet av den biologiska vattenreningen som idag kräver mycket energi och som tar bort näringsämnen ur kretsloppet. En ökad förfällning tar bort mycket av det material som annars skulle brytas ned i det biologiska reningsteget. Slamfasen ökar och kan där behandlas i en anaerob biologisk process, vilket har fördelen att mer biogas produceras. Genom att kombinera förfällningen med membranfiltrering för att rena vattnet kan ett mycket rent vatten åstadkommas. IVL har undersökt metoden för att kunna bedöma den tekniska och ekonomiska potentialen som en framtida lösning bland annat med hjälp av ett examensarbete genomfört av Súsanna Berg från KTH under handledning av IVL och Per-Olof Persson från KTH.

2 Är membranfiltrering ett alternativ till konventionell behandling?

Undersökningarna har genomförts i en liten pilotskala med ett antal försök. Både fällnings- och membranfiltreringsförsök genomfördes för att undersöka om systemet är ett rimligt alternativ till konventionell behandling. Några av slutsatserna är:

- Fällningen genomfördes med en kombination av metallsalt, lågmolekylärt polymer och högmolekylärt polymer. Genom en anpassat förfällning kan organiskt material, mätt som kemiskt syreförbrukning (COD), och fosfor avskiljas i hög grad.
- Försöken visade att det fortfarande finns möjligheter att optimera förfällningen för att få god avskiljning med minsta möjliga insats av fällningskemikalier.
- Membranfiltreringen med en kombination av ultrafiltrering och omvänd osmos (RO) kunde avskilja även kväve till stor del ur vattnet, samt att en stor del av den återstående COD avskiljs.

- Membrankapaciteten under försöken var tillräcklig, men visade en nedåtgående trend, vilket bör undersökas mer för att se till vilken grad det bildas beläggningar som är irreversibla.
- Biprodukterna kräver vidare behandling som inte har undersökts i detalj i det här projektet. Det finns förutsättningar att behandla slammet från förfällningen och RO koncentratet med lämpliga metoder.
- Kostnader för behandlingen är svåra att uppskatta utifrån försöken, då processen inte är optimerat än. Ökade fällningskostnader då mer fällningskemikalier används och kostnader för membranfiltrering står mot kostnader för den biologiska behandlingen och mindre biogasutbyte i det konventionella fallet.

Resultaten ger ett bra underlag för att i ett vidare arbete kunna ta fram mer komplett material för bedömning och avgöra om denna nya ansats är ett fullgod behandlingsalternativ. Det finns tekniska optimeringsmöjligheter både för de enskilda undersökta stegen fällning och membranfiltrering och för optimering ur helhetsperspektiv för att säkerställa bra prestanda ur behandlings-, miljö- och kostnadsperspektiv.

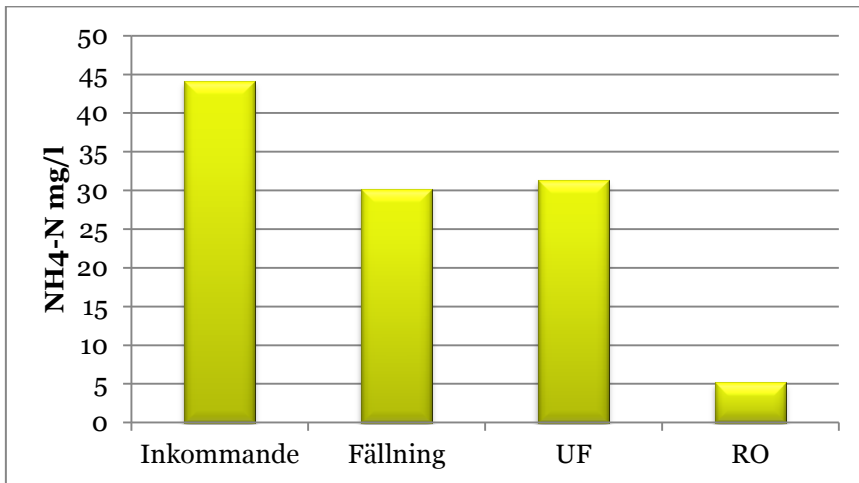
3 Hur genomförde vi testerna?

Metoden som har testats består av en kombination behandlingssteg, varav fällning och membranbehandling är två viktiga delsteg där det finns behov att kunna optimera dessa i kombination. Teknikerna används på inkommande vatten till kommunalt reningsverk efter grovrening.

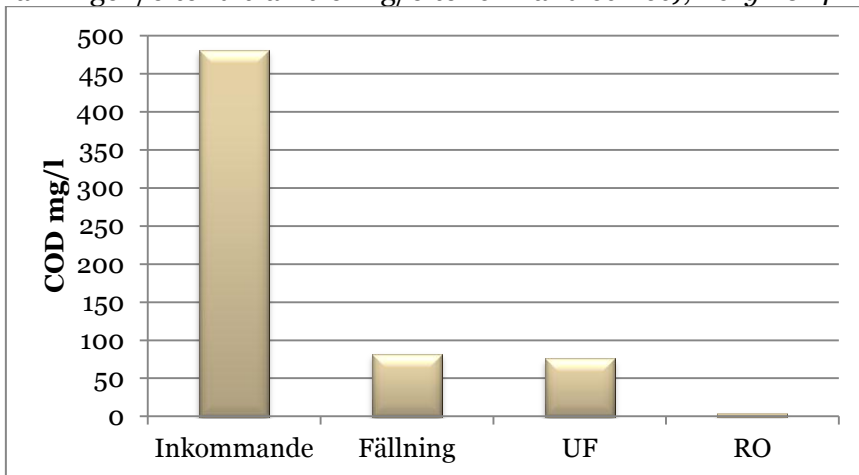
I ett antal förförsök har olika kombinationer av fällnings- och flockningsmedel undersökts som en förbehandling. Sedan har några alternativ undersökts närmare under examensarbetet. Syftet var att uppnå en fosfathalt under 0,8 mg/l efter fällningen samt att ha en reduktion av organiskt material (mätt i syrebehov för oxidation, COD) över 80 procent. Till fällningen användes olika fällningskemikalier som testades i olika koncentrationer. Efter försök i labbskala utfördes sedan försök i pilotskala på Hammarby Sjöstadsvärk. Vattnet ut från fällningen skickades till en membranläggning som bestod av en ultrafiltrering följt av en omvänd osmos anläggning där två olika membraner testades. Målet var att minska kvävehalten i det renade vattnet mätt som ammonium med över 80 procent. Membranfiltreringen genomfördes med kommersiellt tillgängliga membran i en pilotanläggning. Olika uppkoncentreringar genomfördes för att mäta prestandan och se om beläggningar bildas (fouling) som minskar prestandan.

4 Resultat och diskussion

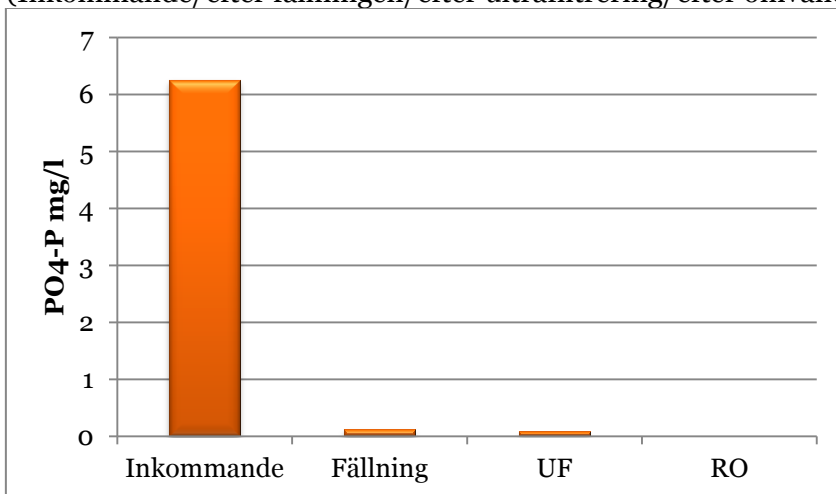
Ett flertal försök genomfördes för fällningssteget såväl som för membranfiltreringen. Nedan visas en sammanfattning av resultaten för att ge en uppskattning hur behandlingen fungerade. Bilderna visar avskiljningen av några nyckelkomponenter i olika behandlingssteg.



Figur 1: Kväveavskiljning efter olika behandlingssteg (Inkommande/efter fällningen/efter ultrafiltrering/efter omvänd osmos), Berg 2014



Figur 2: Avskiljning av organiska ämnen, mätt som COD, efter olika behandlingssteg (Inkommande/efter fällningen/efter ultrafiltrering/efter omvänd osmos), Berg 2014



Figur 3: Fosforavskiljning efter olika behandlingssteg (Inkommande/efter fällningen/efter ultrafiltrering/efter omvänd osmos), Berg 2014

Bilderna visar att behandlingen lyckas avskilja de analyserade ämnen till väldigt stor grad. Medan fosfor avskiljs till allra största del redan i förfällningen passerar en större del av kvävet till omvänd osmos steget och avskiljs först där. Organiska ämnen, mätt som kemisk syreförbrukning (COD), avskiljs till större del i förfällningen, men en resthalt finns kvar varav större delen sedan avskiljs i det andra membransteget, dvs omvänd osmos.

Resultaten visar att de olika behandlingsstegen är nödvändiga för att avskilja både kväve, fosfor och organiskt material. Syftet med förfällningen är också att bidra till ett slam som sedan kan rötas för att producera biogas. Processen ger förutom slammet också koncentrat från membranbehandlingen som behöver omhändertas, men kan eventuellt föras tillbaka till processen.

Ansatsen med den nya behandlingsmetoden har varit att kunna nå en hög renhetsgrad samtidigt som reningen sker resurs- och kostnadseffektivt. Systemet skiljer sig från den nu mest vanliga behandlingen som är aktivt slambehandling. Där sker den biologiska aeroba nedbrytningen av organiska föreningar i kombination med avskiljning av överskottsamlam och dess rötning.

Att införa ett nytt system är till att börja med behäftat med en investeringskostnad och utöver det tillkommer driftkostnader. I fällningen är kostnaden för fällningskemikalier viktig. De genomförda försöken har haft som syfte att optimera avskiljningen. En vidare optimering skulle kunna ske med avseende på att hitta ett optimum med hänsyn till både avskiljning och kostnad. Det kan medföra en annan kombination och mängd av fällningskemikalier. I membransteget är förutom investeringskostnaden membrankapaciteten viktig. Den avgör membranmängden som behövs. I de genomförda försöken har kapaciteten inte varit stabil, vilket ger behov till fler undersökningar, även om avskiljningen var god. Även här kan vid nya undersökningar ett optimum sökas. Kostnaderna påverkas också av en eventuell nödvändig behandling av koncentratströmmarna. Framför allt bör det kväverika koncentratet från omvänd-osmos behandlingen omhändertas. I och med att omvänd osmos ger ett mycket rent vatten kan möjligtvis vidare behandlingssteg undvikas. Exempelvis bör vattnet som renats vara fritt från mikroorganismer och läkemedelsrester bör avskiljas delvis med den testade lösningen. En fördel med den utökade förfällningen är att mer organiskt material kan tillföras röt-kammaren, vilket ger en större mängd substrat för biogas.

Tabellen nedan visar en generell jämförelse över kostnader och besparingar. I nuläget går det inte att beräkna hur stor en eventuell kostnadsbesparing är.

Tabell: systemskillnader i processen och dess påverkan på behandlingskostnad (+ är ökad kostnad, - är besparing)

Nuvarande process: aktivt slam	Undersökta processen: fällning och membran
Ofta liten förfällning (-)	Ökad förfällning, kemikaliebehov (+)
Biologisk behandling som kräver energi (+)	Membranbehandling (kräver energi) (+, beror på kapacitet)
Nedbrytning aerobt ger lägre substratmängd för biogas (+)	Mer slam kan rötas (-)
	Förmodligen bättre vattenkvalité efter RO som gör att vidare behandling kan undvikas (-)

Energibalansen är en annan viktig aspekt vid bedömning av en alternativ behandlingsmetod. En stor del av energianvändningen i konventionell behandling är luftningen. Värden på 10-20 kWh per personequivalent är inte ovanliga i svenska reningsverk (SVU rapport). Denna behandling faller bort i konceptet med membranbehandling. Däremot krävs trycksättning av vattnet, vilket står för en viktig energianvändning. I de försök som utförts hittills har inte energianvändningen optimerats. Vidare bidrar det nya konceptet till mer organiskt material för rötning och därmed en ökad biogaspotential. Storleken på potentialen undersöks i ett parallellt projekt.

Sammantagit har försöken visat på den generella funktionaliteten och potentialen i den nya metoden. Det finns fortfarande möjligheter till optimering av processen, dels med avseende på prestandan, men också med avseende på totalkostnaden. Vidare bör också behandlingen av koncentratet undersökas mer.

5 Referenser:

Susanna Berg, Wastewater Treatment by precipitation and membrane filtration, Master thesis report TRITA-IM-EX 2014:04, Industrial ecology, KTH, Stockholm, Sweden.

Peter Balmér, Daniel Hellström Nyckeltal för reningsverk – verktyg för effektivare resursanvändning, SVU rapport 2011-15. Svenskt Vatten

Projektet har delfinansierats med medel från Vinnova i projektet "Morgondagens kommunala Vattenrening-en produktionsanläggning för nyttigheter"



IVL Svenska
Miljöinstitutet

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90
www.ivl.se