

UKM
Ann Mattsson

Möjligheter att införa rening för att avskilja mikroföroreningar vid Ryaverket

Bakgrund

I samband med Gryaabs ansökan om förnyat miljötillstånd har Länsstyrelsen begärt en redovisning av möjligheter att förbättra avskiljningen av organiska mikroföroreningar, bland annat läkemedelsrester.

Syfte och avgränsning

Huvudsyftet med detta PM är att beskriva möjligheterna att införa utökad avskiljning av mikroföroreningar i befintligt reningsverk. Beskrivningen omfattar även på ett översiktligt plan pågående teknikutveckling och de möjligheter som kan finnas på längre sikt i befintlig eller utökad anläggning.

Historik och omvärldsbevakning

Gryaab har bedrivit avancerad forskning och utveckling angående mikroföroreningars förekomst, källor, nedbrytning och transport i avloppsvatten, slam och reningsverk sedan slutet av 1980-talet. Med hjälp av egen utrustning och expertis kunde halter och mängder av olika föroreningar i slam tidigt analyseras och fakta tillföras till den tidvis yviga och spekulativa debatten.

I flera samarbetsprojekt, bland annat i ett EU-finansierat projekt och i ett projekt med Stockholm Vatten (Wahlberg m.fl. 2010), har Gryaab undersökt förekomsten av mikroföroreningar i avloppsvatten och i miljön samt vad som händer med föroreningarna i reningsverket och vid behandling av avloppsvatten med olika kompletterande tekniker (kolfilter, ozon, väteperoxid och UV, nanofiltrering, mm). Slutsatserna av dessa projekt var att aktivt kol och ozonbehandling var de mest lovande kompletterande teknikerna.

Gryaab deltar nu, tillsammans med andra VA-organisationer inom klustret VA-teknik Södra, i ett projekt som finansieras av Havs och vattenmyndigheten. Projektet (Resvav) går ut på att utveckla och/eller anpassa tekniker för svenska reningsverk för att rena avloppsvatten med avseende på mikroföroreningar. I två av delprojekten har man dels på plats studerat de reningstekniker som används idag i Europa och dels via litteratur sammanställt information om läget i övriga världen

(Cimbritz mfl 2016). I samarbete med europeisk expertis har lärdomarna från de europeiska erfarenheterna anpassats för de specifikt svenska förutsättningar som är av betydelse för teknikvalet. Därifrån har man identifierat vilken kunskap som behövs och vilka tekniker som behöver vidareutvecklas för att få fram tekniker som ska passa på svenska reningsverk. Flera av delprojekten är designade för att svara på dessa frågor (Ekblad m.fl. 2015). Dessa svar ska resultera i en guide för hur teknikerna kan tillämpas. Guiden ska omfatta såväl kostnader som miljöpåverkan och tekniska utmaningar. Gryaab deltar också i ett nystartat FORMAS-projekt i Chalmers regi som går ut på att klargöra mekanismerna för biologisk rening med avseende på mikroorganismer.

IWA konferens april 2016

I april 2016 arrangerade svenska IWA-kommittén en konferens i Uppsala om läkemedel i miljön i Sverige, samt behov av rening och möjliga tekniker. Myndigheter såväl som läkemedelsindustrin och VA-branschen deltog och pågående forskningsprojekt redovisades. Joakim Larsson, från Göteborgs universitet, redogjorde för forskningsläget när det gäller riskerna med läkemedel i miljön. Det är tydligt att utsläpp vid tillverkning av läkemedel i många fall orsakar stora miljöproblem, såväl direkt som genom att läkemedelsutsläppen riskerar att bidra till att det utvecklas nya antibiotikaresistenta bakterier. Problemen vid tillverkningen varierar kraftigt, beroende på vad som tillverkas, hur avloppsvattnet hanteras och hur den lokala miljön är. Det är också tydligt att utsläppen vid användning av läkemedel *kan* orsaka lokala miljöproblem vid utsläpp av avloppsvatten. Vid användning bryts inte läkemedel ner i kroppen fullständigt utan utsöndras mestadels med urin. Hur mycket som hamnar i urin och därmed i avloppsvatten är individuellt för varje läkemedel. Avskiljningen av läkemedel i reningsverk varierar också, en rad läkemedel går genom reningsverket till recipienten, opåverkade av reningen. De eventuella skadliga effekterna på miljön är i huvudsak desamma som de effekter som läkemedlet var avsett för att åstadkomma på människan (eller djuret). Bland olika vattenlevande organismer är det främst fiskar som har fler receptorer som liknar människor och läkemedlen fungerar just på dessa receptorer. Därför är det fiskar som i första hand förväntas bli utsatta för skadliga effekter i miljön. Påverkan är, liksom för människan, dosberoende, det är troligare att en effekt uppnås om dosen (i förhållande till vikt, mängd blod etc.) är samma som för människan. Det är också i recipienter där en liten recipient får ta emot avloppsvatten från en stor stad som tydliga effekter på fisk kunnat ses. På fiskar som får leva direkt i renat eller orenat avloppsvatten i laboratoriet kan man se tydliga effekter av läkemedel och naturliga hormoner.

Inom EU (Clayton 2016) pågår en serie av utredningar och initiativ för att klargöra läget angående risker med läkemedel i miljön med syfte att införa regleringar om det behövs. De har alla dragit ut på tiden och det är inte att förvänta några tydliga signaler från det hållet på ytterligare ett par år. Naturvårdsverket (Klingspor 2016) utreder nu (maj 2016-maj 2017) behovet av att avlägsna mikroföroreningar från avloppsvatten i Sverige. Detta ska vara utrett till mitten av 2017. Därefter följer, om det visar sig finnas behov, utredningar om hur villkor för en sådan rening ska utformas och för vilka recipienter de bör tillämpas.

Representanter för de olika projekten som HAV finansierar redogjorde för läget avseende utveckling av reningstekniker. Detta redovisas inte separat utan ingår i diskussionen nedan om tekniska möjligheter för Ryaverket.

Tekniska möjligheter och begränsningar för Ryaverket

Biologisk rening i aktivt slam är nu den vanligaste metoden för att rena avloppsvatten i västvärlden. Den biologiska reningen brukar föregås av ett sedimenteringssteg för att ta bort de tyngsta partiklarna. I den biologiska reningen (där vattnet är några timmar) adsorberas små partiklar på suspenderade bakterieflockar och lösta ämnen kan absorberas direkt in i bakterierna. De ämnen som på dessa vis binds till bakterieflockarna kan brytas ned av bakterierna under de dagar som detta biologiska slam är kvar i reningsverket. Levande bakterier i det aktiva slammet producerar så kallade enzymer som ofta är vattenlösliga och hjälper till att bryta ner organiskt material. Enzymerna bryter ner även vissa kemikalier och en rad läkemedel. Förutsättningen är att dessa skall vara biologiskt lättnedbrytbara. Exempel på sådana är paracetamol, ibuprofen och ketoprofen och en del ftalater (mjukgörare) som bryts ner till mer än 90% i Ryaverket. Mycket *vattenlösliga* och *svårnedbrytbara* läkemedel, till exempel antidepressant citalopram och anti-epileptiskt karbamazepin, fastnar inte på slam utan stannar kvar i vatten och går ut till recipient i oförändrad form. *Svårnedbrytbara fettlösliga* kemikalier, till exempel miljögiftet PCB, och läkemedlen floroquinoloner (antibiotika) fastnar däremot huvudsakligen på slam. Generellt binds de flesta läkemedel dock inte till slammet i en större omfattning i en konventionell aktivslamanläggning utan förs ut med det reade vattnet. Studier visar att ju längre tid slammet har i reningsverket, desto mer långtgående blir den biologiska nedbrytningen. Till exempel etinylestradiol från p-piller bryts ner i mycket större utsträckning vid längre uppehållstid. Detta har delvis visats bero på att andra sorters bakterier finns i reningsverket när uppehållstiden är längre. Ryaverket har relativt kort slamålder, och således måttlig nedbrytning i det aktiva slammet. För att få en märkbar förbättring av avskiljningen, om än måttlig, krävs en cirka tre gånger så stor bassängvolym med aktivt slam.

Biologisk rening i biofilmsprocesser har på senare år visat bättre avskiljning för en del läkemedelsrester. Det är inte helt klart vad förbättringen beror på. Möjligen finns förklaringen i att biofilmen liknar ytorna i mag-tarm-systemet, där läkemedlen är konstruerade för att tas upp. När ämnena väl bundits till ytorna är uppehållstiden oftast lång innan biofilmen ramlar av sin bärare och tas ut ur systemet. Det ger längre tid för eventuell nedbrytning. Ryaverket har två biofilmssystem efter varandra. Det ena är luftat och det andra oluftat. Detta skulle kunna innebära goda förutsättningar för biologisk nedbrytning genomförd av olika bakterietyper. Det finns idag för lite kunskap om mekanismerna för att värdera effekten. Effekten kommer att vara olika för olika ämnen. Eftersom det ännu inte finns några kriterier för vilka ämnen som borde reduceras och till vilken nivå för att undvika miljöproblem i Göta älvs mynning är det idag inte möjligt att avgöra om den extra rening som biofilmsprocesserna på Ryaverket ger är tillräcklig.

Att tillsätta **pulveriserat aktivt kol i aktivt slam** är ett sätt att förstärka avskiljningen av mikroföroreningar idag i Europa. Mikroföroreningarna binds i det aktiva kolet. Eftersom det aktiva kolet följer med det aktiva slammet har det samma uppehållstid som slammet i systemet. Investeringen är relativt låg. Det som behövs är lager för aktivt kol och utrustning för att blanda och dosera det. Driftkostnaden består av det aktiva kolet. De anläggningar som använder denna teknik i Tyskland och Schweiz förbränner ändå vanligen slammet och då uppstår inga större extra kostnader. Om tekniken skulle införas på Ryaverket skulle slammet inte längre kunna användas i jordbruket vilket i förlängningen

innebär att allt slam istället måste förbrännas i en egen anläggning eller av någon annan aktör på marknaden.

Att tillsätta **pulveriserat aktivt kol i en anläggning med biofilmsprocesser** har ingen provat i full skala vad vi vet. Avskiljningen borde vara lika bra som i aktivt slam och en fördel vid en implementering på Ryaverket är att biofilmsprocesserna är placerade efter aktivslamsystemet. Det innebär att man skulle kunna ta hand om denna slam- och aktivkolblandning separat och därmed undvika att förorena övrigt slam med aktivt kol och mikroförureningar. Det har identifierats flera osäkerheter som behöver hanteras innan en sådan process kan implementeras i full skala. Påverkar det aktiva kolet biofilmsprocessen negativt? Hur fungerar det att avskilja slam-kol- blandningen i skivfiltren? Hur hanteras detta slam sedan?

Det finns även **andra sätt att integrera pulveriserat aktivt kol** i ett reningsverk. Man kan tillsätta det före sandfilter och låta det verka i sandlitren. Man kan tillsätta det i ett separat bassängsystem med egen sedimenteringsbassäng från vilken man recirkulerar slam-kol-blandningen till en kontaktbassäng. Dessa lösningar kan vara bra om det råkar finnas sådana bassänger eller filter tillgängliga. Det finns inte på Ryaverket.

Filtrering i granulerat aktivt kol är en metod som diskuteras en del men sällan tillämpas. Vattnet filtreras genom en bädd av grovkrossat aktivt kol och mikroförureningarna tas upp i det aktiva kolet. Troligen beror det bristande intresset delvis på de stora investeringar i filterbassänger och aktivt kol som behövs. Det finns också osäkerheter kring hur länge det aktiva kolet är aktivt, dvs tar upp mikroförureningar, innan det behöver kasseras eller regenereras, och kring hur god förbehandling som behövs. Dessa osäkerheter minskar i takt med att erfarenheterna av drift i pilotskala eller fullskala i Europa ökar. För Ryaverket skulle kostnaderna vara extra stora på grund av de relativt andra avloppsreningsverk höga flöden som måste passera genom anläggningen.

Med **ozonbehandling efter ett biosteg** bryts mikroförureningarna sönder i mindre bitar. Mycket tyder dock på att de små bitarna inte är helt ofarliga, öven om de flesta studier visar på minskad toxicitet hos vattnet efter ozonbehandling. Därför brukar man lägga till någon ytterligare biologisk behandling efter ozonsteget. De trasiga molekylbitarna har i studier visat sig vara lättare att bryta ned än vad mikroförureningarna var från början. Det behövs anläggningar för att generera och dosera ozon och även en reaktionstank. Reaktionstanken brukar ha en uppehållstid på cirka 30 minuter och vara indelad i ungefär sex fack i serie. Sedan tillkommer det extra biosteget för att ta hand om reaktionsprodukterna. På Ryaverket finns det inte plats för ytterligare biosteg.

Ozonbehandling före en biofilmsprocess har nyligen med framgång provats i relativt stor skala på Linköpings reningsverk. I det fallet sker nedbrytningen av de trasiga molekylbitarna i biofilmsprocesserna. Det återstår att se hur ozonbehandlingen påverkar biofilmsprocesserna och vilken reningsgrad som erhålls för olika ämnen. På Ryaverket vore en möjlig lösning att leda vatten från eftersedimenteringsbassängerna till en (tillkommande) reaktortank där ozonet tillsattes. Vattnet kunde därefter ledas till de nitrifierande biofilmsprocesserna (MBBR) där reaktionsprodukterna kunde brytas ned. Tester i mindre skala behöver göras innan man vet hur god effekten blir och hur detta påverkar de processer för kväverening som biofilmsprocesserna är avsedda för. En del sådana tester har genomförts i Skåne inom projektet RESVAV som Gryaab deltar i.

Alla metoder som förbättrar den biologiska reningens prestanda sänker också utsläppen av mikroföroreningar. Om mindre tillskottsvatten leds till avloppssystemen släpps mindre spillvatten ut helt eller delvis orenat. Ju högre flöden som behandlas desto sämre blir reningen och desto större blir utsläppet av föroreningar, även mikroföroreningar.

Reningsprocesser avsedda att ta bort mikroföroreningar kan också ha andra effekter på reningen.

Ozonbehandling dödar även mikroorganismer vilket bidrar till att hygienisera vattnet. Om effekten ska vara betydande behöver dock förbiledningen av obehandlat vatten vara låg. Detta är svårt med de höga flöden som tidvis tillförs Ryaverket, varför mängden mikroorganismer totalt ut från Ryaverket troligen inte kan mer än halveras oavsett hur långtgående effekten än är på den del av vattnet som får behandling. Även aktivt kol på olika sätt har potential att avlägsna mikroorganismer och även för aktivt kol försämras effekten av höga flöden.

Slutsatser

En viktig lokal miljöpåverkan från läkemedel är i samband med produktion. I samband med konsumtionen av läkemedlen sker utsläpp med avloppsvatten. Effekten av dessa är koncentrationsberoende. Det vill säga att effekten är störst vid ett litet vattendrag som tar emot avlopp från en stor stad.

Det är oklart såväl i EU som i Sverige vilket behov av att avskilja mikroföroreningar som finns. Det kommer sannolikt att ta flera år innan myndigheterna har utrett vilket behov av rening som finns och vilka kriterier som ska gälla.

Det finns olika möjligheter att förbättra avskiljningen av mikroföroreningar på ett reningsverk. För Ryaverket gäller följande:

- Att utöka aktivslamsteget för bättre rening skulle vara oerhört dyrt och ge måttlig effekt.
- Troligen ger de befintliga och kommande biofilmssystemen bättre effekt
- Att tillsätta pulveriserat aktivt kol till dagens aktivslamsystem skulle utesluta möjligheten till att använda slam i kretslopp.
- Det kan vara framgångsrikt att använda pulveriserat aktivt kol i kombination med biofilmssystemen
- Det kan vara framgångsrikt att ozonbehandla vattnet innan biofilmssystemen.
- Att bygga till ett filter med granulerat aktivt kol efter befintligt reningsverk skulle innebära mycket stora investeringar och sannolikt även höga driftkostnader beroende på hur ofta det aktiva kolet behöver regenereras.
- Att minska tillflödet till reningsverket förbättrar reningen.

De i Europa vanligaste metoderna blir alltså svåra att tillämpa, aningen på grund av den svenska ambitionen att använda slam i kretslopp, eller på grund av Ryaverkets begränsade ytor och bassängvolym.

Tre metoder som alla har samband med biofilmssystemen bedöms lovande:

- Biologisk rening i befintliga och tillkommande biofilmssystem.
- Ozonbehandling före det nitrifierande biofilmssystemet.
- Behandling med pulveriserat aktivt kol i kväveringsstegen med rörliga bärare.

För alla dessa alternativ finns kunskapsluckor och praktiska utmaningar som behöver hanteras om de ska tillämpas i full skala.

Rekommendationer

Gryaab bör fortsatt bidra till förbättring av kunskapsläget såväl avseende rening av som källor till mikroföroreningar.

Gryaab bör inte bygga bort möjligheten att i framtiden införa ozonbehandling före biofilmssystemen eller dosering av pulveriserat aktivt kol till desamma.

Gryaab bör fortsatt bidra till myndigheternas arbete med att ta fram tydliga, effektiva och hållbara kriterier för avskiljning av mikroföroreningar vid avloppsreningsverk.

Gryaabs ägarkommuner kan bidra till minskade utsläpp av mikroföroreningar genom åtgärder som leder till att mindre tillskottsvatten leds till Ryaverket.

Referenser och litteratur

Michael Cimbritz, Susanne Tumlin, Marinette Hagman, Ivelina Dimitrova Gerly Hey, Maria Mases, Niclas Åstrand, Jes la Cour Jansen, 2016, Rening från läkemedelsrester och andra mikroföroreningar En kunskapssammanställning, SVU Rapport 2016-04.

Clayton, Helen, 2016, European initiatives on Pharmaceuticals in the environment, Policy Officer European Commission, DG Environment, IWA Sweden Conference 2016 Water and Pharmaceuticals – insights and perspectives for health and environment, 12–13 April 2016, Uppsala, Sweden

Maja Ekblad, Michael Cimbritz, Filip Nilsson, Gustaf Ernst, Haitham El-taliawy, Susanne Tumlin, Kai Bester, Marinette Hagman, Ann Mattsson, Lena Blom, Liselotte Stålhandske Jes la Cour Jansen, 2015, Ozonering för nedbrytning av organiska mikroföroreningar - Pilottester i södra Sverige RESVAV delprojekt 1

Klingspor Karin, 2016, Swedish initiatives on Pharmaceuticals in the environment. IWA Sweden Conference 2016 Water and Pharmaceuticals – insights and perspectives for health and environment, 12–13 April 2016, Uppsala, Sweden

Joakim Larsson, 2016 Pharmaceuticals in the environment – how large is the problem globally and in Sweden?, Gothenburg University. IWA Sweden Conference 2016 Water and Pharmaceuticals – insights and perspectives for health and environment, 12–13 April 2016, Uppsala, Sweden

Wahlberg, Cajsa, Björleinius, Berndt och Paxeus, Nicklas, 2010, Läkemedelsrester I Stockholms vattenmiljö, Förekomst, förebyggande åtgärder och rening av avloppsvatten. ISBN 978-91-633-6642-0

Bilaga 1 Sammanfattning av olika tekniska möjligheter att förbättra avskiljningen av mikroföroreningar på Ryaverket

	Reningsgrad	Principer	För- behandling	Tillkomman- de drift- aspekter	Tillkommande investering	Miljöpåverkan	Kommentarer/ osäkerheter
Biologisk rening i aktivt slam	Måttlig men bättre med stora bassänger och lågt flöde.	Adsorption Nedbrytning	Mekanisk	Mer luftning och omrörning.	Mycket stora bassänger om bättre rening ska uppnås.	Bassänger Markanvändning	Orimliga investeringar i förhållande till den måttliga effekten. Särskilt vid Gryaabs höga flöden.
Biologisk rening i biofilmsprocesser	God för en del ämnen	Adsorption Nedbrytning	Biologisk är fördel	Dessa anläggningsdelar finns redan eller byggs av andra skäl. Det blir alltså i det här fallet inga tillkommande driftaspekter, kostnader eller miljöpåverkan så som det skulle bli på ett avloppsreningsverk med enbart aktivt slam.			Osäkerhet kring reningsgrad. Forskning pågår.
Pulveriserat aktivt kol (PAC) i aktivt slam	God	Adsorption på/i aktivt kol som avskiljs.	Mekanisk	Dosering av PAC Slambehandling med PAC	Doseringsutrustning (PAC). Anpassning av bef. utrustning? Tillkommande slambehandling inklusive förbränning.	Produktion av PAC. Utesluter kretslopp av slam vid dagens krav. Förbränning av allt slam.	Slitage på utrustning? Påverkan på rötning? Testat för högbelastat aktivt slam? Mycket stor investering i slamförbränning.
Pulveriserat aktivt kol	Troligen god	Adsorption på/i aktivt	Biologisk	Dosering av PAC	Doseringsutrustning (PAC).	Produktion av PAC.	Hur fungerar rörliga bärare

	Reningsgrad	Principer	För- behandling	Tillkomman- de drift- aspekter	Tillkommande investering	Miljöpåverkan	Kommentarer/ osäkerheter
(PAC) i rörliga bärare		kol som avskiljs.		Separat slambehand- ling av PAC- slam.	Anpassning av bef. utrustning? Separat slambehand- ling	Delström med PAC kan ej ingå i kretslopp. Disponering av PAC-slam.	med PAC? Igensättning? Hur avskiljs PAC-slam i skivfilter? Hur hanteras PAC-slammet separat?
Granulerat aktivt kol (GAC)	God	Adsorption på/i aktivt kol som avskiljs.	Biologisk – helst med lång uppehålls- tid	Utbyte av GAC.		Produktion av GAC.	Vad har GAC för livslängd? Lönt att regenerera?
Ozon som efterbehand- ling	God	Molekyler- na sönder- delas varefter delarna bryts ned biologiskt.	Biologisk - helst med lång uppehålls- tid	Ozongenereri ng och hantering. Biologisk efterbehand- ling.	Ozongenerer- ing och hantering. Bassäng för reaktion med ozon. Biologisk efterbehand- ling.	Produktion av ozon. Utökad biologisk förbehandling Bassäng för reaktion med ozon. Biologisk efterbehand- ling.	Vilken efterbehand- ling behövs?
Ozon i kombination med rörliga	Troligen god	Molekyler- na sönder- delas varefter	Biologisk	Ozongenereri ng och hantering.	Ozongenerer- ing och hantering.	Produktion av ozon.	Hur påverkar ozonet den efterföljande

	Reningsgrad	Principer	För- behandling	Tillkomman- de drift- aspekter	Tillkommande investering	Miljöpåverkan	Kommentarer/ osäkerheter
bärare (MBBR).		delarna bryts ned biologiskt.				Bassäng för reaktion med ozon.	biologiska processen? Nedbrytning i bef MBBR räcker?