

Slutrapport VA-kluster Mälardalen 2016-2018



VA-kluster Mälardalen



VA-KLUSTER MÄLARDALENS MEDLEMMAR

Fem lärosäten

Kungliga Tekniska Högskolan
Lunds universitet
Mälardalens högskola
Sveriges Lantbruksuniversitet
Uppsala universitet

Två forskningsinstitut

IVL Svenska Miljöinstitutet
RISE Research Institutes of Sweden

Elva VA-organisationer

Enköpings kommun
Eskilstuna Energi och Miljö
Käppalaförbundet
Mälarenergi
NODRA

Stockholm Vatten och Avfall

SYVAB
Tekniska Verken i Linköping
Uppsala Vatten och Avfall
Växjö kommun
Örebro kommun

Författare: Bengt Carlsson, Sara Nilsson, Magnus Arnell samt kontaktpersonerna till projekten på sidorna 14-18

Omslag: Himmerfjärdsverket, Botkyrka (Foto: Jennifer Nemie)

Bilder: Angivna fotografer med flera samt Adobe Stock

ISBN: 978-91-7883-086-2

Upplaga: 200 exemplar

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2019

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

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

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

FORSKNING OCH UTBILDNING INOM VA-TEKNIK I MÄLARDALEN MED OMNEJD

VA-kluster Mälardalen är ett forsknings- och utbildningskluster inom vatten- och avloppsområdet. Klustret bildades 2010 och samarbetar brett kring utbildnings- och forskningsfrågor som rör hantering av avloppsvatten och slam. Klustret utgörs av fem universitet och högskolor, elva VA-organisationer och två forskningsinstitut, som tillsammans forskar för att öka resurseffektiviteten i VA-systemet. Mälardalsklustret är ett av fyra projektprogram för högskolor och universitet som har stöd från Svenskt Vatten Utveckling. Klustret har också finansiellt stöd från de deltagande VA-organisationerna och genom ett flertal externfinansierade projekt.

Klustrets projektvolym har växt kraftigt sedan starten. För organisationerna inom klustret var den totala omsättningen inom forskning och utveckling relaterat till VA-kluster Mälardalen mer än 80 MSEK per år under 2016-2018. Den höga uppväxlingen av medel från Svenskt Vattens grundfinansiering ger ett stort mervärde för branschen. Antalet deltagande VA-organisationer har successivt ökat sedan starten, vilket visar på ett starkt intresse och engagemang från branschen för den samordning av forsknings- och utvecklingsarbete (FoU) som VA-kluster Mälardalen erbjuder.

Denna slutrapport för klustrets tredje verksamhetsperiod, 2016-2018, ger översiktlig information om verksamheten och vad ett regionalt forskningskluster inom VA-teknik kan innebära för dess medlemmar och för branschen i stort. För mera information om klustrets aktiviteter och forskningsprojekt hänvisas till klustrets årliga verksamhetsberättelser utgivna som SVU C-rapporter samt klustrets hemsida www.va-malardalen.se.

KLUSTRETS INRIKTNING

Kompetensen inom VA-kluster Mälardalen är bred och täcker in hela systemet från uppströmsarbete och avloppsvatten till återföring. Vår styrka är att forskare och personal vid reningsverk arbetar tillsammans med de utmaningar som branschen står inför. Den samlade kompetensen bland klustrets organisationer inom mätteknik, styrning och modellering med tillämpning mot avloppssystem är unik och med högsta internationella excellens.

VA-kluster Mälardalen har under sin tredje verksamhetsperiod fortsatt arbetat för att vara ett stöd för verksamheten hos de deltagande VA-organisationerna och för branschen i stort. Genom klustret har vi skapat en mötesplats för aktörer från VA-branschen, huvudsakligen inom Mälardalen men även från andra regioner, och spridit information och kunskap regionalt, nationellt och internationellt.

Inom forskningen har vi arbetat inom fokusområdet *Resurseffektiv avloppsvattenrening och hållbar närings- och vattenåterföring för en bättre miljö*. Klustrets prioriterade delområden under perioden var:

- Innovativa och klimatsmarta processlösningar för:
 - resurseffektiv rening av kväve, fosfor, BOD, och svårnedbrytbara ämnen
 - effektiv biogasproduktion.
- Systemanalytiska metoder för resurseffektiv avloppshantering
- Metoder för hållbar slamhantering och återföring av växtnäring och organiskt material till produktiv mark.
- Metodik och kunskapsunderlag för uppströmsarbete.

Under projektperioden har klustret haft en hög vetenskaplig produktion med 59 publicerade tidskrift- och konferensartiklar samt 15 doktors- och licentiatavhandlingar (referenser finns i verksamhetsberättelserna som kan laddas ner kostnadsfritt från Vattenbokhandeln). Forskningsresultaten har presenterats såväl nationellt som internationellt.



SAMARBETE INOM FORSKNING OCH UTBILDNING

Genom samarbeten mellan VA-organisationer och lärosäten/institut har man från VA-organisationernas sida möjlighet att påverka prioritering och inriktning för FoU samt initiera samarbetsprojekt som är viktiga för den egna verksamheten. I forskningssamarbeten skapas dessutom en naturlig möjlighet till utbildning av personal hos VA-organisationerna. Genom klustersamarbetet förbättras även möjligheterna för lärosätena att initiera examensarbeten i samarbete med VA-organisationerna.

Examensarbeten är en projektform som lätt går att anpassa till VA-organisationernas behov och som förbereder nya studenter för ett arbete inom VA-branschen. Examensarbeten kan också utgöra ett första steg av ett forskningsprojekt.

På utbildningssidan arbetar flera av klustrets lärosäten med att utbilda framtidens anställda inom VA-branschen. Här är målsättningen att bidra till VA-utbildningar i toppklass och att lyfta fram VA som ett viktigt och intressant ämne med många samhälls- och miljötillämpningar.

Forskningen inom klustret integreras kontinuerligt i utbildning på alla nivåer vilket är ett viktigt led i klustrets kunskapsspridning. Flera av klustrets organisationer medverkar även i kurser för yrkesverksamma inom VA. Två exempel är framtagandet av kurser i processreglering som erbjudits till ett flertal VA-organisationer inom VA-kluster Mälardalen och undervisning i Svenskt Vattens kurser. Klustret har samarbetat med övriga högskoleprogram och Sweden Water Research inom forskarskolan Water Research School. Forskarskolan har blivit en framgång med ett 60-tal registrerade doktorander. Den erbjuder unika doktorandkurser som också är öppna för Svenskt Vattens medlemmar.

Inom VA-kluster Mälardalen utbildas studenter, doktorander och yrkesverksamma inom VA-området:

- **Grundutbildning** - Master- och civilingenjörsprogram, samt ett flertal fristående universitetskurser
- **Examensarbeten** – Cirka 30 VA-relaterade examensarbeten utförs årligen
- **Forskarutbildning** – Cirka 20 personer bedriver doktorandstudier inom VA vid klustrets lärosäten
- **Utbildning för yrkesverksamma** – Klustrets lärosäten ger kurser tillsammans med Svenskt Vatten



Kungsängsverket i Uppsala. (Foto: Jakob Dahlström)

ÄMNESGRUPPER

VA-kluster Mälardalen har tagit initiativ till att bilda så kallade ämnesgrupper. Målet med ämnesgrupperna är att öka FoU-interaktion inom VA-kluster Mälardalen men även med övriga högskoleprogram och intressenter utanför högskoleprogrammen. Ämnesgrupperna möjliggör

kommunikation och utbyte över klustergränserna. Under programperioden 2016-2018 har VA-kluster Mälardalen varit ansvarig för två aktiva ämnesgrupper:

Ämnesgrupp processmodellering samt Uppströmsarbete för hållbara kretslopp.

ÄMNESGRUPP PROCESSMODELLERING

Syftet med ämnesgruppen är att personal på svenska reningsverk skall få ökad förståelse och kunskap om processmodellering och i större utsträckning använda modellering och simulering i sitt utvecklingsarbete och/eller driftsarbete.

I nätverket ges personer med intresse för modellering – från VA-organisationer, institut och akademi – möjlighet till fördjupande diskussioner och erfarenhetsutbyte. Genom att genomföra workshops med olika teman ser gruppen till att lyfta aktuella frågeställningar samt att redovisa pågående eller avslutade projekt med inriktning på modellering.

Målgrupp: Personer från VA-organisationer, institut och akademi med intresse för modellering relaterad till avloppsvattenrening

ÄMNESGRUPP UPPSTRÖMSARBETE

Ämnesgruppens syfte är att kartlägga och sammanställa kunskap om samhällets tillförsel av oönskade ämnen till avloppsvatten och miljön via växtnärringsresursen slam och att finna lösningar som minimerar spridningen av miljöfarliga ämnen via dessa vägar.

Ämnesgruppens syfte är också att kommunicera med VA-branschen, och främst medlemmarna i VA-kluster Mälardalen, om kunskapsbehov, projektidéer och resultat i form av ny och/eller sammanställd kunskap. Gruppen organiserar workshops där kunskapsbehov och projektidéer diskuteras, vilket inte sällan mynnar ut i gemensamma projekt.

Målgrupp: VA-organisationer, forskare, myndigheter, dricksvattenproducenter



MÖTESPLATSEN

VA-kluster Mälardalen har skapat en ny regional mötesplats där VA-frågor kan diskuteras inom branschen. Genom regelbundna ledningsgruppsmöten kan deltagarna hålla sig uppdaterade om vad som är på gång inom forskning och utveckling vid lärosäten och VA-organisationer.

Klustrets hemsida ger löpande information om klustrets verksamhet, t ex projektnyheter, medlemsinformation, nya kurser, deltagande vid konferenser med mera. Genom ett nyhetsbrev når nyheter ut till de som är intresserade av klustrets verksamhet. Klusterinternat och workshops har anordnats på olika teman där såväl forskningsresultat som VA-organisationernas framtidsfrågor lyfts fram både för intern diskussion inom klustret

och med externa gäster utanför klustersfären.

För VA-organisationerna kompletterar VA-klustret befintliga nätverk inom branschen genom att erbjuda ett forum där man kan diskutera utvecklingsfrågor och initiera samverkansprojekt med både lärosäten och andra VA-organisationer. Deltagande i klustret ger också insyn i vad som är på gång inom forskningsvärlden.



GENERELLA SLUTSATSER FRÅN KLUSTERSAMARBETET

Erfarenheter från VA-kuster Mälardalen visar att klusterformen är efterfrågad bland Svenskt Vattens medlemmar, och att den fyller en viktig funktion som delvis saknats tidigare.

Samarbetet inom klustret har bidragit till att nya forskningssamarbeten startats upp och underlättat att framgångsrikt söka kompletterande projektmedel. Detta har skapat en viktig uppväxling och ett mervärde för programsatsningen. Ett mått på den stora mängden forskningsresultat från klusterprojekten är den omfattande publikationen men viktigare är att samverkan mellan akademi och VA-organisationer garanterar att projekten är prioriterade och att resultaten kommer till användning. Genom samarbetet har möjligheterna för en integrerad och bättre anpassad utbildning förbättrats, både inom grundutbildning, forskarutbildning och utbildning för yrkesverksamma.

Engagemang och involvering från klustrets VA-organisationer är grundläggande för att samarbetet skall fungera. Klustrets roll som koordinator för nätverket är central för att upprätthålla aktivitetsnivån.

Det är en viktig del i arbetet är att, såväl inom klustret som nationellt och internationellt, kommunicera och informera om den forskning som utförs inom klustret. Detta görs normalt via

rapporter, muntliga presentationer och tidskrifter. VA-kuster Mälardalens medlemmar har haft ett högt deltagande på både nationella och internationella konferenser och har publicerat resultat i ett stort antal rapporter och tidskrifter. Klustret har under den senaste projektperioden även börjat titta på andra format för forskningspresentation t ex genom olika typer av visualisering.

Ett betydelsefullt arrangemang för att kommunicera inom klustret är det årliga internatet, där representanter från samtliga medlemsorganisationer brukar delta. Internatet har haft skiftande teman och har under den senaste programperioden förlagts i olika medlemskommuner. Enligt den utvärdering som gjorts är internatet mycket uppskattat och det utgör ett viktigt forum för inspiration och kunskapsöverföring (2017).

Medverkande VA-organisationer vittnar om att klustret är givande och sammanfattningsvis kan det konstateras att projektprogrammet bekräftat att klustertanken fungerar och har en viktig funktion att fylla.



Håkan Jönsson tar emot Vattenpriset av Föreningen Vattens ordförande Marta Ahlquist-Juhlén. (Foto: Ingrid Mossberg)



Magnus Arnell (t.h.) utses till IWA Fellow av programmets ordförande Julian Sandino. (Foto: IWA)

UTMÄRKELSER TILL FORSKARE VID DELTAGANDE LÄROSÄTEN UNDER PROJEKTPERIODEN

Namn	Organisation	Utmärkelse	Årtal
Linda Åmänd	IVL Svenska Miljöinstitutet	Föreningen Vattens pris New Generation	2016
Jingjing Yang	KTH/ IVL Svenska Miljöinstitutet	Chinese Government Award for Outstanding Self-financed Students Abroad	2016
Ulf Jeppsson	Lunds universitet	Ordförande i organisations- och vetenskapliga kommittén för Watermatex2019 konferensen	2016
Ulf Jeppsson	Lunds universitet	Vice ordförande i IWA specialistgrupp MIA	2016
Magnus Arnell	Lunds universitet/RISE	Forskningspris för särskilt framstående avhandlingsarbete vid Lunds Tekniska Högskola (Sparbankstiftelsen Färs & Frostå)	2017
Emma Nehrenheim	Mälardalens högskola	Föreningen Vattens KEMIRA-pris	2017
Bengt Carlsson	Uppsala universitet	Förnyad IWA Fellow (fem års förlängning)	2017
Ulf Jeppsson	Lunds universitet	Invald i IWA Strategic Council	2017
Håkan Jönsson	Sveriges lantbruksuniversitet	Vattenpriset (Föreningen Vattens största miljöpris)	2018
Magnus Arnell	Lunds universitet/RISE	IWA Fellow	2018
Ulf Jeppsson	Lunds universitet	Förnyad IWA Fellow (fem års förlängning)	2018
Elzbieta Plaza	KTH	INFRAEKO 2018 Honorary Award for creating progress in environmental engineering	2018

ÅREN I KORTHET

2016

Under året startade klustret upp ett nytt prioriterad forskningsområde "Metodik och kunskapsunderlag för uppströmsarbete" och ämnesgruppen Uppströmsarbete och hållbara kretslopp bildades. I ämnesgruppen deltar och samarbetar en stor del av klustermedlemmarna. Ämnesgruppen höll en välbesökt workshop och initierade olika kunskapsbyggande projekt. Under året slutfördes projektet "Ammoniakhygienisering av avloppsslam för produktion av hygieniskt säkert biologiskt gödselmedel" och rapporterades i bl.a. rapporten SVU-2017-10 "Ammoniakhygienisering för säker användning av slam i odling". Även slamhanteringsdelen av projektet "Minska utsläppen av växthusgaser från svensk lagring och spridning av avloppsslam" slutfördes och rapporterades i doktorsavhandlingen "Nitrous Oxide and Methane Emissions from Storage and Land Application of Organic Fertilisers".

VA-kluster Mälardalens medlemmar hade ett högt deltagande på både nationella och internationella konferenser under 2016. Resultat från forskningen inom klustret presenterades på ett tiotal internationella konferenser under året inklusive på den stora världskongressen IWA 10th

World Water Congress and Exhibition. Klustret var med och arrangerade programmet för Nationella Konferensen Avlopp & Miljö (NAM2017). Medlemmar från klustret gav 6 presentationer vid VA-mässan 2016 (Speakers Corner) och flertalet presentationer inom seminarieprogrammet.

VA-kluster Mälardalens årliga internat genomfördes i slutet av augusti i Sigtuna och hade drygt 30 deltagare. Huvudtemat var att beskriva och konkretisera den beviljade ansökan inklusive vilka projekt som var under uppstart. I december anordnade klustret ett seminarium där förmiddagen bestod av presentationer om aktuell forskning och eftermiddagen ägnades åt en workshop om uppströmsarbete.

Klustrets ordförande och sekreterare deltog i två klusterledarträffar för SVU:s projektprogram (Dag&Nät, VA-teknik Södra och DRICKS). Under året samarbetade högskoleprogrammen tillsammans med Sweden Water Research för att ta fram en ansökan för en forskarskola. Ansökan beviljades av Formas och under hösten arbetade gruppen med planering och konkretisering av forskarskolan.

Under året försvarades följande fyra doktorsavhandlingar och en licentiatavhandling:

- **Magnus Arnell**, Lunds universitet/SP, doktorsavhandling: *"Performance Assessment of Wastewater Treatment Plants: Multi-Objective Analysis Using Plant-Wide Models"*.
- **Agnes Willén**, SLU, doktorsavhandling: *"Nitrous Oxide and Methane Emissions from Storage and Land Application of Organic Fertilisers – With Focus on Sewage Sludge"*.
- **Jingjing Yang**, KTH, doktorsavhandling: *"The Deammonification Process in Moving Bed Biofilm Reactors"*.
- **Ivo Krustok**, Mälardalens Högskola, doktorsavhandling: *"Microbiological Analysis of Municipal Wastewater Treating Photobioreactors"*.
- **Anbarasan Anbalagan**, Mälardalens Högskola, licentiatavhandling: *"Indigenous Microalgae-Activated Sludge Cultivation System for Wastewater Treatment"*.

2017

Inom ramen för ämnesgruppen Uppströmsarbete och hållbara kretslopp genomfördes under året en screening av befintliga data gällande oönskade organiska ämnen i inkommande vatten till reningsverk. Resultaten rapporterades i IVL-rapporten *”Screening av befintliga data avseende halter av oönskade substanser i spillvatten”*.

Dessutom startades inom ämnesgruppens område projektet *”Reduktion av läkemedel och andra organiska miljöföroreningar under lagring/efterbehandling av avloppsslam”*. HÅVA, ett SVU-finansierat projekt om värmeåtervinning ur avloppsvatten, startades upp och en kunskaps-sammanställning i ämnet publicerades i en publik rapport.

Ämnesgruppen modellering av reningsverk höll ett seminarium och fördjupande diskussion om utmaningarna med karakterisering av inkommande vatten för modellering.

Resultat från projekt och forskning inom klustret presenterades på ett flertal internationella och nationella konferenser under året, bland

annat på Conference on Instrumentation, Control and Automation i Quebec, NORDIWA i Århus och IWA Sweden Microplastics Conference. Under 2017 var VA-kluster Mälardalen med och planerade den Nationella konferensen Avlopp & Miljö i Växjö. Internatet hölls detta år i Västerås. Temat var pågående och avslutade klusterprojekt, och projektrepresentanter från både VA-organisationer och lärosäten höll presentationer.

Forskarskolan, *”Water Research School”*, startade under 2017 med en 2-dagars kick-off i Uppsala. Åtta av klustrets doktorander blev medlemmar i forskarskolan.

Prof. Håkan Jönsson har varit tongivande i klustret sedan starten. För att hedra honom i samband med hans pensionsavgång anordnade SLU Håkan Jönsson Farewell Symposium på temat Sanitation Technologies of the Future, där en spännande blandning av svenska och utländska gäster diskuterade sanitet och kretslopp.

Under året försvarades följande fyra doktorsavhandlingar och två licentiatavhandlingar:

- **Eva Nordlander**, Mälardalens högskola, doktorsavhandling: *”System studies of Anaerobic Co-digestion Processes”*.
- **Ramesh Saagi**, Lunds universitet, doktorsavhandling: *”Benchmark Simulation Model for Integrated Urban Wastewater Systems – Model Development and Control Strategy”*.
- **Kimberly Solon**, Lunds universitet, doktorsavhandling: *”Extending Wastewater Treatment Process Models for Phosphorus Removal and Recovery – A Framework for Plant-Wide Modelling of Phosphorus, Sulfur and Iron”*.
- **Andriy Malovanyy**, KTH, doktorsavhandling: *”Anammox-based systems for nitrogen removal from mainstream municipal wastewater”*.
- **Oscar Samuelsson**, Uppsala universitet/IVL, licentiatavhandling: *”Fault Detection in Water Resource Recovery Facilities”*.
- **Jenna Senecal Smith**, SLU, licentiatavhandling: *”Urea stabilisation and dehydration for urine-diverting toilets: System and hygiene evaluation”*.

2018

Under 2018 var en viktig del av VA-kluster Mälardalens arbete att konkretisera frågeställningar och FoU-projekt i en ansökan till Svenskt Vatten utveckling för fortsatt finansiering 2019-2021. Tre nya projekt inom ramen för högskoleprogrammet definierades: 1) Kolåtervinning för hållbar avloppsvattenrening, 2) Metodutveckling för kvantifiering och identifiering av mikroplast i slam och screening av olika avloppsslam, och 3) Läkemedelsrester i slamgödslad åkermark och deras spridning till miljö. Det övergripande ansökningsarbetet samordnades med VA-teknik Södra vilket även har stärkt det klusterövergripande samarbetet.

Forskningsresultat från VA-kluster Mälardalen har spridits på ett flertal nationella och internationella konferenser, bland annat Nationella konferensen för Avlopp och Miljö i Linköping där

klustret var medarrangör, IWA World Water Congress and Exhibition 2018 i Tokyo, Research and Innovation for Water of the Future i Malmö, Sludge management in circular economy - SMICE i Rom och 2018 IV International Conference on "Water Supply and Wastewater Treatment in Urban Areas" i Warszawa.

Under mars hölls en workshop där medlemmar från samtliga organisationer inom klustret prioriterade och förfinade projektförslag till den kommande ansökan. Årets internat hölls i Norrköping och var precis som tidigare år välbesökt med representanter från klustrets samtliga medlemsorganisationer. Internatets huvudsyfte var att informera om de nya projekt som skulle startas till följd av den SVU-ansökan som arbetades fram under våren.

Under året försvarades följande tre doktorsavhandlingar och en licentiatavhandling:

- **Jesper Olsson**, Mälardalen högskola/Uppsala Vatten, doktorsavhandling: *"Co-digestion of microalgae and sewage sludge – a feasibility study for municipal wastewater treatment plants"*.
- **Hannah Feldman**, Lunds universitet/Danmarks Tekniska Universitet, doktorsavhandling: *"Optimization of Energy Recovery in an Industrial Wastewater Treatment Plant"*.
- **Anbarasan Anbalagan**, Mälardalen högskola, doktorsavhandling: *"A passage to wastewater nutrient recovery units – microalgal-bacterial bioreactors"*.
- **Tatiana Chistiakova**, Uppsala universitet, licentiatavhandling: *"Ammonium Based Aeration Control in Wastewater Treatment Plants – Modelling and Controller Design"*.

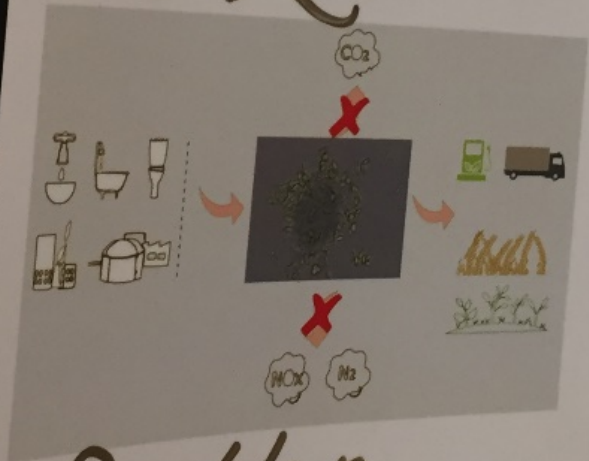
Mälardalen University Doctoral Dissertation 263

A passage to wastewater nutrient recovery units

Microalgal-Bacterial bioreactors

Anbarasan Anbalagan

Mö upikas!
E2



Prodelean
2017 05 28

Anbarasan Anbalagan A PASSAGE TO WASTEWATER NUTRIENT RECOVERY UNITS - MICROALGAL-BACTERIAL BIOREACTORS 2018

EXEMPEL PÅ RESULTAT FRÅN PROJEKTPERIODEN

Reduktion av läkemedel och andra organiska miljöföroreningar under lagring och efterbehandling av avloppssläm

Projektet finansieras av Naturvårdsverket, deltagande VA-organisationer, Stiftelsen IVL och (fr.o.m. 2019) Svenskt Vattens högskoleprogram.

Projektpartners: IVL Svenska Miljöinstitutet, Sveriges Lantbruksuniversitet och Uppsala Vatten och Avfall i samarbete med Eskilstuna Energi och Miljö, Enköpings kommun, Gryaab, Sweden Water Research, Käppalaförbundet, Stockholm Vatten och Avfall, Örebro kommun, Mälarenergi och Kalmar kommun.

Syfte: Projektets syfte är att studera hur olika lagrings- och efterbehandlingstekniker bidrar till att minska mängden läkemedel i slam innan det återförs till mark via slamgödning eller via slaminnehållande anläggningsjord. Under 2018 startades ett årslångt fältförsök för att undersöka hur halter av läkemedelssubstanser och andra mikroöro-

reningar i slam med olika ursprung påverkas av lagring, kompostering och ureabehandling. Totalt är 6 olika lagrings- och efterbehandlingsmetoder inkluderade i studien.

Resultat: Preliminära resultat från de första 6 månaderna visar att kompostering reducerade halterna av många av de studerade läkemedlen (inkl. antibiotika) och hormonerna. Av 22 studerade ämnen reducerades halterna av 19 av dessa signifikant, varav 10 ämnen reducerades med mer än 90 %. I övriga fem studerade lagrings- och efterbehandlingsmetoder reducerades 5-9 ämnen signifikant, men den procentuella reduktionen var generellt mycket mindre. Projektet ska slutrapporteras i februari 2020.

Kontakt:

Sahar Dalahmeh, SLU (sahar.dalahmeh@slu.se)



Inlagringen av försöksleden på Hovgårdens avfallsanläggning. (Foto: Sahar Dalahmeh)

Metoder för hållbar slamhantering och återföring av växtnäring och organiskt material till produktiv mark – separation av tungmetaller i kommunal avloppsrening

Projektet drivs som doktorandprojekt finansierat av Svenskt Vattens högskoleprogram samt deltagande VA-organisationer.

Projektpartners: Mälardalens Högskola, Mälarenergi, Eskilstuna Energi och Miljö.

Syfte/mål: Syftet med projektet är att utreda möjligheterna att höja slamkvaliteten med avseende på resursutvinning genom att studera processer och metoder för att separera metaller och näringsämnen vid reningsverken och därmed öka möjligheten för återföring av näringsämnen till jordbruksmark.

Resultat: Ett koncept för att separera oönskade och önskade ämnen från slam med olika koncentrationer av metaller och näringsämnen har föreslagits som en grund för vidare experimentella studier och modellering. Skakförsök har påvisat att biokol producerat från avloppsslam adsorberar metaller i koncentrationer som förekommer i avloppsvatten. Biokolet kan avskilja bly, koppar, kadmium, krom och zink medan nickel inte adsorberas. Projektet beräknas avslutas 2021.



Skakförsök med biokol.

LÄS MER

Sylwan I., Nehrenheim E., Thorin E. Jesús Zambrano J. (2017), Removal of metals for improvement of sludge quality, adsorption to primary sludge during primary settlement, Nordic Waste Water Conference (NORDIWA).

Sylwan I., Runtti H., Thorin E., Zambrano J., Johansson Westholm L. (2018), Biochar adsorption for separation of heavy metals in municipal wastewater treatment, poster at SMICE2018, Sludge Management in Circular Economy, Rome, May23-25.

Sylwan I., Zambrano J., Thorin E. (2019), Energy demand for phosphorus recovery from municipal wastewater, Energy Procedia, Vol. 158, pp. 4338-4343.

Kontakt:

Eva Thorin, Mälardalens högskola (eva.thorin@mdh.se)

Feldetektion på kommunala avloppsreningsverk

Projektet drivs som ett doktorandprojekt med finansiering från tre VA-organisationer, Svenskt Vattens högskoleprogram och Stiftelsen IVL.

Projektpartners: IVL Svenska Miljöinstitutet och Uppsala universitet i samarbete med Käppalaförbundet, Stockholm Vatten och Avfall och Syvab.

Syfte: Projektets mål är att bidra till robust och resurseffektiv drift av reningsverksprocesser genom att förbättra kvaliteten på mätdata vid reningsverk. Detta görs genom att utveckla och utvärdera metoder som upptäcker avvikelser såsom onormala processlägen och driftsstörningar i luftningsutrustning och givare.

Resultat: I projektet har databaserade metoder för tidiga varningssystem med speciell tonvikt på att detektera fel i givare utvecklats. Huvudfokus har varit att ta fram metoder som tidigt kan upptäcka fel i givare baserat på så kallad aktiv diagnostik. En bred palett av metoder har utvecklats baserade på allt från enkla massbalansmodeller till avancerade metoder baserade på maskininlärning. Metoderna har utvärderats både med pilot- och långtidsförsök på olika avloppsreningsverk. Kompletterande simuleringsstudier har genomförts för att studera konsekvenserna av givarfel. Resultaten från försöken är lovande och det finns intresse att fortsätta utveckla och implementera metoderna på reningsverk även utanför projektet. Projektet kommer att slutföras under 2020.



Sensorer på Hammarby Sjöstadverket.



12 dygn



27 dygn



62 dygn



62 dygn

Biofilmpåväxt på syregivare under försök vid Bromma reningsverk.

LÄS MER

Samuelsson, O. (2017), *Fault Detection in Water Resource Recovery Facilities*. Licentiate Thesis, Uppsala University,

Samuelsson, O., Björk, A., Zambrano, J., Carlsson, B. (2017), *Gaussian process regression for monitoring and fault detection of wastewater treatment processes*. *Water Science and Technology* 75(12), 2952-2963.

Samuelsson, O., Björk, A., Zambrano, J., Carlsson, B. (2018), *Fault signatures and bias progression in dissolved oxygen sensors*. *Water Science and Technology* 78(5), 1034-1044.

Kontakt:

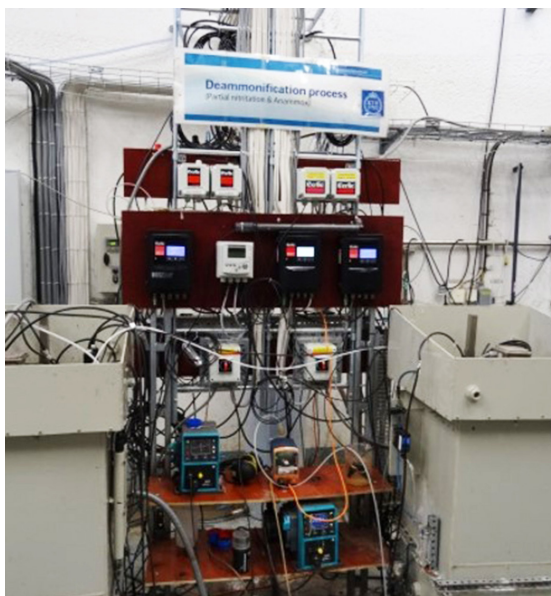
Oscar Samuelsson, IVL Svenska Miljöinstitutet (oscar.samuelsson@ivl.se) samt Bengt Carlsson, Uppsala universitet (bc@it.uu.se)

Avloppsvattenrening med energieffektiv kväveavskiljning med anammox baserat på bärmaterial

Projektpartners: Kungliga Tekniska Högskolan och IVL Svenska Miljöinstitutet i samarbete med internationella forskare inom projektet “The Potential of Innovative Technologies to Improve Sustainability of Sewage Treatment Plants – Pioneer STP” (EU Water JPI Water Works 2014 ERA Net).

Syfte: I detta projekt var syftet att undersöka om ett system bestående av en UASB-reaktor (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) för avskiljning av organiskt material följt av en deammonifikationsprocess i en IFAS-reaktor (Integrated Fixed film Activated Sludge), på ett energieffektivt sätt kan avskilja kväve från huvudströmmen vid ett reningsverk. Därför gjordes långtidsförsök med denna uppställning i pilotskala vid Hammarby Sjöstadsvverk.

Resultat: Projektet visade att deammonifikation (partiell nitritation följt av anammox) i huvudströmmen kan bidra både till förbättrad kväveavskiljning och lägre energiförbrukning. Det var också tydligt att mängden avlägsnat organiskt material i UASB-reaktorn påverkar IFAS-reaktorns processprestanda, man kunde t.ex. se att kol/kväve-förhållandet inte får vara för högt (sCOD/NH₄-N bör vara <2,0). Olika driftstrategier testades i IFAS-reaktorn vid temperaturer från 15°C till 25°C, inklusive val av syrehalter och tider för luftade respektive icke-luftade faser. Testerna visade bland annat att 20 minuter luftning + 40 minuter utan luftning gav bäst resultat med avseende på avskild mängd kväve. Vid 15°C var den maximala kväveavskiljningseffektivitet 75% och kväveavskiljningshastigheten var då 43 g N/(m³ d), vilket visar att anammox kan tillämpas för kväveavskiljning från huvudströmmen i ett reningsverk.



Pilotanläggning vid Hammarby Sjöstadsvverk.



Kaldnes biofilmbärare.

LÄS MER

Malovanyy, A. (2017). *Anammox-based systems for nitrogen removal from mainstream municipal wastewater. PhD thesis, KTH Royal Institute of Technology. TRITA-LWR. PHD, 2017:01.*

Trojanowicz, K., Plaza, E., Trela, J. (2019). Model extension, calibration and validation of partial nitritation – anammox process in moving bed biofilm reactor (MBBR) for reject and mainstream wastewater. *Environmental Technology*, 40(9), 1079-1100.

Trojanowicz, K., Plaza, E., Trela, J. (2016). Pilot scale studies on nitritation-anammox process for mainstream wastewater at low temperature. *Water Science & Technology*, 73(4), 761-768.

Kontakt:

Elzbieta Plaza, KTH (elap@kth.se)

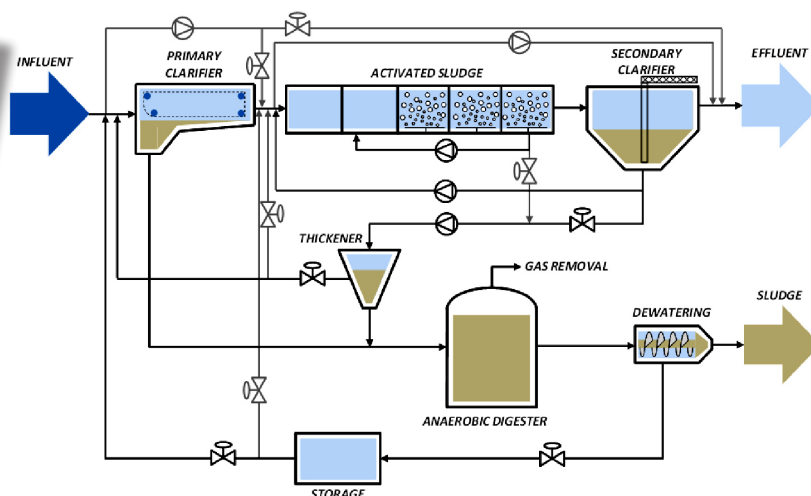
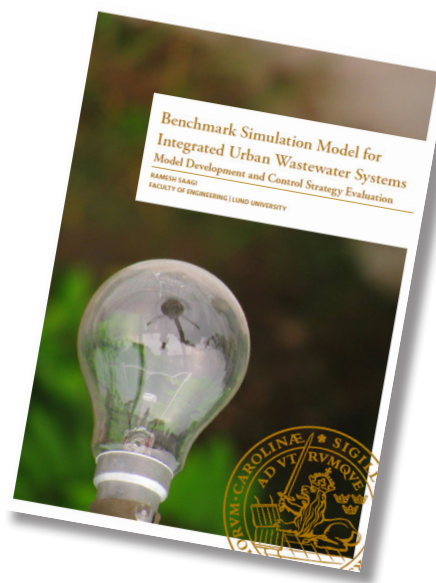
Simuleringsverktyg och beslutsstöd för utvärdering av det urbana avloppsvattensystemet

Finansiering: Projektet genomfördes i huvudsak som en del av EU-ITN projektet "Sustainable and Integrated Urban Water System Management" (SANITAS, grant no. 289193), men finansierades också via SVU och Stockholm Vatten och Avfall.

Projektpartners: Lunds universitet, RISE Research Institutes of Sweden, Stockholm Vatten och Avfall, Mälarenergi, Käppalaförbundet, Tekniska Verken i Linköping och VA SYD.

Mål: Målet med projektet var att utveckla ett verktyg som kan analysera hur det kompletta integrerade avloppsvattensystemet, från avrinningsområde till recipient, påverkas av bräddning i avloppsnätet kontra direkta utsläpp från reningsverket och effekterna på olika geografiska delar av recipienten. Detta är särskilt viktigt vid högflodes-situationer.

Resultat: En ny generation av kombinerade modeller som beskriver avrinningsområde, ledningsnät, reningsverk och recipient i samma ramverk har utvecklats, inklusive möjligheter för styrning och utvärdering av resultat. Modellerna har paketerats på ett sätt som underlättar för andra användare att fritt utnyttja dem, antingen som ett kombinerat system eller som enskilda delar. Modellpaketet ger möjlighet att studera det kompletta integrerade avloppsvattensystemet, utveckla övergripande styrstrategier för hela systemet och undvika suboptimering. Modellerna har redan utgjort en bas och kommit till direkt användning inom andra forskningsprojekt kopplat till VA-kluster Mälardalen (t ex SIMFRAM-2, HÅVA (Formas), Morgondagens avloppsvattenrening (Vinnova), FLOODVIEW (EU)).



LÄS MER

Saagi, R. (2017), *Benchmark Simulation Model for Integrated Urban Wastewater Systems – Model Development and Control Strategy Evaluation*. PhD thesis, IEA, Lund University, Sweden.

Saagi, R., Kroll, S., Flores-Alsina, X., Gernaey, K.V., Jeppsson, U. (2018), *Key control handles in integrated urban wastewater systems for improving receiving water quality*. *Urban Water Journal*, vol. 15, no. 8, pp. 790-800.

Saagi, R., Flores-Alsina, X., Kroll, S., Gernaey, K.V., Jeppsson, U. (2017), *A model library for simulation and benchmarking of integrated urban wastewater systems*. *Environmental Modelling & Software*, vol. 93, pp. 282-295.

Kontakt:

Ulf Jeppsson, Lunds universitet (ulfjeppsson@iea.lth.se)





VA-kluster Mälardalen

Slutrapport VA-kluster Mälardalen 2016-2018



VA-kluster Mälardalen