

„Storm and Wastewater Informatics“ er  
et strategisk forskningsprojekt, der betaler sig

# SWI

Februar 2012

## Nyhedsbrev

Med en tredjedel af projektets løbetid tilbage medfører ny viden inden for hydraulik og meteorologi allerede nu, at udvalgte forsyninger integrerer afløbssystem og renseanlæg og styrer aflastning ved driften af radar-baserede nedbørsprognoser.

Fordele for forsyngsselskaber, kommuner og Miljø?

Nye muligheder for forbedringer af driftsøkonomi, miljø og klima.

Flere demonstrationsprojekter er på vej.

### Kontakt:

Projektleder Anitha K. Sharma,  
akush@env.dtu.dk, tlf.: 45 45251590

Peter Steen Mikkelsen,  
psmi@env.dtu.dk, tlf.: 45 45251605

DTU Miljø, Miljøvej 113,  
DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark

Tlf: 45 45251600  
Fax.: 45 45932850



# Forskning med potentialer



*Med den forventede udvikling i klimaet og de krav, der stilles til miljø og serviceniveau, vil mange danske forsyninger stå over for en stor opgave med at udbygge og optimere deres spildevandssystemer.*

*Derudover skal den daglige drift effektiviseres og optimeres økonomisk. Det indbyder til nytænkning.*

Der styres i dag på renseanlæg, men kun ganske få steder på afløbssystemer, som derfor har et passivt respons på ændringer i belastninger. Endnu færre steder ser vi samstyring af afløbssystem og renseanlæg. Der ligger et meget stort potentiale i at integrere afløbssystem og renseanlæg og optimere driften ved at kombinere kendskab til den aktuelle tilstand i det samlede system med en prognose for den fremtidige tilstand.

## **Lukker videnshuller**

Derfor er SWI sat i søen. Gennem projektet udvikles modeller til at lukke videnshuller inden for procesforståelse samt forecast inden for regn og forhold i afløbssystem og renseanlæg.

*Stående fra venstre: Michael Rasmussen, Elham Ramin, Lene Bassø, Carsten Thirsing, Jesper Ellerbæk Nielsen, Benedek Plósz, Miguel Mauricio Iglesias, Henrik Madsen, Malte Skovby Ahm, Erik Bundgaard, Peter Steen Mikelsen, Kasper Juel-Berg, Lisbet Pedersen, Roland Löwe, Ane Møllerup, Luca Vezzaro, Nikolaj Mølby, Jesper Duwe Nielsen, Arne Møller*

*Siddende fra venstre: Anitha K. Sharma, Signe Tanja Andersen, Theis N. Gadegaard, Morten Grum, Dines Thornberg, Thomas M. Nielsen*

SWI ledes af DTU Miljø og finansieres dels af Det Strategiske Forskningsråd, Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling, dels af de deltagende forskningsinstitutioner, DTU Miljø, DTU Informatik og DTU Kemiteknik, Aalborg Universitet, DMI, DHI, samt Krüger, PH Consult og de fire forsyninger: Spildevandscenter Avedøre, Lynettefællesskabet, Københavns Energi og Aarhus Vand. Projektet startede i 2008 og løber indtil december 2013. Der er tilknyttet syv ph.d.-studerende og 5 postdoc.

***Du kan læse om de Ph.D studerende på de sidste sider af dette nyhedsbrev.***



# Resultater i praksis

Udviklingen har vist, at mange af **SWI**-projektets resultater er direkte anvendelige hos forsyningerne, der med de nye værktøjer kan optimere systemerne i bestræbelserne på at reducere overløbsmængder samt imødegå klimaforandringer, effektiviseringskrav og højere serviceniveau.

I den praktiske verden er en række resultater fra SWI allerede indbygget i de løsninger, som de private aktører tilbyder danske spildevandsforsyninger:

- *Aarhus Vand* gennemfører sammen med *DHI* og *Krüger* et projekt med henblik på at samstyre afløbsystem og renseanlæg samt etablere et varslingsystem. Målet er blandt andet at opnå færre- og styrede aflastninger, udnytte magasineringsvolumener og undgå oversvømmede kældre samt minimere driftsudgifter
- *Kolding Spildevand* har sammen med *Krüger* etableret et styresystem, der sparer anlæggelse af bassiner og samtidig mindsker overløbsmængden.

## SWI-resultater – Vejrradar og DORA

Kombinationen af flowforudsigelser og styring af renseanlægget er ikke prøvet nogen steder i verden før.

Ved brug af vejrradar kan der opnås et større kendskab til et regnvejs geografiske udbredelse og varierende intensitet. Informationerne bearbejdes i en avanceret afstrømningsmodel, der ved hjælp af omkostningsfunktioner *Dynamic Overflow Risk Assessment (DORA)* beregner, hvordan vandet ledes mest hensigtsmæssigt til renseanlægget og eventuelt magasineres eller aflastes.

Der ligger således en meget stor eksportmulighed gemt i denne teknologi, som er baseret på resultater fra SWI-projektet.

- Hos forsyningerne i Aalborg, Aarhus, Tønder, Odense, Slagelse, Egedal og Hvidovre er der etableret regnvarsling ved hjælp af radar – til optimering af afstrømning og drift af renseanlæg
- I København er Udviklingssamarbejdet (*Spildevandscenter Avedøre, Lynetten* og *KE*) sammen med *Krüger* i gang med at installere og demonstrere et styresystem i fuldskala: *METSAM*

**Delresultater fra SWI har indtil nu fået to internationale anerkendelser i forskerverdenen:**

- **Signe T. Andersen** fik prisen for bedste poster ved konferencen *Feacal indicators: Problem or solution?*, 6.-8. juni 2011, Edinburgh Conference Center. Titlen på hendes poster var „*Gastroenteritis: A Waterborne Outbreak Affected 430 Triathletes in the Ironman Competition – Could This Be Avoided?*“. Forfatterne var S.T. Andersen, A.C. Erichsen, O. Mark og H.-J. Albrechtsen.
- **Lektor Benedek Plosz** fik prisen for den tredje bedste fremlæggelse på konferencen *8th IWA Symposium on Systems Analysis and Integrated Assessment*, Watermatex San Sebastian, Spain, 20–22 June, 2011. Titlen på indlægget var „*Significance of Uncertainties Derived from Settling Tank Model Structure and Parameters on Predicting WWTP Performance – A Global Sensitivity Analysis Study*“. Forfatterne var Ramin, E., Sin, G. Mikkelsen, P.S., Plósz, B.G.

# Andre hører om SWI

Formidling af resultaterne fra projektet foregår via artikler publiceret i internationale videnskabelige tidsskrifter og nationale tidsskrifter. Dertil kommer konference bidrag samt præsentationer ved diverse nationale og internationale møder. Derudover afholdes to projekt-workshops om året for alle projektdeltagerne, hvor resultaterne fra projektet bliver fremlagt og diskuteret.

Der er indtil videre afholdt i alt fire workshops i projektet. Der afholdes desuden en række mindre, mere dybtgående workshops om specifikke emner. Der er foreløbig afholdt workshops om radar (afholdes hvert år), styring, data og modeller for efterklaringstanke. Ph.d.-studerende og postdocs mødes en gang om måneden over Skype for at holde hinanden orienteret om status og koordinere tværgående aktiviteter.

**For mere information se: [www.swi.env.dtu.dk](http://www.swi.env.dtu.dk)**

## Projektet forløber i 5 arbejds-pakker, der ledes af følgende:

Peter Steen Mikkelsen, *DTU Miljø*:  
WP1, Integration af Viden, syntese og koordinering:

Michael Rasmussen, *AAU*:  
WP2, Vejrradar og numerisk vejrforudsigelse

Jesper Duwe Nielsen, *DHI*:  
WP3, Fusion af „system wide“ data og modeller

Morten Grum, *PHConsult/Krüger A/S*:  
WP4, Real tids beslutningsstøtte og styring

Theis Gadegaard, *Krüger A/S*:  
WP5, Formidling og Implementering

## Forsyningsrepræsentanter:

Lene Bassø, *AarhusVand*

Kasper Juul-Bjerg, *Københavns Energi*

Carsten Thirsing, *Lynettefællesskabet I/S*

Helmer M. Petersen, *Spildevandscenter Avedøre I/S*

Dines Thornberg, *Udviklingssamarbejdet*



Billederne er fra  
Workshoppen I  
Århus  
d. 31. oktober  
2011.





# Storm and Wasterwater Informatics (SWI) tilknyttede ph.d.-studerende og postdoc'er

## Malte Skovby Ahm; Ph.d.studerende



Født 1986; civilingeniør med speciale i vand og miljø

Formålet med mit ph.d.-projekt er at forbedre regnestimatet fra vejrradarer ved at lave en integreret kalibrering af vejrradar og afløbsmodel, idet jeg kombinerer information fra regnmålere,

in situ-sensorer i afløbssystemet samt regnens temporale og spatiale variabilitet. Derved opnår jeg et dataproduct, som kan anvendes direkte i afløbstechnisk modellering.

Mit bidrag til SWI-projektet består i forbedrede radardata til afløbstechnisk modellering i forhold til analyser og realtidsstyring.

Jeg startede projektet 1. juli 2011 og er i gang med de indledende litteraturstudier og forsøg. Den største udfordring i øjeblikket er at skabe et overblik over problemstillingerne og finde de rigtige indfaldsvinkler til at løse dem.

Vejleder: Michael R. Rasmussen (AAU)

## Signe Tanja Andersen; Ph.d. studerende



Født 1984; civilingeniør i bioteknologi

Formålet med min ph.d. er at udvikle en kvantitativ mikrobiel risikoanalyse af indvirkningerne af oversvømmelser i byområder på menneskers sundhed.

Mit projekt bidrager til SWI gennem udviklingen af nye eller bedre realtidsinformationssystemer til risikovurdering af sundhed ved oversvømmelser.

Min ph.d. startede i 2010 og jeg har lidt under 2 år tilbage. Udover litteratur studie har jeg indsamlet spildevandsprøver i tørvejsperiode fra 4 udvalgte sites for at danne et overblik over forskellen imellem oplandstyper og niveauet af indikatorer og sygdomsfremkaldende mikroorganismer i systemet i løbet af et døgn. Jeg er i gang med at færdiganalisere disse prøver ved brug af qPCR for detektion af norovirus og campylobacter jejuni. I sommerhalvåret 2012 skal jeg indsamle prøver ved overløb, samt opsætte et laboratorieforsøg for overlevelsen af disse mikroorganismer under visse forudsætninger. Derudover arbejder jeg på en artikel om risiko analyse, omhandlende de syge jernmænd i Amager Strandpark d. 15 aug. 2010.

Det første udfordring har været at tingene ikke er som de ser ud. Fx da jeg hentede prøver fra oversvømmelser og forventede relativt lavt indhold af indikatorer, fandt jeg meget høje niveauer, hvilket jeg ikke havde forventet.

Vejledere: Hans-Jørgen Albrechtsen (DTU Miljø) og Ole Mark (DHI)

## Morten Borup; ph.d.-studerende



Født 1976; civilingeniør

Formålet med mit ph.d.-projekt er at udvikle metoder til at assimilere målinger fra afløbssystemet i fysisk baserede modeller som Mike Urban samt at undersøge, hvorledes de assimilerede målinger påvirkes af diverse

fejlklender. Nye metoder vil gøre det muligt at bruge modellerne på en meningsfuld måde i onlineapplikationer.

Min ph.d. afsluttes i september 2013. Jeg har indtil nu undersøgt de eksisterende muligheder for data assimilering i

afløbsmodeller og har udviklet en metode til opdatering af de langsomt varierende tilløb til afløbssystemer. Primo 2012 tager jeg fat på dataassimileringen af de hurtige dynamikker ved hjælp af OpenDA dataassimileringsframeworket. Den første store udfordring i forbindelse med dette arbejde bliver at lave en meningsfuld state-space-repræsentation af en Mike Urban-model, der kan virke som bindeled mellem Mike Urban selv og OpenDA.

Vejledere: Peter Steen Mikkelsen (DTU Miljø), Morten Grum (Krüger A/S) og Henrik Madsen (DHI)

## Thomas Bøvith; Postdoc



Født 1976; civilingeniør; ph.d.

Formålet for min postdoc er at se på forudsigelse af nedbør ved brug af vejrradar og output fra numeriske vejrmødel- eller. Resultaterne er grundlæggende input til senere modeller i SWI. Min største udfordring er nok at kombinere

forudsigelser fra vejrradar med vejrmødeloutput på den bedste måde.

Vejleder: Rashpal S. Gill (DMI)

## Miguel Mauricio Iglesias; Postdoc



Født 1983; MSc in Chemical Engineering (University of Santiago de Compostela); PhD in Food Technology (University of Montpellier)

The aim of my contribution in the SWI project is on assessment and design of control structures for sewer systems.

One of the main challenges of sewer system control is the difficulty to modify the actuators (gates, pumps) so that the selection of the measurements and controlled variables has to be carefully assessed in order to achieve an efficient control structure. In addition, during an intense rain event, the pumps and gates may be working at maximum capacity, which means that their capacity to control the system is limited.

Although my contribution to the project is rather short (from 1. October to 31. December 2011), we have managed to set the framework of the control system assessment and the model of the case study selected. These activities will be continued by Ane Høyer Møllerup in her PhD thesis.

Academic supervisors: Assoc. Prof. Gürkan Sin (DTU Kemiteknik)

## Roland Löwe; Ph.d.studerende



Født 1982; Diploma Hydrology

The aim of my Phd project is to make stochastic forecasts applicable to real time control.

I contribute to the SWI Project by improving the efficiency of real time control methods. I started my ph.d. in

2011 and at the current state we work on providing robust estimation of greybox models and aim at setting up forecast models for the Lynettenfællesskabet from Jan 2012. These models will be integrated into an existing real time control framework in cooperation with Krüger and Copenhagen Energi.

Academic supervisors: Henrik Madsen (DTU Informatic), Peter Steen Mikkelsen (DTU Miljø)

**Forsættes**

### Ane Høyer Møllerup; Ph.d.studerende



Født 1982, Civilingeniør med miljøretning

Formålet med mit Ph.d. projekt er at se på styring af spildevandssystemet (afløbssystem + renseanlæg). Tesen er, at de forsyninger, der har implementeret RTC styringer efterhånden har fået implementeret så mange styringer, at det

er svært at bevare overblikket over, hvorvidt de individuelle control-loops påvirker hinanden og i hvilken grad.

Jeg startede i august 2011 og arbejder på et case studie, hvor vi ser på hvordan vi kan bruge nogle af metoderne fra Process styring, der normalt er mest brugt i den kemiske verden, til at vurdere styringerne i oplandet til Knippelsbro i København.

Vejledere: Gürkan Sin (DTU Kemiteknik), Peter Steen Mikkelsen (DTU Miljø)

### Jesper Ellerbæk Nielsen; Ph.d.studerende



Født 1982, civilingeniør i byggeri og anlæg med speciale i vand og miljø

Formålet med mit ph.d.-projekt er at kombinere nedbørsmålinger fra C- og X-båndsradarer. Mit bidrag til SWI-projektet er mere præcise radarbaserede nedbørsmålinger, der vil fungere som et

bedre udgangspunkt for radarbaserede nedbørsprogner.

Jeg startede i 2009 og har ca. 5 måneder tilbage af projektet. Min største udfordring er at nå at udnytte alle de ideer, mine undersøgelser giver, samt at holde styr på de store mængder data, radarerne genererer.

Vejledere: Michael R. Rasmussen (AAU), Niels Ejner Jensen (DHI) og Rasphal Gill (DMI)

### Elham Ramin; Ph.d. studerende



Født 1985; M.Sc. Environmental Eng.; Technische Universität, München

My Phd is about clarifier modelling in a wastewater treatment plant. The aim of my research is to develop a simple and powerful model that can describe the dynamics of the clarifier during dry

and wet weather conditions. CFD simulations will be used to optimize the model. The developed model would be used for control and optimization purposes in the integrated systems.

I started my ph.d. in 2010. We have recently published a conference preceding paper on the significance of the uncertainty that is derived from the structure of the clarifier models and their parameters on the plant wide performance which shows the importance of developing a clarifier model with proper model structure.

Academic supervisors: Benedek Plósz (DTU Miljø), Peter Steen Mikkelsen (DTU Miljø), Michael Rasmussen (AAU)

### Anitha K. Sharma; Postdoc



Født 1972, civilingeniør; ph.d. i miljøteknologi

Formålet med min postdoc ansættelse er at kombinere end-user erfaringer fra min ansættelse hos Spildevandscenter Avedøre med forskningen i SWI projektet og dermed skabe et solidt grundlag

og motivation for at fremme samarbejdet mellem forsyninger, rådgivere og forskere. Jeg udfylder funktionerne som Projektleder, Projekt sekretær, og forsker.

Jeg har været ansat på projektet siden september 2009 og har bidraget til bl.a. færdiggørelse af case-rapporter, sparringspartner for de andre SWI ph.d. og postdocs, kontaktskabelse mellem SWI forskere (ph.d. og postdocs), forsyninger og rådgivere, årlige rapporter til DSF, oprettelse og vedligeholdelse af hjemmeside, projektets Intranet, planlægning og afholdelse af projekt og forsker workshops, ledelsesgruppemøder osv. Der har været flere udfordringer og den største udfordring er det såkaldte "triple helix" konstruktion for samarbejde mellem forskningsinstitutioner, private virksomheder og kommuner/offentlige forsyningsvirksomheder.

Vejleder: Peter Steen Mikkelsen (DTU Miljø)

### Søren Liedtke Thorndahl; Postdoc



Født 1978; civilingeniør i vand og miljø; ph.d. nu lektor, Institut for Byggeri og Anlæg, AAU

Formålet med min postdoc er primært relateret til nedbørsinput til afløbsmodeller med henblik på at anvende og

kombinere forskellige typer af vejrradar-data, vejrmødeldata samt regnmålerdata – både historisk og i realtid. Jeg har til SWI-projektet udviklet en radarnowcast-model, der kan fremskrive nedbør med en prognosehorisont på 2-4 timer, ligesom jeg har undersøgt usikkerheder i prognosticeringen. Herudover har jeg arbejdet med at kalibrere forskellige typer af radardata op mod regnmålerdata og har udviklet koncepter til både statisk og dynamisk kalibrering samt estimering af usikkerheder.

Endvidere har jeg lavet sammenligninger mellem radar-målinger, regnmålere, radarnowcast og vejrmødel i forhold til prognosehorisont og -kvalitet. Endelig har jeg undersøgt, hvordan både vejrradardata, vejrradarnowcast og vejrmødel kan anvendes i realtid med det formål at prognosticere vandføring og -stand i afløbssystemer. I den forbindelse har jeg udviklet en metode til at autokalibrere en afløbsmodel i realtid.

Min ansættelse på SWI ophørte i maj 2010, men jeg følger stadig projektet og bidrager til det.

### Luca Vezzaro; Postdoc



Født 1982, civilingeniør; ph.d. i miljøteknologi

Formålet med mit postdoc-projekt er at kombinere de nyeste resultater fra forskning udført på DTU med den ekspertviden i styring af afløbssystemer og spildevandsrenseanlæg, som Krüger

har udviklet i løbet af det sidste par årtier.

Mit bidrag til SWI sikrer, at metoder udviklet i projektet implementeres på demonstrations- og fuldskalaniveau. Min postdoc er stadig i startfasen, og de første resultater forventes i løbet af 2012.

Vejledere: Peter Steen Mikkelsen (DTU Miljø), Morten Grum (Krüger A/S)