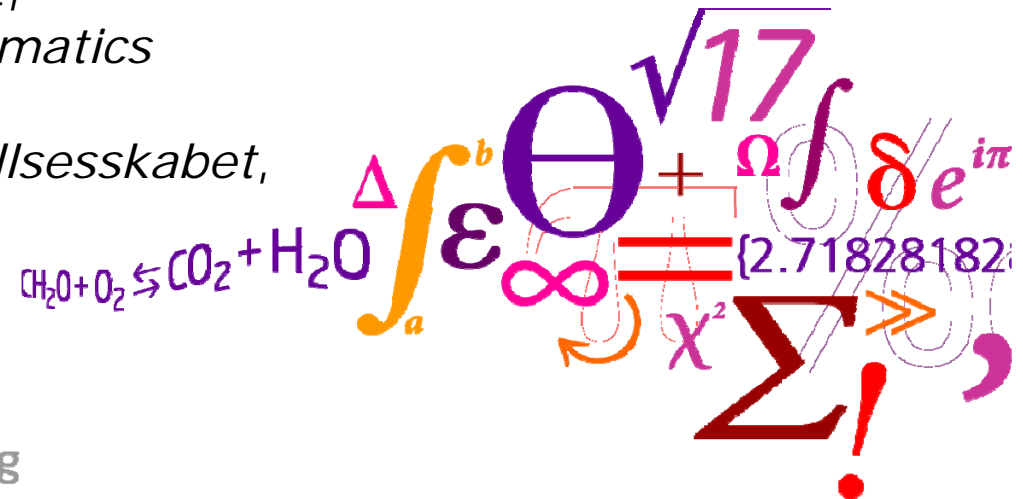


Integreret modellering, forecasting og styring af afløbssystemer og renseanlæg

P.S. Mikkelsen¹, M. Rasmussen², J.D. Nielsen³, M. Grum⁴, T.N. Gadegaard⁴, D. Thornberg⁵, K. Juel-Berg⁶, H. Madsen⁷, B. Plósz¹, H.J. Albrechtsen¹, A. Sharma¹

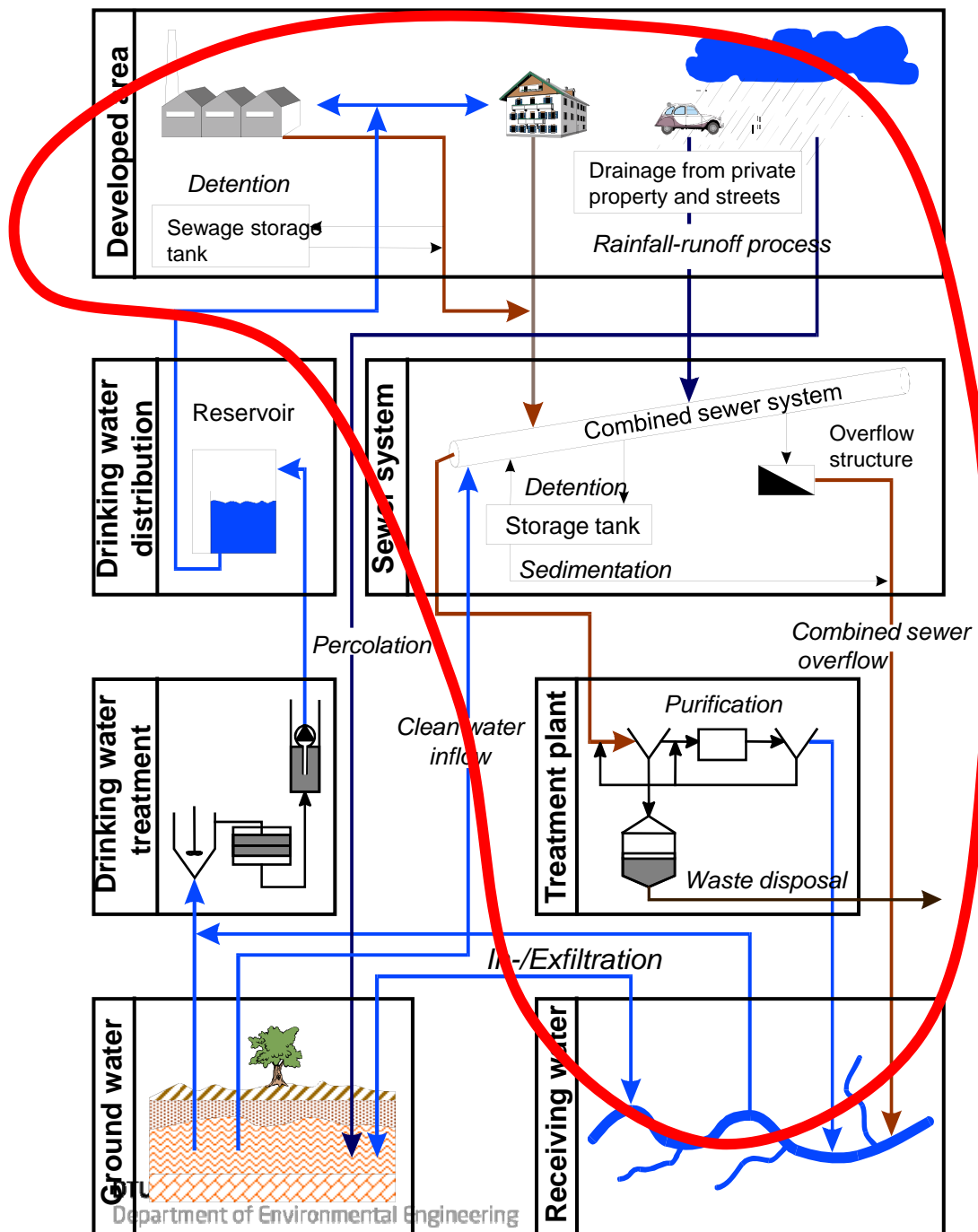
¹DTU Miljø, ²Aalborg University, ³DHI
⁴Krüger, ⁵Udviklingssamarbejdet,
⁶Københavns Energi, ⁷DTU Informatics

+ DMI, Aarhus Vand, Lynettefællesskabet,
Spildevandscenter Avedøre



Det integrerede Urbane vandsystem

Afløbssystem og renseanlæg



Adapted from: Krebs, P. (1996): Interdependencies and dynamics within the urban water management. EAWAG News, 41E, November 1996, pp. 14-16.



Renoverings
udfordringen!



Klima og fortætnings
udfordringen



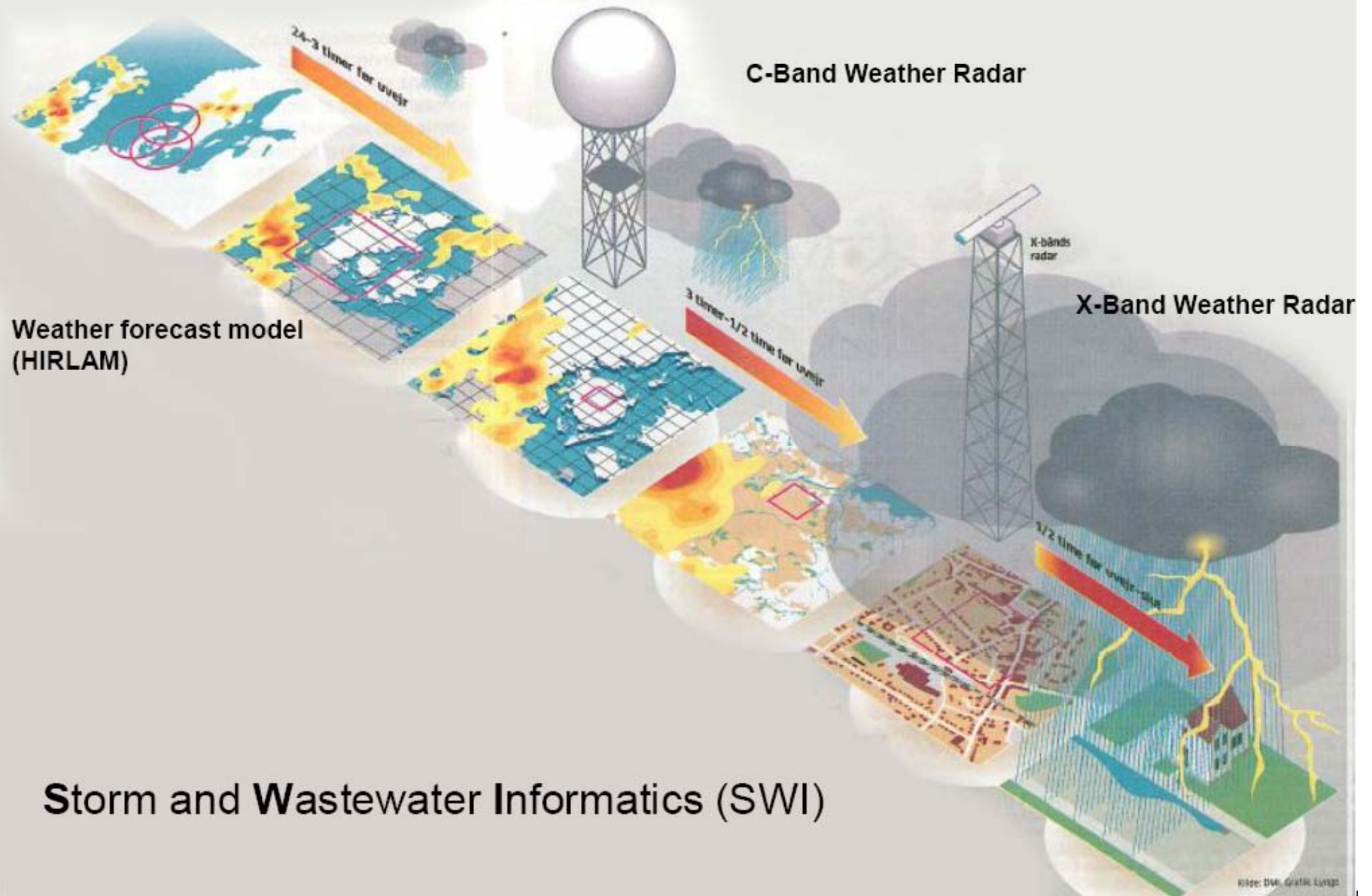
Forurenings udfordringen

Afløbssystemer og renseanlæg

**Ude af øje
Ude af sind
Ude af kontrol?**

Er det situationen i dag ?

Skal det være situationen fremover ?





<http://swi.env.dtu.dk>

- Strategisk forskningsprojekt, 2008-2013
- Finansieret af Det Strategiske Forskningsråd (DSF, ENMI) samt deltagerne (~50%)
- I alt ca. 30 M DKK
- 12 partnere
- 6 ph.d. studerende (+3)
- 4 postdocs
- Forskning, med tæt tilknytning til teknologiudvikling og forsyningsselskabers behov

Universiteter

- Danmarks Tekniske Universitet
 - DTU Miljø
 - DTU Kemiteknik
 - DTU Informatik
- Aalborg Universitet
 - Institut for Byggeri og Anlæg

Forskningsinstitutioner/virksomheder

- Danmarks Meteorologiske Institut
- DHI
- Krüger
- PH-Consult

Forsyningsselskaber

- Spildevandscenter Avedøre
- Københavns Energi
- Lynette Fællesskabet
- Aarhus Vand



Historik

~1970:

Afløbssystemer ~ Bygningsingeniører

Renseanlæg ~ Kemiingeniører

Recipenter ~ Biologer

~1980:

Forskning starter om interaktioner mellem afløbssystemer, renseanlæg og recipienter

~1990:

Første INTERURBA konference (interaktioner erkendt som vigtige)

Første version af "integrations" e-learning kursus (TRITON) – uden www.

Avanceret kursus for PhD studerende og forskere, med med prof. software

Miljøingeniøruddannelsen på DTU starter

~2000:

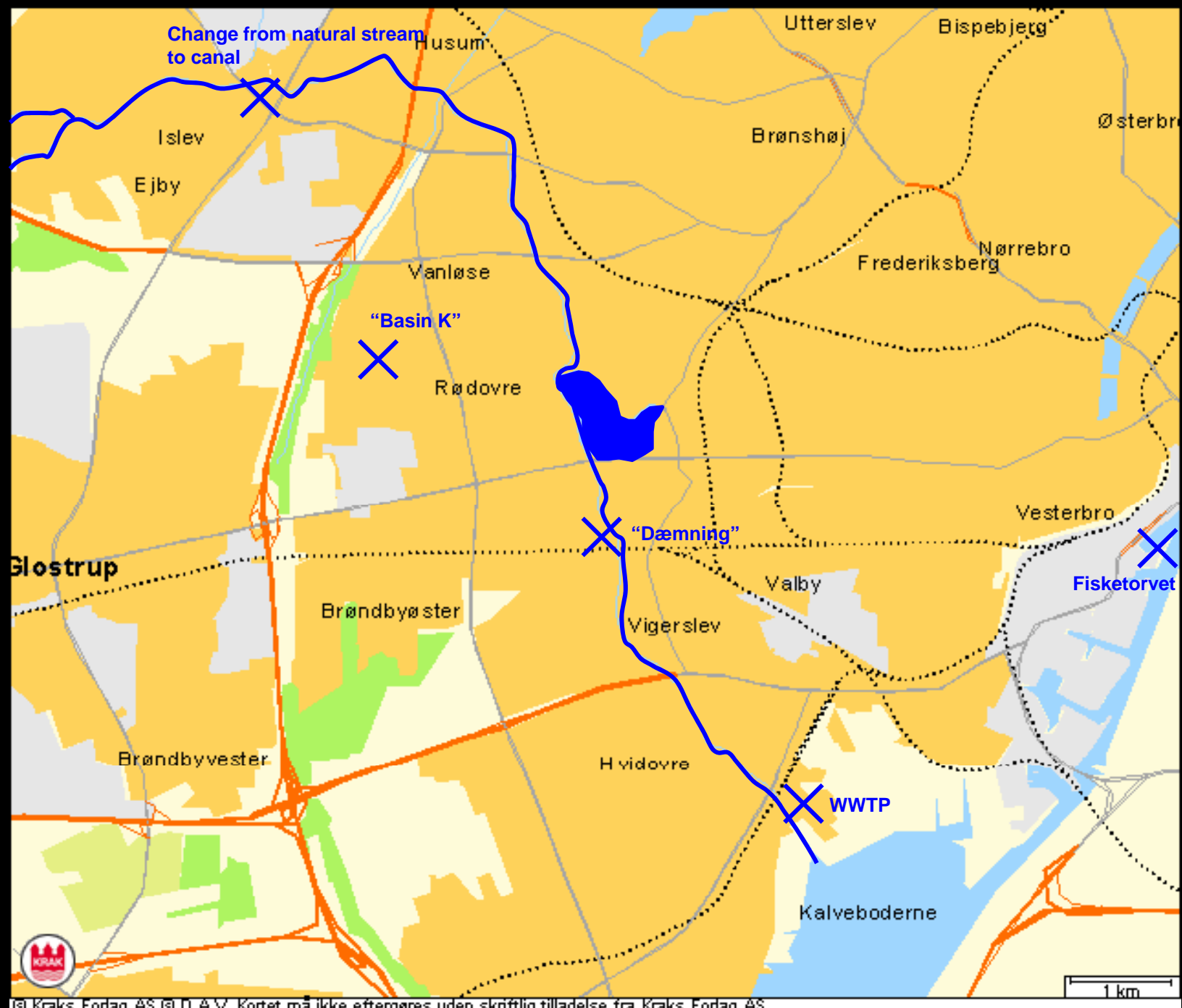
Anden INTERURBA konference (interaktioner mainstream i forskning, men ikke endnu meget i praksis)

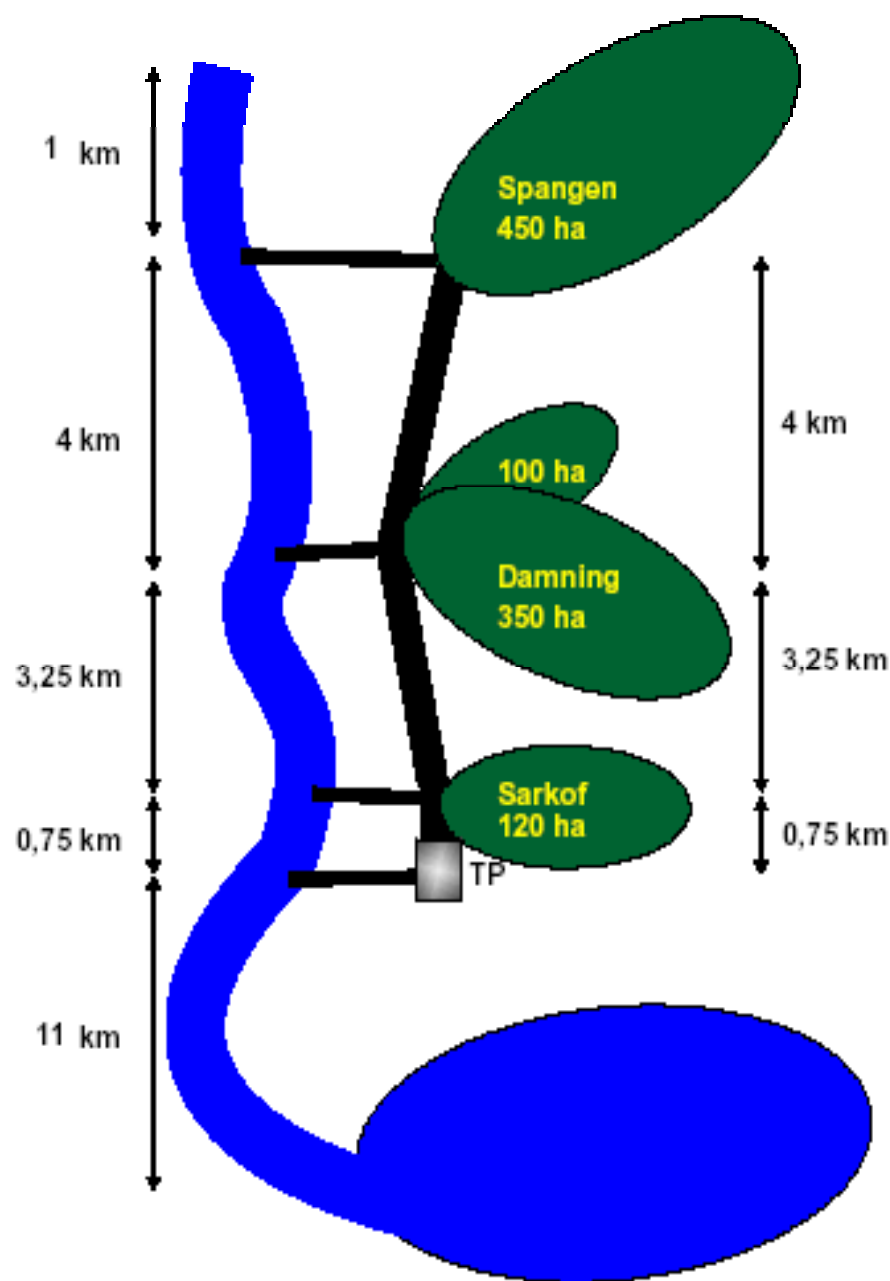
Fuldstændig revision af "integreret" e-learning kursus, dedikeret
simuleringsmodel (UWREM2000) + www. Inkluderet som "normalt" DTU
kursus på MSc/PhD niveau

~2010:

Emnet er (igen) blevet "hot", flere studerende er interesseret

Forsyningsselskaber, bedre sensorer/modeller, vejrradar, tiden moden nu?





Case område for DTU e-learning kursus

- Simplificering af virkeligt opland i København
- Mange års arbejde bag forenklingerne (af data OG modeller)
- Dedikated simulerings tool med særligt bruger-interface (afløbssystem, renseanlæg, recipient)
- Øvelser baseret på at køre ~10 års simuleringer, undersøge forskellige fænomener, og foreslå ingeniørmæssige løsninger

Nuværende DTU kursus: 7 moduler (ca. hver anden uge)

<u>Modul</u>	<u>Evaluering</u>
1. Indledende systemanalyse	Nej
2. Næringsstof belastning (10%)	Rapport, grupper
3. Iltsvind i vandløb ifm. overløb (10%)	Rapport, grupper
4. Interaktion mellem bassiner og RA (10%)	Rapport, grupper
5. Nye systemkomponenter (10%)	Quiz, individuel
6. Regel baseret styring (15%)	Rapport, grupper
7. Optimerings konkurrence (35%)	Rapport, grupper
<ul style="list-style-type: none"> • Deltagelse i diskussions forum (10%), individuel/gruppe evaluering • Moduler om nye emner som <u>klimaforandringer</u> og miljøfremmede stoffer under udarbejdelse • Tilbydes også som efteruddannelseskursus 	



**København
Lyngbyvej
16 aug. 2010**

Photo: Bente Schou

Min havefest to aftener før



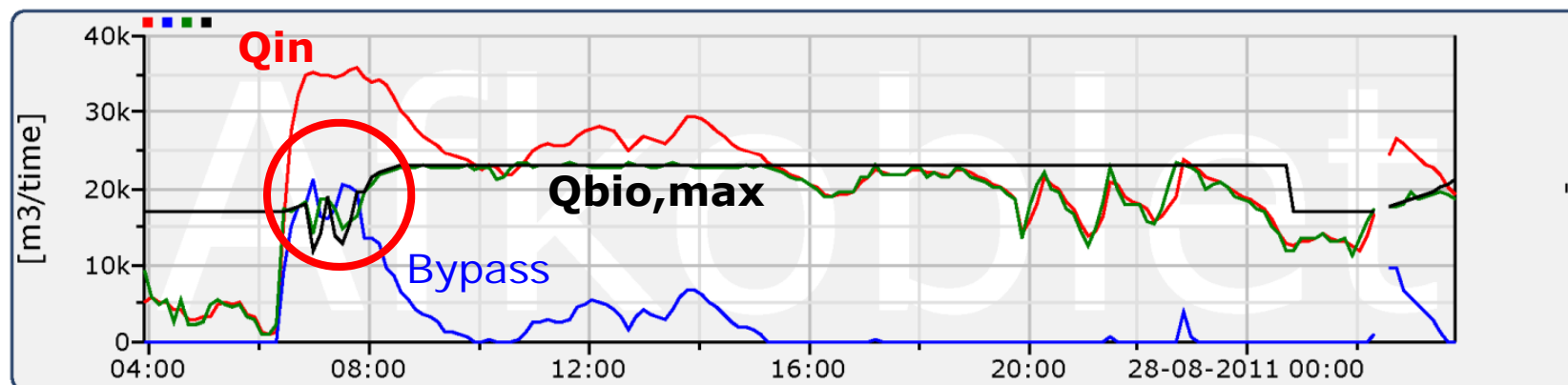
Signe T. Andersen

Ph.d. Studerende, DTU Miljø

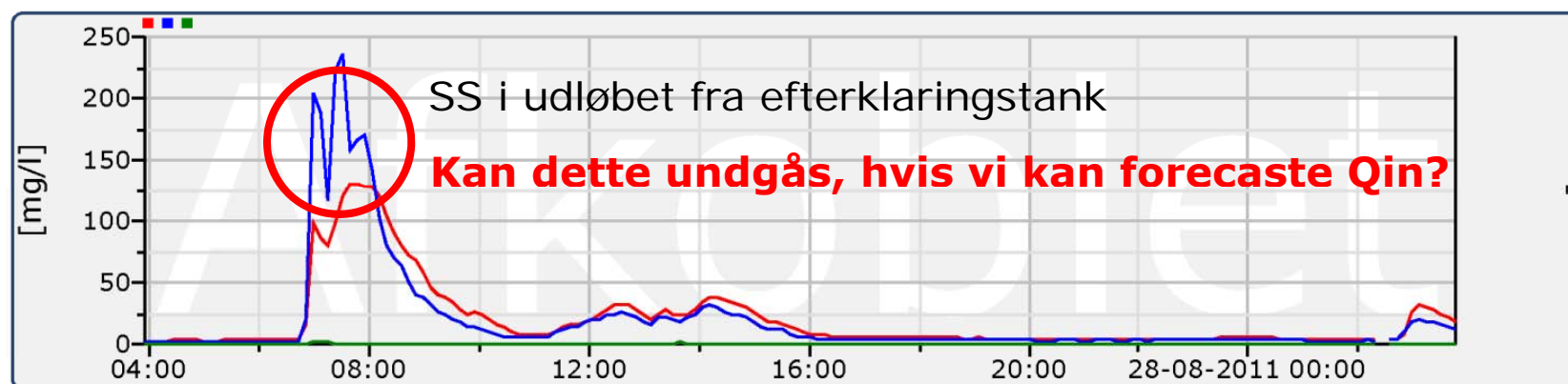
Kvantitativ mikrobiel risikovurdering



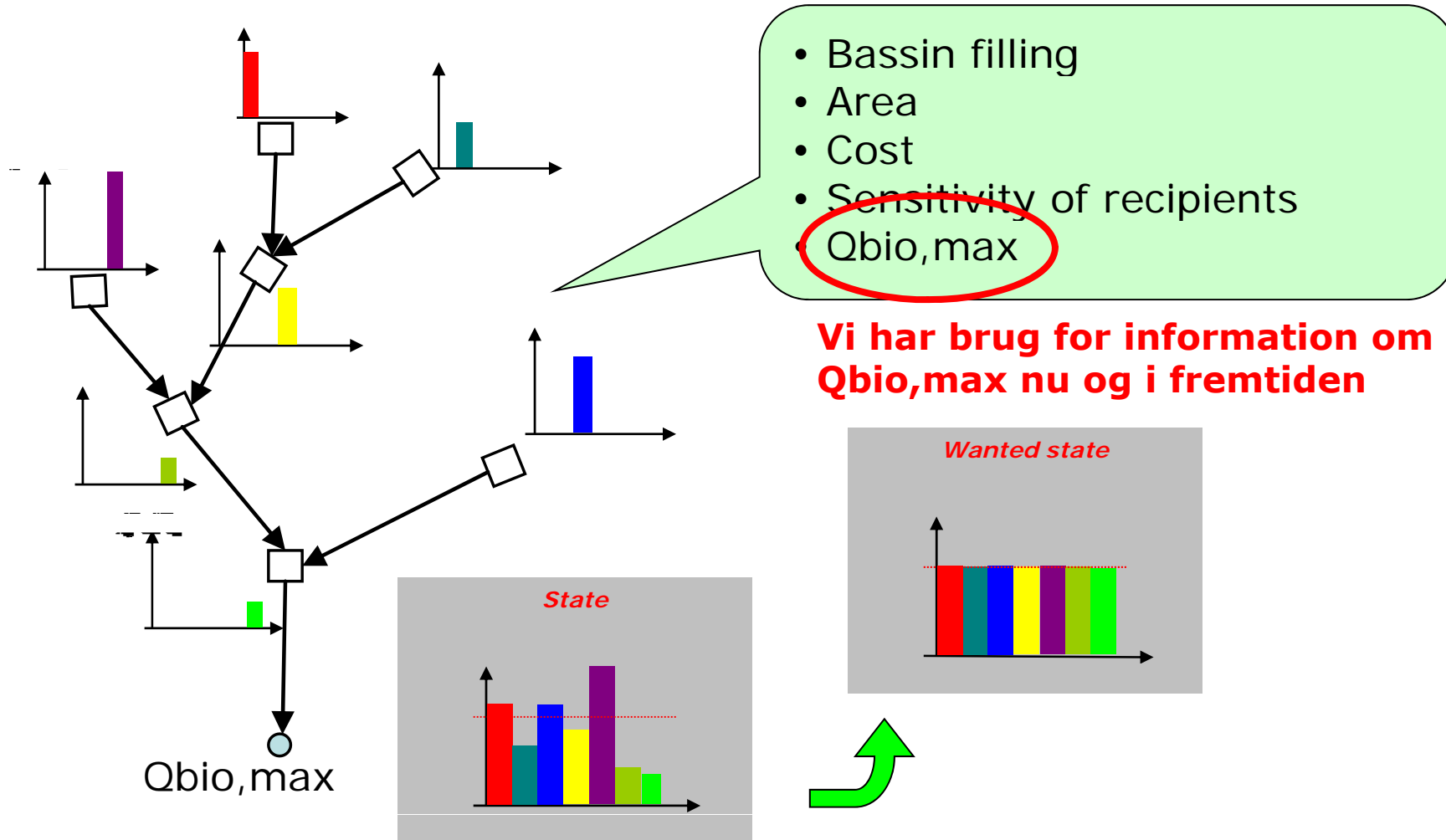
Påvirking af renseanlæg, regnstyring (data fra Lynetten i Kbanhavn, med ATS)



ATS

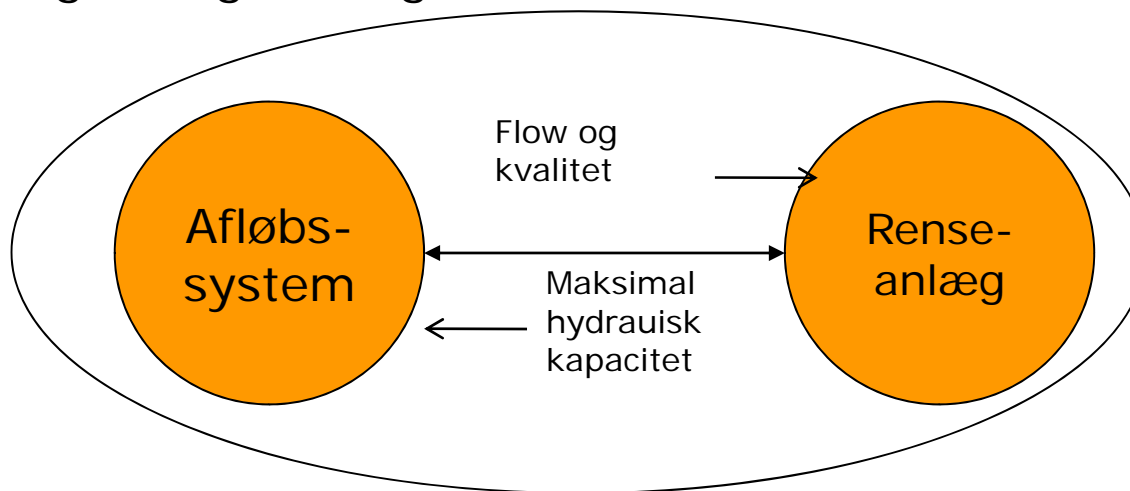


Realtids styring af afløbssystemer



Integreret realtids styring af afløbssystem og renseanlæg

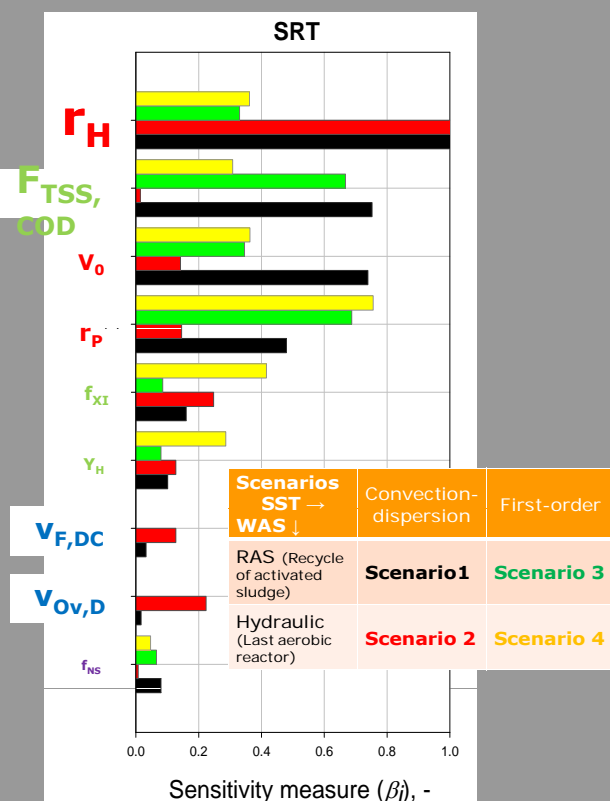
- Potentialet for at reducere miljøpåvirkningen ved integreret styring af afløbssystemer og renseanlæg er demonstreret ved modelstudier gennem de seneste tre årtier.
- Erfaringerne fra den praktiske verden er imidlertid begrænset, og model prædiktiv styring er stadig kun en teori.
- Praktiske eksempler dokumenteres ofte ikke i den videnskabelige litteratur.
- Vi forsøger at gøre noget ved dette nu!



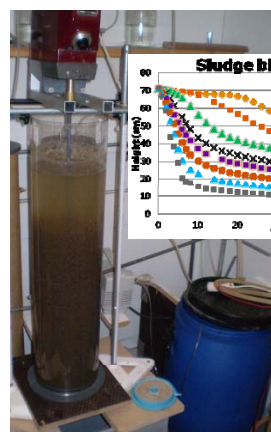
Elham Ramin, PhD student, DTU Environment

Secondary clarifiers: experimental assessments & modelling

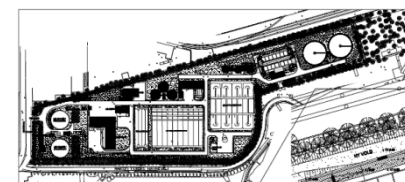
1. Demonstrating the **significance of clarifier models** and their parameters as sources of uncertainties in WWTP modelling



2. Developing **settling sub-models** doing laboratory-scale experiments



3. Identifying and **calibrating** 1-D hydraulic sub-models using **CFD simulations**

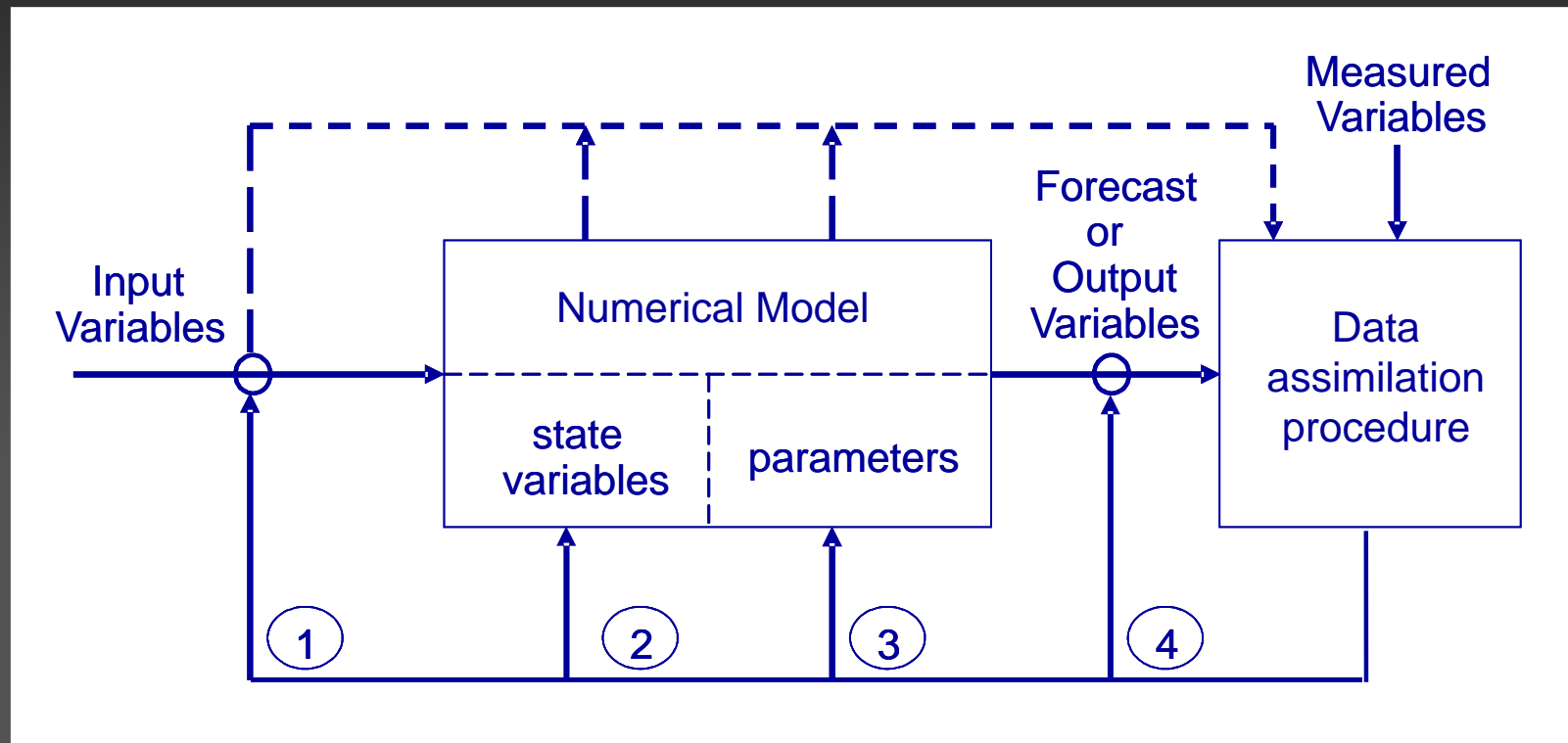


4. Confirming CFD simulation using **full-scale** quasi-steady-state and dynamic **measurements**

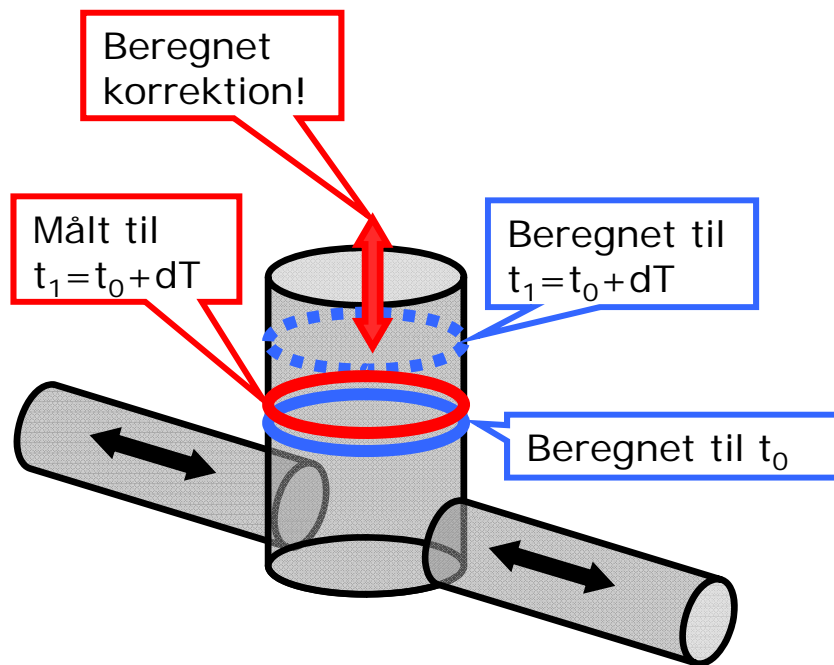
5. Promoting **good clarifier modelling practice** and relevant knowledge transfer between academia and engineering

Data assimilation

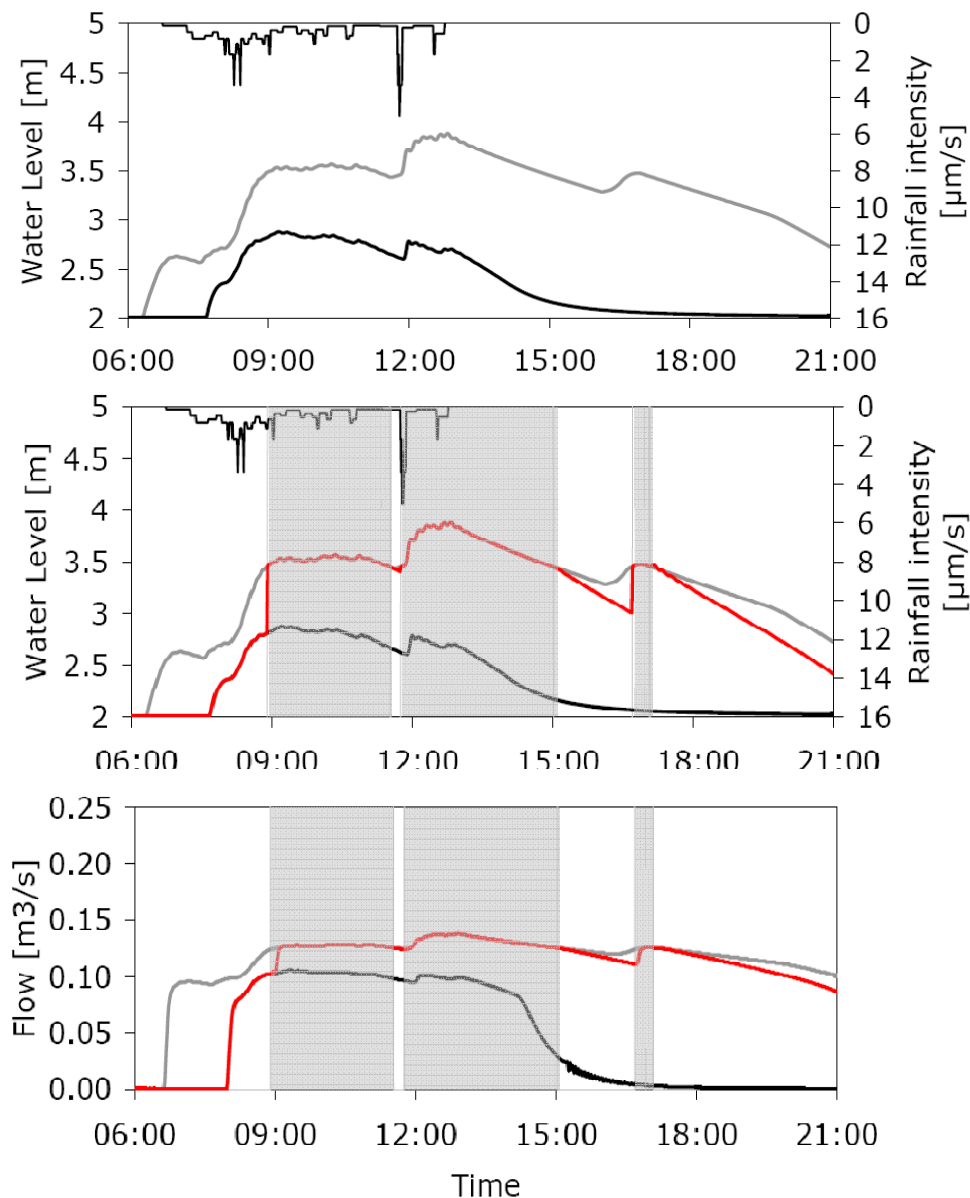
- Forbedre startbetingelserne for en forecast model ved at inddrage målinger frem til TOF (model opdatering)
- Reducere modellens prædiktionsfejl indenfor forecast perioden



Morten Borup, ph.d. studerende, DTU Miljø
Lisbet Hansen, studerende, DTU Miljø (nu Krüger)
Opdatering af tilstande i afløbsmodeller



Evaluering af eksisterende MOUSE
 Update værktøj, nogen forecast skill
 Tilsvarende værktøj udviklet til
 MOUSE RDII, bedre forecast skill
 Næste skridt: Stokastisk opdatering



H. Madsen, DTU Informatics
Stochastic modelling



P.S. Mikkelsen, DTU environment
Environmental engineering



Grey Box (stokastisk) modellering

Drift term
(deterministisk)

Observations støj

Diffusions term
(stokastisk)

$$dX_t = f(X_t, u_t, t, \theta)dt + \sigma(X_t, u_t, t, \theta)d\omega_t$$

$$Y_k = h(X_k, u_k, t_k, \theta) + e_k$$

System ligning

Observationsligning

Notation:

X_t : State variables

u_t : Input variables

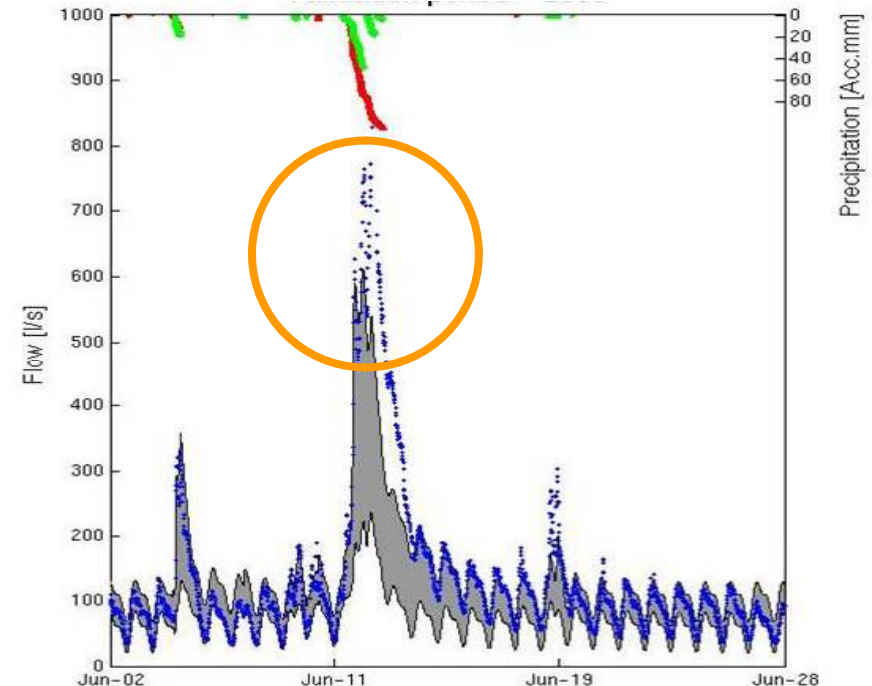
θ : Parameters

Y_k : Output variables

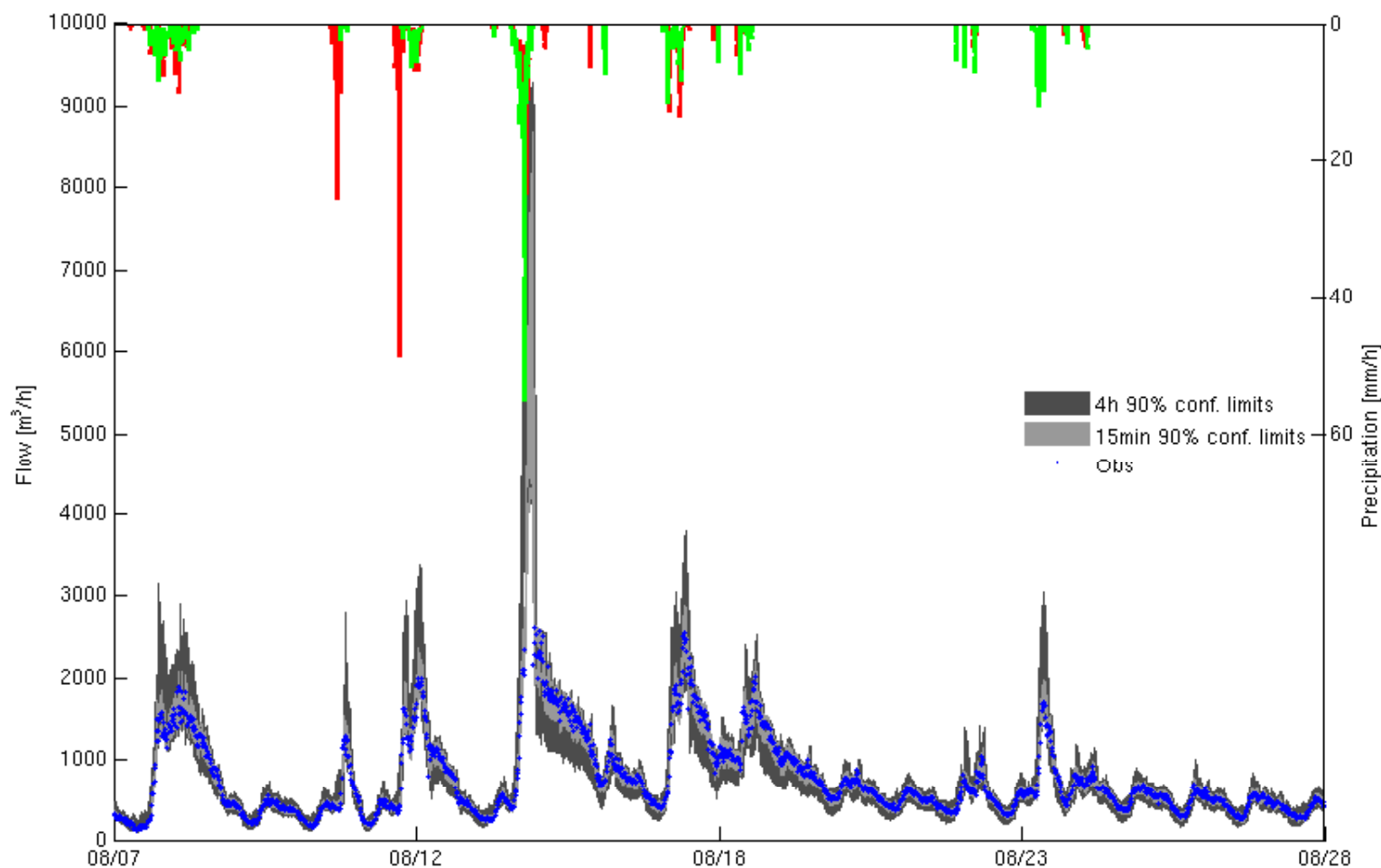
t : Time

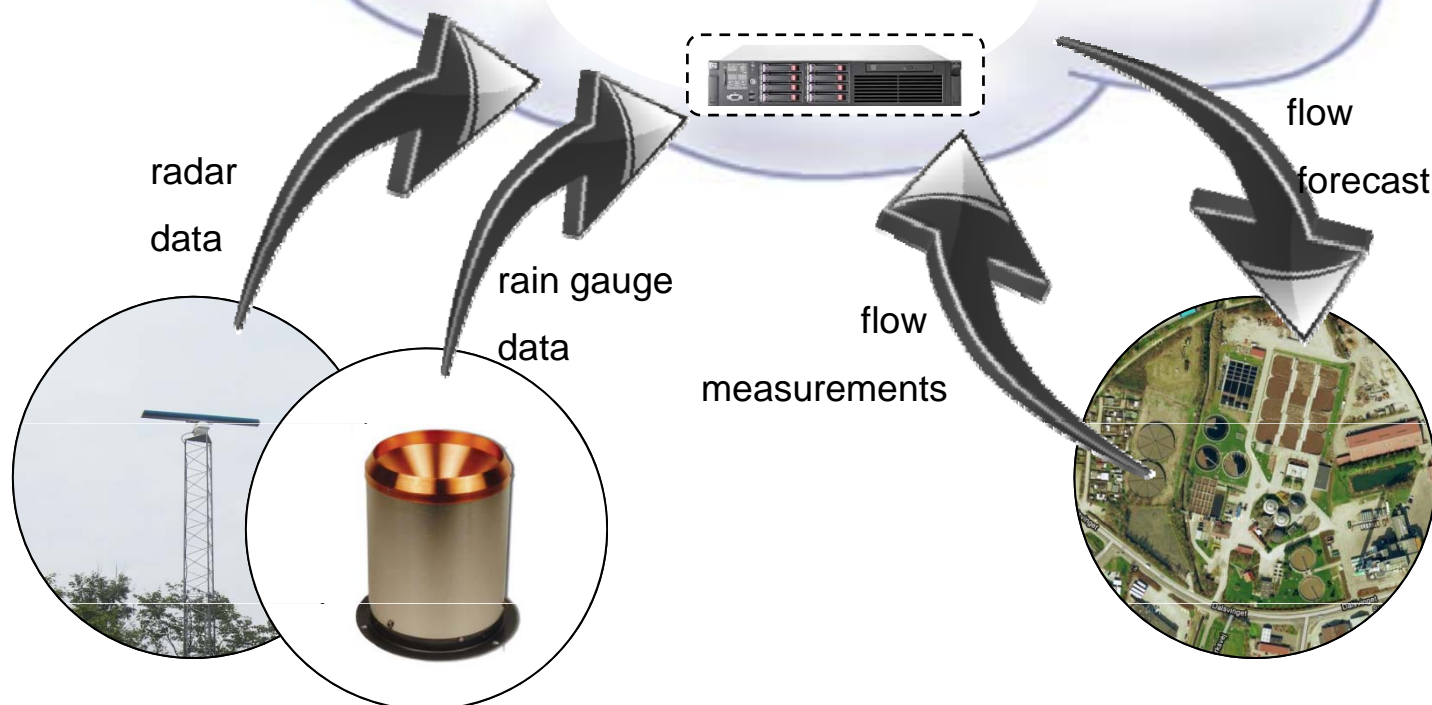
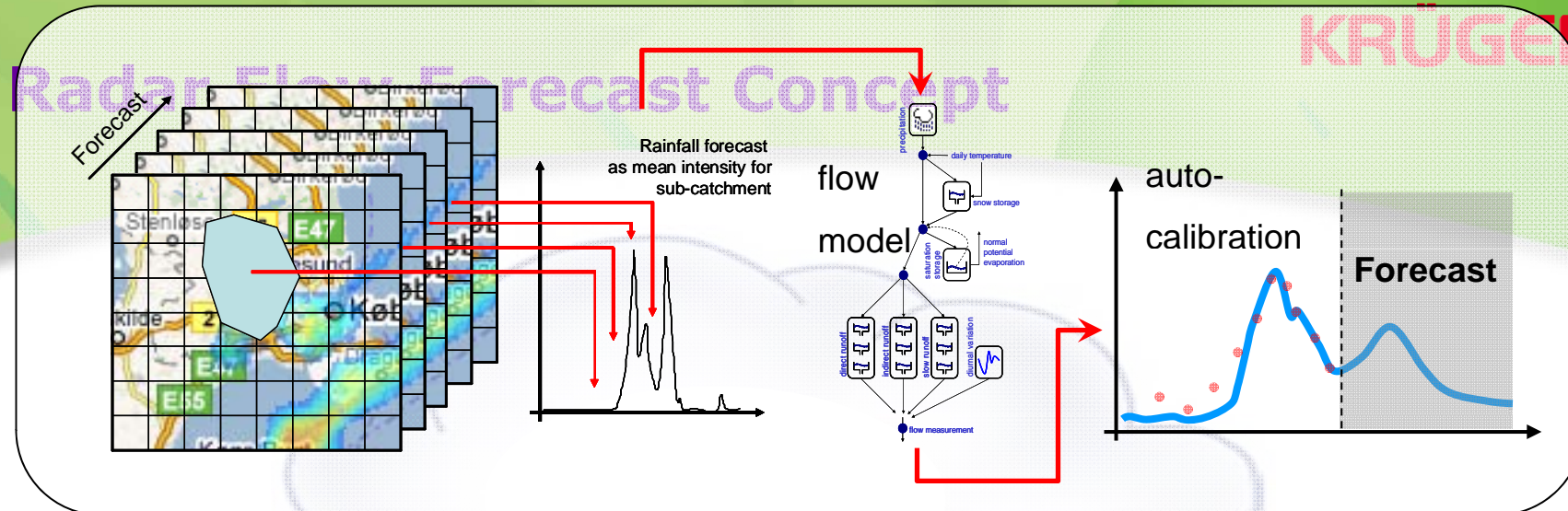
ω_t : Standard Wiener process

e_k : White noise process with $N(0, S)$



Anders Breinholt, ph.d. studerende, DTU Miljø
Fannar Thordarsson, ph.d. studerende, DTU Informatik
Probabilistisk forecasting 15 min og 4 timer frem med





Slagelse

KRÜGER

Forecast

RegnRadar

STAR2
PROFESSIONAL

FORSIDE

BYER

OM PROJEKTET

RAPPORTER

JOURNAL

Aalborg

Egedal

Hvidovre

Odense

Slagelse

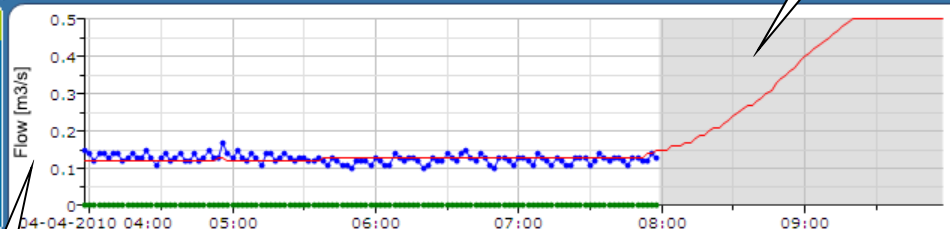
Tønder

Århus

Tilkoblet



Målt indløb: 0.13 ☒
Model indløb: 0.5 ☒

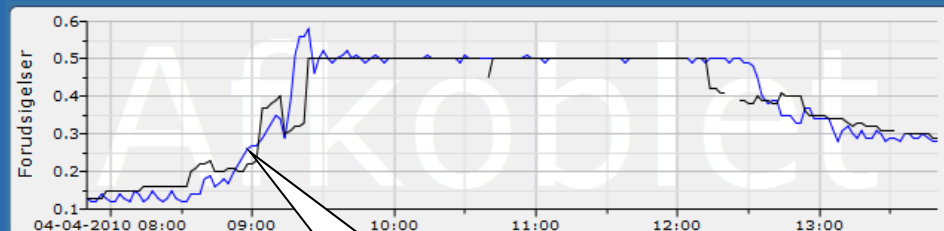


Dataforbindelse

SRO: ✓
Vejrradardata: ✓
Modelberegninger: ✓
SRO Regnmålinger: ✓
Regnmålinger beregn.: ✓



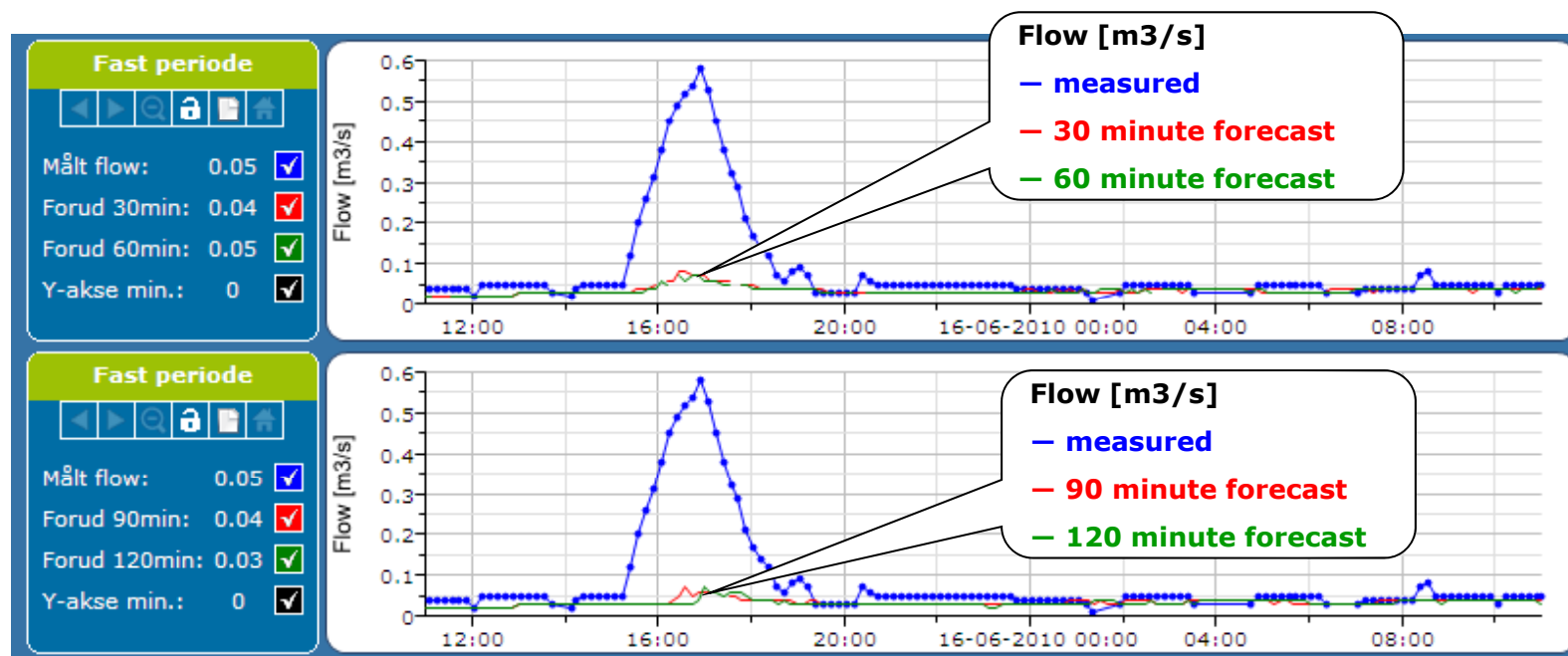
Flow
[m3/s]



— 2 hours forecast
— measured

Hvidovre 15th June 2010

KRÜGER



Hvidovre 15th June 2010

KRÜGER

TV2

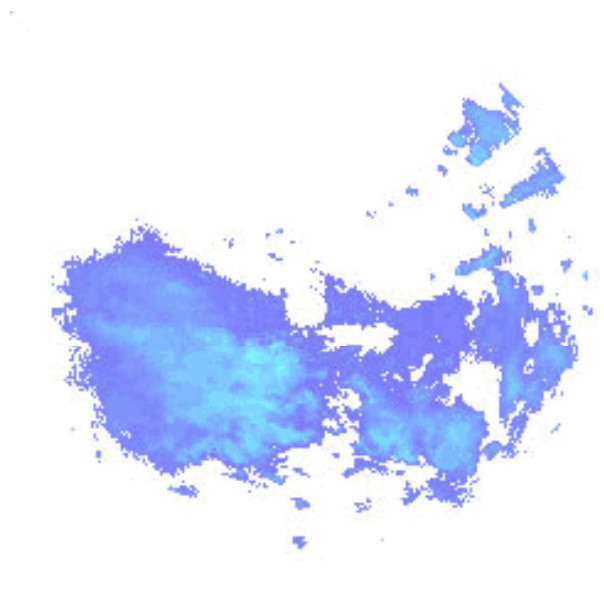


Foto: Oliver Winther
Hagl i Dragør på Amager den 15/6 2010.

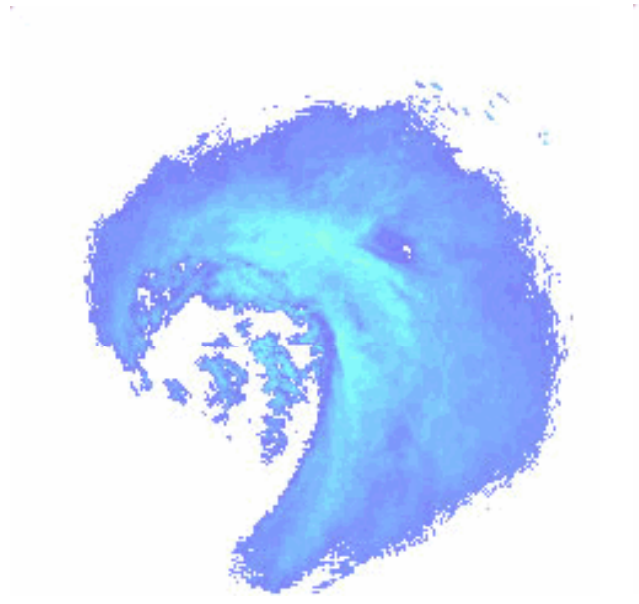


Foto: willy jensen
Haglvejr på Amager den 15/6 2010.

Radar måling af regn



Hændelse I, Stratiform event
Nov 18, 2009 09:10



Hændelse II, Cyclonisk
rotation
Nov 18, 2009 16:10



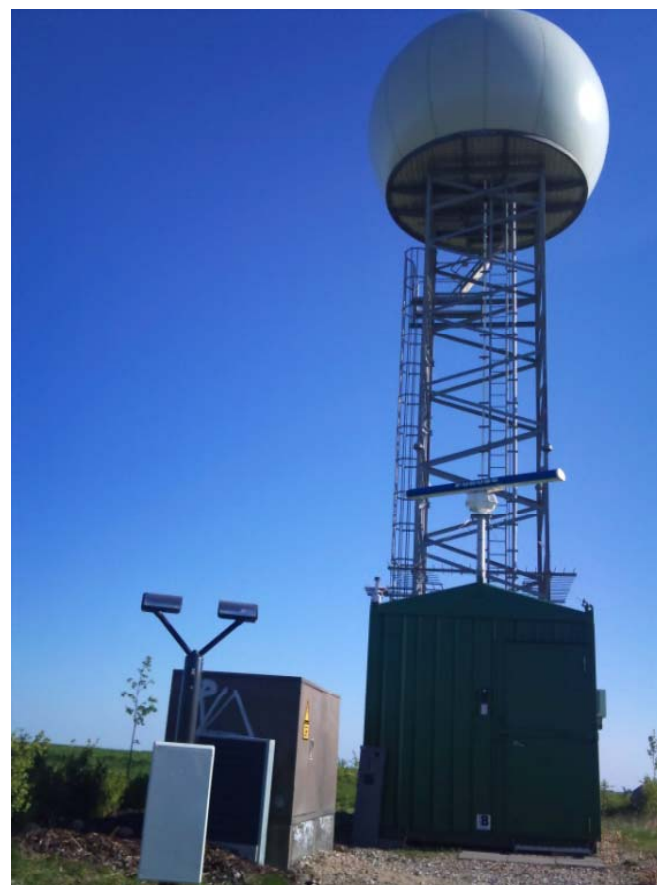
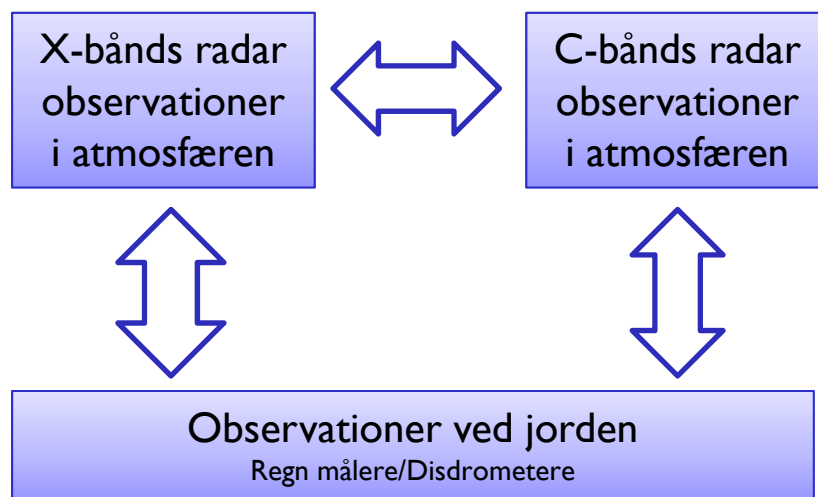
Hændelse 3, Konvektiv
hændelse
May 28, 2010 14:00

Kilde: Michael Rasmussen og Søren Thorndahl

Sammenkobling af C-bånds og X-bånds vejrradar til nedbørsmåling over urbane områder



Jesper Ellerbæk Nielsen
Ph.d. studerende
Jen@civil.aau.dk



+ netop startet ph.d. studerende ved AAU: Malthe Ahm

Roland Löwe, ph.d. Studerende, DTU Informatik

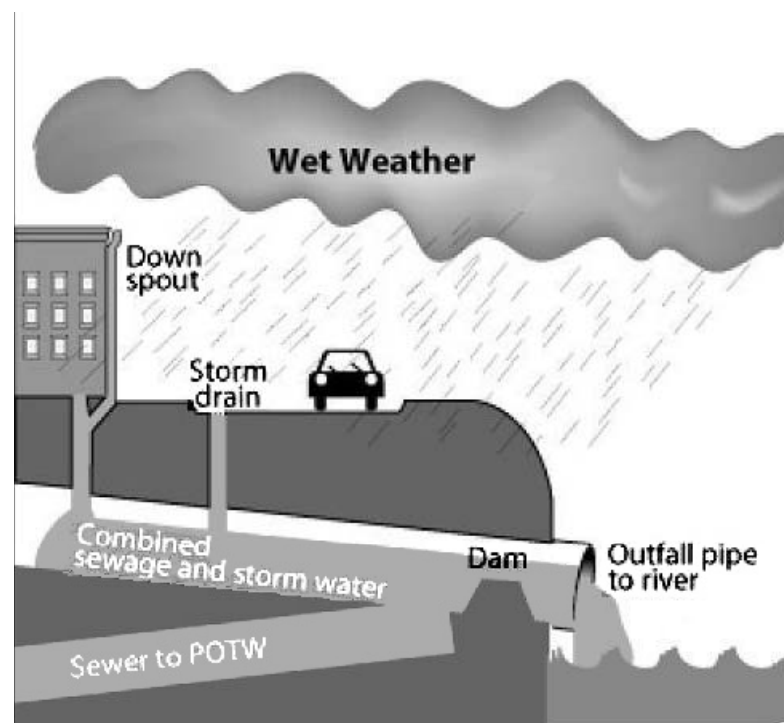
Data driven forecasts for optimal control

Behovet

- modellering af usikkerhed i data og modeller
- forecast usikkerhed af
 - Regn
 - Flow
 - Renseanlægs kapacitet

Værktøjerne

- Kalman filtering
- Grey Box modeller
- Probabilistisk optimering



Wikipedia

+ netop startet erhvervsforsker om styring ved Københavns Energi og DTU Kemiteknik: Ane Mollerup

Status og fremtid

<http://swi.env.dtu.dk>

- Der er fuldt blus på forskningen, mange metoder er ved at blive dokumenteret og publiceret videnskabeligt (radar, data assimilering, usikkerhed, forecasting, styring)
- Alle ph.d.- og postdoc stillinger er nu besat, flere søges igangsat i tilknytning til SWI for at sikre kontinuitet
- 2 ph.d. forsvar forventes i 2012, de sidste i 2013-14
- Det næste år: Øget fokus på afprøvning af forskningsresultater hos forsyningsselskaberne ifm. deres implementeringsaktiviteter (f.eks. METSAM i København og PREPARED i Aarhus)
- Vi begynder nu også at formidle på dansk
- I dag var en snak om SWI projektet som helhed, andre gange kan det blive indlæg med flere detaljer, vi er mange der kan spørges!



PH-CONSULT



Lynettefællesskabet I/S