

# DE FRIE OVERFLADERS FORBANDELSE

- ANALYSE AF AVANCEREDE HYDRAULISKE STRUKTURER

MICHAEL R. RASMUSSEN

PROFESSOR – URBAN HYDROLOGI

INSTITUT FOR BYGGERI OG ANLÆG

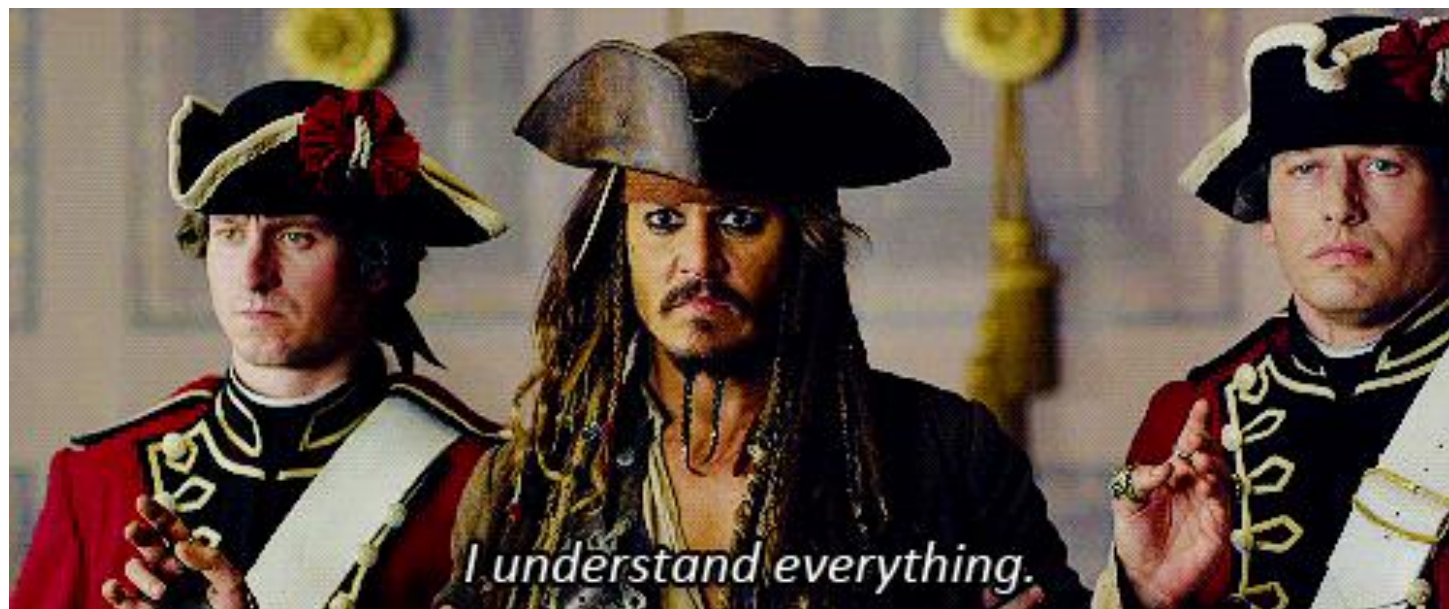


# Udfordringer – (ud over at hydraulik er svært)

- Der regnes generelt for meget og måles for lidt.
- Usikkerheder på geometri og randbetingelser kan være større end modelusikkerhed.
- At betjene en model og forstå en model er 2 forskellige ting.
- Er vi dygtige nok?



Hertil kan der kun svares:



## Frie overflader er en forbandelse fordi:

- Det giver variabel geometri under ikke-stationære forhold
- Interaktion mellem strømning og overflader er ofte dårligt beskrevet/forstået
- Flere (eksotiske) former for energitab
- Strømningerne er oftest 3-dimensionale

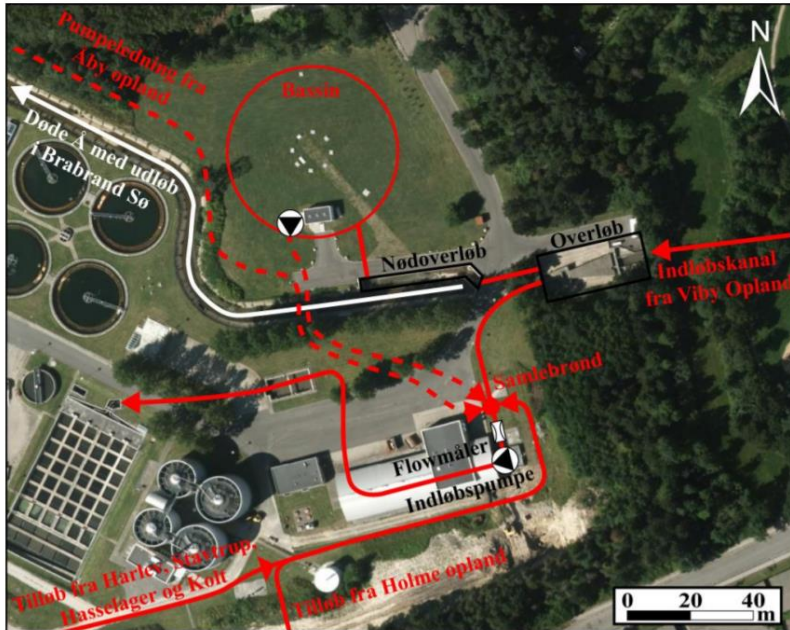


# Principiel tilgang til analyse af avancerede hydrauliske strukturer

- Erfaring fra 150 års arbejde med strømning udkrystalliseret i empiriske eller semi-empiriske ligninger og relationer.
- Fysiske modelforsøg – skalering af fysiske processer og efterfølgende fortolkning.
- CFD modellering i korrekt stedslig og tidslig opløsning med valg af passende fysiske modeller.
- Analogier



# AMOK



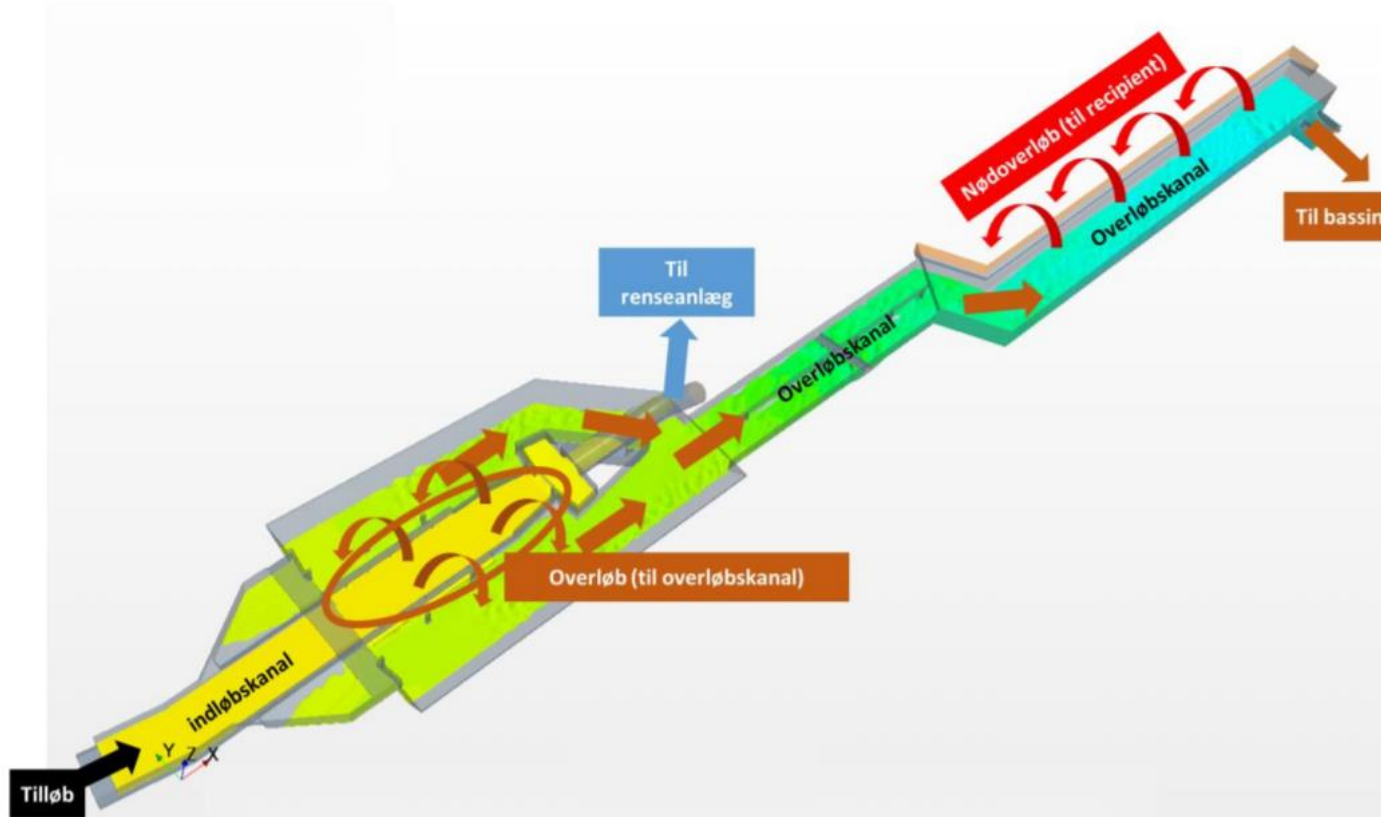
<http://www.aarhusvand.dk/amok/>

Credit:  
 Malte Ahm  
 Jesper E. Nielsen  
 Søren Thorndahl  
 Michael R. Rasmussen





# Komponenter medtaget i beregningen

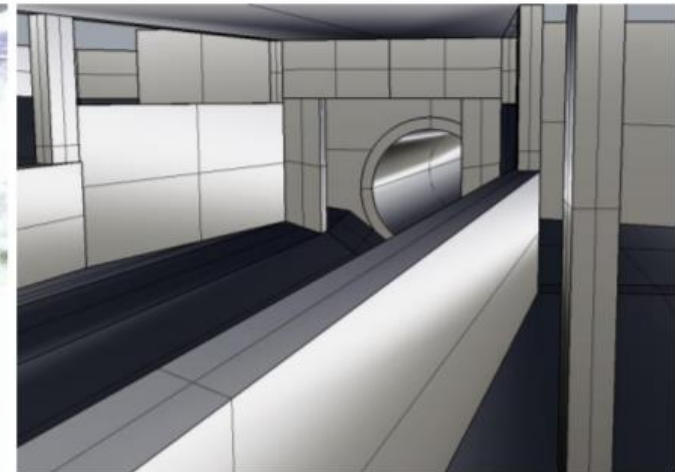
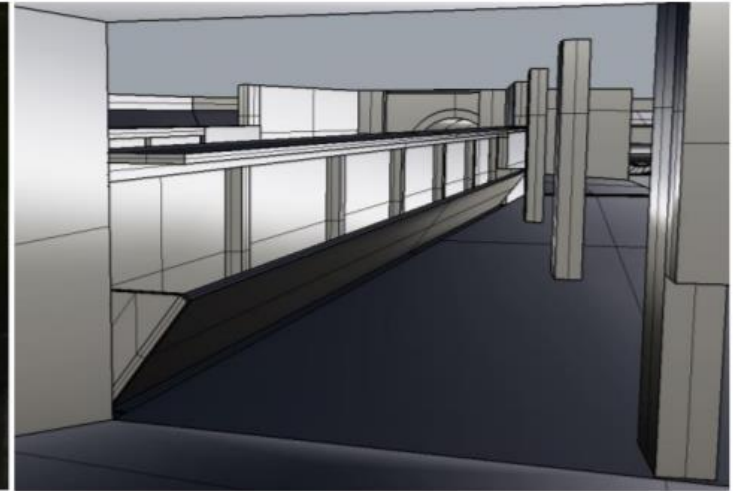


# Billeder af bygværket – i funktion

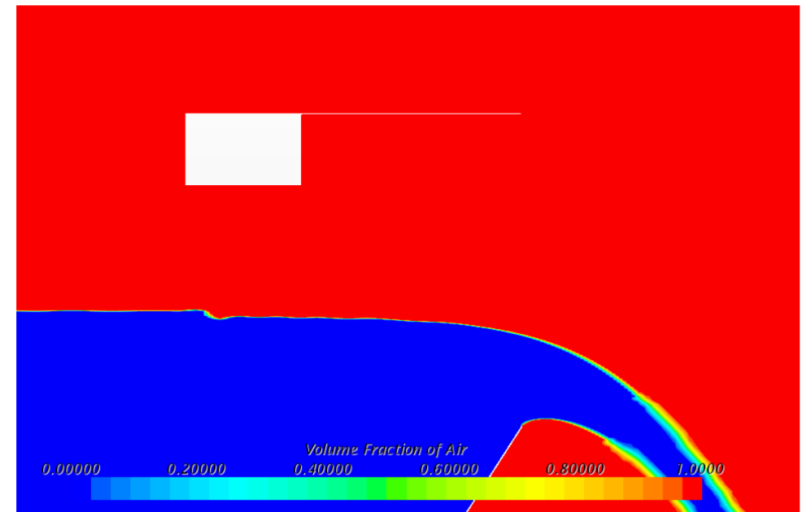
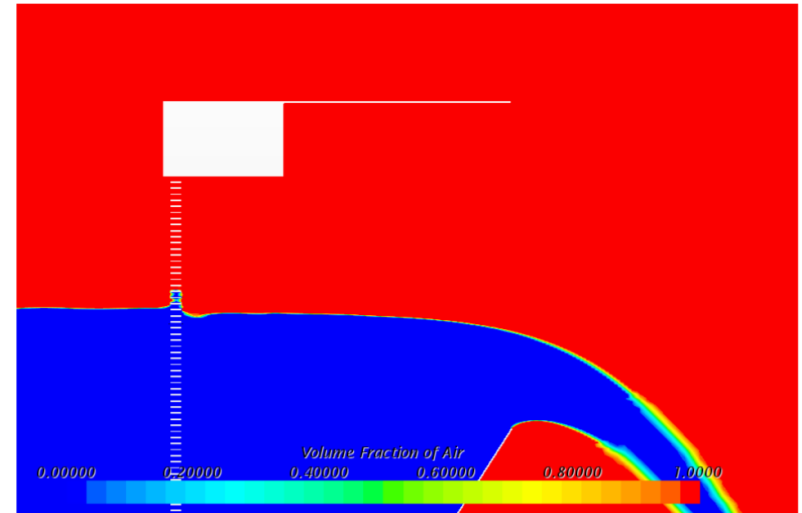




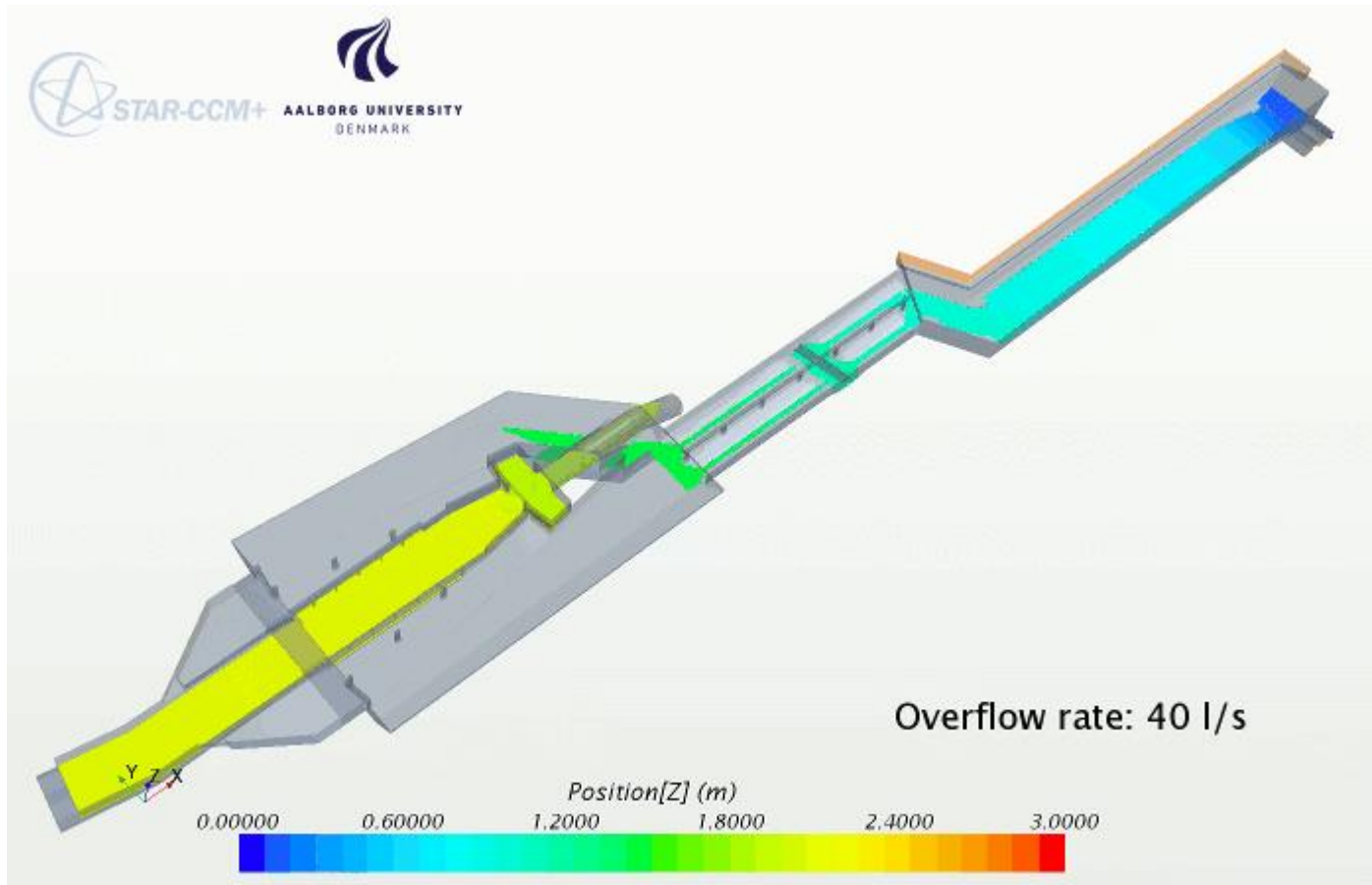
# Digitalisering af bygværket



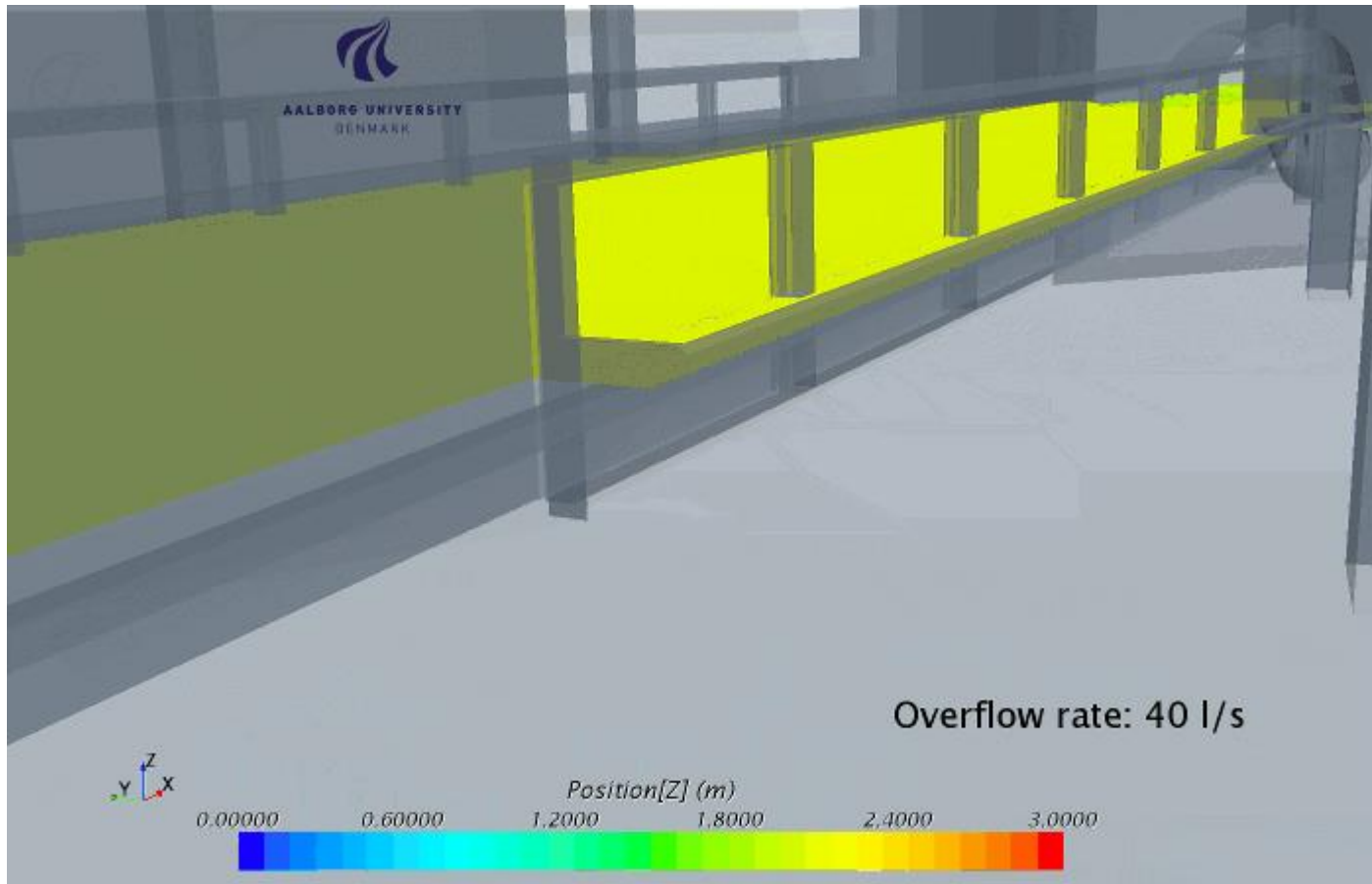
# Forsimpling af geometrien/fysikken



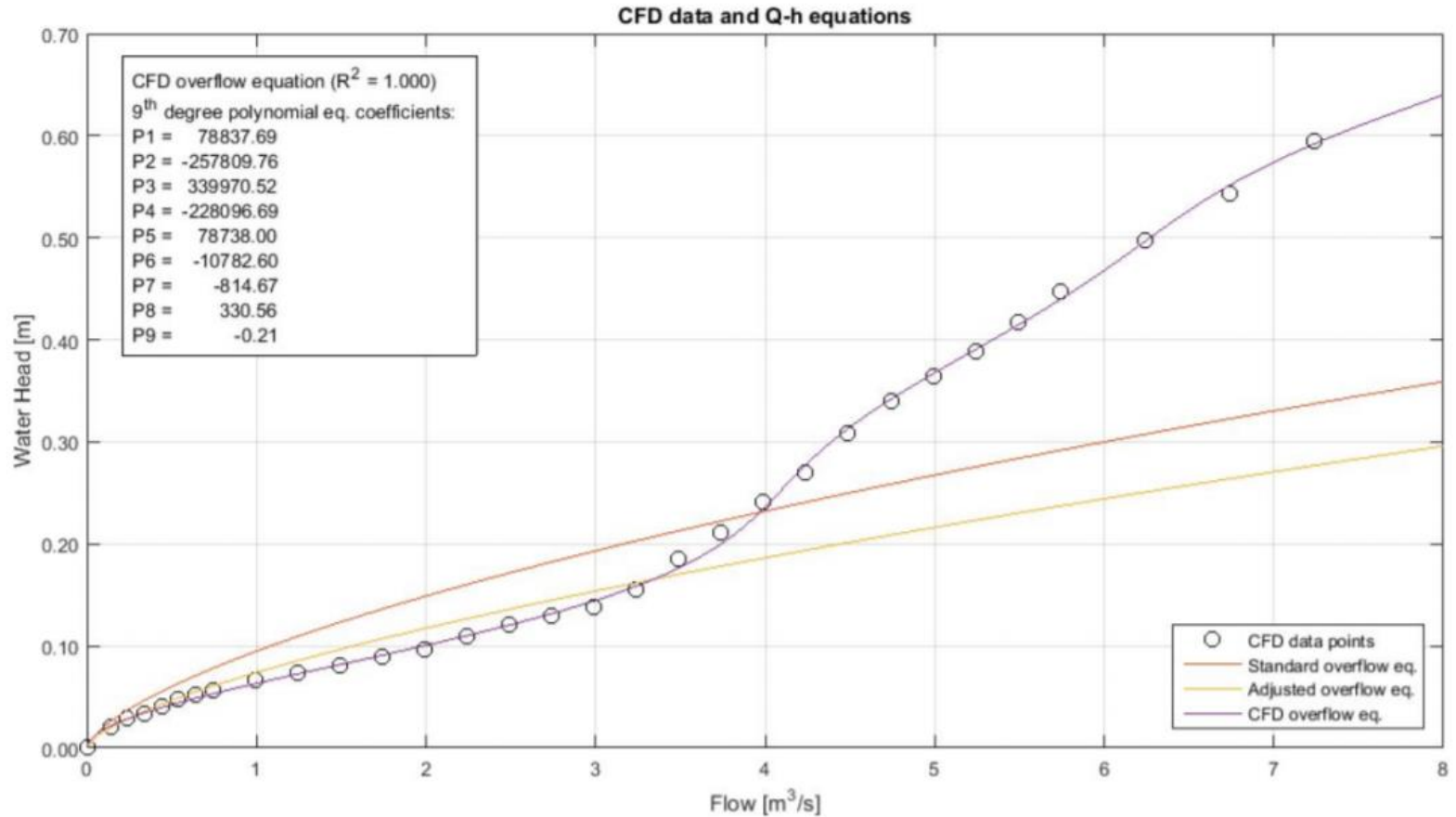
# Vandspejlsvariationer i det samlede system



# Overløb ved stigende vandføring



# Ny overløbsformel for Viby overløbsbygværk





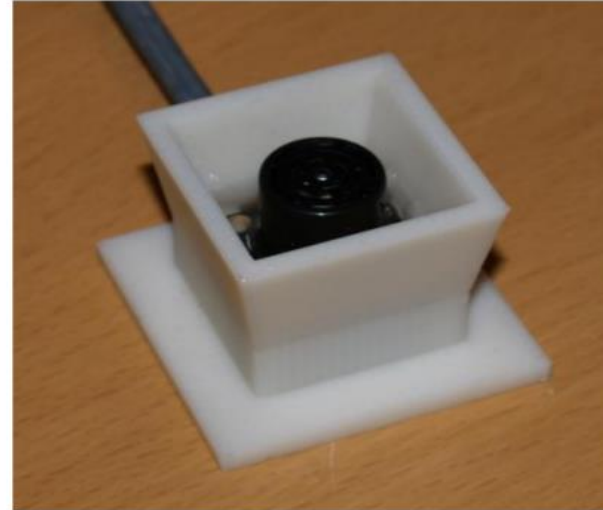
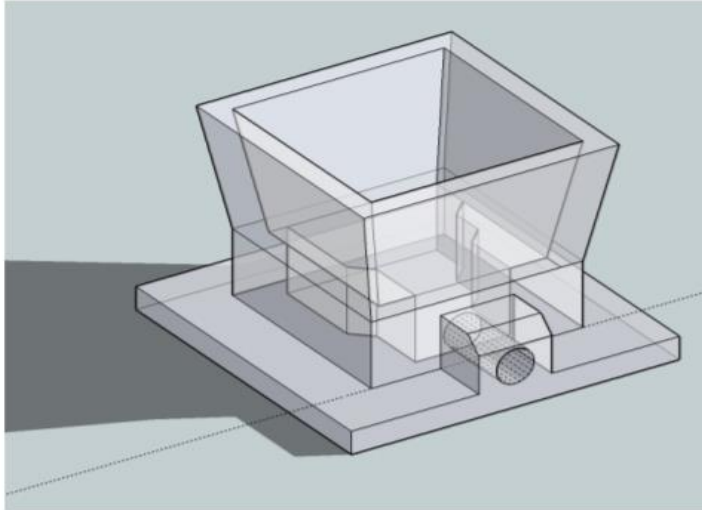
# Hvor god er CFD beregningen ?

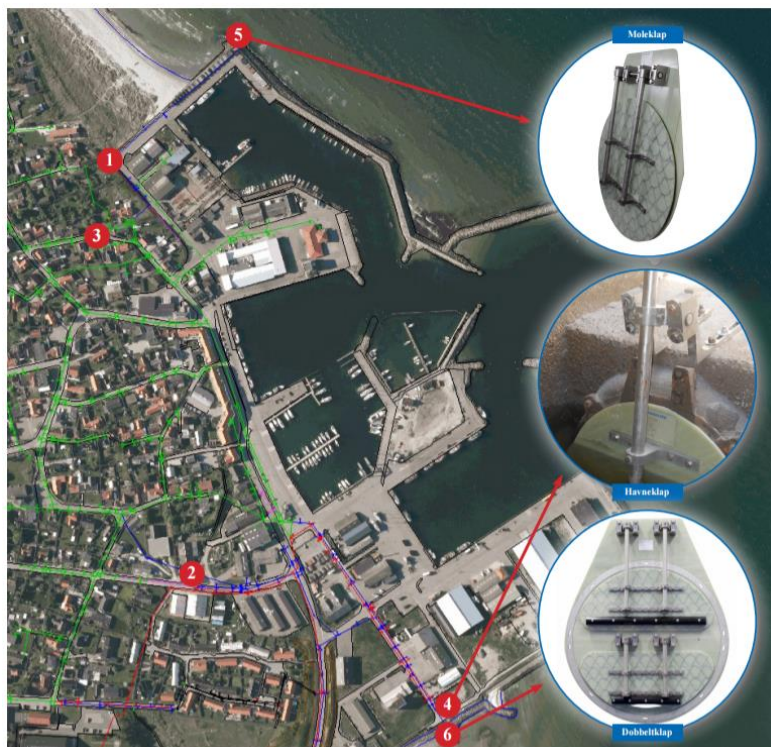
Even t nr.	Starttidspunkt	Sluttidspunkt	BS vol. [m <sup>3</sup> ]	SO vol. [m <sup>3</sup> ]	Afv. [%]	KO Vol. [m <sup>3</sup> ]	Afv. [%]	CFD vol. [m <sup>3</sup> ]	Afv. [%]
1	4/3/2015 13:30	5/3/2015 17:15	5.848	3.227	-44.82	4.715	-19.37	5.700	-2.53
2	26/3/2015 4:30	26/3/2015 7:30	8.855	5.183	-41.47	7.539	-14.86	9.205	3.95
3	31/3/2015 08:00	31/3/2015 21:00	7.441	1.352	-81.83	2.014	-72.93	1.745	-76.55
* 4	12/4/2015 22:00	13/4/2015 1:00	6.810	3.853	-43.42	5.632	-17.30	7.051	3.54
5	03/5/2015 23:00	04/5/2015 01:00	5.326	2.978	-44.09	4.372	-17.91	5.402	1.43
6	12/5/2015 07:30	12/5/2015 10:30	6.253	5.476	-12.43	7.892	26.21	9.172	46.68
* 7	18/5/2015 19:00	18/5/2015 23:10	12.633	7.381	-41.57	10.784	-14.64	13.479	6.70
<i>I alt</i>			53.166	29.450	-44.61	42.948	-19.22	51.754	-2.66



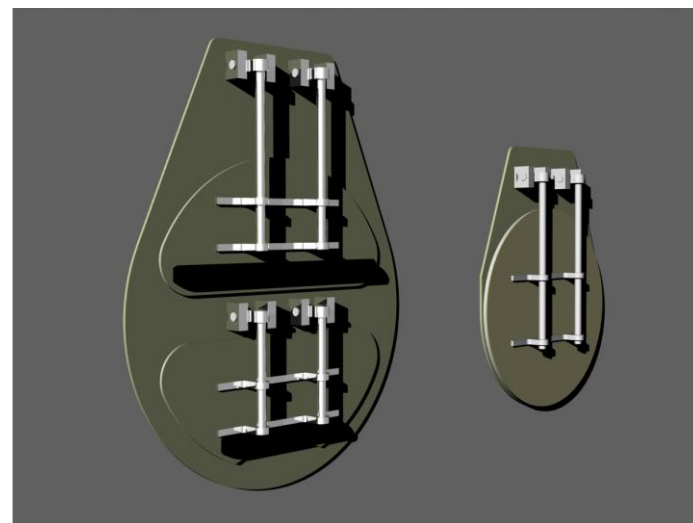


# Udvikling og placering af sensorer

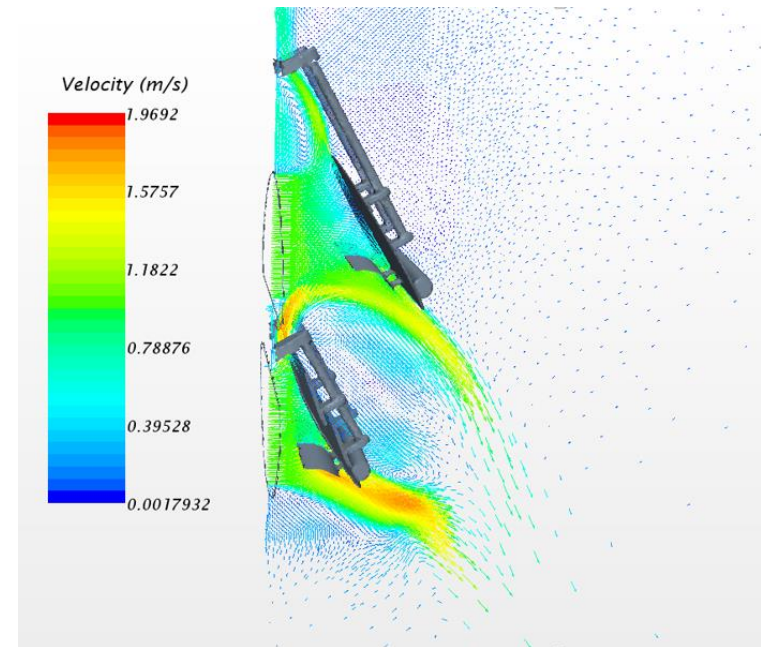
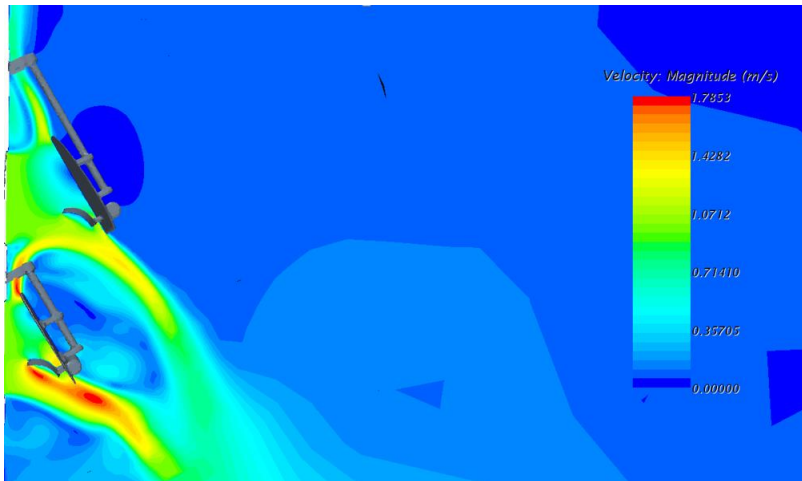




## Kontraktlapper installeret i Strandby

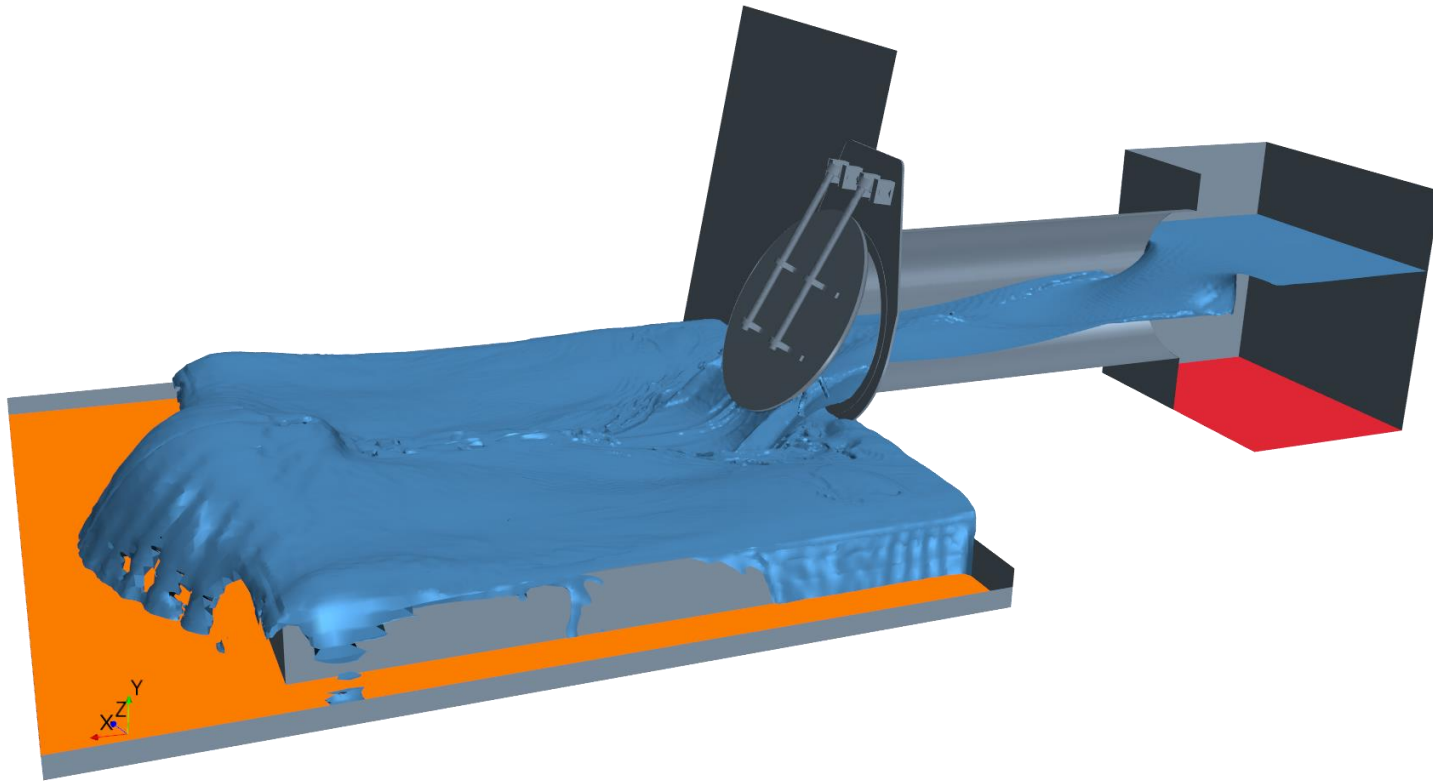


# 3D strømningberegninger rundt om dobbeltklapper for at optimere sandfjernelse



# Åbning af kontraklap under hydraulisk belastning

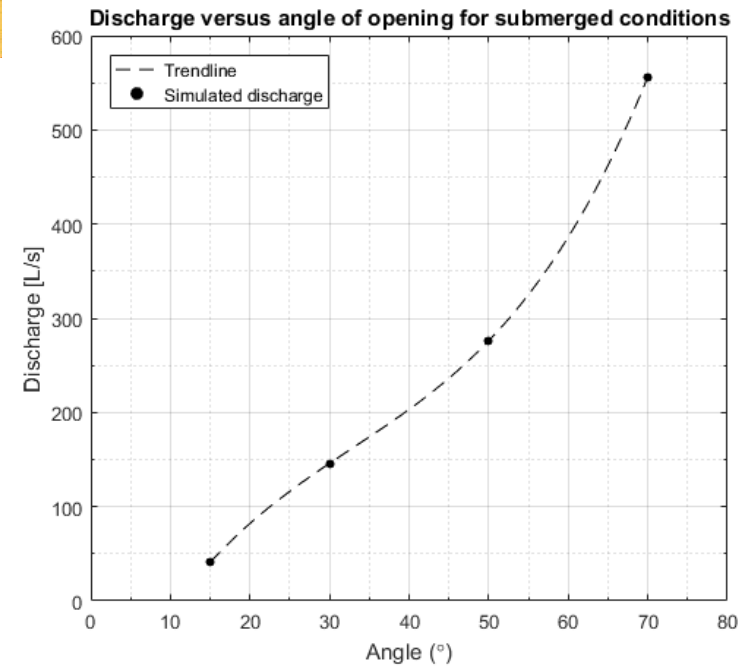
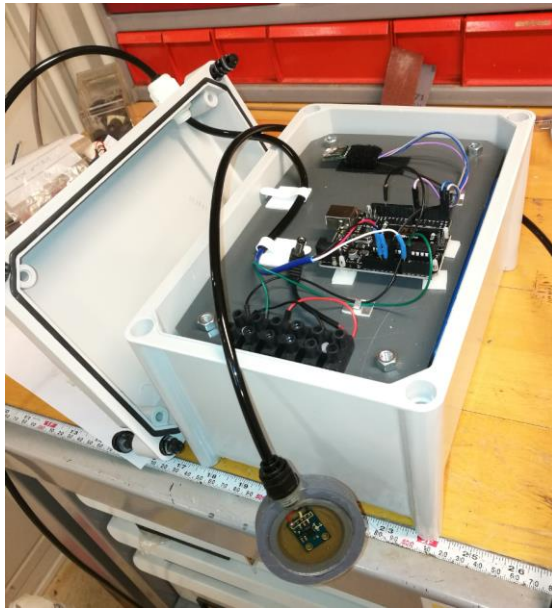
STAR-CCM+



Peter Korgaard Jørgensen,  
Afgangprojekt AAU, 2017



# Måleudstyr til måling af vinkel på kontraklap





# Erfaringer med CFD modellering af avancerede bygværker

- Det er muligt at gennemføre relevante og nyttige beregninger
- Det giver – bevisligt - gode resultater, hvis det udføres korrekt.
- Det er fantastisk omkostningstungt når der skal regnes på store bygværker med fri overflade
- Man bør bruge penge på at måle hver gang man bruger penge på at regne.
- Vi skal hjælpe hinanden til at blive bedre hydrauliker (også selvom vi forstår alting)

