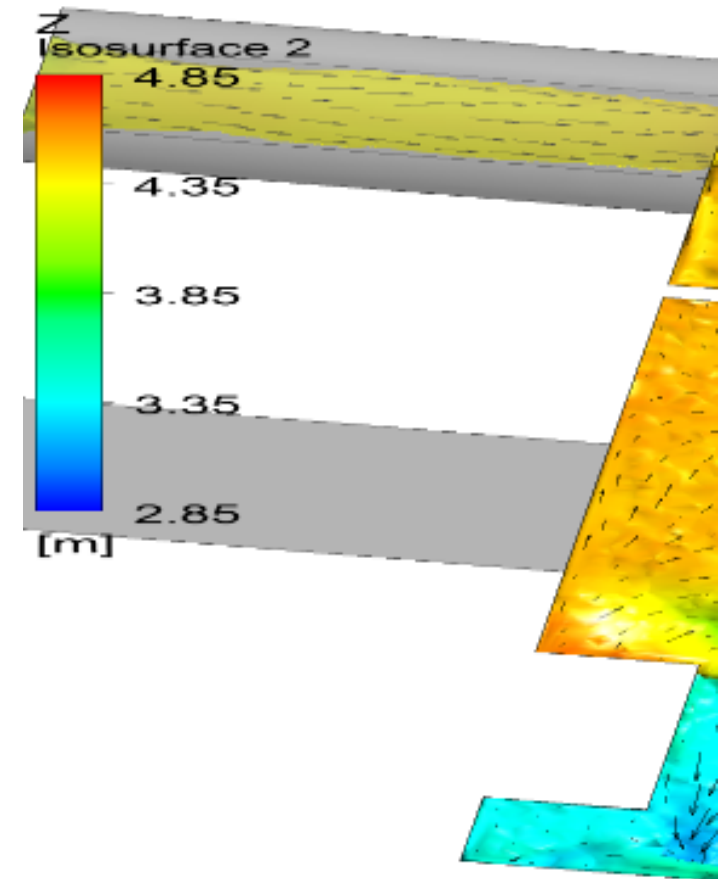


# BRUG AF CFD-BEREGNINGER VED OVERLØB

## HVORFOR OG HVORNÅR?



# HVEM ER VI?



**Christian Matthes Nørgaard**

Senior CFD specialist, Risk and Safety



**Henrik Sønderup**

Chefrådgiver, Climate Adaptation and Green Infrastructure

# HVAD KAN BEREGNES MED CFD?

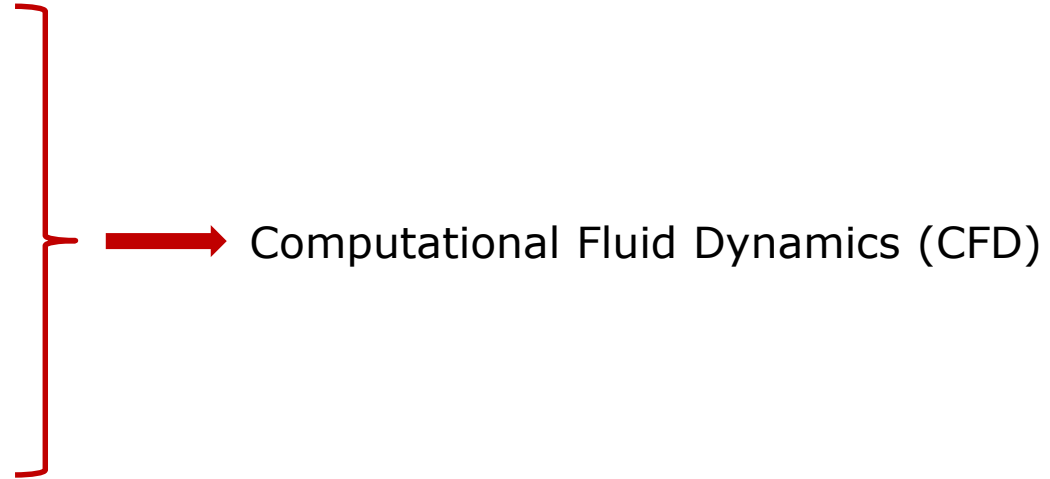
- Strømninger (stationære eller transient)
  - Enkelt eller flere komponenter (luft eller O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Ar, CO<sub>2</sub> etc.)
  - Kompressible og ikke kompressibel
  - Turbulente og/eller laminare
- Flere fase (luft og vand)
  - Fordamping
  - Kogning
  - Kondensering
  - Masse transport
  - etc.
- Partikler
- Forbrænding
- Stråling
- Varmetransport
- Kemiske reaktion
- Fluid struktur interaktion



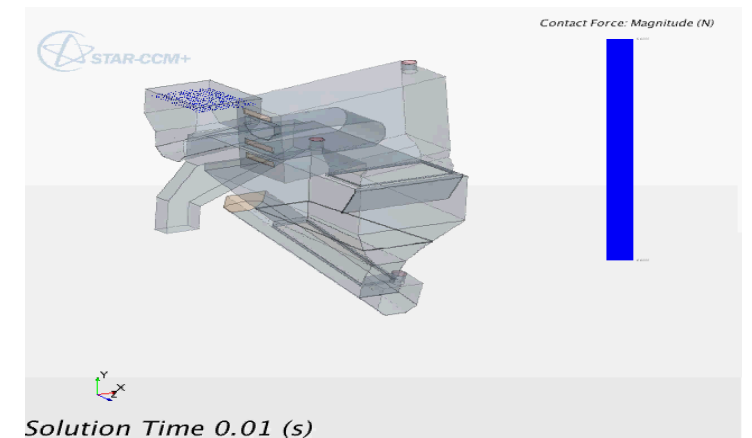
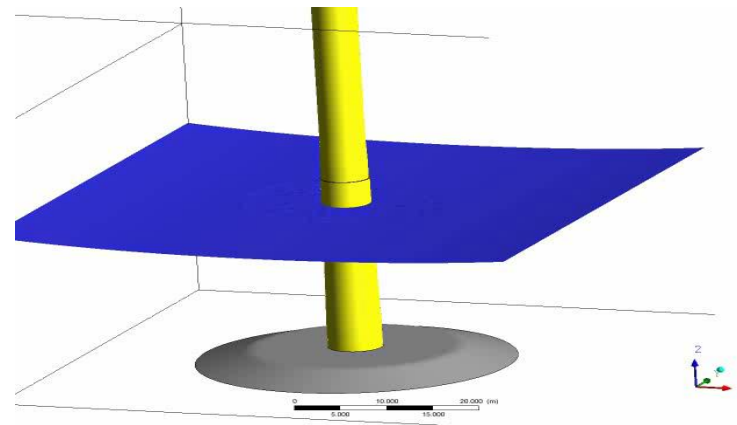
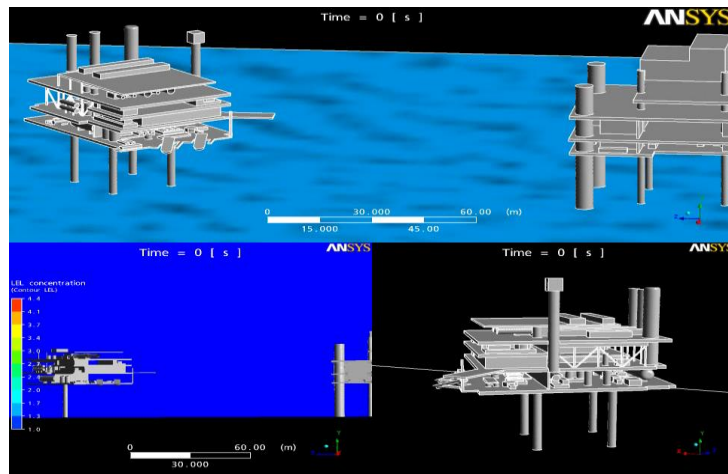
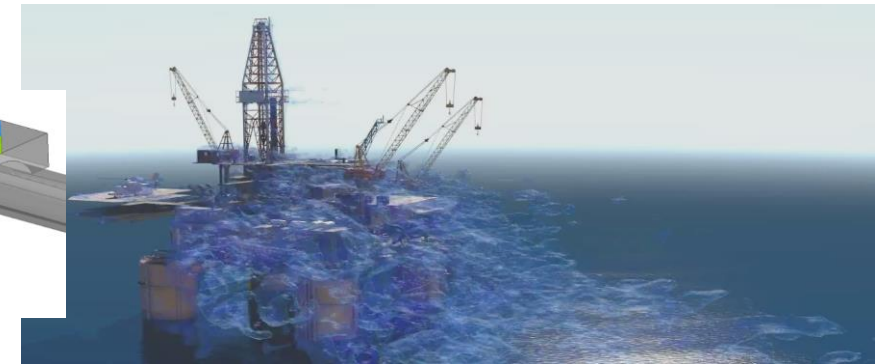
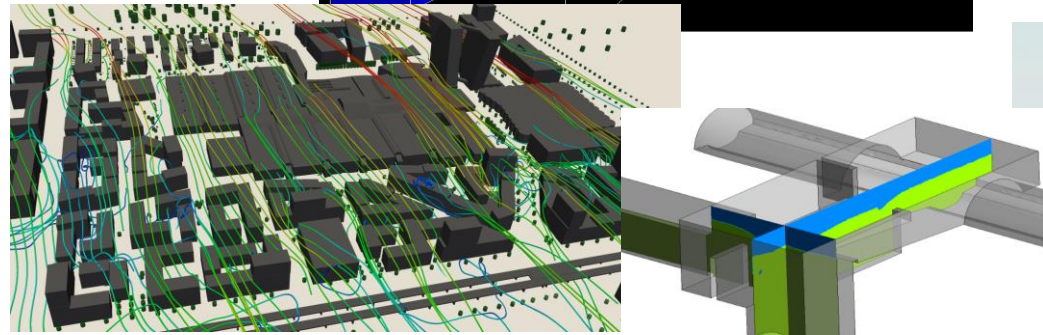
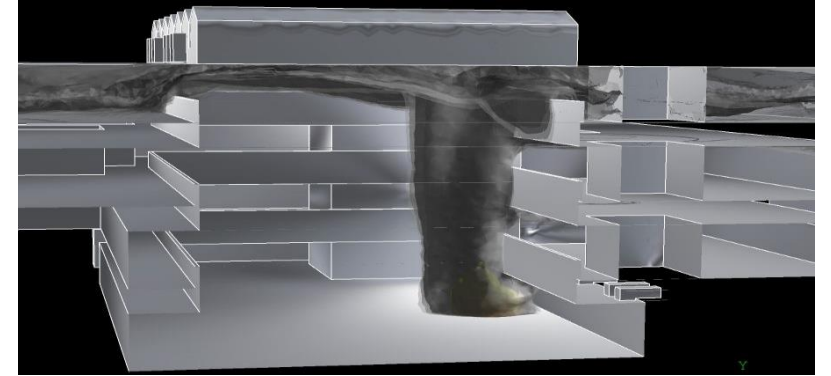
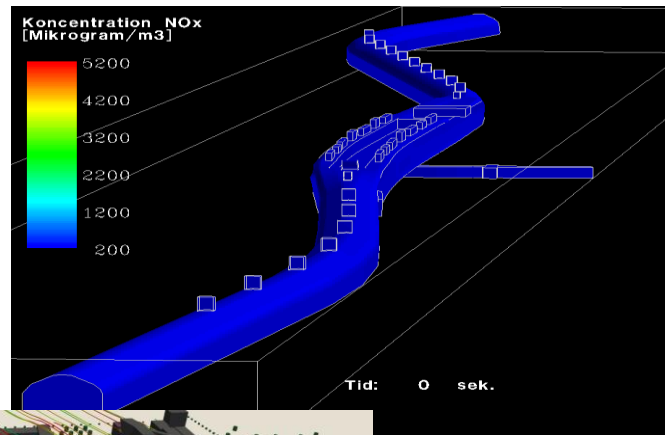
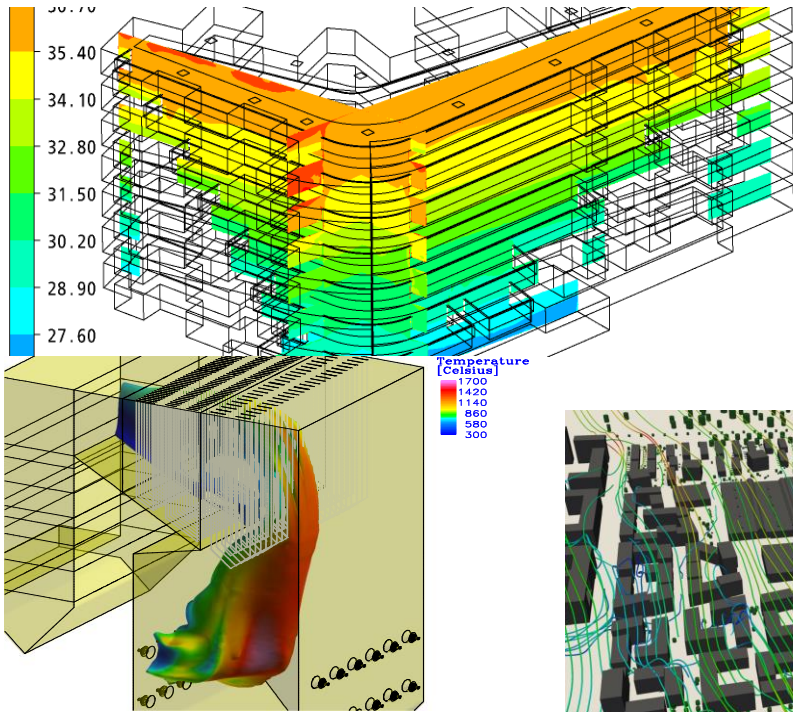
# STRØMNINGSMEKANIK OG CFD

## Beregning af:

- Bevægelse af gas/væsker
- Termodynamik
- Varmeledning
- Forbrændingsprocesser



# COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS



# ADVANCED FLOW ENGINEERING GRUPPEN I RAMBØLL

## **9 specialister**

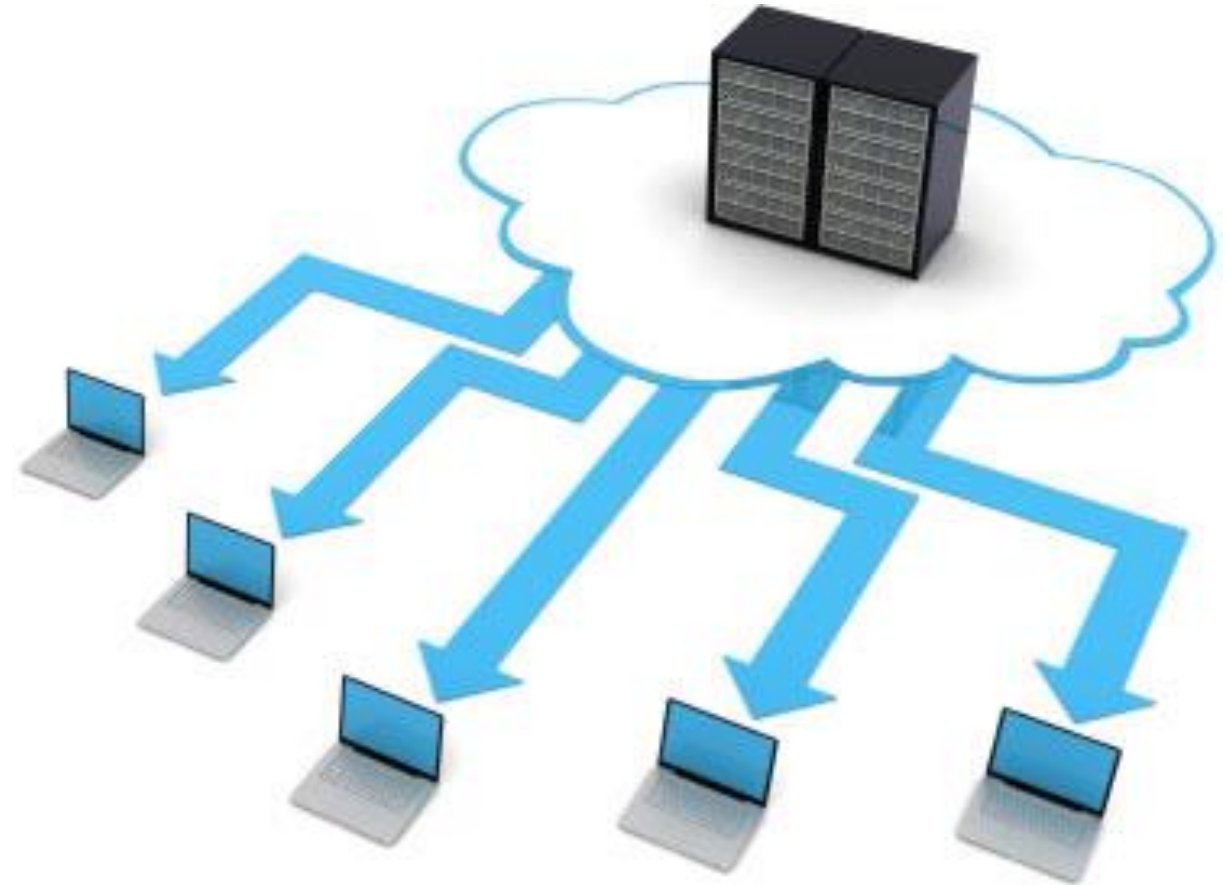
- Understøtter alle faggrupper i Rambøll
- Egne eksterne kunder

## **Lang række software værktøjer**

- ANSYS CFX og FLUENT
- StarCCM+
- Paraview/FDS
- OpenFOAM

## **Fleksibel hardware platform**

- Personal Windows computers
- 6 Windows workstation
- Internt 128 core LINUX cluster
- Eksternt 200 core LINUX cluster



# HVORNÅR BRUGES CFD

## **Design:**

Reduktion af tidsforbrug og omkostning

## **Troubleshooting:**

Hurtigere diagnosticering af problemstillinger.  
Test af designændringer forud for installation.

## **Sikkerhed:**

Verifikation i forhold til sikkerhedskrav

## **Experiments vs. Simulation:**

Supplerende viden

## **Skalering:**

Alle simuleringer kan udføres i fuld skala, hvorved skalerings effekter undgås

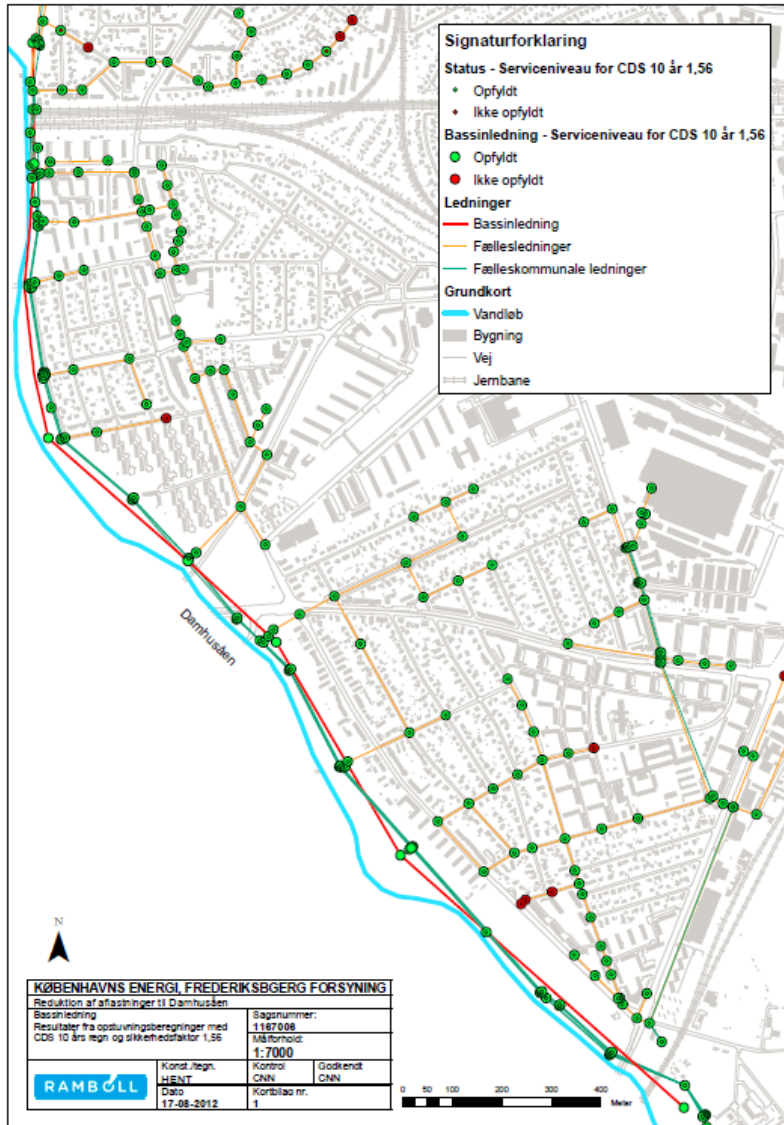
# TO RELEVANTE EKSEMPLER PÅ BRUG AF CFD

**Bygværk ved Dæmningen Damhusledning København**

**Udløbs/overløbsbygværk ved Pst. Constantia, (Gentofte)**



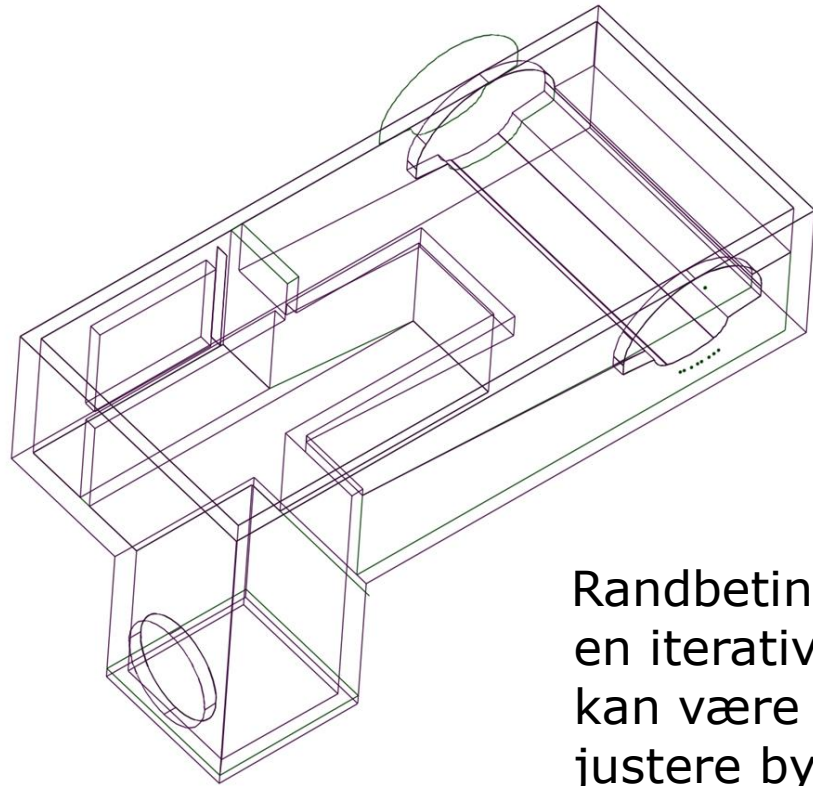
# DAMHUSLEDNINGEN KØBENHAVN



- Længde 3,4 kilometer
- Diameter: 3 meter
- Kan rumme 29.000 kubikmeter vand
- Byggeperiode 2013 – 2017
- Bygherre: HOFOR A/S
- Rådgiver: NIRAS A/S
- Entreprenør: Østergaard-Aarsleff JV I/S

*Kilde: HOFOR*

# DAMHUSLEDNINGEN – OVERLØBSBYGVÆRK NORD FOR DÆMNINGEN



$Q=6,8\text{m}^3/\text{s}$   
 $H=4,2\text{m}$



$Q=7,7\text{m}^3/\text{s}$   
 $H=4,5\text{m}$



$Q=3,2\text{m}^3/\text{s}$   
 $H=4,1\text{m}$

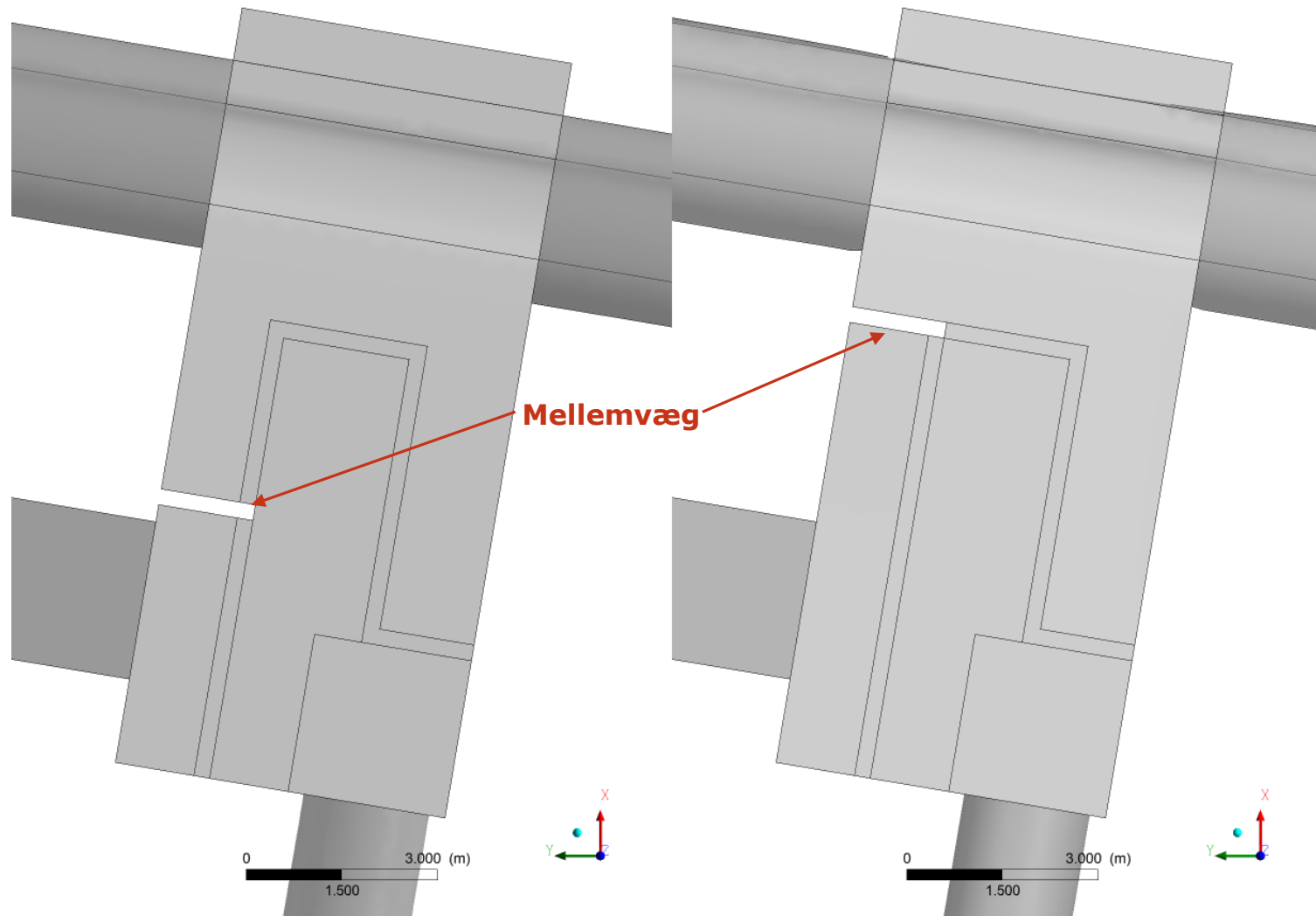
$Q=11,3\text{m}^3/\text{s}$

Randbetingelserne justeres i en iterativ proces, hvor det kan være nødvendigt at justere bygværksbeskrivelsen I MIKE URBAN for at få modellernes vandstande til at stemme overens

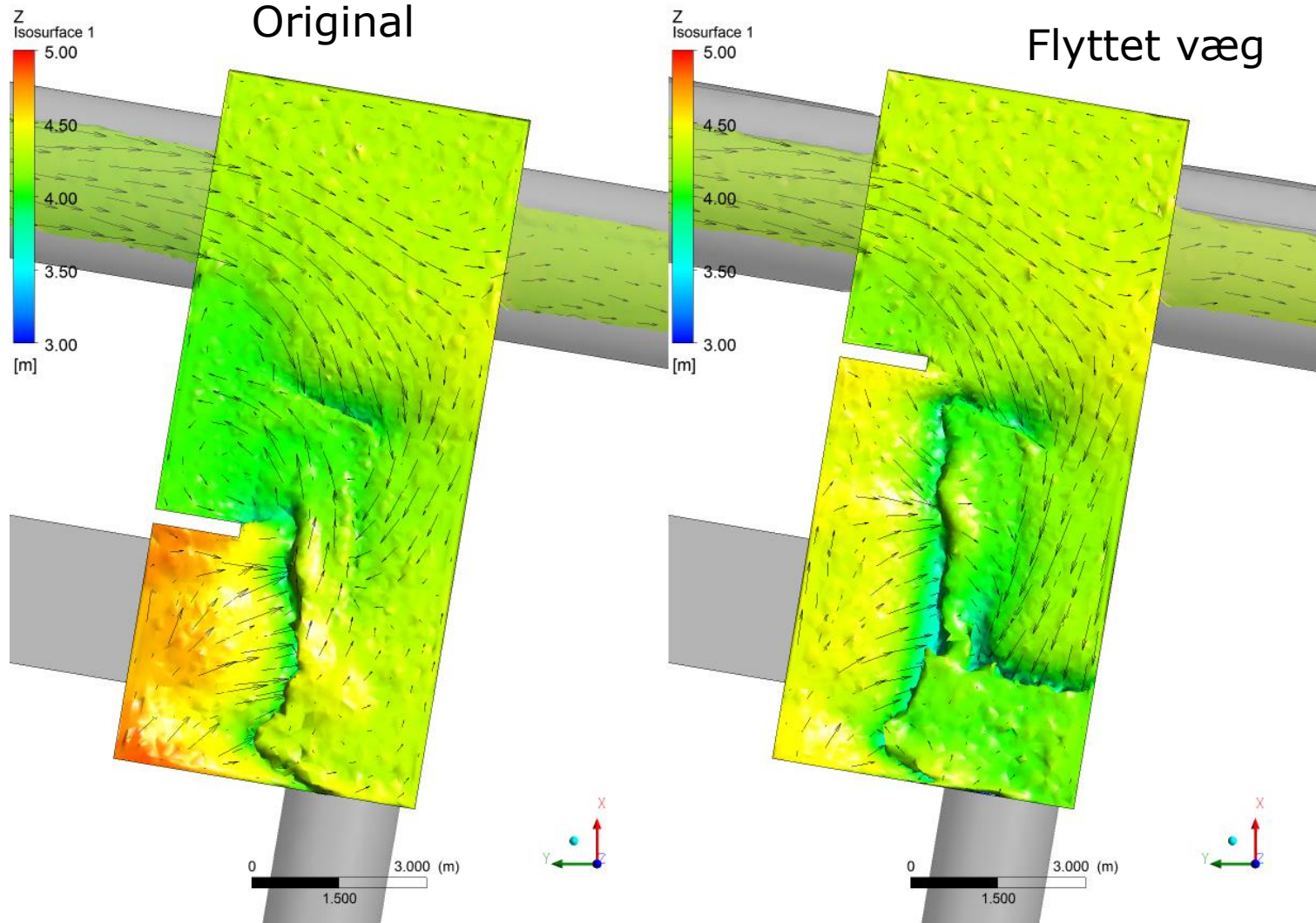
# DAMHUSÅEN – FØRSTE GEOMETRIÆNDRING

Oprindeligt design

Nyt design

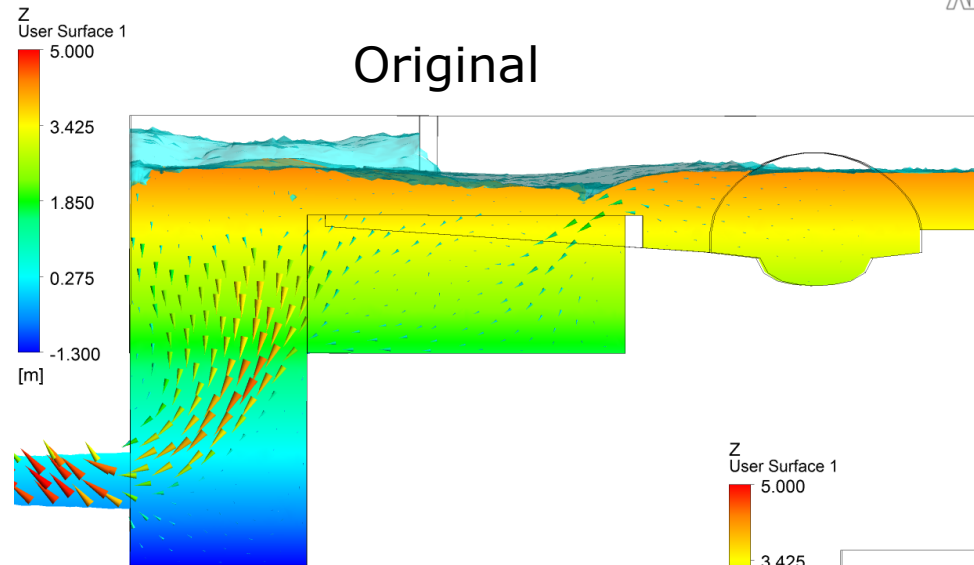


# DAMHUSÅEN – FØRSTE SAMMENLIGNING, VANDOVERFLADER

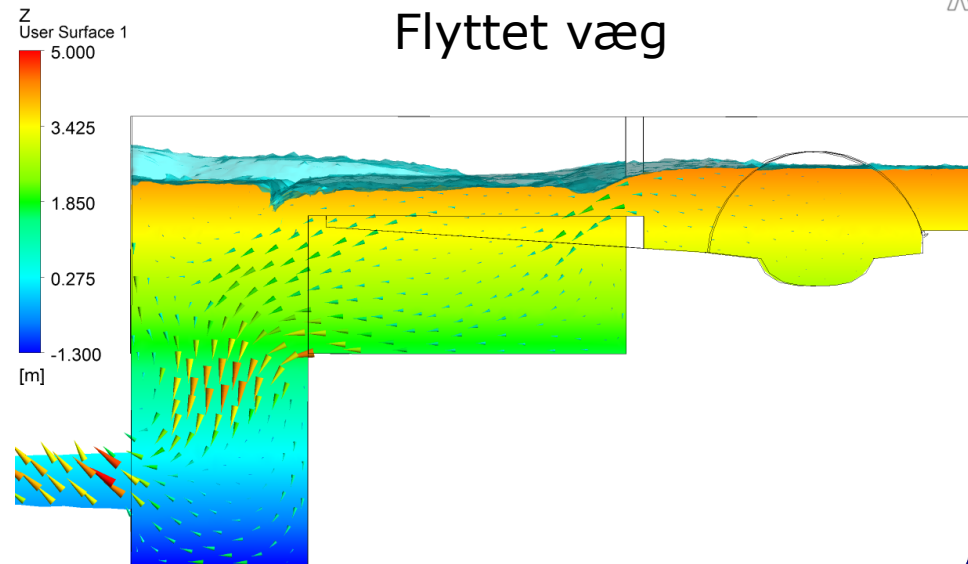


# DAMHUSÅEN – FØRSTE SAMMENLIGNING, LODRET SNIT

ANSYS

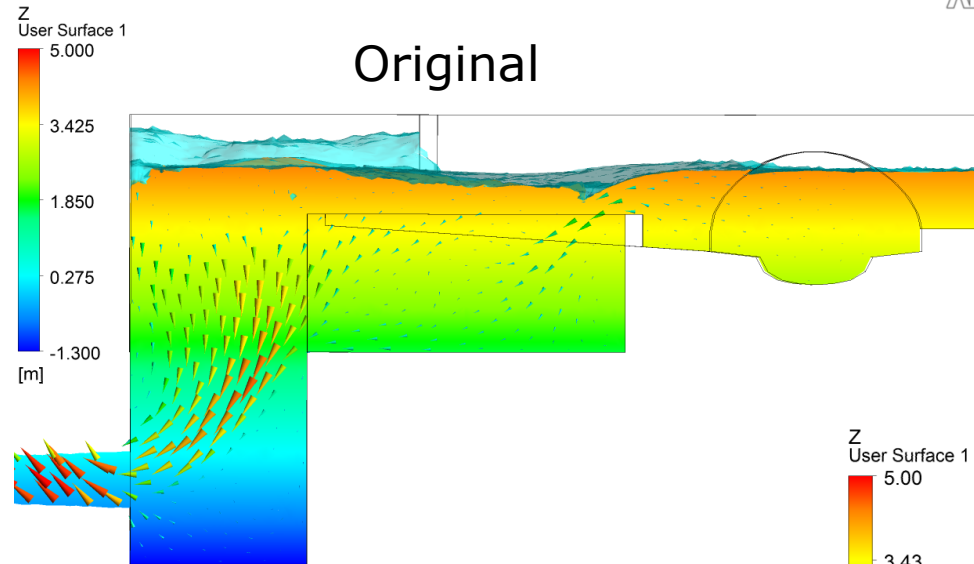


ANSYS

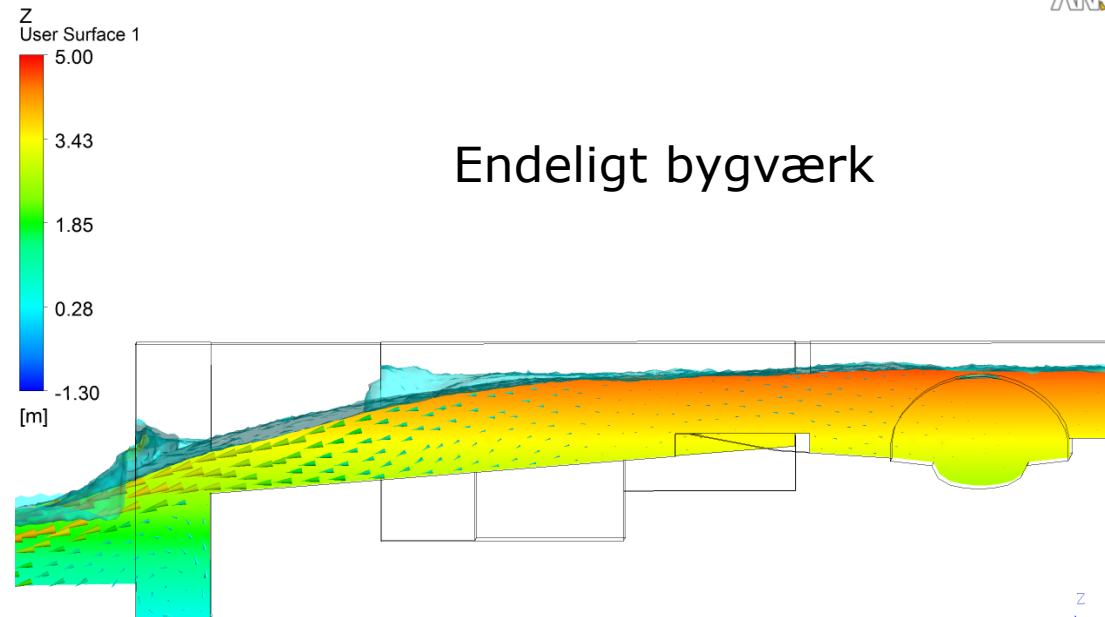


# DAMHUSÅEN – ANDEN SAMMENLIGNING, LODRET SNIT

ANSYS



ANSYS

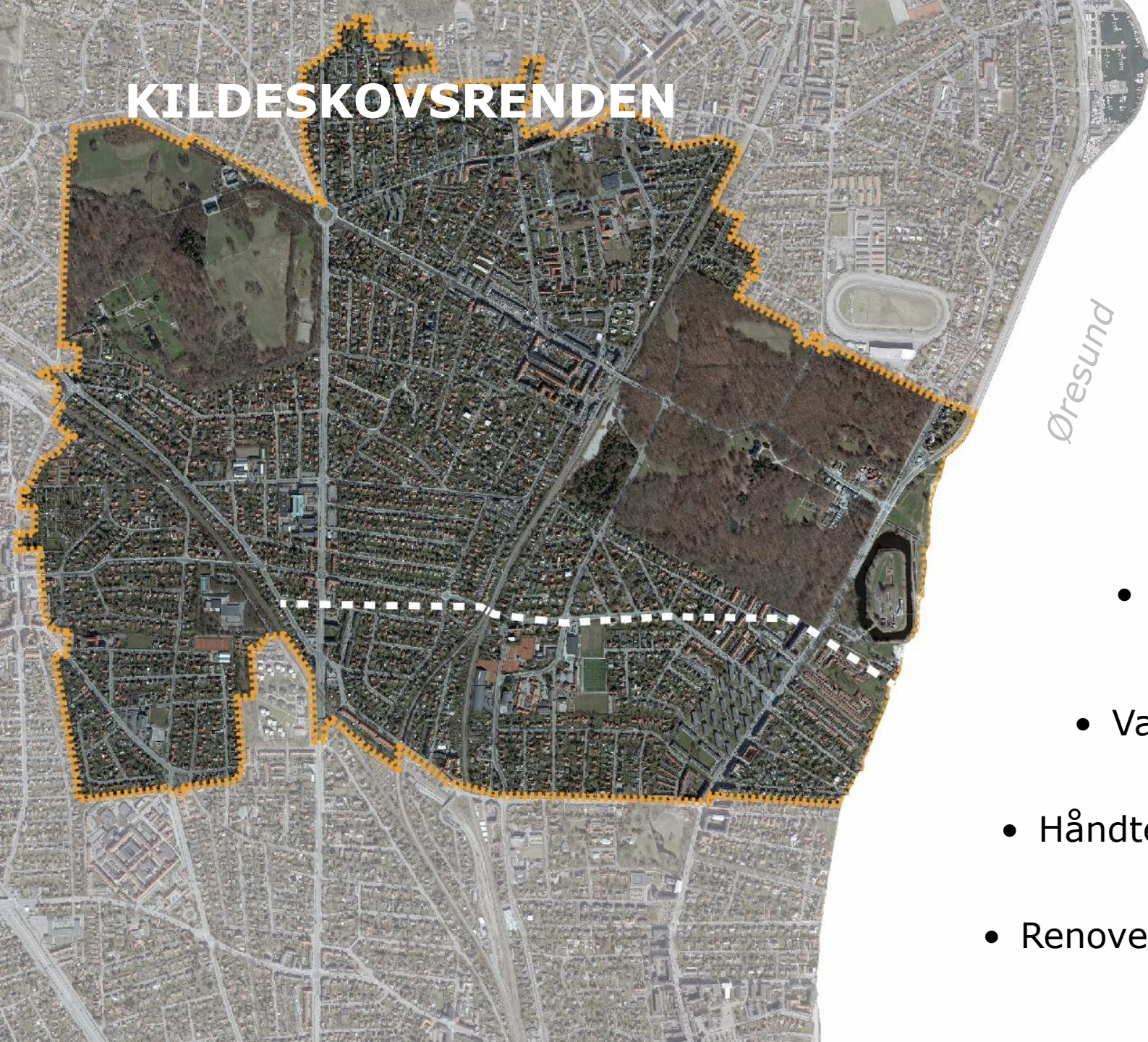


# CONSTANTIA

# CFD-BEREGNINGER FOR

# OVERLØBSBYGVÆRK

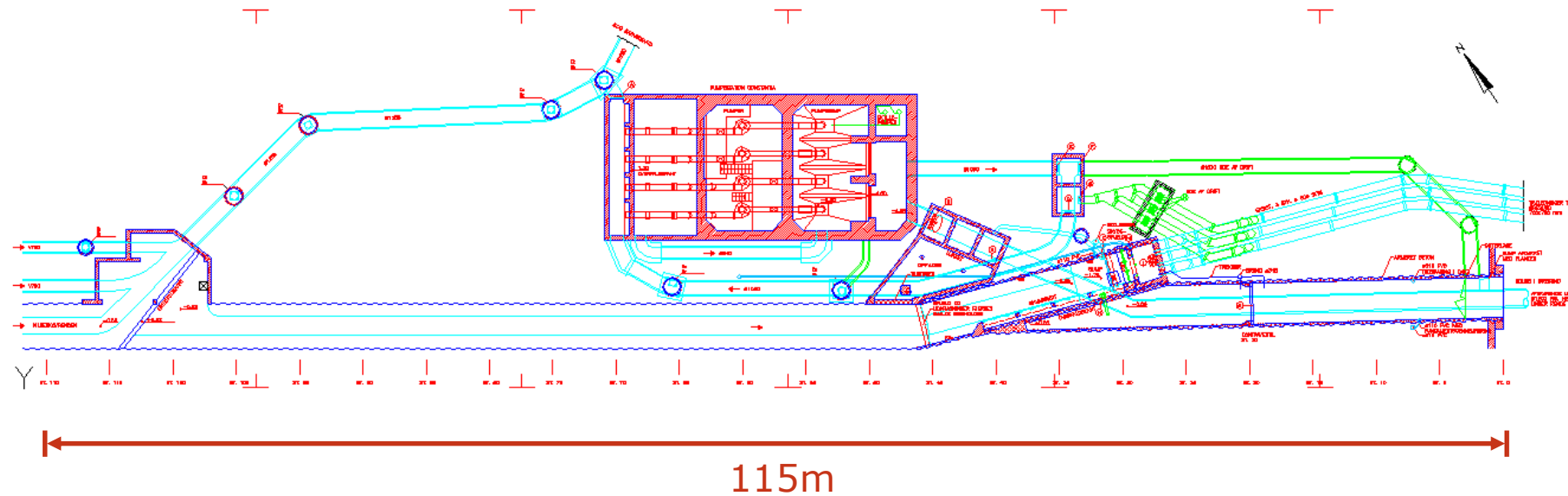
# KILDESKOVSRENDEN



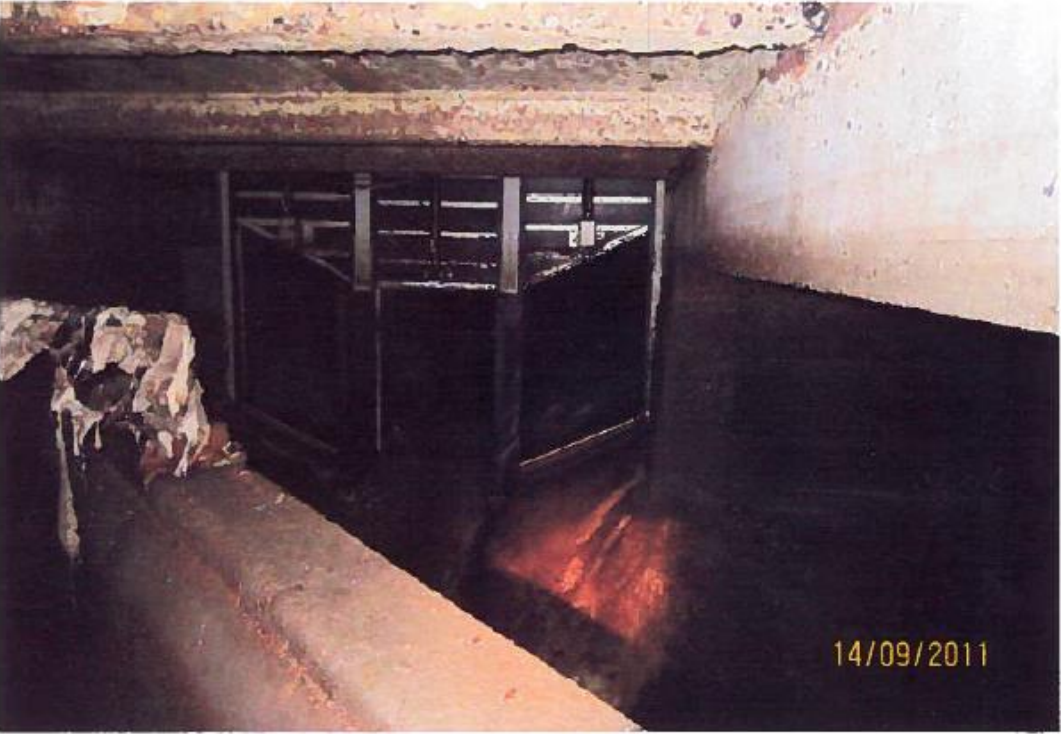
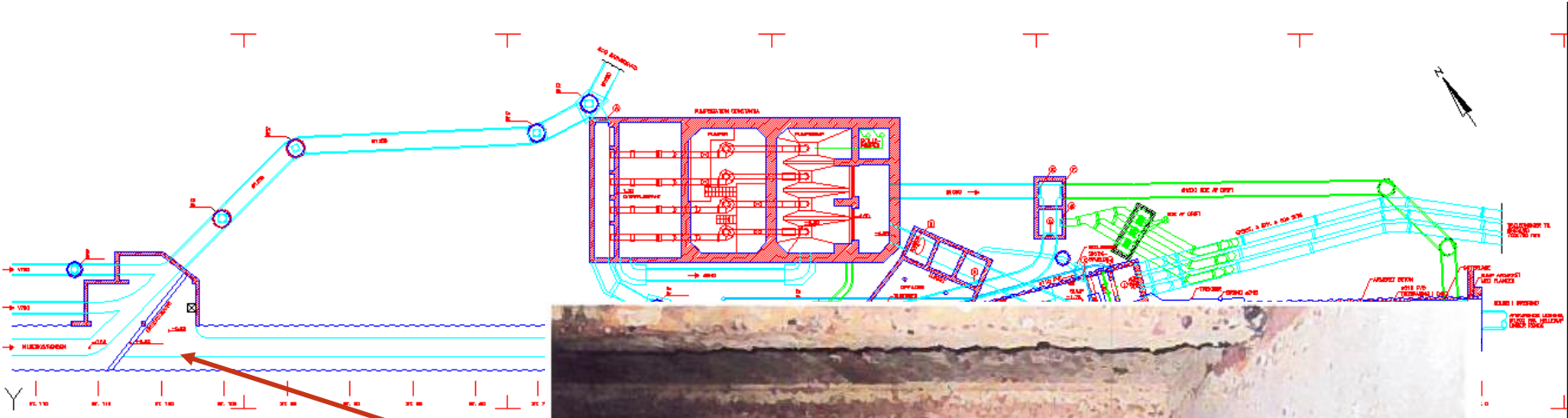
- 1,4 km lang med overløb til Øresund
  - Ca. 3x3 meter høj og bred
- Var tidligere en åben rende, men blev i 1930'erne tildækket.
- Håndterer regn- og spildevand og leder det væk fra boligområderne.
- Renoveret fra 2014-2016, så kapaciteten nu er endnu større.



# OVERLØBSBYGVÆRKET VED CONSTANTIA

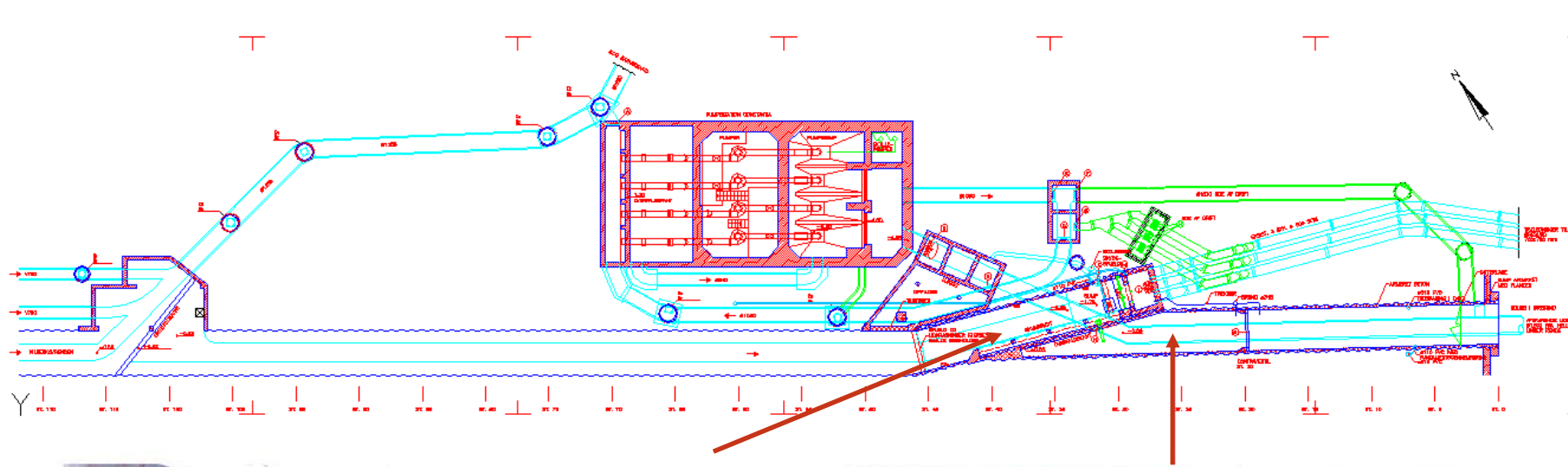


# OVERLØBSBYGVÆRKET (FORT.)

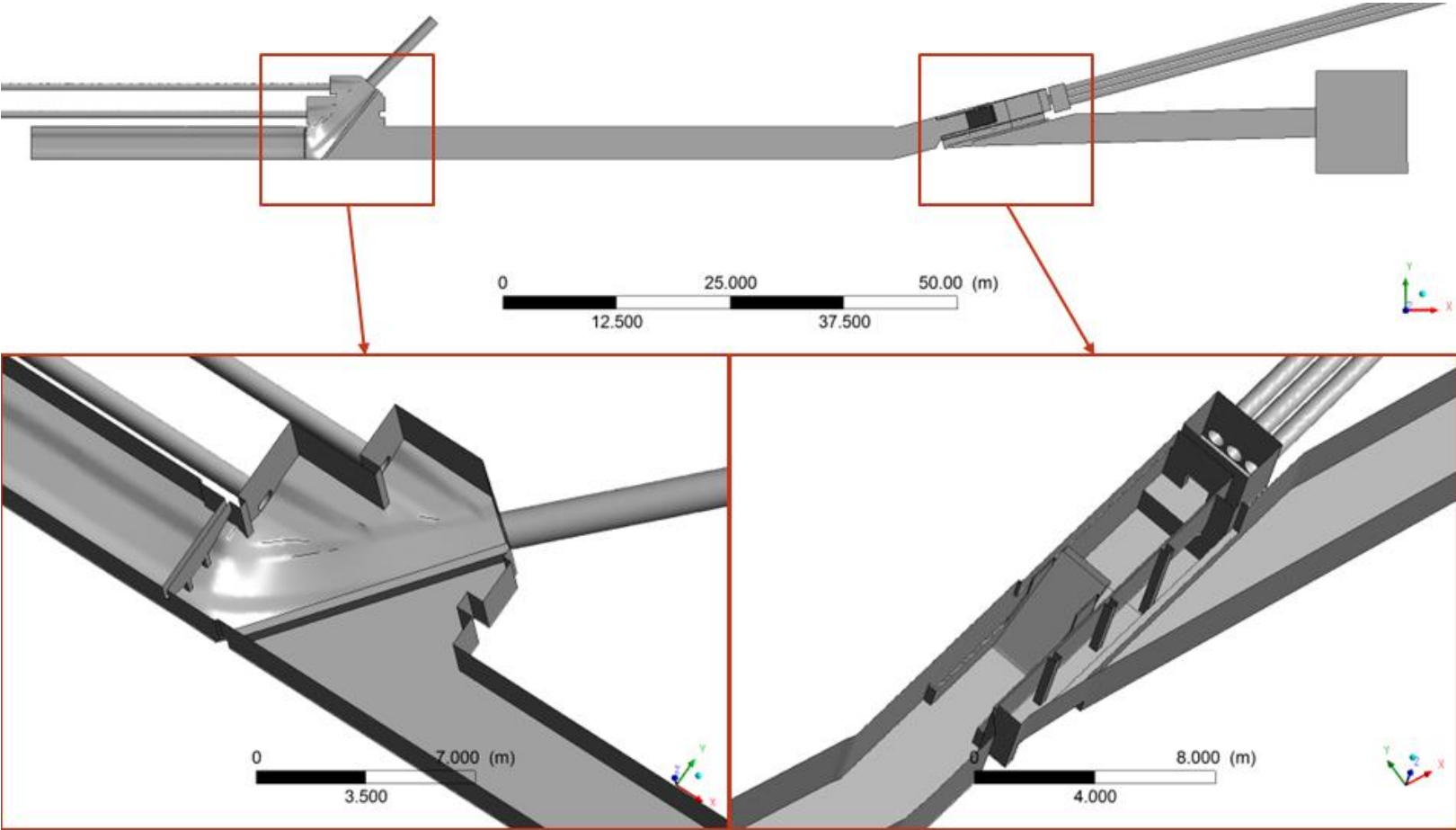


14/09/2011

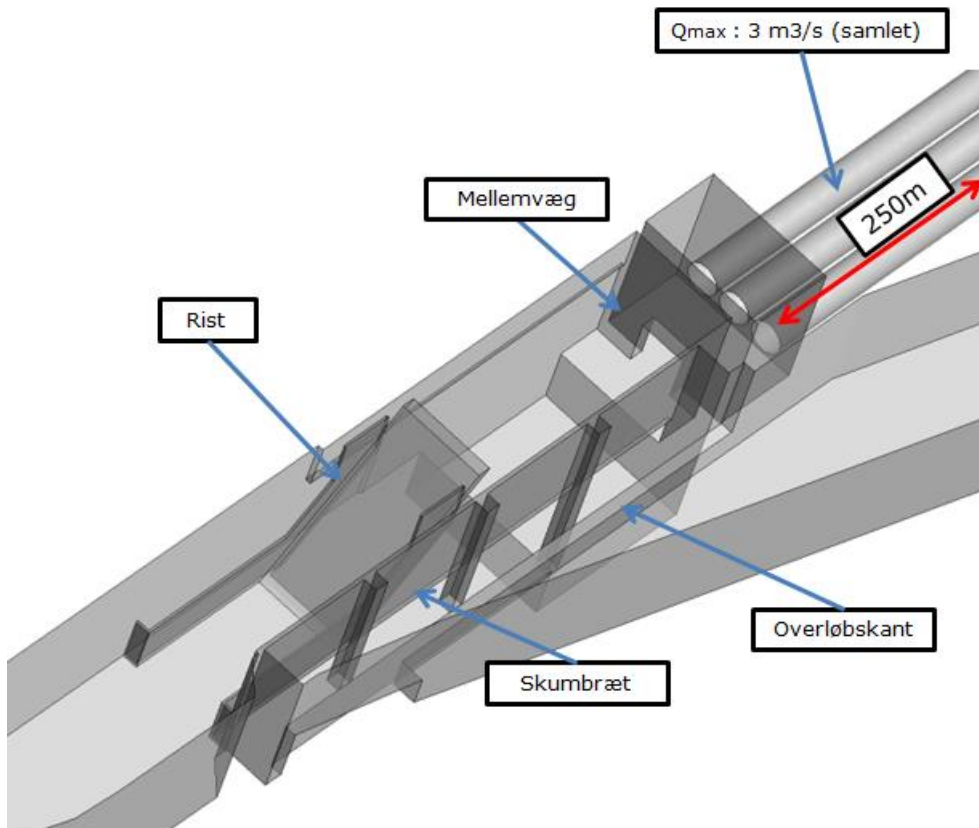
# OVERLØBSBYGVÆRKET (FORT.)



# 3D CAD MODEL



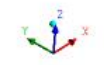
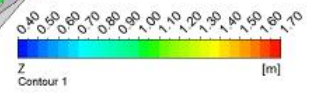
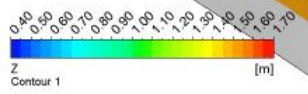
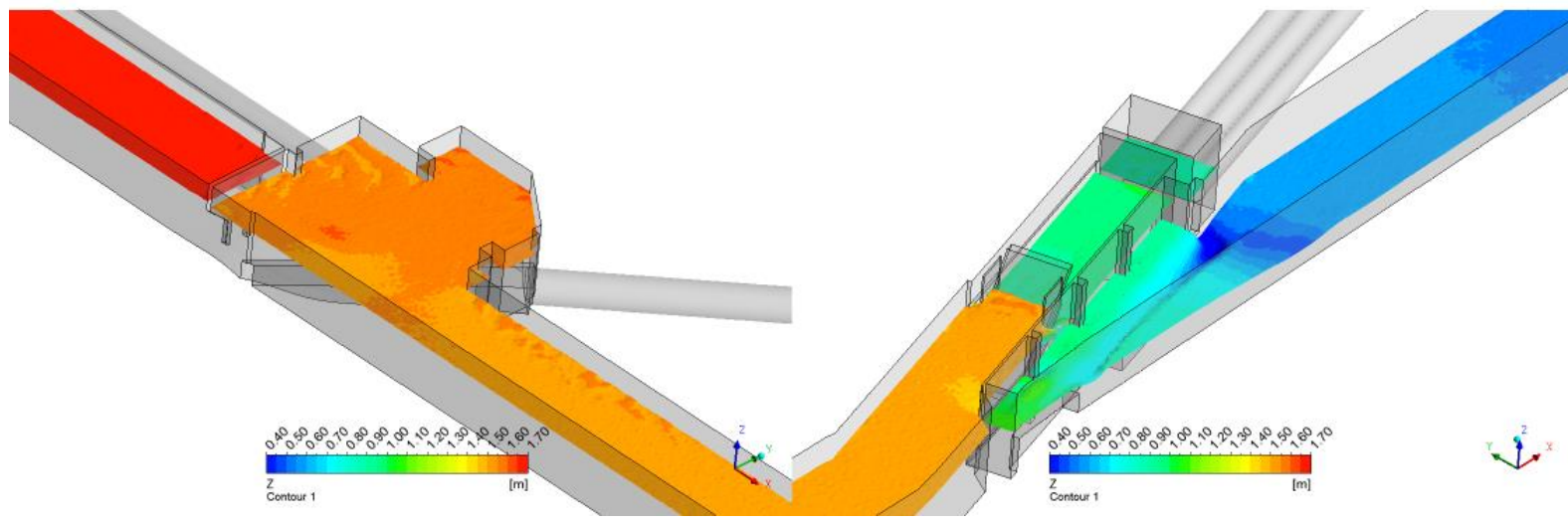
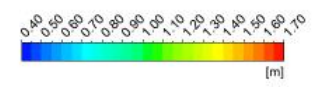
# UDFØRTE STRØMNINGSSIMULERINGER



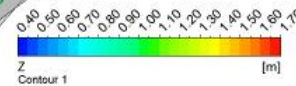
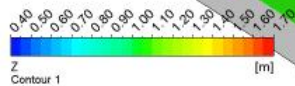
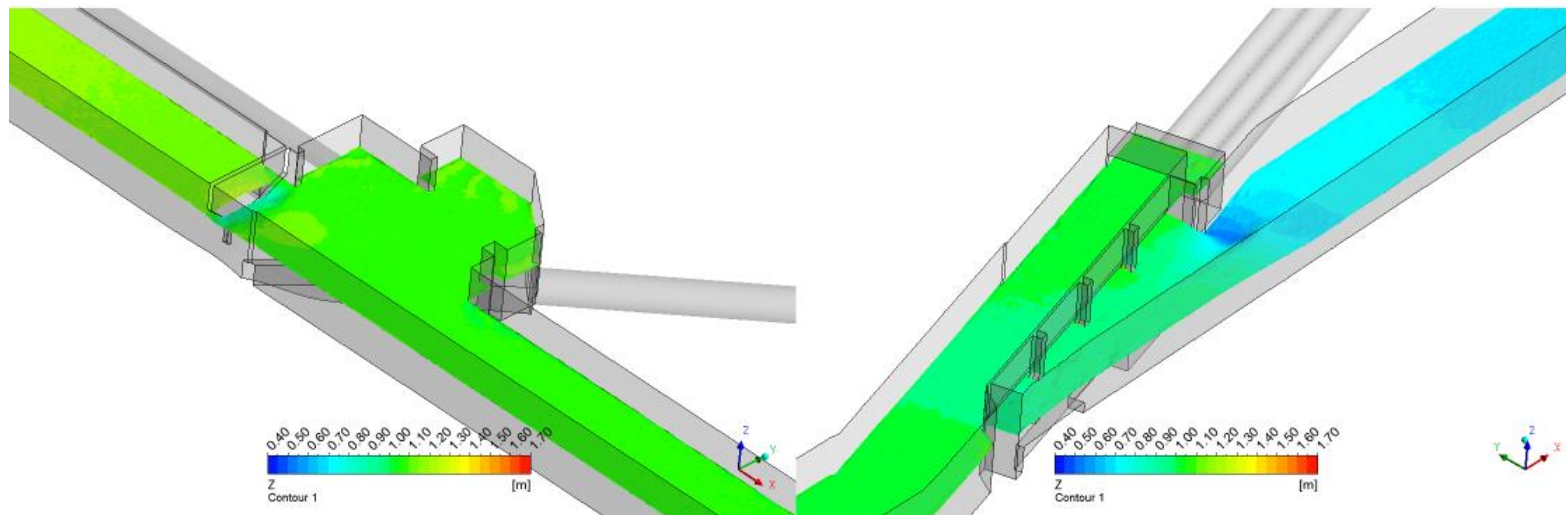
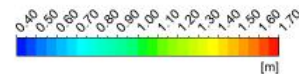
## Konfigurationer

1. Eksisterende udformning
2. Uden skumbræt
3. Uden skumbræt, uden rist
4. Uden skumbræt, uden rist, uden mellemvæg
5. Uden skumbræt, uden rist, uden mellemvæg, 0,3m lavere overløbskant ved forgreningspunkt nr. 2
6. Uden skumbræt, uden rist, uden mellemvæg, 0,3m lavere overløbskant ved forgreningspunkt nr. 2, højere vandstand i havet (0,25m)

# RESULTAT 1 - EKSISTERENDE UDFORMNING



# RESULTAT 5 - UDEN SKUMBRÆT, UDEN RIST



## OPSUMMERING - CONSTANTIA

- Alle de geometriske ændringer (fjernelse af risten, skumbrættet og sænkningen af overløbskanten) fører til en lavere strømningsmodstand
- Simuleringerne viser, at spjældet skaber en betydelig strømningsmodstand.
- En øgning af vandstanden i havet udenfor overløbsværket vil øge den generelle vandstandshøjde i bygningsværket.

Overdækning af  
kildeskovsrenden

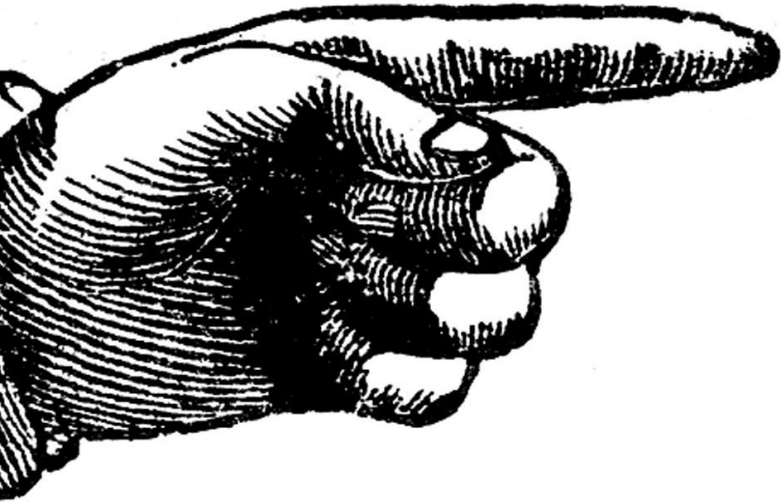
Nordvand A/S



# EKSEMPLER PÅ ANVENDELSE AF CFD INDENFOR AFLØBSTEKNIKKER

- Optimering af design af kloakbygværker med kompliceret geometri eller vanskelige strømningssforhold
- Justering af beskrivelsen af bygværker i endimensionelle modeller (MIKE URBAN eller lignende)
- Undersøgelse af punkter i med særligt store enkelttab
- Analyse af skybrudsløsninger, såsom skybrudsveje.

## ...VÆR SÆRLIGT OPMÆRKSOM PÅ:



- En 3D-CAD-model af den struktur, der skal regnes på, gør det meget nemmere at opstille en CFD-model – men det er ikke strengt nødvendigt
- Hvis CFD-beregninger skal give værdi til projektering eller ombygning af bygværker, bør det inddrages tidligt.
- Korrekte randbetingelser (flow og niveau) er afgørende. Ofte vil disse komme fra en hydraulisk model som eksempelvis MIKE URBAN, og det kan kræve flere iterationer før 1D og 3D-modellerne “passer sammen” .

**TAK FOR OPMÆRKSOMHEDEN!**