

Model Predictive Control of a Sewer System

June 14, 2018

Group 1030

Jacob Naundrup Pedersen

Thomas Holm Pilgaard

Department of Electronic Systems

Aalborg University

Denmark



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

Introduktion

Kloakker og rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

Typisk opbygning af kloak ledning

Agenda

Group 1030

2

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

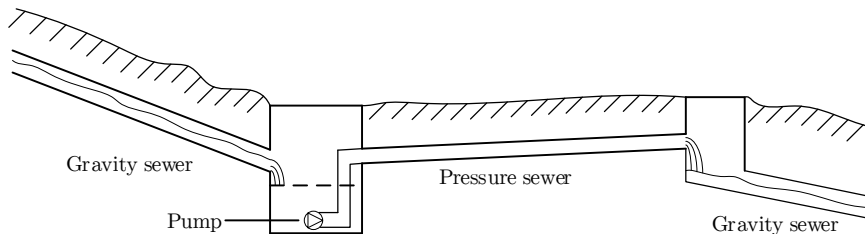
Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

3

► Aerob $\rightarrow O_2 \rightarrow H_2O$

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

3



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

3

- ▶ Aerob $\rightarrow O_2 \rightarrow H_2O$
- ▶ Anaerob $\rightarrow SO_4^{-2} \rightarrow H_2S$
- ▶ Anoxisk $\rightarrow NO_3^- \rightarrow N_2$



Udfordringer ved spildevands rensning

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preisssmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

4

- ▶ Virksomheds besøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.
 - ▶ Større udledninger uden varsel

47



Udfordringer ved spildevands rensning

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

4

► Virksomheds besøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.

- Større udledninger uden varsel
- Problemer for aerobe bakterier



Udfordringer ved spildevands rensning

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

4

► Virksomheds besøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.

- Større udledninger uden varsel
- Problemer for aerobe bakterier
- Andre forstyrrelser

Problem formulering

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

5

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

How can a simulation environment be constructed, which mimic the behavior of a real sewer system, where MPC is utilized as the control scheme to obtain stable sewage output such that optimal performance can be obtained from a WWTP.

Udgangspunkt i et virkeligt setup

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

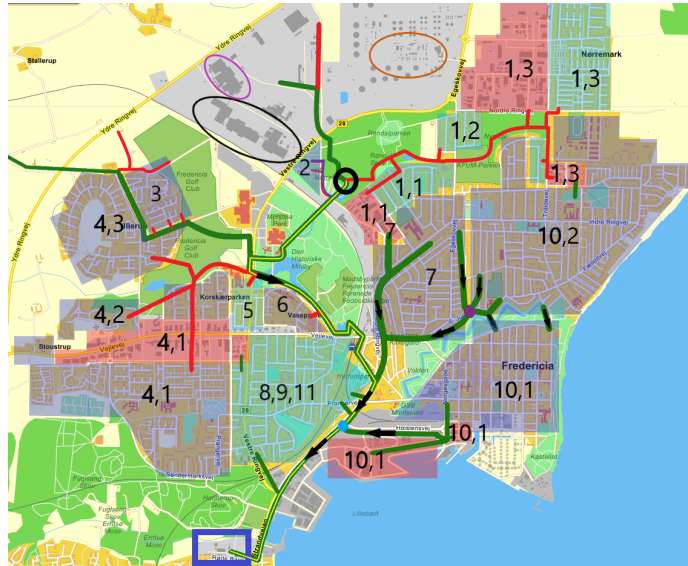
Control

Results

Discussion

Conclusion

6



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

7

- ▶ Data fra industri.
- ▶ Flow profiler af beboelse og mindre industri.

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

8

► Indsættelse af tank.

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

8

- ▶ Indsættelse af tank.
- ▶ Afgrænse simulering til enkelt kemisk component.

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

8

- ▶ Indsættelse af tank.
- ▶ Afgrænse simulering til enkelt kemisk component.
- ▶ Runde kloak rør.



4 modeller

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

9

- ▶ Kloak ledning.
- ▶ Transport af koncentrat i kloak ledning.
- ▶ Sammenkobling af kloakledninger.
- ▶ Tank.

Simulering

Struktur
Preisssmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

Kloak ledning

Saint-Venant ligningerne

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

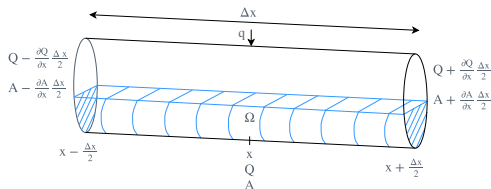
Results

Discussion

Conclusion

10

$$\triangleright \frac{\partial A(x, t)}{\partial t} + \frac{\partial Q(x, t)}{\partial x} = 0$$



47

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

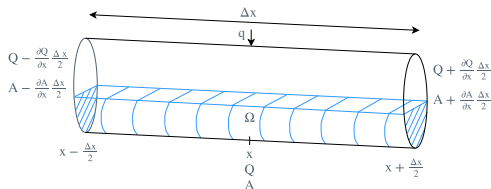
Discussion

Conclusion

10

$$\blacktriangleright \frac{\partial A(x, t)}{\partial t} + \frac{\partial Q(x, t)}{\partial x} = 0$$

$$\blacktriangleright \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{gA} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + \frac{\partial h}{\partial x} + S_f - S_b = 0$$



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preisssmann

Implementation

Control

Results

Discussion

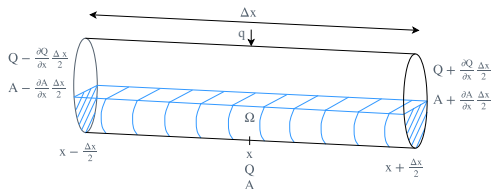
Conclusion

10

$$\triangleright \frac{\partial A(x, t)}{\partial t} + \frac{\partial Q(x, t)}{\partial x} = 0$$

$$\triangleright \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{gA} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + \frac{\partial h}{\partial x} + S_f - S_b = 0$$

- Approksimationer af momentum ligningen.



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preisssmann

Implementation

Control

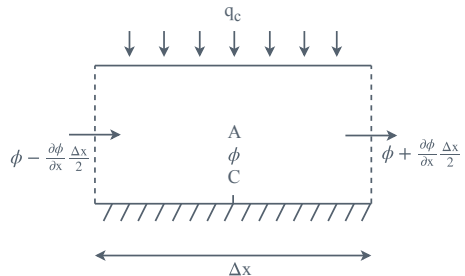
Results

Discussion

Conclusion

11

$$\blacktriangleright A \cdot \frac{\partial C}{\partial t} + Q \cdot \frac{\partial C}{\partial x} = 0$$



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

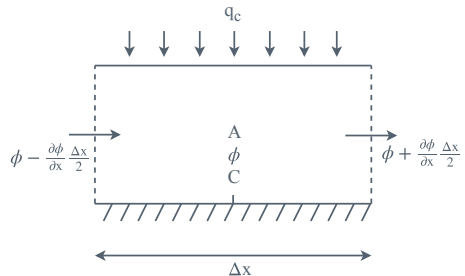
Discussion

Conclusion

11

$$\blacktriangleright A \cdot \frac{\partial C}{\partial t} + Q \cdot \frac{\partial C}{\partial x} = 0$$

\blacktriangleright Afhænger af kendt A og Q .



Sammenkobling af kloak ledninger

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

12

► $Q_3 = Q_1 + Q_2$

Simulering

Struktur
Preissmann

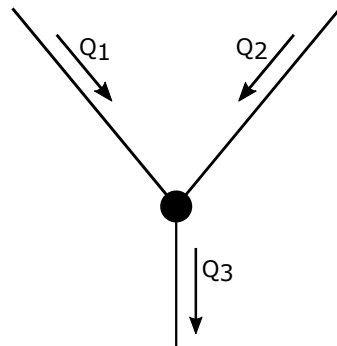
Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion



Sammenkobling af kloak ledninger

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

12

► $Q_3 = Q_1 + Q_2$

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

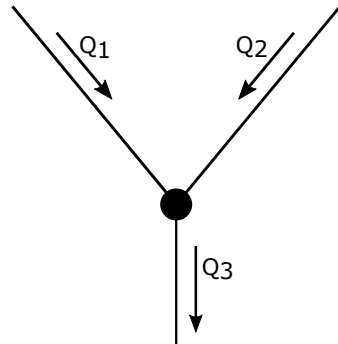
Control

Results

Discussion

Conclusion

► $C_3 = \frac{C_1 \cdot Q_1 + C_2 \cdot Q_2}{Q_1 + Q_2}$



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

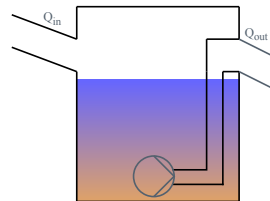
Results

Discussion

Conclusion

13

$$\blacktriangleright \frac{dh(t)}{dt} = \frac{1}{A} (Q_{in}(t) - u(t) \cdot \bar{Q})$$



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

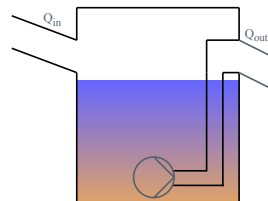
Discussion

Conclusion

13

$$\blacktriangleright \frac{dh(t)}{dt} = \frac{1}{A} \left(Q_{in}(t) - u(t) \cdot \bar{Q} \right)$$

$$\blacktriangleright \frac{dC_{tank}(t)}{dt} = \frac{1}{A} \left(C_{in}(t) \cdot \frac{Q_{in}(t)}{h(t)} - C_{tank}(t) \cdot \frac{Q_{out}(t)}{h(t)} \right)$$





Tre dele

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

14

- **Intialisering**
- Opsætning af komponenter.

47

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

- **Intialisering**
- Opsætning af komponenter.
- System i steady state.

14

47

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

14

- ▶ **Intialisering**
- ▶ Opsætning af komponenter.
- ▶ System i steady state.
- ▶ **Simulering**

47

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

14

- ▶ **Intialisering**
- ▶ Opsætning af komponenter.
- ▶ System i steady state.
- ▶ **Simulering**
- ▶ Iterativ beregning af komponenterne

47

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

14

- ▶ **Intialisering**
- ▶ Opsætning af komponenter.
- ▶ System i steady state.
- ▶ **Simulering**
- ▶ Iterativ beregning af komponenterne
- ▶ **Gennemgang af resultat**

47

Playback funktion

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

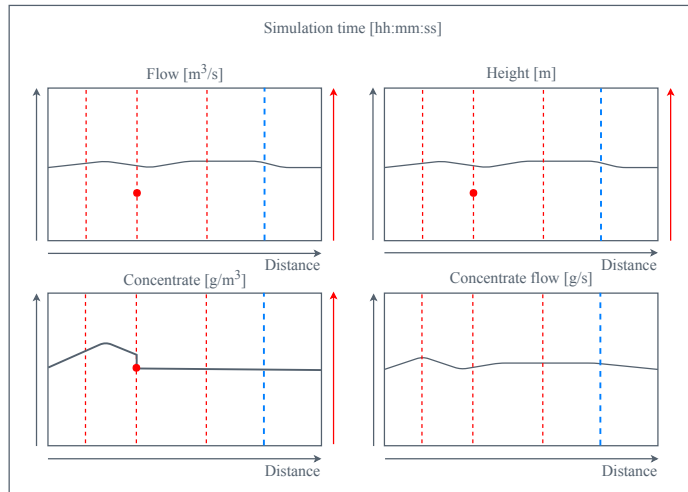
Control

Results

Discussion

Conclusion

15



47

Preissmann basic

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

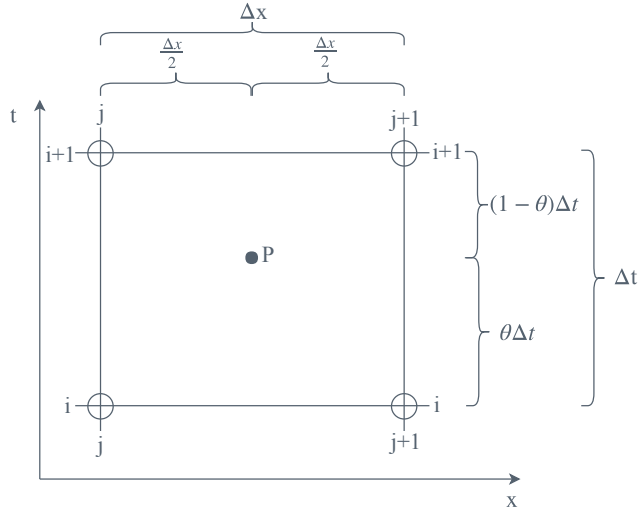
Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion



Preissmann iteration

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

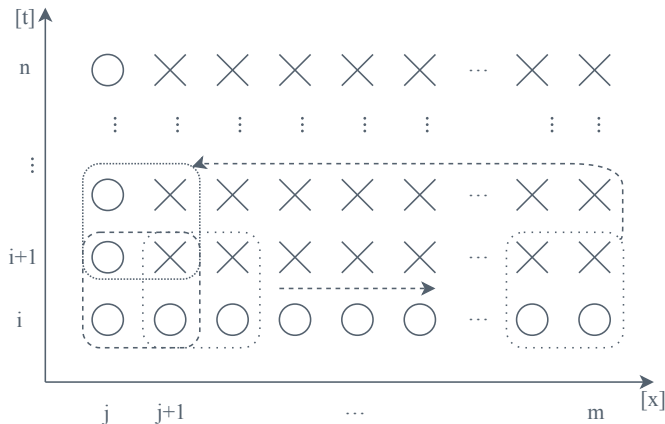
Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion





Preissmann stabilitet/præcision

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

18

$$\blacktriangleright C_r = \frac{\sqrt{g \cdot \bar{H} \cdot \Delta t}}{\Delta x}$$

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

47

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

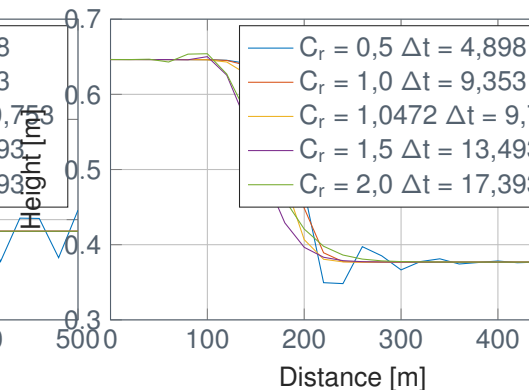
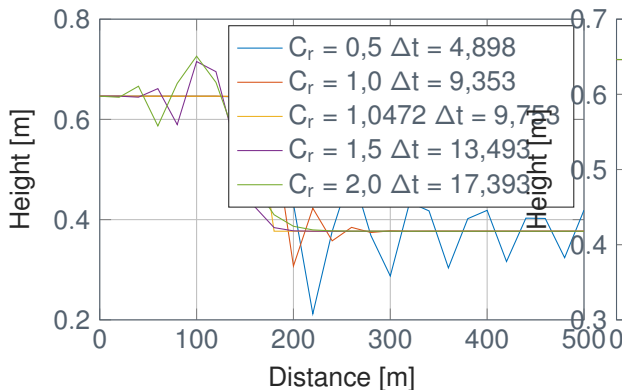
Control

Results

Discussion

Conclusion

19





Overview

Jacob Naundrup Pedersen

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

- Implementation
- Control
- Results
- Discussion
- Conclusion

20

47

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

21

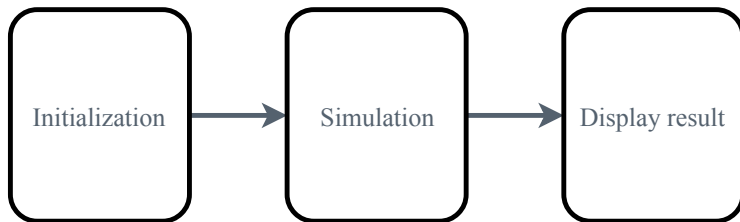


Figure: Chosen structure of simulation environment.

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

22

1. Pipe

- ▶ Length [m]
- ▶ Sections (Number of sections the pipe should be split in to)
- ▶ S_b (Slope) [‰]
- ▶ $\Delta x = \text{Length} / \text{Sections}$ [m]
- ▶ Diameter [meter]
- ▶ Theta (parameter used in Preissmann scheme)
- ▶ $Q_f [\text{m}^3/\text{s}]$
- ▶ Side/lateral inflow present
- ▶ Section location in data

2. Tank

- ▶ Size [m^3]
- ▶ Height [m]
- ▶ Area = Size / Height [m^2]
- ▶ Maximum outflow [m^3/s]
- ▶ Section location in data

Table: List of parameters for pipe and tank.

Agenda

Group 1030

- Introduktion
- Kloakker og rensningsanlæg generelt
- Problem formulering
- System beskrivelse
- Løsninger og begrænsninger
- Modellering
- Simulering
- Struktur
- Preissmann
- Implementation**
- Control
- Results
- Discussion
- Conclusion

23

Fields	length	sections	Dx	Sb	d	Theta	Qf	side_inflow	data_location
1	700	35	20	0.0030	0.9000	0.6500	0.9730	0	1
2	303	15	20.2000	0.0030	0.9000	0.6500	0.9730	0	3
3	27	2	13.5000	0.0030	1	0.6500	1.2843	1	4
4	155	8	19.3750	0.0041	1	0.6500	1.5014	0	5
5	295	14	21.0714	0.0122	0.8000	0.6500	1.4386	0	6
6	318	15	21.2000	0.0053	0.9000	0.6500	1.2932	1	7
7	110	5	22	0.0036	0.9000	0.6500	1.0658	1	8
8	38	2	19	0.0024	1	0.6500	1.1487	1	9
9	665	30	22.1667	0.0030	1	0.6500	1.2843	1	10
10	155	7	22.1429	8.0000e-04	1	0.6500	0.6632	0	11
11	955	47	20.3191	0.0029	1.2000	0.6500	2.0415	1	12
12	304	15	20.2667	0.0030	1.2000	0.6500	2.0764	0	13
13	116	5	23.2000	0.0021	1.2000	0.6500	1.7373	1	14
14	283	12	23.5833	0.0017	1.4000	0.6500	2.3463	1	15
15	31	2	15.5000	0.0019	1.4000	0.6500	2.4805	1	16
16	125	6	20.8333	0.0021	1.6000	0.6500	3.7075	0	17
17	94	4	23.5000	0.0013	1.5000	0.6500	2.4609	0	18
18	360	18	20	0.0046	1.6000	0.6500	5.4872	1	19
19	736	38	19.3684	0.0012	1.6000	0.6500	2.8026	0	20

Figure: Setup in MATLAB of pipe specification of the main line in Fredericia.

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

Field ▲	Value
size	90
height	10
area	9
Q_out_max	0.9730
data_location	2

Figure: Setup in MATLAB of tank specifications.

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion




Fields	 type	 component	 sections
1	'Pipe'	1	35
2	'Tank'	1	1
3	'Pipe'	18	245
4	'Total'	20	281

Figure: Display of structure showing system setup information in MATLAB.

25

47

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

26

Control

Results

Discussion

Conclusion

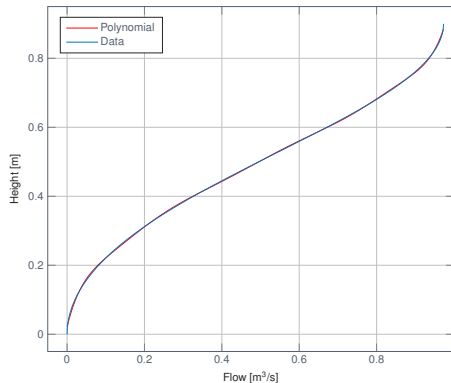


Figure: Comparison between data obtained by equation ?? and the same data curve fitted to a ninth order polynomial.

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

27

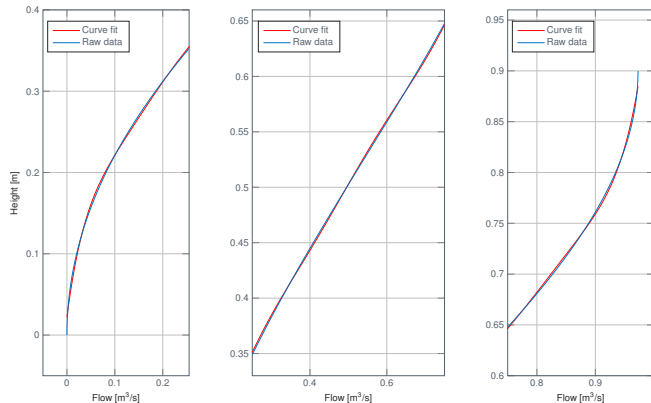


Figure: Comparison between data obtained by equation ?? and the same data curve fitted to a ninth order polynomial.

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

28

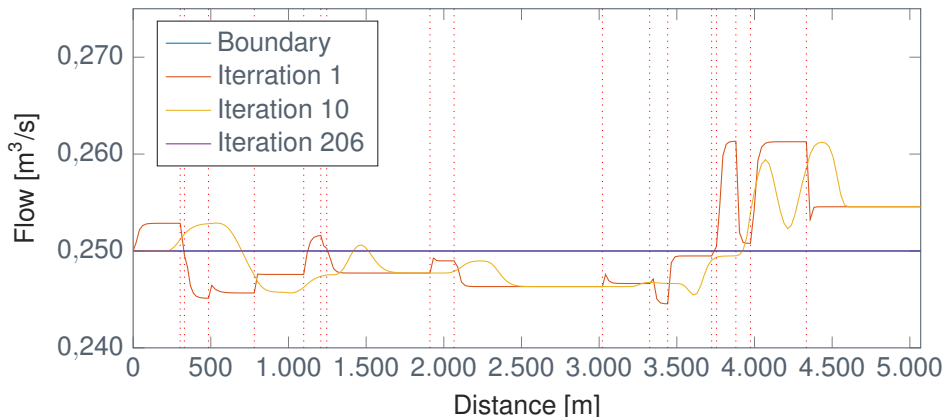


Figure: Height and flow of pipe setup from part of Fredericia where boundary conditions is found by fitted polynomial. Various amount of iterations, with constant flow input of $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$, is performed. The dotted line indicates pipe intersections.

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

29

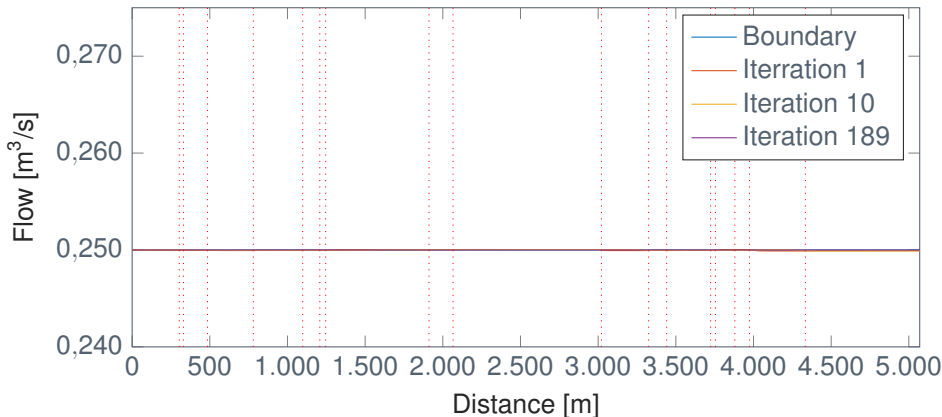


Figure: Height and flow of pipe setup from part of Fredericia where boundary conditions is found by lookup table. Various amount of iterations, with constant flow input of $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$, is performed. The dotted line indicates pipe intersections.



Implementation

Simulation

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

► Preissmann scheme

30

47

Implementation Display

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

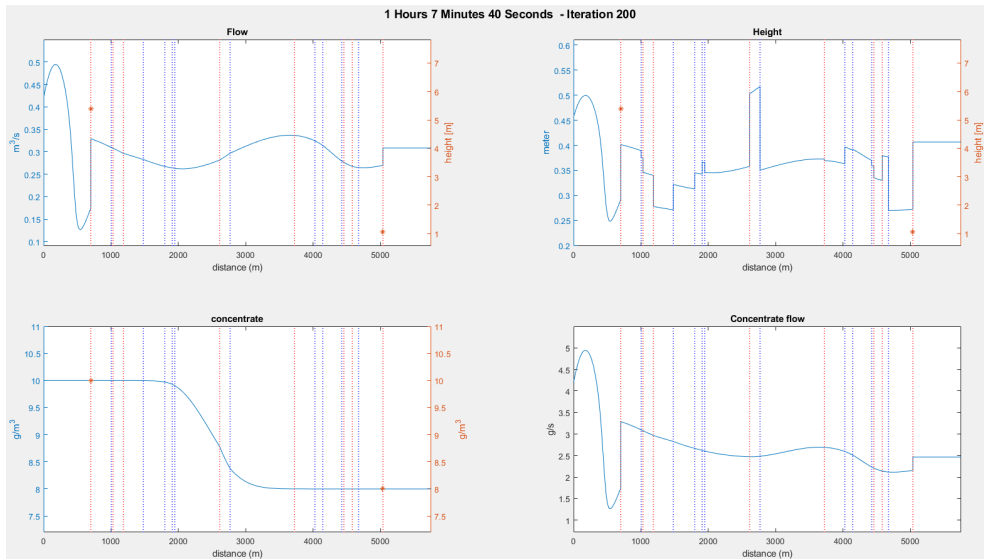
Results

Discussion

Conclusion

31

47



Figure



Control

Linearization

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

32

Results

Discussion

Conclusion



Control

Linearization

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

33

Results

Discussion

Conclusion



Control

Linearization

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

- ▶ Sinus
- ▶ Flow profiles

34

47

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

35

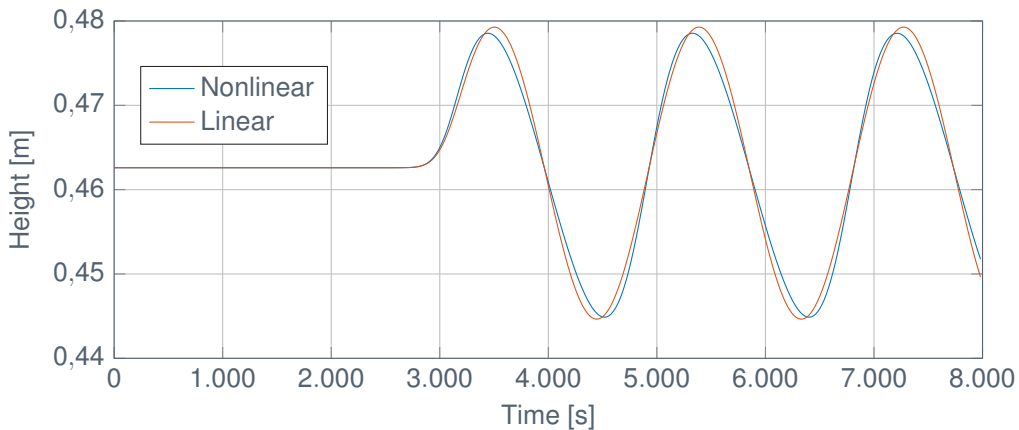


Figure: Comparison of the nonlinear and linear model at the last pipe in the setup.



Control MPC

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

- ▶ Cost function
- ▶ Constraints
- ▶ Linear model

36

47

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

37

- ▶ Bestemmelse af Prediction horizon
 - ▶ Flow profiler
 - ▶ Industri
- ▶ Begrænsning af Prediction horizon

47

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

38

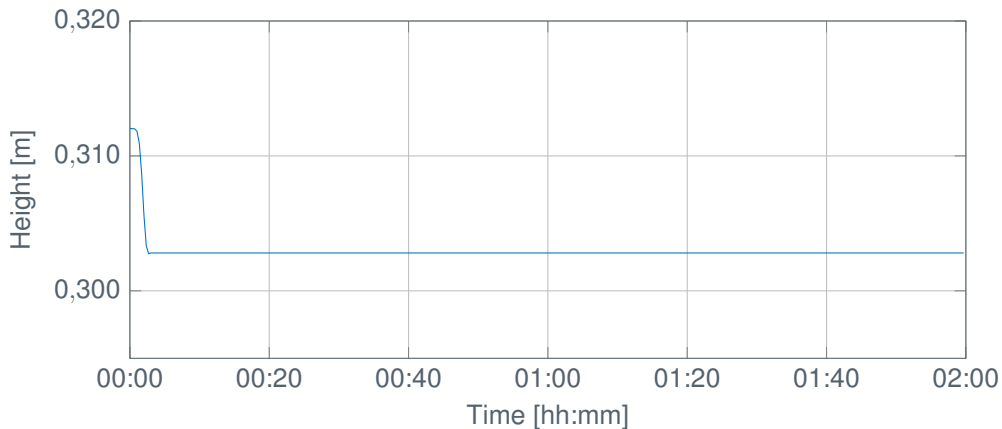


Figure: Output of the last pipe.

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

39

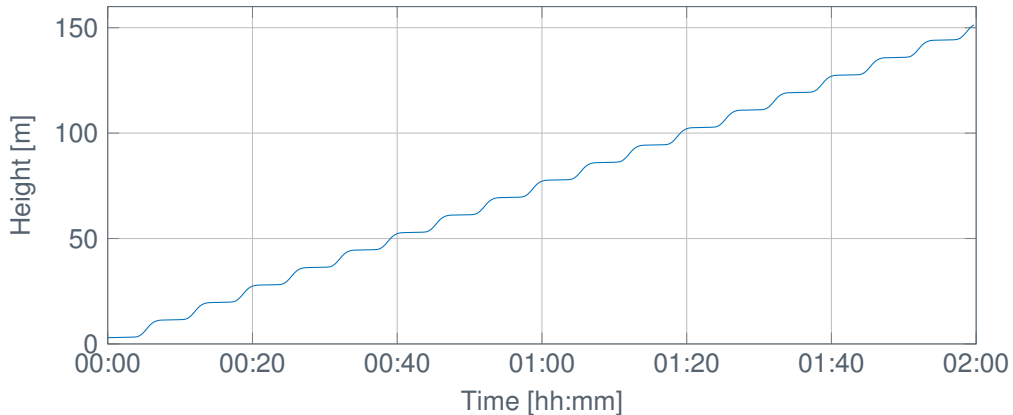


Figure: Height in the tank.

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

40

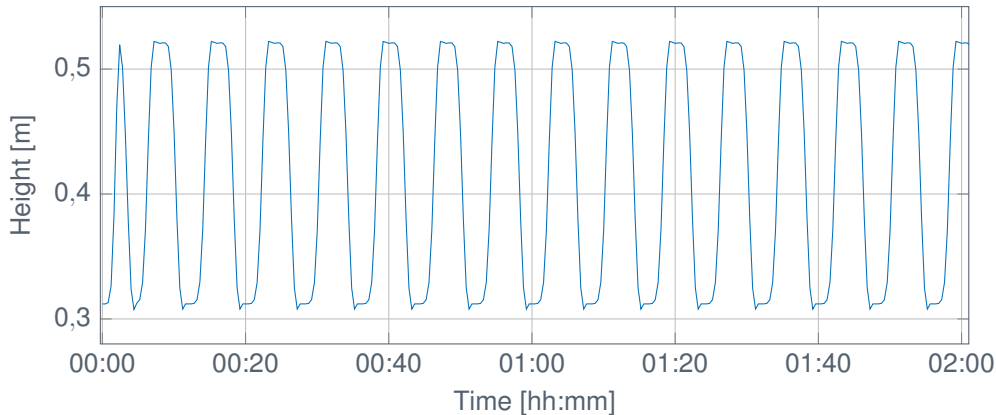


Figure: Output of the last pipe in the second simulation run.

47

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

41

- System setup
- Flow profiles

Type	Component	Sections
Pipe	1	35
Tank	1	1
Pipe	17	207
Tank	1	1
Pipe	1	38
Total	21	282

Table: System setup.

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

42

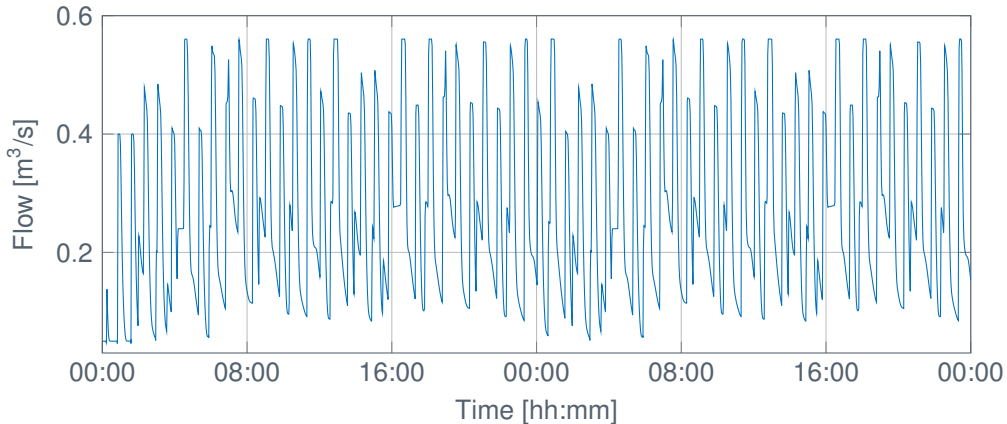


Figure: Output of the last pipe into the WWTP.

47

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

43

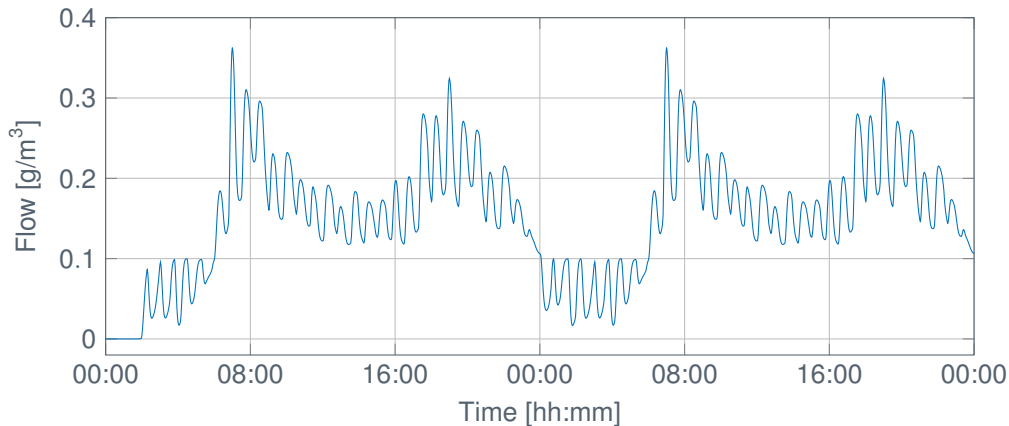


Figure: Simulation of COD output of the last pipe into the WWTP.



Results

Second test

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

44

- Over dimensioneret tank
- Konstant output af tank

47

Results

Second test

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt
Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

45

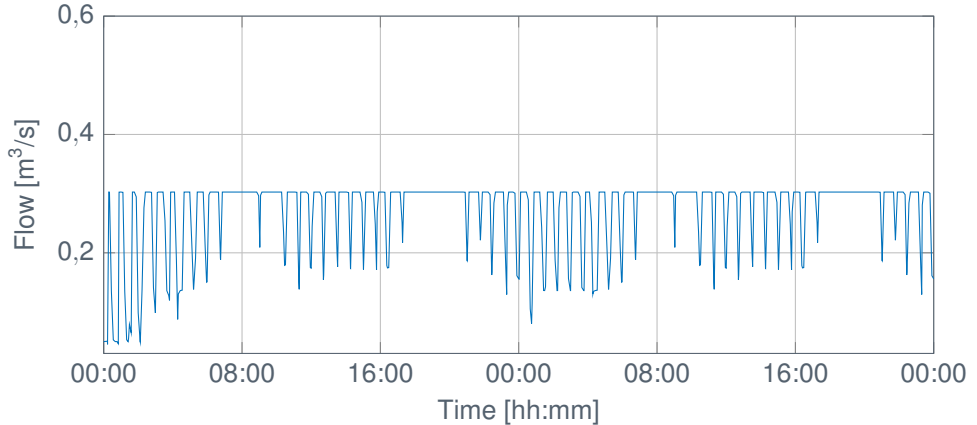


Figure: Output of the last pipe in to the WWTP, where a tank has been placed in front to reduce variation in flow into WWTP.

47



Discussion

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

46

- ▶ Courant's number
- ▶ Model reduction

47



Conclusion

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og
begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann

Implementation

Control

Results

Discussion

Conclusion

47

► Simulation

► MPC

47