

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

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

Introduktion

Kloakker og rensningsanlæg
Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

Typisk opbygning af kloak ledning

Agenda

Group 1030

2

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

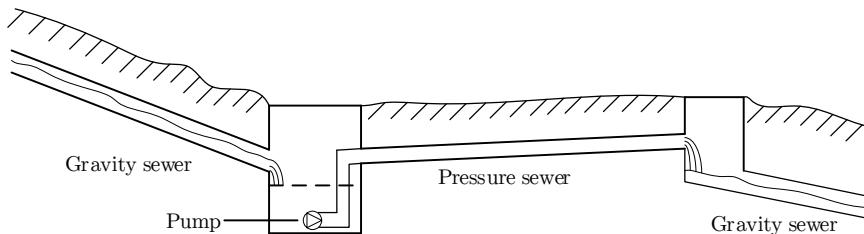
Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion



Rensning af spildevand

Agenda

Group 1030

3

Introduktion

Kloaker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

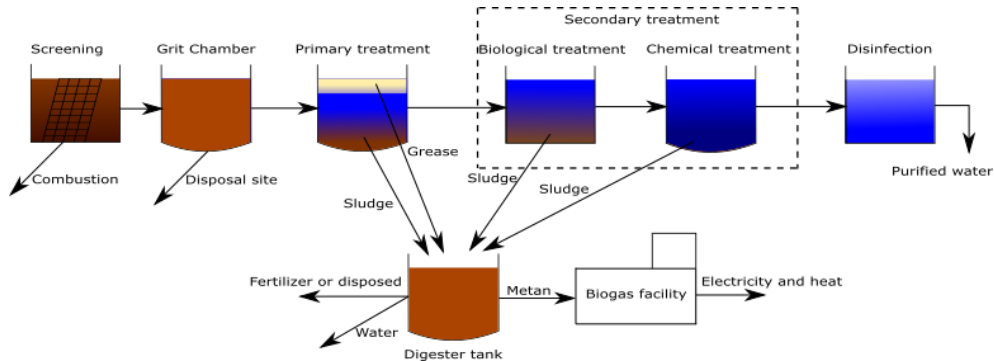
Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

4

► Virksomhedsbesøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

4

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

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

4

- ▶ Virksomhedsbesøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.
 - ▶ Større udledninger uden varsel
 - ▶ Problemer for aerobe bakterier

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

4

► Virksomhedsbesøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.

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

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

5

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

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
Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

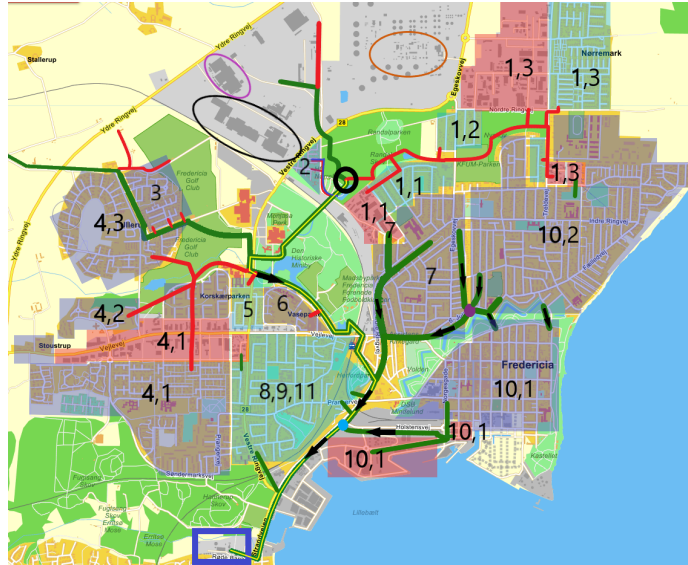
Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

6



Udgangspunkt i et virkeligt setup

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg
Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

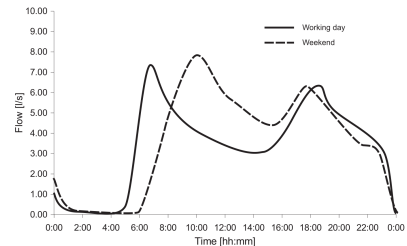
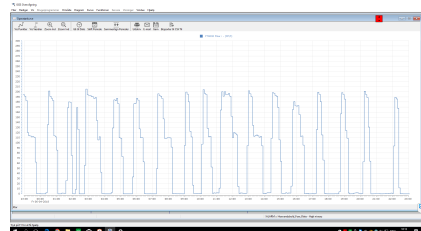
Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

7

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





Løsninger og afgrænsninger

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

8

► Indsættelse af tank

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

8

► Indsættelse af tank

► Afgrænse simulering til enkelt kemisk komponent

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

8

- Indsættelse af tank
- Afgrænse simulering til enkelt kemisk komponent
- Runde kloakrør

4 modeller

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

9

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Kloakledning

► Transport af koncentrat i kloakledning

► Sammenkobling af kloakledninger

► Tank

4 modeller

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

9

► Kloakledning

- Saint-Venant
- Kontinuitet:
- Impuls:
- Antagelser

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

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

► Transport af koncentrat i kloakledning

► Sammenkobling af kloakledninger

► Tank

4 modeller

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

9

► Kloakledning

- Saint-Venant
- Kontinuitet:
- Impuls:
- Antagelser

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

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

► Transport af koncentrat i kloakledning

- Afhænger af flow i kloakledning
- Antagelser

► Sammenkobling af kloakledninger

► Tank

36

4 modeller

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Kloakledning

► Saint-Venant

► Kontinuitet:

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

► Impuls:

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

► Antagelser

► Transport af koncentrat i kloakledning

► Afhænger af flow i kloakledning

► Antagelser

► Sammenkobling af kloakledninger

► Summering af flow og koncentrat

► Antagelser

► Tank

9

36

4 modeller

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

9

► Kloakledning

- Saint-Venant
- Kontinuitet:
- Impuls:
- Antagelser

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

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

► Transport af koncentrat i kloakledning

- Afhænger af flow i kloakledning
- Antagelser

► Sammenkobling af kloakledninger

- Summering af flow og koncentrat
- Antagelser

► Tank

- Ændring i højde og koncentrat
- Antagelser

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Initialisering

10

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Initialisering

► Opsætning af komponenter

10

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Initialisering

► Opsætning af komponenter

► System i steady state

10

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Initialisering

► Opsætning af komponenter

► System i steady state

► Simulering

10

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Initialisering

► Opsætning af komponenter

► System i steady state

► Simulering

► Iterativ beregning af komponenterne

10

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Initialisering

► Opsætning af komponenter

► System i steady state

► Simulering

► Iterativ beregning af komponenterne

► Gennemgang af resultat

10

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Kinematisk bølge approksimation

► $S_b = S_f$

► Fyldningsgrads kurve for rør

11

36

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

Kontrol

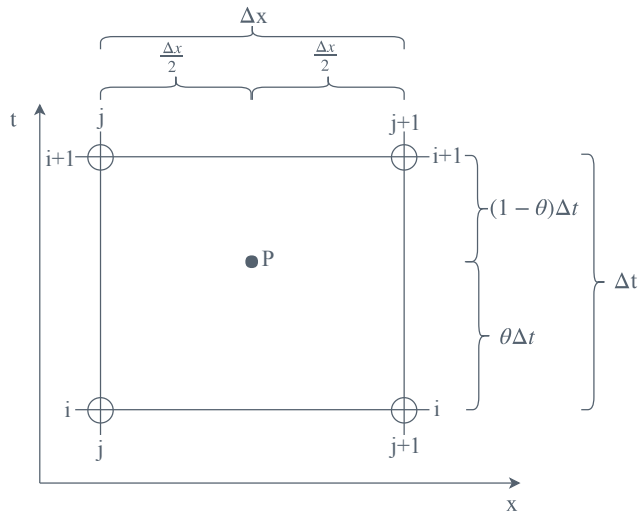
Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

12



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann
Implementering

Kontrol

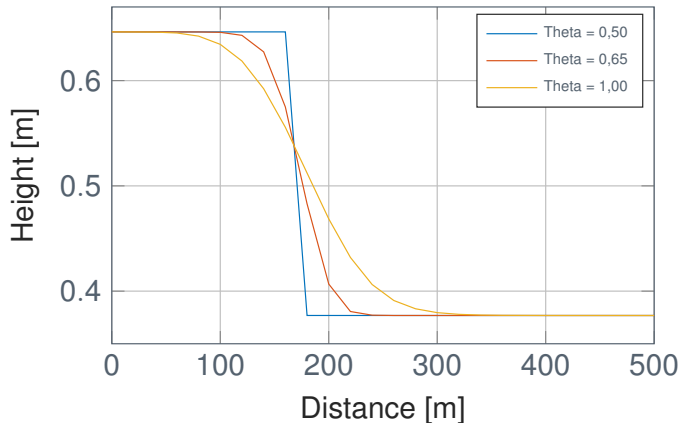
Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

13

► Ubetinget
stabilitet



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Indikation af præcision

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

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann
Implementering

Kontrol

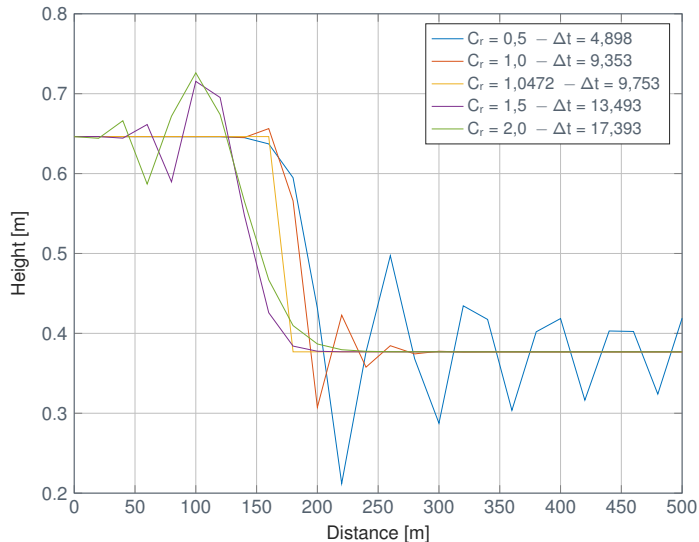
Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

15



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann
Implementering

Kontrol

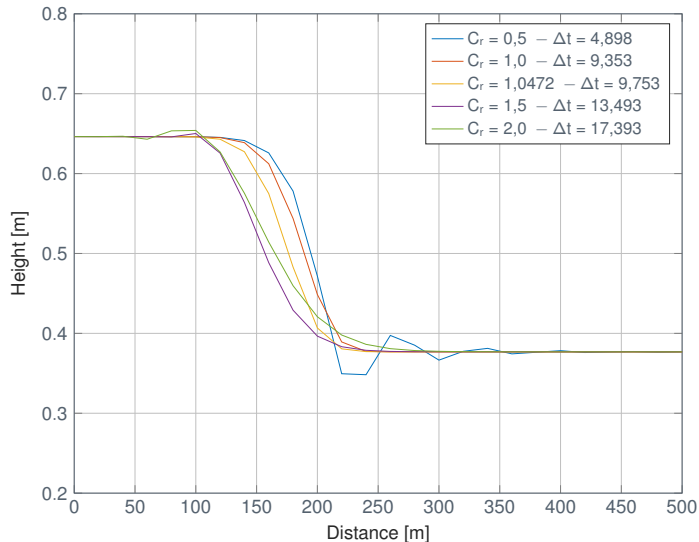
Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

16





Indhold

Jacob Naundrup Pedersen

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

17

Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

- Implementering
- Kontrol
- Resultater
- Diskussion/Konklusion

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

18

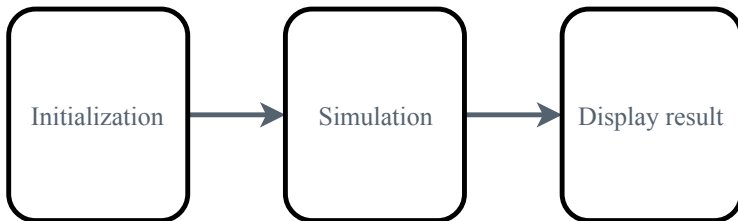
Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

19

Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

1. Rør

- ▶ Længde [m]
- ▶ Sektioner
- ▶ S_b (Hældning) [‰]
- ▶ $\Delta x = \text{Længde/Sektioner}$ [m]
- ▶ Diameter [m]
- ▶ Theta
- ▶ Q_f [m³/s]
- ▶ Side inflow
- ▶ Placering i data

2. Tank

- ▶ Størrelse [m³]
- ▶ Højde [m]
- ▶ $\text{Areal} = \text{Størrelse} / \text{Højde}$ [m²]
- ▶ Maksimum outflow [m³/s]
- ▶ Placering i data

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg
Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

20




Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

- Steady state
- System opsætning

Fields	 type	 component	 sections
1	'Pipe'	1	35
2	'Tank'	1	1
3	'Pipe'	17	207
4	'Tank'	1	1
5	'Pipe'	1	38
6	'Total'	21	282

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

21

Kontrol

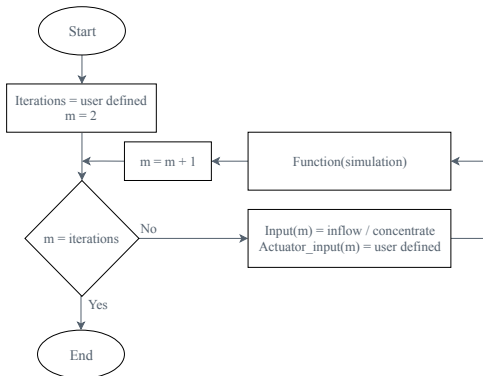
Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Beregner parameter for hvert tidsskridt



Implementering Display

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg
Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

Kontrol

Linearisering

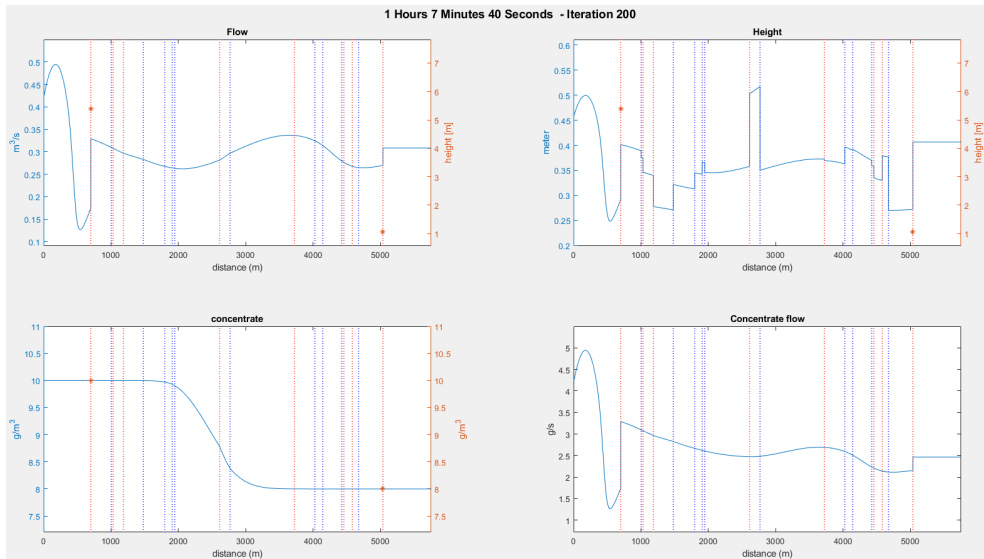
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

22

36



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Lineær model til MPC

► Linearisering af kontinuitets ligningen

► Højde states

► Preissmann scheme

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

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

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg
Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Opstilles på state space form

$$\begin{bmatrix} \underbrace{\frac{1}{2\Delta t} \frac{\partial A}{\partial h} - \frac{\theta}{\Delta x} \frac{\partial Q}{\partial h}}_a & \underbrace{\frac{1}{2\Delta t} \frac{\partial A}{\partial h} + \frac{\theta}{\Delta x} \frac{\partial Q}{\partial h}}_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_j^{i+1} \\ h_{j+1}^{i+1} \end{bmatrix} =$$

$$- \begin{bmatrix} \underbrace{\frac{-1}{2\Delta t} \frac{\partial A}{\partial h} - \frac{(1-\theta)}{\Delta x} \frac{\partial Q}{\partial h}}_c & \underbrace{\frac{-1}{2\Delta t} \frac{\partial A}{\partial h} + \frac{(1-\theta)}{\Delta x} \frac{\partial Q}{\partial h}}_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_j^i \\ h_{j+1}^i \end{bmatrix}$$

24

36

Kontrol

Opsætning på state space

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg
Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & b_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_1 & b_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{m-1} & b_m \end{bmatrix}}_{\xi} \underbrace{\begin{bmatrix} h_0^{i+1} \\ h_1^{i+1} \\ h_2^{i+1} \\ \vdots \\ h_m^{i+1} \end{bmatrix}}_{x(k+1)} = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ c_0 & d_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & c_1 & d_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & c_{m-1} & d_m \end{bmatrix}}_A \underbrace{\begin{bmatrix} h_0^i \\ h_1^i \\ h_2^i \\ \vdots \\ h_m^i \end{bmatrix}}_{x(k)} + \underbrace{\begin{bmatrix} 1 \\ -a_0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}}_B h_0^{i+1} + \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{dh}{dQ} \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}}_{B_d} d_0^{i+1}$$

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

- e - Forøgelse af højde i tank(inflow)
- f - Reducering af højde i tank(Outflow)
- g - Inflow i efterfølgende rør

$$\underbrace{\begin{bmatrix} b_{1,2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & a_{2,1} & b_{2,2} \end{bmatrix}}_{\xi} \underbrace{\begin{bmatrix} h_{1,2}^{i+1} \\ h_{tank}^{i+1} \\ h_{2,0}^{i+1} \\ h_{2,1}^{i+1} \end{bmatrix}}_{x(k+1)} \\
 = \underbrace{\begin{bmatrix} d_{1,2} & 0 & 0 & 0 \\ e & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c_{2,0} & d_{2,1} \end{bmatrix}}_A \underbrace{\begin{bmatrix} h_{1,2}^i \\ h_{tank}^i \\ h_{2,0}^i \\ h_{2,1}^i \end{bmatrix}}_{x(k)} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -f \\ 0 & g \\ 0 & 0 \end{bmatrix}}_B \begin{bmatrix} h_0^{i+1} \\ u_{tank} \end{bmatrix}$$

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

- ▶ Samligning af ulineær og lineær model for små forstyrrelser
- ▶ System setup
- ▶ Sinus input

Type	Components	Sections
Pipe	1	35
Tank	1	1
Pipe	18	227
Total	20	263

27

36

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering

MPC

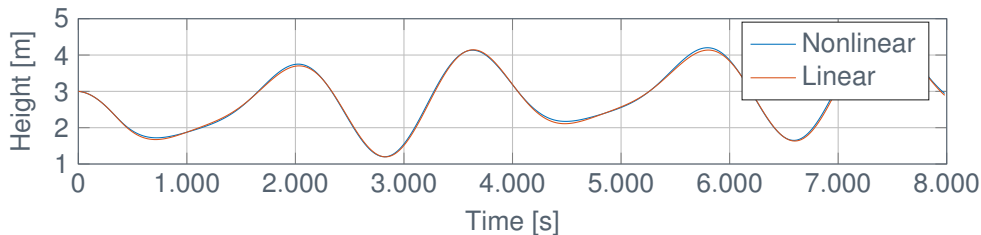
Resultat

Diskussion/Konklusion

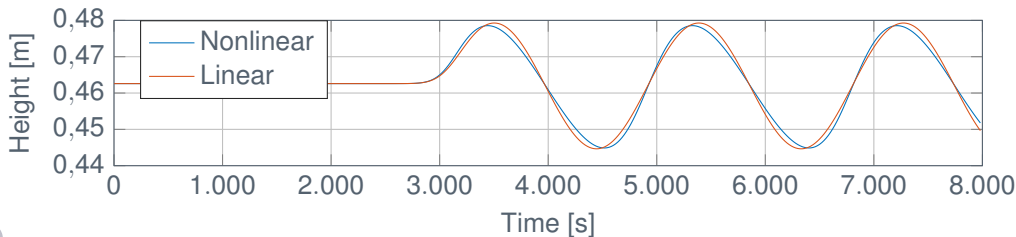
28

36

Tank højde



Output af sidste rør



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

- ▶ Cost funktion
 - ▶ Afgrænset til at minimiere flow variationer
- ▶ Constraints
 - ▶ Højde
 - ▶ Kontrol input
- ▶ Prediktions model

29

36

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg
Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

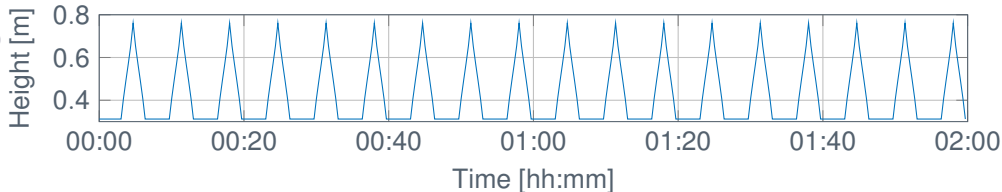
Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

- Begrænset i længde af prediktions horisont
- System setup
- Forstyrrelses input

Fields	ch type	component	sections
1	'Pipe'	1	5
2	'Tank'	1	1
3	'Pipe'	1	5
4	'Total'	3	11



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

Kontrol

Linearisering

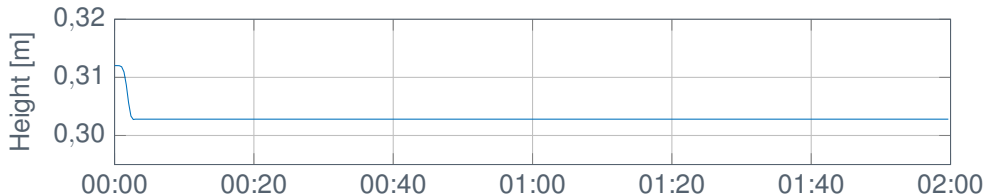
MPC

Resultat

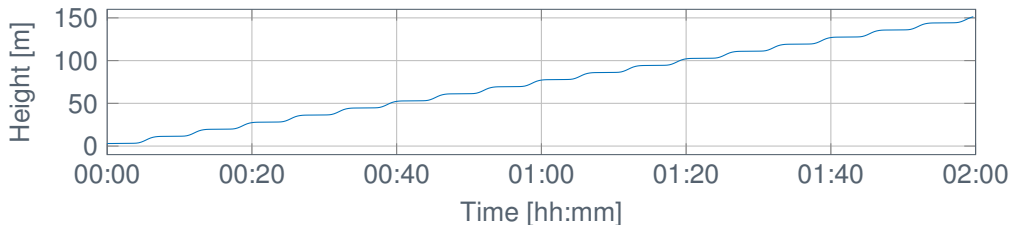
Diskussion/Konklusion

31

Input højde i rør efter tank



Tank højde



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg
Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

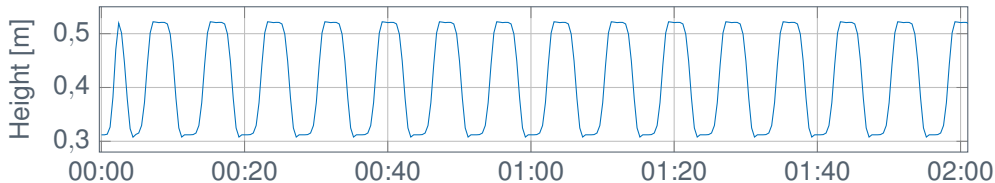
Linearisering
MPC

Resultat

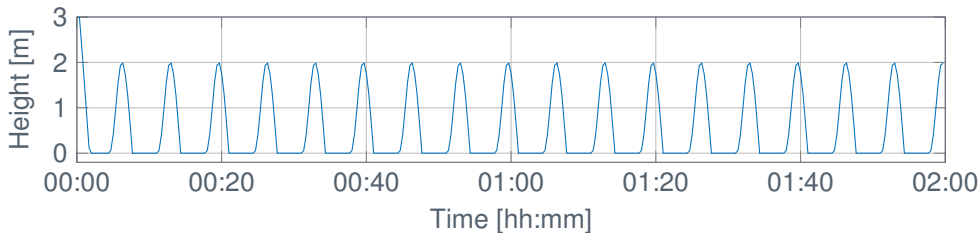
Diskussion/Konklusion

32

Input højde i rør efter tank



Tank højde



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

- System setup, efterligning af Fredericia
- Flow profiler

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

33

36

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

Kontrol

Linearisering

MPC

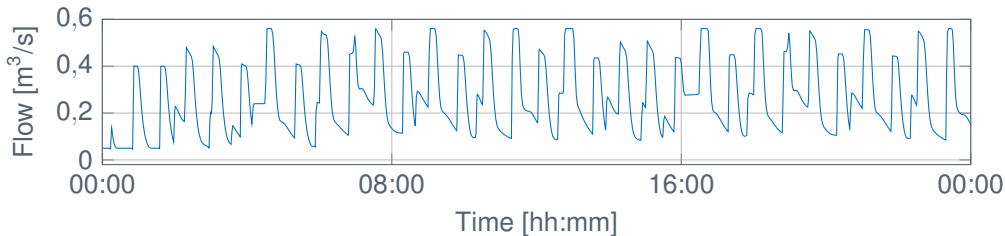
Resultat

Diskussion/Konklusion

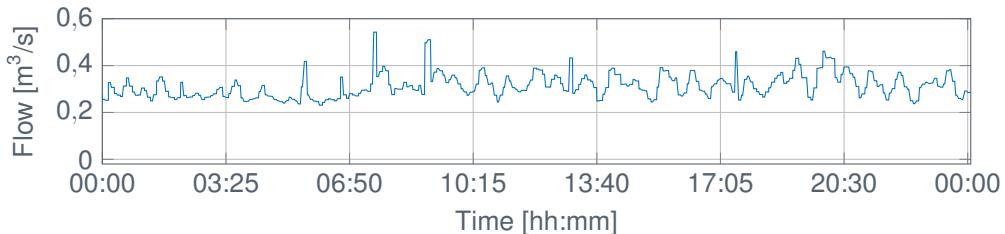
34

36

Output flow



Data fra Fredericia



Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

Kontrol

Linearisering

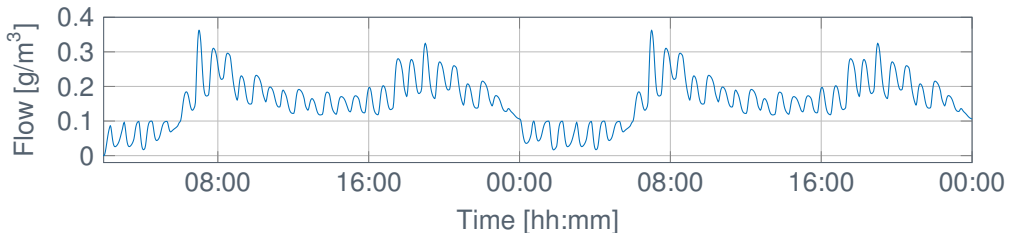
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

35

Output koncentration



36



Diskussion/Konklusion

Agenda

Group 1030

Introduktion

Kloakker og
rensningsanlæg

Problemformulering

System beskrivelse

Løsninger og
afgrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur
Preissmann
Implementering

Kontrol

Linearisering
MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

- ▶ Courant's tal
- ▶ Model reduktion
- ▶ Simulering
- ▶ MPC

36

36