# 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





Group 1030

Diskussion/Konklusion

# Introduktion

Kloakker og rensningsanlæg Problem formulering

# System beskrivelse

Løsninger og begrænsninger

# Modellering

# Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

# Kontrol

Linearisering

**MPC** 

Resultat

Diskussion/Konklusion

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark

42



# Typisk opbygning af kloak ledning

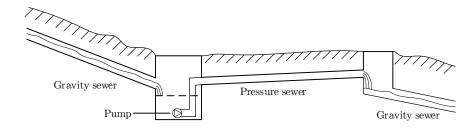
Agenda Group 1030

Kloakker og

rensningsanlæg

Modellering

Simulering





Agenda

Group 1030

### troduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formularing

# System beskrivelse

Løsninger og

### Løsninger og

Modellering

Simulen

Preissmann

Implementeri

## Kontro

Linearisering

Resultat

Diakusaian/Kankhusia

► Mekanisk rensning.



Agenda

Group 1030

Kloakker og rensningsanlæg

## System beskrivelse

Modellering

Resultat

- ► Mekanisk rensning.
- Sandfang.



Agenda

Group 1030

### ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

## System beskrivelse

Løsninger og

### begrænsninger

# Modellering

### 1110000110111

0.....

Preissmann

Implementeri

Implementerin

### Kontro

Lineariserin

Dogulto

- ► Mekanisk rensning.
- Sandfang.
- Primær rensning.



Agenda

Group 1030

Kloakker og rensningsanlæg

## System beskrivelse

- Mekanisk rensning.
- Sandfang.
- Primær rensning.
- Sekundær rensning.



Agenda

Group 1030

Kloakker og rensningsanlæg

# System beskrivelse

- Mekanisk rensning.
- Sandfang.
- Primær rensning.
- Sekundær rensning.
- ► Kemisk rensning.



Agenda

Group 1030

### ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

### System beskrivels

Løsninger og

### begrænsninger

### Modellerin

### Simulering

Struktur

Preissman

Implementerin

# Kontro

Linearisering

Dooulte

Diskussion/Konklusion

Virksomheds besøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.



Agenda

Group 1030

Kloakker og rensningsanlæg

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



Agenda

Group 1030

Kloakker og rensningsanlæg

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



Agenda

Group 1030

### ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

### System beskrivel:

Løsninger og

### Modellerin

### Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

# Kontro

Lineariserin

Regults

- ▶ Virksomheds besøg ved Fredericia Spildevand og Energi A/S.
  - Større udledninger uden varsel
  - ▶ Problemer for aerobe bakterier
  - Andre forstyrelser



# Problem formulering

Agenda

Group 1030

Problem formulering

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

## ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

## System beskrivelse

øsninger og

# Modellering

Simulering

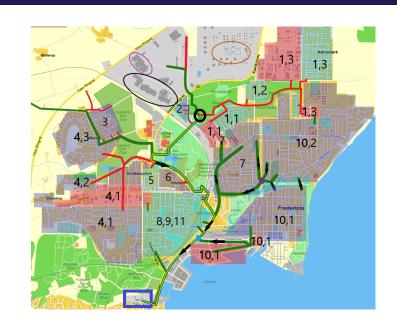
Preissman

Implemente

# Kontrol

Lineariserin

# Resultat





# Udgangspunkt i et virkeligt setup

# Agenda

Group 1030

### ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

# System beskrivelse

Løsninger og

## Modellerina

Modellelll

# Charleton

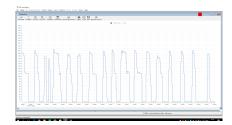
Preissmann

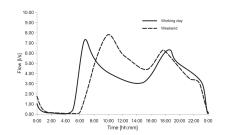
## Implementerin

Kontroi

### Dogulto

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







Group 1030

## System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simulering

# Kontrol

Resultat

► Indsættelse af tank.



Group 1030

# System beskrivelse

Løsninger og

# begrænsninger

Modellering

Resultat

Indsættelse af tank.

► Afgrænse simulering til enkelt kemisk component.



Group 1030

# System beskrivelse

# Løsninger og

begrænsninger

# Modellering

Resultat

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



# 4 modeller

# Agenda

Group 1030

# System beskrivelse

# Modellering

Kloak ledning.

- Transport af concentrat i kloak ledning.
- ► Sammenkobling af kloakledninger.
- Tank.



Group 1030

## tradulation

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

## System beskrivel

Løsninger og

## begrænsninger

# Modellering

Simulerii

Ou untui

Preissmann

Implementeri

# Kontrol

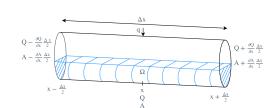
Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusio

► Kontinuitets ligning:

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





Group 1030

## ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

# System beskrive

Løsninger og

## Modellering

### Modellerini

Ottoridation

Droinemann

Preissmann

Implementer

# Linearieeri

Lineariser

Resultat

Diskussion/Konklusion

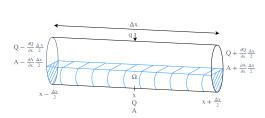
# ► Kontinuitets ligning:

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

# ► Impuls ligning:

$$\frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{gA}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right) +$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} + S_f - S_b = 0$$



42



Group 1030

# ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

# System beskrivel

Løsninger og

# begrænsninger

# Modellering

## Simulering

Droinomann

Preissmann

Implementer

# Linearicer

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

# ► Kontinuitets ligning:

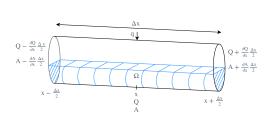
$$\frac{\partial A(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial Q(x,t)}{\partial x} = 0$$

► Impuls ligning:

$$\frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{gA}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right) +$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} + S_f - S_b = 0$$

 Approksimationer af momentum ligningen.



42



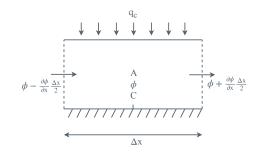
# Agenda

Group 1030

## System beskrivelse

# Modellering

# Kontrol



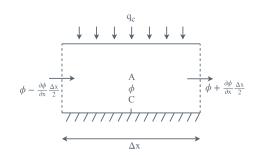


# Agenda

Group 1030

# Modellerina

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





# Agenda

Group 1030

## ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

### System beskrivels

Løsninger og

# Modellering

## ....

Simulering

Struktur

Preisemann

Implementeri

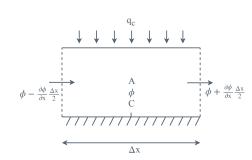
### Kontro

Lineariserin

Resulta

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

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





# Agenda

Group 1030

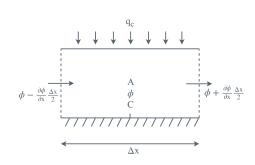
# Modellerina

Diskussion/Konklusion

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

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

► Afhænger af kendt A og Q.





# Sammenkobling af kloak ledninger

# Agenda

Group 1030

# System beskrivelse

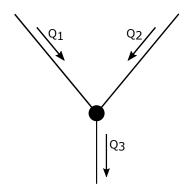
# Modellering

# Simulering

Resultat

# ► Flow:

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$





# Sammenkobling af kloak ledninger

# Agenda

Group 1030

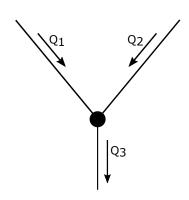
# Modellering

# ► Flow:

$$Q_3 = Q_1 + Q_2$$

Koncentrat:

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





Group 1030

# System beskrivelse

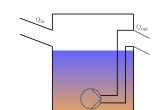
# Modellering

# Kontrol

Resultat

# ► Højde:

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





Group 1030

# Modellerina

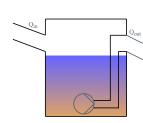
Diskussion/Konklusion

Højde:

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

Koncentrat:

$$\frac{\textit{dC}_{\textit{tank}}(t)}{\textit{dt}} = \frac{1}{\textit{A}} \left( \textit{C}_{\textit{in}}(t) \cdot \frac{\textit{Q}_{\textit{in}}(t)}{\textit{h}(t)} - \textit{C}_{\textit{tank}}(t) \cdot \frac{\textit{Q}_{\textit{out}}(t)}{\textit{h}(t)} \right)$$



Group 1030

## Introduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

# System beskrivelse

Løsninger og

# Modellering

Modellelli

# Simulering

Struktur

ssmann

Implementerin

# Kontrol

Lineariseri

Resultat

Diskussion/Konklusion



Group 1030

# System beskrivelse

Modellering

# Simulering Struktur

Resultat

# ► Intialisering

► Opsætning af komponenter.



Group 1030

## Introduktio

rensningsanlæg

Problem formulerin

# System beskrivelse

Løsninger og

### pegrænsninge

# Modellering

# Simulering Struktur

## truktur

FIEISSIIIdIIII

Implementerin

## ...,

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

- ► Opsætning af komponenter.
- ► System i steady state.



Group 1030

## Introduktio

rensningsanlæg

Problem formulerin

# System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

# Simulering Struktur

## iuktui

Implementaring

Implementering

# Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

- Opsætning af komponenter.
- ► System i steady state.
- Simulering



Group 1030

## Introduktio

rensningsanlæg

Problem formulerin

# System beskrivelse

Løsninger og

### . .

Modellerin

## Simularing

# Struktur

traigamann

Implementaria

Implementerin

Lineariserin

Resulta

Diskussion/Konklusion

- ► Opsætning af komponenter.
- ► System i steady state.
- Simulering
- ► Iterativ beregning af komponenterne



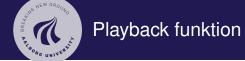
Group 1030

# System beskrivelse

# Struktur

Diskussion/Konklusion

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



Group 1030

#### ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

### System beskrivelse

Løsninger og

## Modellering

## Struktur

ruktur

Preissmann

Implementerin

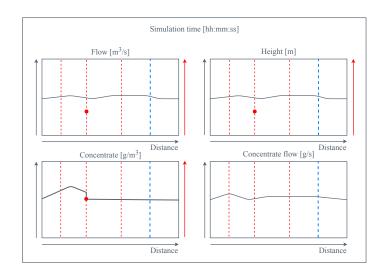
### KOHITOI

Lineariserii

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

#### ntroduktio

rensningsanlæg

Problem formulerin

### System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

Simulerin

Struktur

Preissmann

Implementeri

### .

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Kinematisk bølge aproksimering.

► Fyldningsgrad kurve for rør.



Group 1030

#### ntroduktio

rensningsanlæg

Problem formulering

### System beskrivelse

Løsninger og

## Modellering

Jiiiiuiei

#### Preissmann

land land and

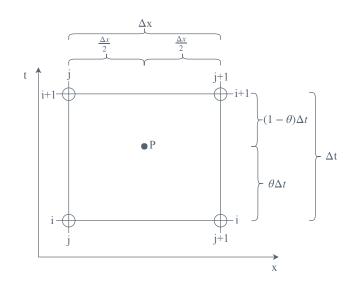
#### Implemente

### Kontrol Lineariserir

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



# Preissmann iteration

### Agenda

Group 1030

#### ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

#### System beskrivel

Løsninger og

### Modellering

Cianulada

Struktur

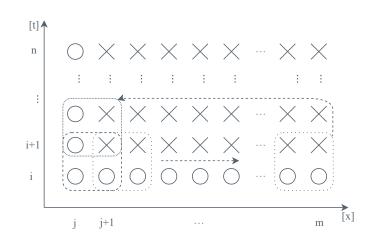
#### Preissmann

Implementerin

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion





# Preissmann stabilitet

Agenda

Group 1030

#### ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

#### System beskrivels

Løsninger og

#### begrænsninger

Modellering

Simulerir

Preissmann

Implementeri

Implementen

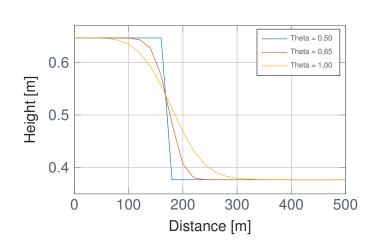
#### Kontrol

Lineariserin

Resulta

Diskussion/Konklusion

Ubetinget stabilitet





Group 1030

#### ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

### System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

Simulering

Preissmann

Implemente

IIIpioilioilioil

### Kontrol

Lineariseri

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Indikation af præcision

# Courant's tal

Agenda

Group 1030

Introduktio

rensningsanlæg

Problem formulerin

System beskrivelse

Cystom besimives

Løsninger og

begrænsning

Modellering

Simulering

Preissmann

1 1010011141111

Implementerir

IZ. . I . . I

Kontrol

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Indikation af præcision

$$C_r = \frac{\sqrt{g \cdot \overline{\mathsf{H}} \cdot \Delta t}}{\Delta x}$$



Group 1030

#### ntroduktio

Kloakker og

Problem formulering

#### System beskrivel

Løsninger og

#### begrænsninger

## Modellering

Simulerin

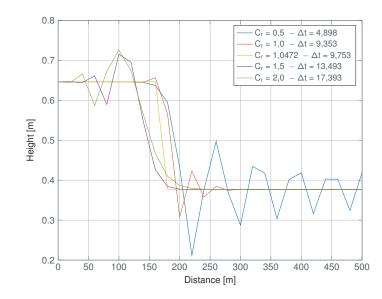
Preissmann

#### Implementer

Kontrol Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

#### Introduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

#### System beskrive

Løsninger og

## Modellering

Simulem

Preissmann

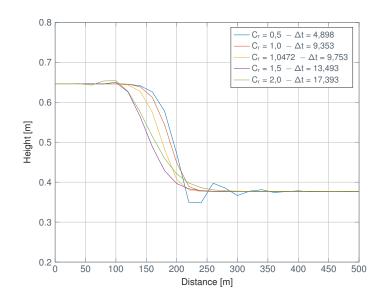
#### Implementer

# Kontrol

Lineariseri

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

#### ntroduktio

rensningsanlæg

Problem formulerin

### System beskrivelse

Løsninger og

#### begrænsninger

Modellering

#### Modelleriii

Cimularia

Struktu

Preissmann

Preissmann

## Implementering

#### Kontrol

Lineariserin

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

- ► Implementering
- ► Kontrol
- Resultater
- ▶ Diskussion/Konklusion



Group 1030

#### ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

### System beskrivelse

Løsninger og

## Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementering

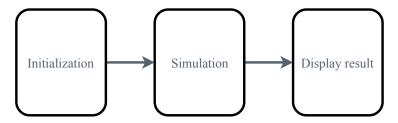
## Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

#### ntroduktio

Kloakker og

Problem formulering

#### System beskrivel

Løsninger og

#### begrænsninger

WOOGCHCIIII

#### Simulering

Struktur

Preissmann

#### Implementering

### Kontrol

Linearisering

----

Resultat

Diskussion/Konklusion

# 1. Pipe

- ► Længde [m]
- Sektioner
- ► S<sub>b</sub> (Hældning) [‰]
- $ightharpoonup \Delta x = Længde/Sektioner [m]$
- ▶ Diameter [m]
- ► Theta
- Ineta
- ► Q<sub>f</sub>[m<sup>3</sup>/s]
- Side inflow
- Placering i data

## 2. Tank

- ► Størrelse [m³]
- ► Højde [m]
- Areal = Størrelse / Højde [m²]
- ► Maximum outflow [m³/s]
- Placering i data



Group 1030

#### ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

### System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

### Modellering

#### Modelleriii

Simulering

Preissman

Implementering

## implemente

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion

# ▶ Steady state

► System opsætning

Fields	type 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



Group 1030

#### ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

#### System beskrivels

Løsninger og

begrænsninger

### Modellering

#### 01...

Struktur

Preissmann

Implementering

### Implementaling

### Kontrol

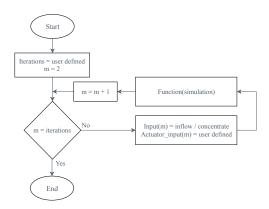
## Linearisering

MPC

Resulta

Diskussion/Konklusion

Iterere igennem rør og tank for hvert tidsskridt





### Group 1030

#### ntroduktio

rensningsanlæg

Problem formuleri

### System beskrivels

Løsninger og

#### begrænsninger

# Modellering

#### Simulerin

Preissmann

## Implementering

#### implementer

# Kontrol

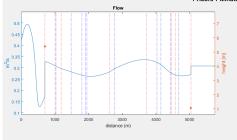
MPC

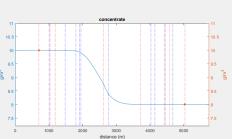
## Resultat

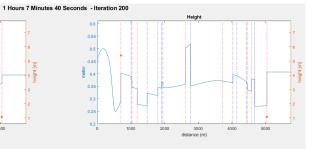
Diskussion/Konklusio

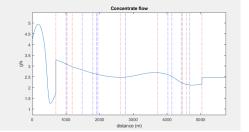
28

42









Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

- Kloakker og rensningsanlæg
- Problem formulerin

#### System beskrivel

Laeninger og

#### Løsninger og

Modellering

#### Wiodelierini

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementeri

#### Kontro

Linearisering

----

Resultat

Diskussion/Konklusion

- ► Linear model til MPC
- ► Linearisering af kontinuitets ligningen
- ► Højde states
- ► Priessmann scheme

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

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



Group 1030

### Introduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

#### System beskrive

Løsninger og

Degrænsning

#### Modellerin

#### Simulerin

Struktur

Preissmann

Implementeri

#### Kontre

### Linearisering

MPC

Resulta

Diskussion/Konklusion

► Opsat på matrix og vektor form

Opstilles på state space form

$$\left[ \underbrace{\frac{1}{2\Delta t} \frac{\partial A}{\partial h} - \frac{\theta}{\Delta x} \frac{\partial Q}{\partial h}}_{a} \underbrace{\frac{1}{2\Delta t} \frac{\partial A}{\partial h} + \frac{\theta}{\Delta x} \frac{\partial Q}{\partial h}}_{b} \right] \begin{bmatrix} h_{j+1}^{i+1} \\ h_{j+1}^{i+1} \end{bmatrix} =$$

$$- \left[ \underbrace{\frac{-1}{2\Delta t} \frac{\partial A}{\partial h} - \frac{(1-\theta)}{\Delta x} \frac{\partial Q}{\partial h}}_{G} \underbrace{\frac{-1}{2\Delta t} \frac{\partial A}{\partial h} + \frac{(1-\theta)}{\Delta x} \frac{\partial Q}{\partial h}}_{d} \right] \begin{bmatrix} h_{j+1}^{i} \\ h_{j+1}^{i} \end{bmatrix}$$



Group 1030

#### ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

#### System beskrivels

Løsninger og

#### begrænsninger

## Modellering

#### Cinculation

Simulem

Preissmann

Implementer

## Kontrol

Linearisering

MPG

Resultat

Diskussion/Konklusion

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

 $-a_0$ 

 $\overline{dQ}$ 

 $B_d$ 



Group 1030

#### ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formuler

#### System beskrivel

Løsninger og

## Modellerina

WOOGCHCIIII

#### Simulerir

Struktur

Preissmann

Implementer

#### Kontro

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► e - Forøgelse af højde i tank(inflow)

- ► f Reducering af højde i tank(Outflow)
- ► g Inflow i efterfølgende rør

$$= \underbrace{ \begin{bmatrix} b_{1,2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & a_{2,1} & b_{2,2} \end{bmatrix} \underbrace{ \begin{bmatrix} h_{1,2}^{i+1} \\ h_{2,0}^{i+1} \\ h_{2,1}^{i+1} \end{bmatrix}}_{x(k+1)} }_{x(k+1)} + \underbrace{ \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -f \\ 0 & g \\ 0 & 0 \end{bmatrix} }_{A} \underbrace{ \begin{bmatrix} h_{1,2}^{i} \\ h_{2,0}^{i} \\ h_{2,1}^{i} \end{bmatrix} }_{x(k)} + \underbrace{ \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -f \\ 0 & g \\ 0 & 0 \end{bmatrix} }_{B} \underbrace{ \begin{bmatrix} h_{0}^{i+1} \\ u_{tank} \end{bmatrix} }_{B}$$



Group 1030

### Introduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

### System beskrivelse

Løsninger og

#### begrænsninger

## Modellering

#### Simulerir

Droinemann

1 1010011101111

Implementerii

Linearisering

MPC

Resulta

Diskussion/Konklusio

➤ Samligning af ulineær og linear model for små signal

- ► System setup
- ► Sinus input

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





Group 1030

#### ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulering

#### System hoskrival

Løsninger og

#### begrænsninger

## Modellering

Omital

Preissman

Implementeri

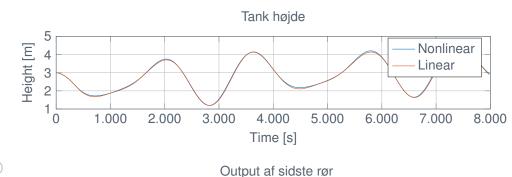
### Kontr

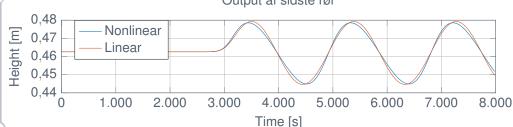
Linearisering

D . . . II.

Resultat

Diskussion/Konk





Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

#### ntroduktio

rensningsanlæg

Problem formulerin

### System beskrivelse

Løsninger og

#### begrænsninge

## Modellering

0.....

- .

FIEISSIIIdIIII

Implementeri

#### Kontrol

Lineariseri

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

## ► Cost function

- Afgrænset til at minimiere flow variationer
- ▶ Constraints
  - ► Højde
  - ► Kontrol input
- ► Prediction model



Group 1030

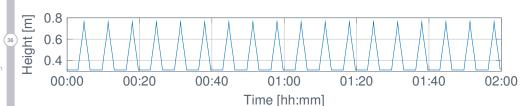
Modellering

MPC

Begrænsning af Prediction horizon

- System setup
- ► Forstyrrelses input

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







Group 1030

#### ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formuleri

#### System heskrive

Løsninger og

### begrænsninger

Modellering

### Ciandada

Simulerin

Preissman

Implementerin

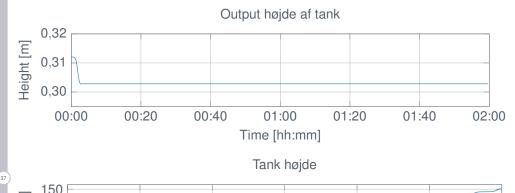
## IZ--1--1

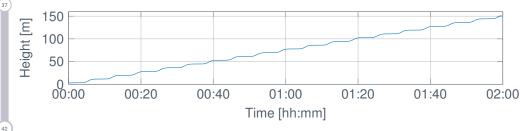
Linearisering

MPC

Resulta

Diskussion/Konklusion





Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



0,5



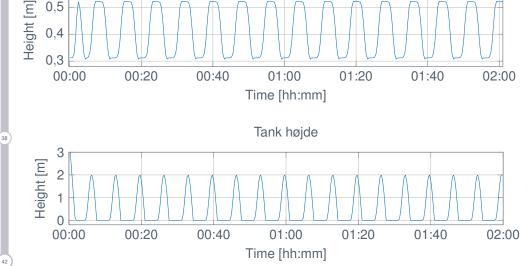
### Group 1030

## Modellering

MPC

Resultat





Output højde af tank

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

#### Introduktio

rensningsanlæg

Problem formulerin

### System beskrivelse

Løsninger og

#### --5------

### Modellering

#### 1110000110111

Simulering

Preissmann

FIEISSIIIdIIII

# Kontrol

Lineariserin

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

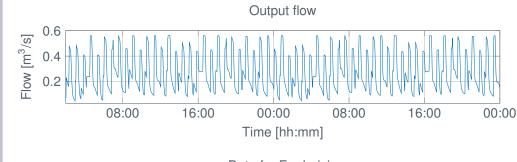




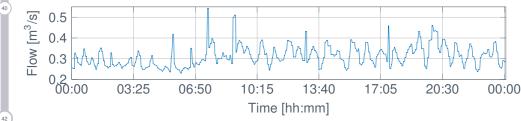
Group 1030

# Modellering

### Resultat







Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

#### ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formularin

### System beskrivelse

Løsninger og

#### hearmeninger

### Modellering

#### Simulering

Struktur

Preissmann

Implementer

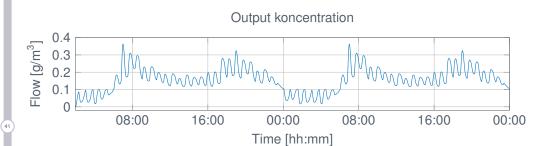
## Kontrol

Lineariserin

MPC

#### Resultat

Diskussion/Konklusi





# Diskussion/Konklusion

## Agenda

Group 1030

#### and the state of

Kloakker og rensningsanlæg

Problem formulerin

### System beskrivelse

Løsninger og

#### Degrænsning

## Modellering

#### \_. . . .

----

Preissmann

i ioloomami

impiementering

#### Kontrol

Linearisering

.

Resultat

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

Diskussion/Konklusion (42)