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 generelt

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



Typisk opbygning af kloak ledning

Agenda

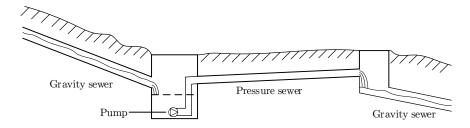
Group 1030

Kloakker og

rensningsanlæg generelt

Modellering

Simulering





Tilstande i kloakken

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg generelt

Problem formulering

System beskrivelse

-,-----

begrænsning

begrænsning

Modellering

Simularina

Struktur

Preissman

Implementeri

Kontrol

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusion

 $\blacktriangleright \ \mathsf{Aerob} \to \mathit{O}_2 \to \mathit{H}_2\mathit{O}$



Tilstande i kloakken

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg generelt

Problem formuleri

System beskrivelse

begrænsning

Modellering

Wiodelierini

Simulering

Droineman

rieissilidii

Implementerin

Kontro

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

 $\blacktriangleright \ \mathsf{Aerob} \to \mathit{O}_2 \to \mathit{H}_2\mathit{O}$

► Anaerob $\rightarrow SO_4^{-2} \rightarrow H_2S$



Tilstande i kloakken

Agenda

Group 1030

Kloakker og rensningsanlæg generelt

Modellering

ightharpoonup Aerob ightarrow $O_2
ightarrow$ H_2O

► Anaerob $\rightarrow SO_4^{-2} \rightarrow H_2S$

► Anoxisk $\rightarrow NO_3^- \rightarrow N_2$



Udfordringer ved spildevands rensning

Agenda

Group 1030

Kloakker og rensningsanlæg generelt

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



Udfordringer ved spildevands rensning

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg generelt

Droblem formuler

System heskrivel

System beskriver

Løsninger og

begrænsning

begrænsning

Modellering

Cinculation

0.....

Droineman

1 10100111011

Implementer

Kontro

Linearisering

MPC

Resulta

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



Udfordringer ved spildevands rensning

Agenda

Group 1030

Introduktior

Kloakker og rensningsanlæg generelt

Droblem formuler

System heskrivel

System beskriver

Laeninger og

begrænsning

begrænsning

Modellering

modolioning

Simuler

Struktur

Preissmann

Implementeri

Kontro

Linearisering

Resulta

- ▶ 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

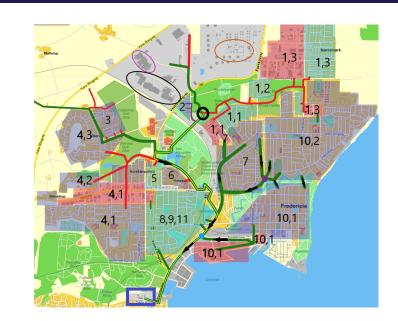
System beskrivelse

Modellering

Simulering

Kontrol

Resultat





Udgangspunkt i et virkeligt setup

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

System beskrivelse

Løsninger og

Modellerina

Modellerin

Simularia

Preissmann

Implementaria

mpiomontoni

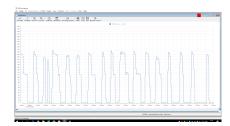
1.0110

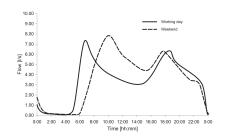
Lineariserin

Resulta

Diskussion/Konklusion

- 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.

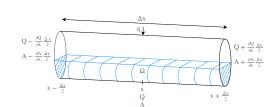


Group 1030

Modellering

► Kontinuitets ligning:

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





Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

System beskrivel

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simulerin

Struktur

Preissmann

Implemente

Kontro

Lineariseri

Resultat

Diskussion/Konklusion

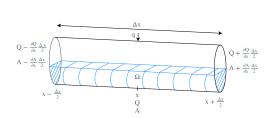
► Kontinuitets ligning:

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

► Impuls ligning:

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

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





Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formulering

System beskrivel

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simulering

Preissmann

FIEISSIIIdIIII

Implementer

Linearice

Lineariserii

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Kontinuitets ligning:

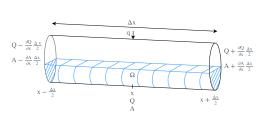
$$\frac{\partial A(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial Q(x,t)}{\partial x} = 0$$

► 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.





Transport af koncentrat

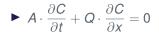
Agenda

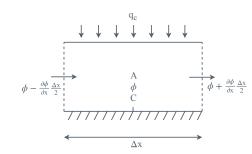
Group 1030

System beskrivelse

Modellering

Kontrol







Transport af koncentrat

Agenda

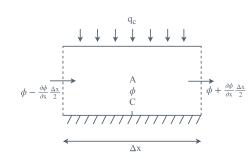
Group 1030

System beskrivelse

Modellering

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

► Afhænger af kendt *A* og *Q*.





Sammenkobling af kloak ledninger

Agenda

Group 1030

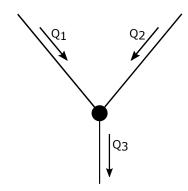
System beskrivelse

Modellering

Simulering

Resultat

Flow: $Q_3 = Q_1 + Q_2$





Sammenkobling af kloak ledninger

Agenda

Group 1030

Modellerina

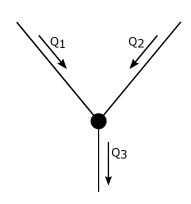
Diskussion/Konklusion

► 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

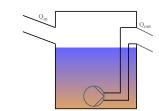
Modellering

Kontrol

Resultat

Højde:

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





Group 1030

ntroduktion

rensningsanlæg gene

Problem formulering

System beskrivels

Løsninger og

Modellerina

Simulering

Drojeeman

1 101001110111

Implemente

Kontr

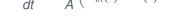
Lineariseri

Resulta

Diskussion/Konklusion

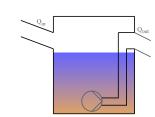
► Højde:

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





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





Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg gene

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

11100001101111

Simulering Struktur

ruktur

Implementaring

impiementerini

Kontrol

Lineariserir

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Intialisering

► Opsætning af komponenter.



Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg gene

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

begrænstilliger

Modellering

1110000110111

Simulering Struktur

ruktur

FIGISSIIIdIIII

Implementerin

Kontrol

Lineariserir

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Intialisering

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



Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg gene

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

Struktur

uaktai

Implementaring

impiernentering

Kontrol

Linearisering

Resulta

Diskussion/Konklusion

► Intialisering

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



Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

Modellerin

Simulering

Struktur

Preissmann

Implementerin

Implementerin

Kontrol

Lineariserin

.

Diskussion/Konklusion

► Intialisering

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



Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

. .

Modellerin

01-1-1-1-1

Struktur

Projeemann

Implementering

IIIpidiliolitaliii

Kontrol

Lineariserin

Resulta

Diskussion/Konklusion

Intialisering

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



Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

Droblam formularing

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Cinculation

Struktur

uaktai

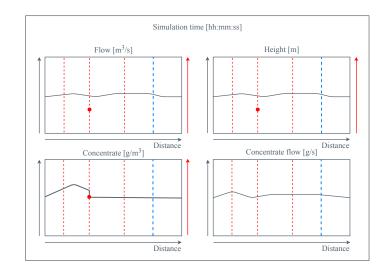
Implementeri

KOHITOI

LITERITORI

Resultat

Diskussion/Konklusio





Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg gene

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

Modellelli

Simulerin

Preissmann

Fielssillallii

Implementeri

.

Linearisering

Resultat

- ► Kinematisk bølge aproksimering.
- ► Fyldningsgrad kurve for rør.



Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

Desiring an integral of a

System beskrivelse

Løsninger og

Degrænsninger

Modellering

Simulerir

Preissmann

land base and a

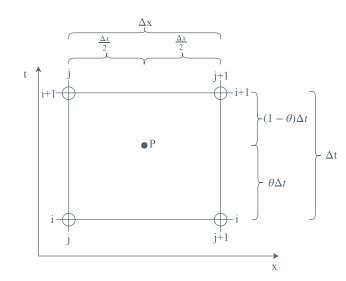
Implemente

Kontrol Lineariserin

Lineariseri

Resultat

Diskussion/Konklusion





Preissmann iteration

Agenda

Group 1030

troduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

System hoskrival

Løsninger og

Modellering

Otroslation

Preissmann

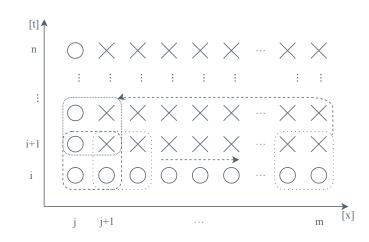
Implementer

implementering

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion





Preissmann stabilitet

Agenda

Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formulering

System beskrivels

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simularing

Struktur

Preissmann

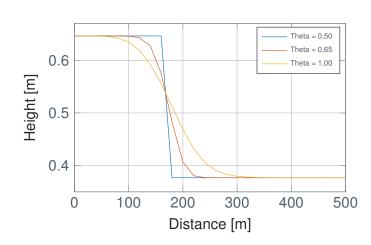
Implementeri

Lineariserin

Resulta

Diskussion/Konklusion

Ubetinget stabilitet





Group 1030

ntroduktion

Kloakker og reneningsanlæg gene

Problem formularing

System beskrivelse

Cystem besitive

Løsninger og

begrænsning

Modellering

Struktu

Preissmann

Implementer

....

Kontrol Lineariseri

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Indikation af præcision

Courant's tal

Agenda

Group 1030

System beskrivelse

Modellering

Simulering

Preissmann

Resultat

► Indikation af præcision

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



Group 1030

Introduktio

Kloakker og

Problem formularing

System beskrivel

Løsninger og

Modellering

.

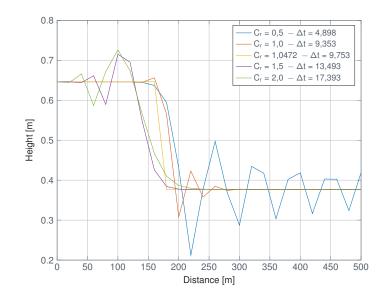
Preissmann

Implementer

Kontrol Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

Introduktio

Kloakker og

Problem formularing

System heskrivel

Løsninger og

Modellering

Oteraletrae

Preissmann

Implemente

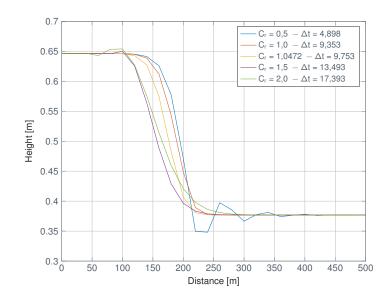
Kontrol

Lineariaer

Lineariserii

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

System beskrivelse

Modellering

Simulering

Implementering

Resultat

- Implementation
- Kontrol
- Resultater
- Diskussion
- ► Konklusion



Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

Doubles from delice

System beskrivelse

øsninger og

Modellering

Modellerillé

simuler

- ·

Preissmann

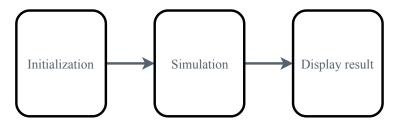
Implementering

Kontrol

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

Implementering

Diskussion/Konklusion

1. Pipe

- længde [m]
- sektioner
- ► S_b (Hældning) [‰]
- $\triangle x = \text{Længde/Sektioner [m]}$
- ▶ Diameter [meter]
- ► Theta (parameter used in Preissmann scheme)
- $ightharpoonup Q_f[m^3/s]$
- Side/lateral inflow present
- Section location in data

2. Tank

- ► Size [m³]
- ► Height [m]
- ► Area = Size / Height [m²]
- ► Maximum outflow [m³/s]
- Section location in data



Group 1030

ntroduktion Kloakker og

rensningsanlæg gener Problem formulering

System beskrivelse Løsninger og

Løsninger og begrænsninger

Modellering

Simulering

Preissmann

Implementering

implementen

Kontrol

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

▶ Rør specifikationer

Fields	length	sections	■ Dx		d d	H 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
5	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
3	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

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

D. I.I. / I.I.

System beskrivelse

Løsninger og

haarsaneningar

begrænsnin

Modellering

Simularing

Preisemann

1 1010011101111

Implementering

Kontrol

Lineariserin

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusio

► Tank specifikationer

Field 📤	Value
 size	90
Height	10
area	9
Q_out_max	0.9730
data_location	2



Group 1030

ntroduktior

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formularing

System beskrivelse

Løsninger og

Losiniger og

pegrænsning

Modellering

Cimularia

0.....

Preissmann

FIEISSIIIdIIII

Implementering

Kontrol

Lineariserin

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► System specifikationer

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



Group 1030

ntroduktion

Kloakker og

Droblem formularing

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

Jiiiiuiei

Desirence

Implementering

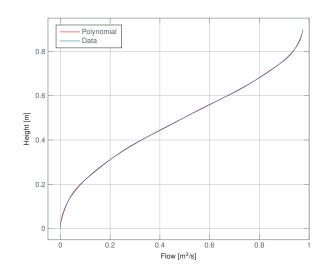
Implementering

Kontrol

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion





Group 1030

atroduktion

Kloakker og

Problem formularing

System beskrivelse

Løsninger og

hearsensninger

Modellering

Simularing

Struktur

Preissmann

Implementering

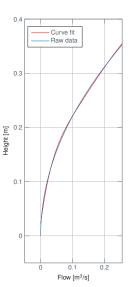
Kontrol

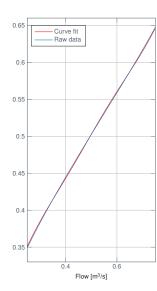
Lineariseri

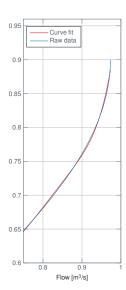
Resultat

Dialancian/Kankhaia

30









Group 1030

ntroduktion

Kloakker og rensningsanlæg gener

System beskrivels

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

WIOGCIICIII

Simuleri

Struktu

. . .

Implementering

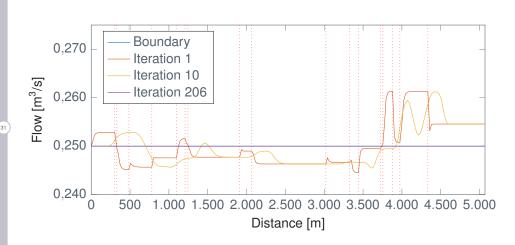
. . . .

Kontrol

Lineariseri

Resulta

Diskussion/Konklusion





Group 1030

ntroduktior

Kloakker og rensningsanlæg genere

System hoskrivals

Løsninger og

Løsninger og

begrænsning

Modellering

Simulering

Struktur

i iolooillailli

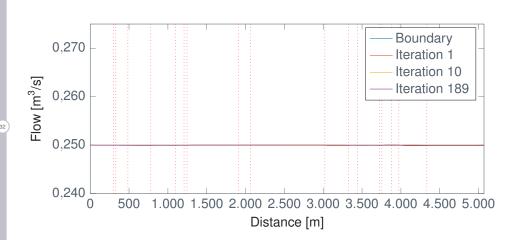
Implementering

Kontrol

MPC

Dogultot

Dickussion/Konklusio





Group 1030

ntroduktio

Kloakker og

Problem formularing

System beskrivels

Løsninger og

Degrænsninge

Modellering

Simulem

Drojoomoon

FIEISSIIIdIII

Implementering

Kontrol

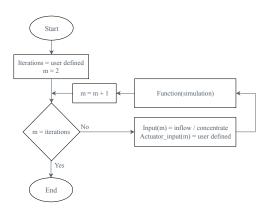
Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

► Itererer igennem rør og tank for hvert tidsskridt





Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg gener

System beskrivel

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simulering

Preisemann

Implementering

implemente

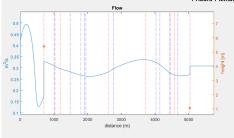
Kontrol Lineariserir

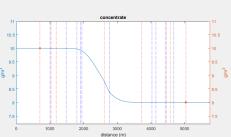
Resultat

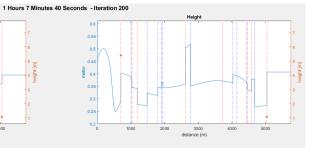
Dickussion/Konklusio

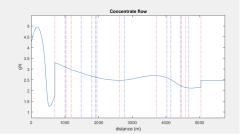
34

52









Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

ntroduktio

rensningsanlæg gen

Droblem formularing

System beskrivels

Løsninger og

bogitoriaring

Modellering

iviodeliciii

Otendatus

Struktur

Preissmann

Implemente

Kontr

Linearisering

MPC

Resulta

Diskussion/Konklusion

Linearisering af ulinear model

Opstilles på state space form

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

(1)

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



Group 1030

Modellerina

Linearisering

Priessmann scheme

Opsat på matrix og vektor form

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

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

(3)



Group 1030

ntroduktion

reneningeanlang gene

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

Modellelli

0111101011

Ou untui

Preissmani

Implementer

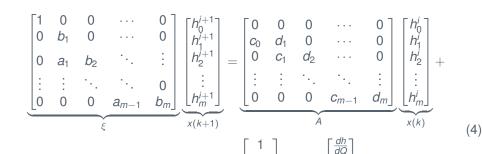
Kontrol

Linearisering

Resultat

riocanai

Diskussion/Konklusion



 $-a_0$

 B_d



Group 1030

troduktion

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formuleri

System beskrivelse

Løsninger og

Modellering

....

Simulem

Drojoomon

rieissilialli

Implementeri

Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion

e - Inflow

► f - Reducering af højden i tank

▶ g - Højden i det efterfølge rør

$$\underbrace{\begin{bmatrix} b_{1,2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & a_{2,1} & b_{2,2} \end{bmatrix}}_{\xi} \underbrace{\begin{bmatrix} h_{1,2}^{i+1} \\ h_{2,0}^{i+1} \\ h_{2,1}^{i+1} \end{bmatrix}}_{x(k+1)}$$

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

(5)

Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

System beskrivelse

Modellering

Linearisering

Resultat

► Samligning af ulinear og linear model

- System setup
- ► Sinus input

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





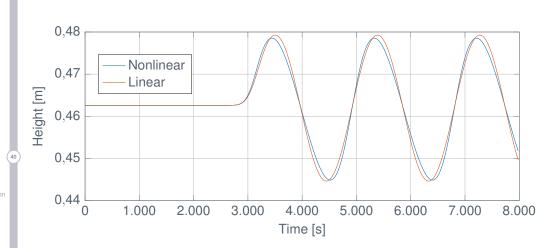
Group 1030

Modellering

Kontrol

Linearisering

Resultat





Group 1030

System beskrivelse

Modellering

MPC

Resultat

Cost function

- ► Begrænset til minimiere af output
- ▶ Constraints
 - ► Højde
 - Kontrol input
- ► Linear model



Group 1030

Modellering

MPC

Bestemmelse af Prediction horizon

- Flow profiler
- ► Industri
- Begrænsning af Prediction horizon
- System setup
- ► Forstyrrelse input

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





Group 1030

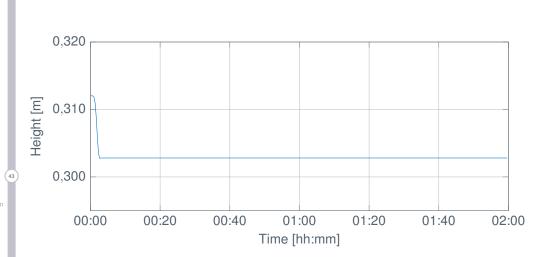
System beskrivelse

Modellering

Kontrol

MPC

Resultat







Group 1030

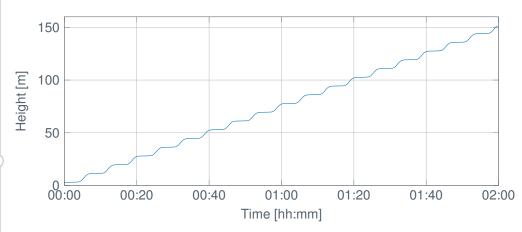
System beskrivelse

Modellering

Kontrol

MPC

Resultat





Group 1030

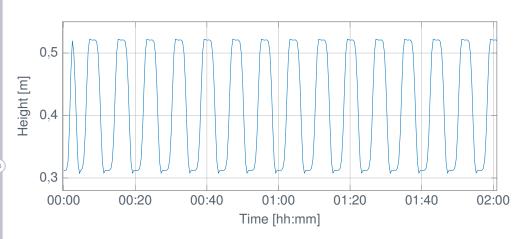
System beskrivelse

Modellering

Kontrol

MPC

Resultat





Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Modellerii

011110101

- Unditidi

Preissmani

Implementerin

Kontrol

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusio

► System setup

► Flow profiler

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



Group 1030

strodulation

Kloakker og rensningsanlæg gene

Problem formularing

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simularing

Struktur

Preissmann

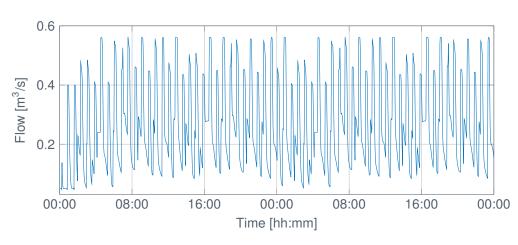
Implementen

Kontrol

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

ntroduktio

Kloakker og rensningsanlæg gener

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simulering

Struktur

Preissmann

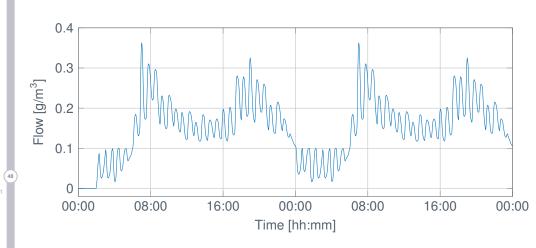
Implementer

Kontrol

Lineariserin

Resultat

Diskussion/Konklusion



Dept. of Electronic Systems Aalborg University Denmark



Group 1030

ntroduktio

Kloakker og reneningsanlæg gene

Problem formularing

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninge

Modellering

Simulering

0....

Preissmann

Preissmann

Implementeri

Kontrol

Linearisering

Resultat

Diakussian/Kanklusian

► Over dimensioneret tank

► Konstant output af tank



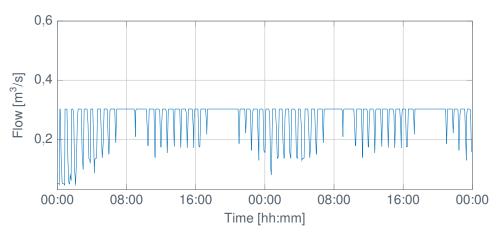
Group 1030

System beskrivelse

Modellering

Kontrol

Resultat





Group 1030

ntroduktio

Kloakker og

Problem formulering

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

Simulering

Simule

Droinomone

Preissmann

Implementeri

Kontrol

Linearisering

Resultat

Diskussion/Konklusion 51

- ► Courant's number
- ► Model reduction



Group 1030

ntroduktio

Kloakker og

Double of Committee

System beskrivelse

Løsninger og

begrænsninger

Modellering

WIOGCIICIIII

Simulerir

Struktur

Preissm

Implementering

Kontrol

Linearisering

MPC

Resultat

Diskussion/Konklusion 52

► Simulering

► MPC