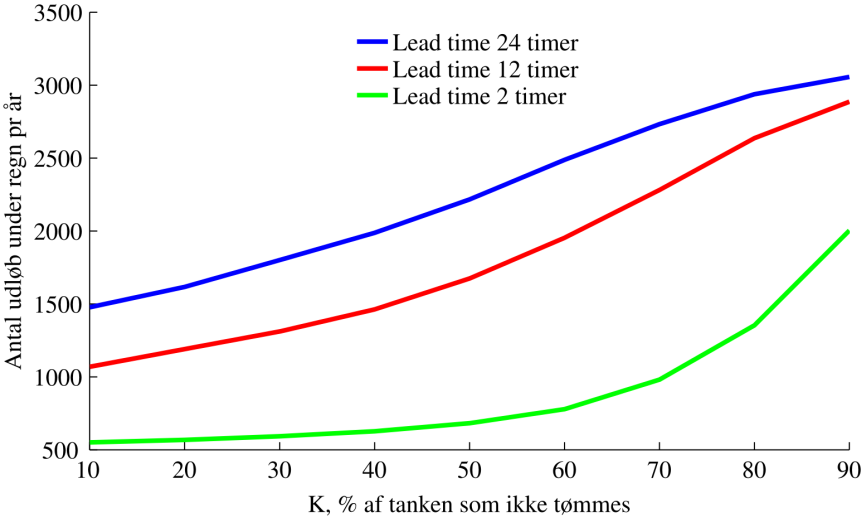
Decentral magasinering med dynamisk styring

Afgangsprojekt maj 2013
Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg

Johan Harkjær Kristensen



Aalborg Universitet

Institut for Byggeri og Anlæg
Vand og Miljø
Sohngaardsholmsvej 57
9000 Aalborg
Danmark

Titel:

Decentral magasinering med dynamisk styring

Projektperiode:

September 2012 - Maj 2013

Forfatter:

Johan Harkjær Kristensen

Vejledere:

Michael Robdrup Rasmussen
Malte Kristian Skovby Ahm
Jakob Badsberg Larsen

Oplag: 6
Antal sider: 86
Antal bilag: 36
Afsluttet: 31. maj 2013

Synopsis:

Denne rapport omhandler en analyse af decentral magasinering i Virum. Decentral magasinering består af en regnvandstank som opsamler regnvand fra et tagareal samt en pumpe som kan pumpe vandet fra regnvandstanken til kloakken. Det opmagasinerede vand kan bruges til husholdningsbrug, hvor det kan anvendes til toiletskyld, bilvask, tøjvask og lignende. Hvis tanken bliver fyldt med regnvand, løber vandet videre til kloakken. Ved at lave en forecast, som fortæller hvor meget det vil regne inden for de næste 2, 12 eller 24 timer, kan det forudsiges hvor meget regnvand som skal kunne være i tanken. Hvis dette udnyttes aktivt, skal den mængde vand som eventuelt er i overskud ved en fremtidig regnhændelse, pumpes til kloaksystmet før regnhændelsen indtræder. Dette vil frigive kapacitet i afløbsystemet under regnhændelsen. Forudsigelsen og styring af pumpen heraf kaldes udløbsstrategier. Der er i denne rapport undersøgt tre udløbsstrategier. Endvidere er det også analyseret, hvor stor en del af forbrugerens forbrug som kan erstattes med drikkevand med og uden brug af styringsstrategier. Formålet med disse analyser er at undersøge, om der kan konstrueres en styringsstrategi som tilgodeser både afløbssystemet og forbrugeren.

Forord

Denne rapport er udarbejdet af afgangsstuderende Johan Harkjær Kristensen på Aalborg Universitet i perioden 1. september 2012 til 31. maj 2013. Under processen har den studerende modtaget vejledning af Michael Robdrup Rasmussen, lektor ved Institut for Byggeri og Anlæg, sektionen for Vand og Jord, Malte Kristian Skovby Ahm, Ph.d ved Institut for Byggeri og Anlæg, sektionen for Vand og Jord, samt civilingeniør Jakob Badsberg Larsen fra rådgivningsfirmaet NIRAS. Projektet henvender sig til medstuderende, vejledere og censorer til projektet.

Læsevejledning

Rapporten er udarbejdet således, at der løbende forekommer kildehenvisninger, der er at finde i en samlet litteraturliste bagerst i rapporten. Kildehenvisningerne er udformet ud fra Harvardmetoden, hvilket betyder, at der i teksten refereres til en kilde på følgende måde [Efternavn, År], hvor forfatterens efternavn samt udgivelsesår oplyses. Specielt for kilder med samme forfatter er også, at der efter årstallet kan fremkomme et bogstav (a, b, c, osv.), som viser, at der er flere kilder med samme navn og årstal. I litteraturlisten er kildehenvisningerne angivet med forfatter(e), titel, udgave og forlag, mens internetadresserne er angivet med forfatter, titel og dato for, hvornår internetsiden blev downloadet. Figur-, formel- og tabelnummereringen forekommer i kronologisk rækkefølge, således at disse er angivet efter kapitelnummer og derefter deres placering i kapitlet. Eksempelvis vil den tredje figur i kapitel 4 være angivet figur 4.3, ligeledes for tabeller. De figurer, som ikke har en kildehenvisning, har den studerende selv produceret. I rapporten henvises der til en bilagsrapport, som er vedlagt bagerst i hovedrapporten.

English Summary

This project deals with an analysis of distributed storages of rain water. Decentralized storage of rain water is based on the principle that water from a roof flows to a rain water tank, from which the residents of the property can use rain water for laundering, toilet flush, car washing and watering in the garden. If the rainwater tank is filled during a rain event there is an overflow connected to the sewer system.

The aim is to clarify whether it is possible to implement a decentralized storage solution which has benefits both to the consumer and the sewer network. This is done by controlling the outlet from the rainwater tank.

In this report, three different outlet strategies are analyzed. The first outlet strategy is passive control, which is characterised by the filled rainwater tank during a rain event will make an overflow to the sewer. The outlet control is inactive.

The second outlet strategy is an active steering, called a conservative strategy. This control strategy is based on a forecast of rain data and if the volume of coming rain is larger than the free storage capacity, the water level is lowered to a fixed level in the rainwater tank before the rain occurs. The consequences of three different forecasts with a lead time of 2, 12 or 24 hours are investigated. Simultaneous with the investigation of the three lead times, emptying the tanks to all final levels between 10 % and 90 % are also investigated.

The last control that is analyzed is a dynamic control. This control is to empty the tank with exactly the amount of rainwater as a forecast predicts. Here is also investigated consequences of lead times of 2, 12 and 24 hours.

During all analyzes of the outlet strategies, it is altso examined how much of the consumers' water consumption can be replaced with rainwater.

Furthermore, an experimental setup has been established. Rain water from a parking garage is flowing to a rainwater tank which is controlled by a pressure gauge. Here is made a simple calculation which shows the system's usefulness as a rain gauge.

Indholdsfortegnelse

1 Indledning **9**
- 1.1 Afløbstekninske løsninger . . . 12
- 1.2 Problemformulering . . . 13

2 Decentral magasinering **15**
- 2.1 Regnvandsopsamling . . . 15
- 2.2 Forsinkelsesbassin og styring af udløbet . . . 15
- 2.3 Eksempel på opstilling af decentral magasinering . . . 17
- 2.4 Fordele og ulemper ved decentral magasinering . . . 19

3 Dimensioneringsmetode af regnvandstank **21**
- 3.1 Nedbør . . . 21
  - 3.1.1 Klimaforandringer . . . 21
- 3.2 Magasineringsvolume . . . 23
- 3.3 Husholdningsforbrug . . . 24
- 3.4 Udløbsstrategi . . . 24
- 3.5 Dimensioneringsmetode . . . 24

4 Analyse af decentral magasinering for én familie **27**
- 4.1 Modelopsætning . . . 27
- 4.2 Resultater . . . 29

5 Analyse af decentral magasinering for et opland **33**
- 5.1 Passiv styring . . . 33
- 5.2 Konservativ styring . . . 33
- 5.3 Dynamisk styring . . . 34
- 5.4 Projektlokalitet . . . 34
- 5.5 Afløbstekniske problemer i Virum . . . 37
- 5.6 Dimensionerng af regnvandstanke i Virum . . . 39
  - 5.6.1 Bestemmelse af husholdningsforbrug, tagareal og bufferkapacitet . . . 39
  - 5.6.2 Fastlæggelse af dimensioner på regnvandstanke . . . 41

6 Opsætning af model **47**
- 6.1 Metodevalg . . . 47
  - 6.1.1 Tankberegninger ved brug af bassiner i MIKE URBAN . . . 48
  - 6.1.2 Tankberegninger ved ændring af det befæstede areal . . . 48
  - 6.1.3 Tankberegninger ved ændring af regnserier . . . 49
  - 6.1.4 Tankberegninger ved brug af network loads og frakobling af tagareal . . . 49
- 6.2 Opsætning af afstrømningsmodel . . . 49
- 6.3 Opsætning af tankmodel . . . 50

7 Resultater **55**
- 7.1 Potentiale ved optimal styring . . . 55

7.2 Resultat for passiv styrring 56
7.3 Resultat for konservativ styring 58
7.4 Dynamisk styring 67
7.5 Delkonklusion 72

8 Forsøgsopstilling **75**

9 Konklusion **81**

10 Diskussion **83**

Litteratur **85**

A Initiativer for bæredygtighed **87**

B Nedbørsændringer **89**

C Regnvandstanken.dk **91**

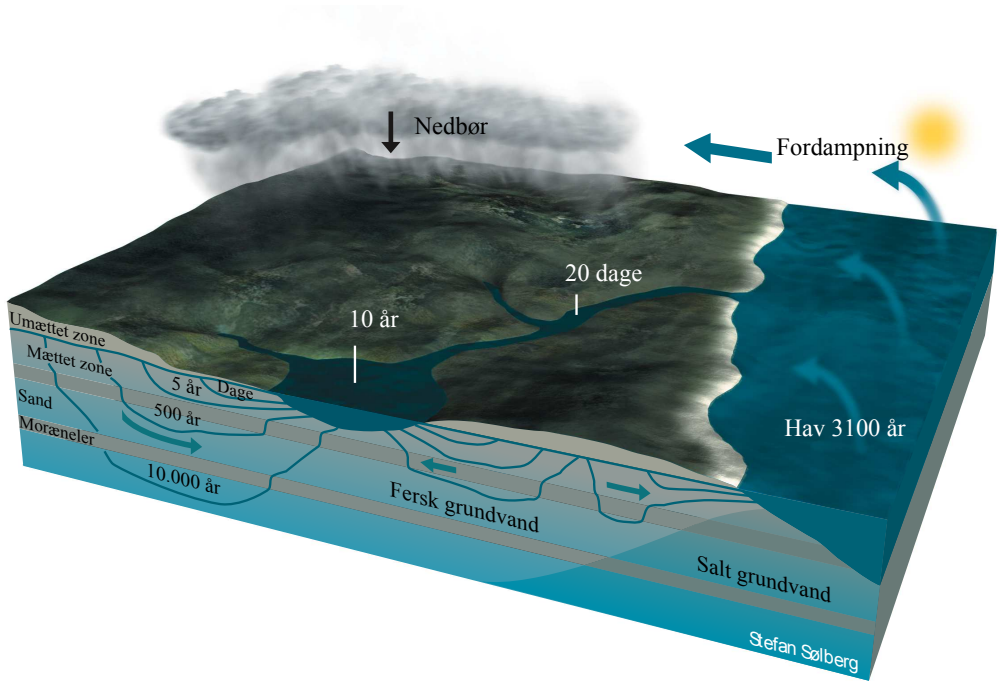
D Beregninger vedr. klimaændringer **93**

E Tankdimensionering **105**

F Opbygning af MATLAB-kode til tankberegninger **109**

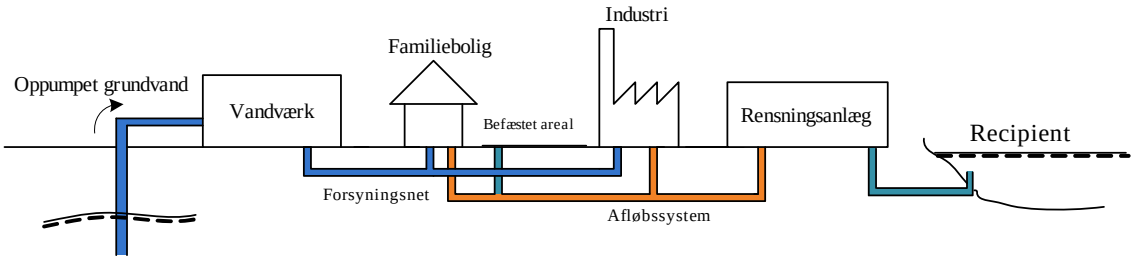
Indledning 1

Vand er som ressource en livsnødvendig kilde for såvel mennesker som dyr. Vandet indgår jævnfør figur 1.1 i et evigt kredsløb, hvor det fordamper fra søer eller havområder, herefter dannes skyer og vandet falder som nedbør. Når nedbøren falder på jorden infiltrerer det gennem jordoverfladen og danner enten grundvand eller løber via vandløb tilbage i havet.



Figur 1.1. Vandets kredsløb [Sølberg]

Vandet har på denne måde altid været i kredsløb, men gennem tiden har menneskets udvikling af industri og boliger krævet et stadig større behov for vand. Figur 1.2 viser det udsnit af vandets kredsløb hvor mennesket er placeret.



Figur 1.2. Menneskets intræden i det naturlige vandkredsløb

Først pumpes grundvand op hvorefter det ledes til vandværk, der pumper det til familiehuse og til industrier. Familier bruger typisk vand til madlavning, toiletskyld, brusebad, tøjvask osv.

Spildevandet fra disse aktiviterer og regnvand fra befæstede arealer ledes via kloaksystemet til rensningsanlæg, hvor det renses og sendes tilbage til en recipient og derved er vandet igen er en del af det naturlige vandkredsløbet.

Som konsekvens af stadig stigende population rettes fokus mere og mere på grundvandsressourcerne. I Danmark er grundvand ikke en mangelvare, men en gang i mellem opstår tørkesituationer som medfører forbud mod f.eks. havevanding i en kortere periode. I blandt andet Bedsted i Sydjylland oplevede man, at det lokale vandværk løb tør for vand og der blev udstedt vandingsforbud - det samme var gældende i København, hvor forbuddet var gældende hele sommeren. [Anders Brandt, 2008]

Det kan derfor blive nødvendig, at se på hvorvidt grundvandet bliver brugt på en optimal måde. I Danmark bruges rent grundvand til alle vandbetingende gøremål såsom de førnævnte anvendelser. Nogle af disse anvendelser kræver ikke nødvendigvis oppumpet grundvand - f.eks. kunne toiletskyld, havevanding, tøjvask, bilvask og lignende udskiftes med opsamlet regnvand - dette vil give en aflastning på grundvandsressourcerne.

Udover den menneskelige indtræden i vandets kredsløb, er der i menneskets moderne levetid også påvist tegn på klimaforandringer som har skubbet til strukturen i kredsløbet. Denne strukturændring opleves i form af tørke, ekstremnedbør og ressourceknaphed i tidsrum hvor dette ikke tidligere er set.

I Danmark opleves klimaforandringerne i form af ændret nedbørsstruktur. Storbyerne Aalborg, Aarhus og København har alle i de seneste år oplevet ekstremregn som det f.eks. ses på figur 1.3. Her er Lerby Parkallé i København ramt af en stor oversvømmelse som følge af ekstremregn over København d. 2. juli 2011. Nedbørshændelsen blev målt til 135,4 mm og kategoriseret som en 100-årshændelse. [Andersen, 2011]

Figur 1.3. Oversvømmelse d. 2 juli 2011 ved Lersø Parkallé i København [Lindhardt]

Der er dog ikke tegn på, at kloden har oplevet klimaforandringerne i sin fulde udstrækning. I fremtiden vil verden se flere og mere markante ændringer. [Olesen, 2011]

FN's klimapanel "Intergovernmental Panel on Climate Change" (IPCC) har arbejdet med fire fremtidige klimascenarier under navnet "Special Report on Emissions Scenario" (SRES). De fire scenarier hedder A1, A2, B1 og B2 og har hver deres forudsigelse om økonomisk vækst, befolkningstal anvendelse af forsile brændstoffer og lignende i år 2100. Det er parametre der inddirekte påvirker klimaet – se mere om dette i afsnit 3.1.1.

DMI har regnet på konsekvenserne i Danmark, for A2 og B2 scenariet (A2 er scenariet med de største klimaforandringer). Dette viser blandt andet en moderat stigning i vinternedbøren på 20 – 40 % af den nuværende vinternedbør. [DMI, 2010] Sommeren vil derimod bære præg af færre regnhændelser som tilgengæld vil være mere intensive.

Konsekvensen af de øgede nedbørsmængder vil for afløbssystemet være hyppigere tilfælde af opstuvninger til terræn, samt flere og større overløbsvolumener. Vand på terræn, er til gene for beboerne og overløb til recipient kan foresage iltsvind i recipienten.

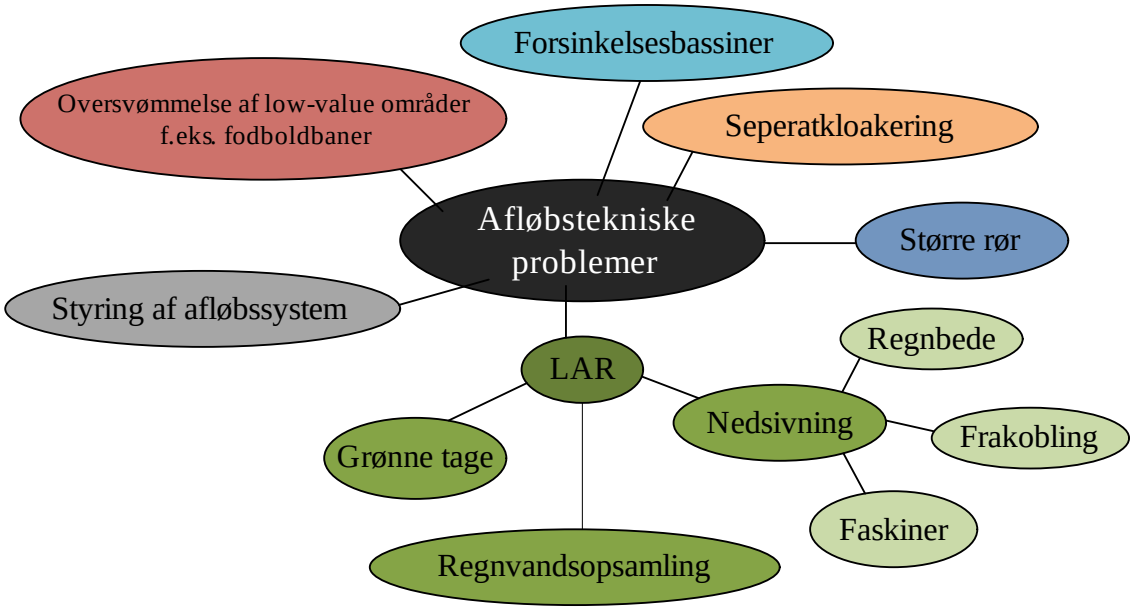
Incitamentet til at tænke på løsninger, der på en bæredygtig måde tilgodeser klima og miljø er således ikke til at tage fejl af. Klimaet ændres og der *skal* gøres tiltag for, at sikre levestandard og samfundsværdier. I bilag A er beskrevet hvordan Agenda 21 og EU's vandrammedirektiv som er politiske initiativer der skal øge fokus på hvordan en bæredygtig fremtid sikres.

1.1 Afløbstekninske løsninger

To hovedpunkter som er til diskussion og kræver afløbstekniske løsninger er:

- Bæredygtige grundvandsressourcer i fremtiden
- Klimaforandringernes påvirkning på afløbssystemet og dets serviceniveau

De nye teknologier og metoder der skal skabe innovative afløbstekniske løsninger er mange, og der findes ikke kun én løsning. Løsningen afhænger dels af områdets specifikke afløbstekniske problem og dels af områdets beskaffenhed. Det kan f.eks. ikke lade sig gøre, at lave nedsivning i et område bestående af ler eller med meget højt grundvandsspejl. Derfor er det en nødvendighed, at se på en hel palette af løsninger. På figur 1.4 ses, en række afløbstekniske løsninger som kan øge kapaciteten af afløbssystemet.



Figur 1.4. Løsninger på hydrauliske problemer i afløbssystemer

Det ses at der er mange måder at afhjælpe kapacitetsproblemer i afløbssystemet på, men antallet bliver større, såfremt løsningerne kombineres. Kombinering vil skabe stor fleksibilitet og det vil således være nemmere at finde løsninger som passer til projektområdets beskaffenhed.

En af kombinationerne består af forsinkelsesbassiner, regnvandsopsamling og styring af afløbssystemet, også kaldet RTC (Real Time Controle). Denne kombination kaldes i nærværende rapport „DCM“ (decentral magasinering) og er en løsning, som både tilgodeser den enkelte forbruger og kloaksystemet. Ved at forbrugeren opsamler regnvand og bruger dette til toiletskyld, havevanding, bilvask og tøjvask sænkes presset på grundvandsressourcerne. Opsamling af regnvandet sker fra tagarealet, som dermed frakobles kloaksystemet. Denne frakobling tilgodeser afløbssystemet, da dette ikke bliver belastet under en regnhændelse, hvilket dog er forudsat, at regnvandstanken altid har kapacitet til den forestående nedbørshændelse. Derfor kan det være nødvendigt, at tømme regnvandstanken (RTC) før hændelsen indtræder hvilket mindsker rådighedsmængden af vand til husholdning.

1.2 Problemformulering

Hvorvidt der opstår en interessekonflikt mellem forbrugeren, som ønsker mest mulig udbytte af det opsamlede regnvand og det offentlige kloaksystem som ønsker mest mulig kapacitet frigjort, er derfor vigtig at få analyseret. Formålet med denne rapport er derfor:

„At undersøge hvor store kapacitetsmæssige fordele en implementering af „DCM“ i en bydel vil få for kloaksystemet under samtidig hensyntagen til forbrugerens ønske om maksimal udnyttelse af regnvandet til husholdning.“

Til at løse problemformuleringen er opstillet to analyser. Første analyse består i at undersøge potentialet for én forbruger ved brug af forskellige størrelser på regnvandstankene. Denne analyse giver et indblik i, om etablering af en regnvandstank for én familie er udbytterig. Desuden beregnes, hvor stor tilbagebatalingsperioden vil være med de gældende spildevandsafgifter.

Anden analyse består i at undersøge hvilke konsekvenser implementering af DCM i en bydel har for afløbssystemet. Ved at tage et større afløbssystem i betragtning, er det muligt at undersøge om implementering af DCM, vil gavne afløbssystemet. Her undersøges hvilke konsekvenser forskellige implementeringsmetoder har på afløbssystemet.

Ved at sammenholde de to analyser, konkluderes om implemtering af DCM kan gøres på en måde så både forbruger og afløbssystem bliver tilgodeset.

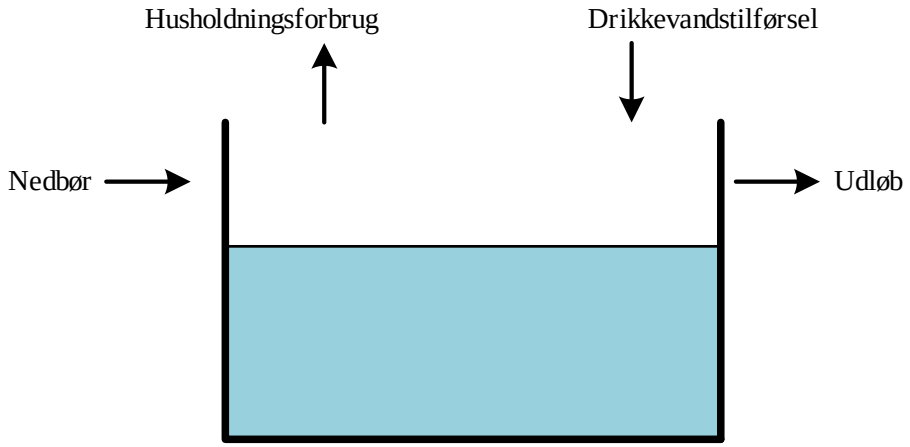
Før analyserne laves, præsenteres først en beskrivelse af systemet samt en dimensioneringsmetode, hvorudfra regnvandstankene til analyserne dimensioneres.

Decentral magasinering 2

For at give et overblik over fordele og ulemper ved etablering af DCM, er følgende afsnit en redegørelse for de hovedelementer som udgør baggrunden for potentialet ved DCM. Til sidst er opstillet et eksempel på systemets udformning ligesom fordele og ulemper er diskuteret og ud fra denne diskussion rettes fokus på formålet med analysen.

2.1 Regnvandsopsamling

Første element i DCM er opsamling af regnvand på tagarealer som via tagrender ledes til en regnvandstank. De forskellige faktorer der påvirker tankens massebalance ses på figur 2.1.

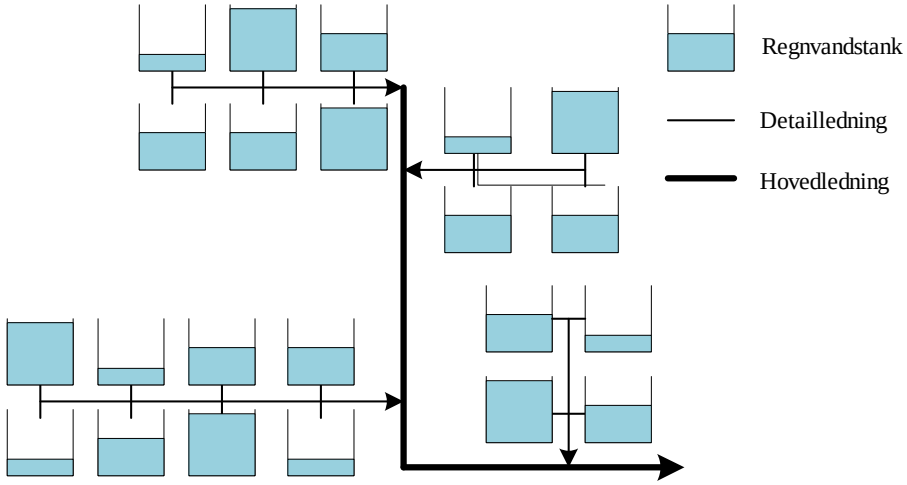


Figur 2.1. Principskitse af massebalance i regnvandstank

Når vandet er magasineret i tanken, kan det anvendes på to måder. Enten ved forbrug, hvor forbrugerne kan anvende regnvandet til vaskemaskiner, toiletskyld, bilvask og lignende. Hvis alt vandet ikke anvendes til forbrug, kan overskudsvand ved fyldt tank løbe til kloakken via udløbet. Hvis der derimod er for lidt vand i tanken under forbrug, er der tilslutning fra drikkevandsforsyningen som sikrer en minimumsvandstand i tanken hvormed der altid vil være vand klar til forbrug.

2.2 Forsinkelsesbassin og styring af udløbet

Udvides regnvandsopsamlingen til flere husstande, f.eks. et helt afskåret område i et kloaksystem - se figur 2.2, kan systemet betragtes som mange mindre forsinkelsesbassiner placeret decentralt.



Figur 2.2. Principskitse af decentral magasinering.

Ved at placere forsinkelsesbassiner decentralt vil den nedbør som falder på husenes tagarealer i stedet for at ende direkte i kloaksystemet, kunne opmagasineres i lokale regnvandstanke. Hvis det på figur 2.2 antages, at hver af de 18 regnvandstanke har et volumen på 4 m^3 og hver modtager vand fra 120 m^2 tag, vil hver tank ved en nedbørshændelse på 20 mm kunne tilbageholde 2.400 liter vand, svarende til 43,2 m^3 for hele oplandet. Dette kræver naturligvis at alle regnvandstanke har 2,4 m^3 frit volumen, hvilket kan ske på to måder. Enten skal forbrugeren, siden sidste regnhændelse have brugt tilstrækkelig meget vand, ellers skal regnvandstanken tømmes ned før regnhændelsen. Udløbet fra tankene kan altså bruges effektivt, således der altid vil være fri kapacitet i tankene, hvilket vil skabe en stor opstrøms magasineringskapacitet.

Foruden magasineringskapacitet vil en effektiv styring af udløbet kunne rense det aktuelle afløbssystem før en regnhændelse. Hvis et fælles kloaksystem med overløbsbygværk i en længere periode har været uden nedbør vil der typisk ophobes suspenderet stof i kloaksystemet. En større regnhændelse vil, efter en tør periode, rense kloaksystemet og måske skabe overløb, som derved aflaster høje koncentrationer af det suspenderede stof til aflastningsrecipient. Dette kan foresage iltsvind og herved skabe dårlige forhold i vandløbet - modsat målet om ”god tilstand” fra miljømålsloven - se bilagsafsnit A.2. Hvis en styringsstrategi pumper udløbsvandet fra regnvandstankene ud, så der skabes selvrensning uden overløbsbygværket træder i kraft, kan koncentrationerne af suspenderet stof nedbringes.

Udløbsstrategierne skal også tage hensyn til, at det eksisterende kloaksystem ikke bliver overbelastet når regnvandstankene tømmes. En sådan styringsstrategi vil nemmest foregå fra centralt sted (f.eks. den lokale forsyningsvirksomhed), hvilket kræver at forsyningsvirksomheden har forskellige oplysninger og muligheder. De muligheder og informationer som kræves for at kunne administrere en sådan styring vil være:

- Det aktuelle fyldte volumen i hver regnvandstank.
- Vejrprognose som kan forudsige hvor meget nedbør der falder indenfor et kortere tidsrum.
- Kontrol over udløbspumpe fra hver regnvandstank.
- Afstrømningsmodel over området hvor DCM anvendes.

Det aktuelle volume og kontrollen over pumpen er muligt ved hjælp af installering af en mindre computer som kan modtage og sende signaler. Vejrprognoser og forecast i pixelstørrelse 2×2 km fremstilles af blandt andre DMI og det antages at disse er tilgængelige, evt, ved abonnementordning. En afstrømningsmodel i f.eks. MIKE URBAN over området skal konstrueres såfremt den ikke foreligger.

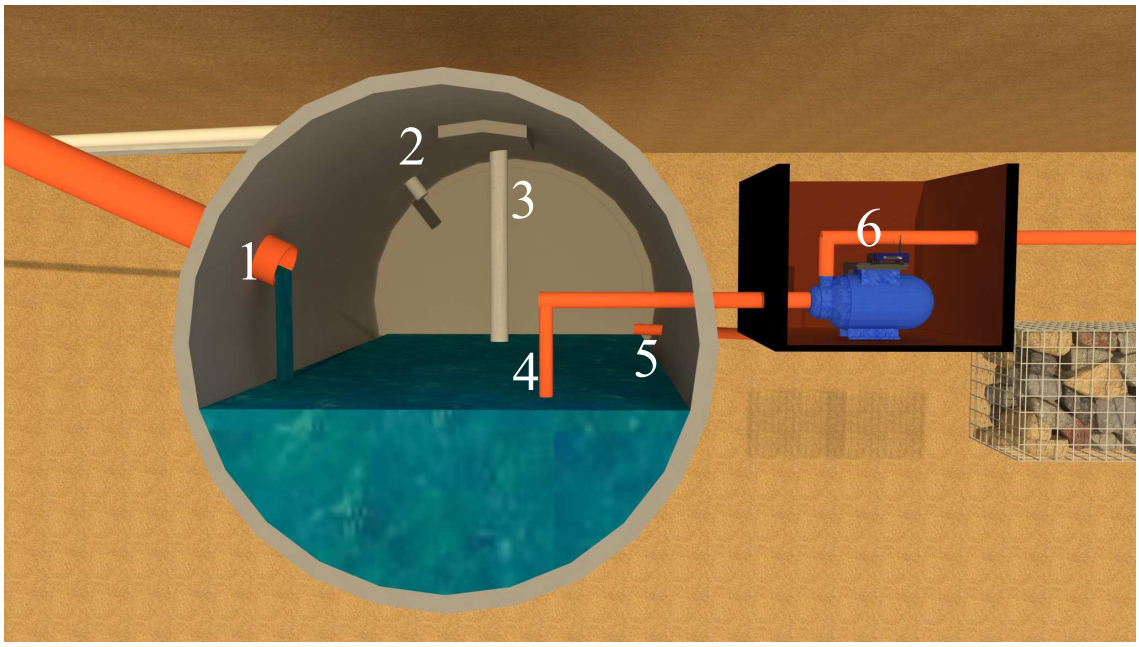
2.3 Eksempel på opstilling af decentral magasinering

Et eksempel på hvordan sammensætningen af et helt magasineringssytem kunne se ud ved en forbruger er vist på følgende figurer.

Først opsamles vandet på taget og ledes ved hjælp af tagrenden ned til regnvandstanken. Her skal forbrugeren være opmærksom på, at holde tagranden fri for blade og lignende, hvilket vil skabe den bedste afstrømning og give „rent“ regnvand i regnvandstanken.

Figur 2.3.

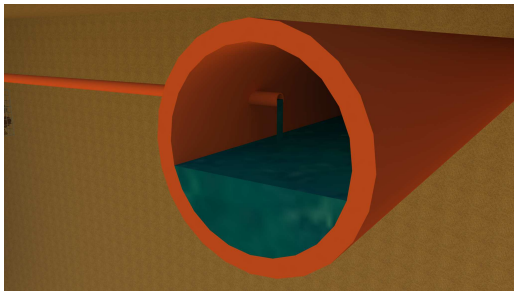
I regnvandstanken, som i dette tilfælde er placeret under jorden, magasineres regnvandet, hvorfra udløb, forbrug og drikkevandstilførsel også finder sted. Hvis der omkring tankens placering er potentiale for nedsivning kan en faskine også tilkobles regnvandstanken, hvilket vil give en mindre belastning på afløbsystemet.



Figur 2.4. Tagareal hvor regnen falder og føres til regnvandstanken.

De forskellige funktioner på figur 2.4 er følgende punkter:

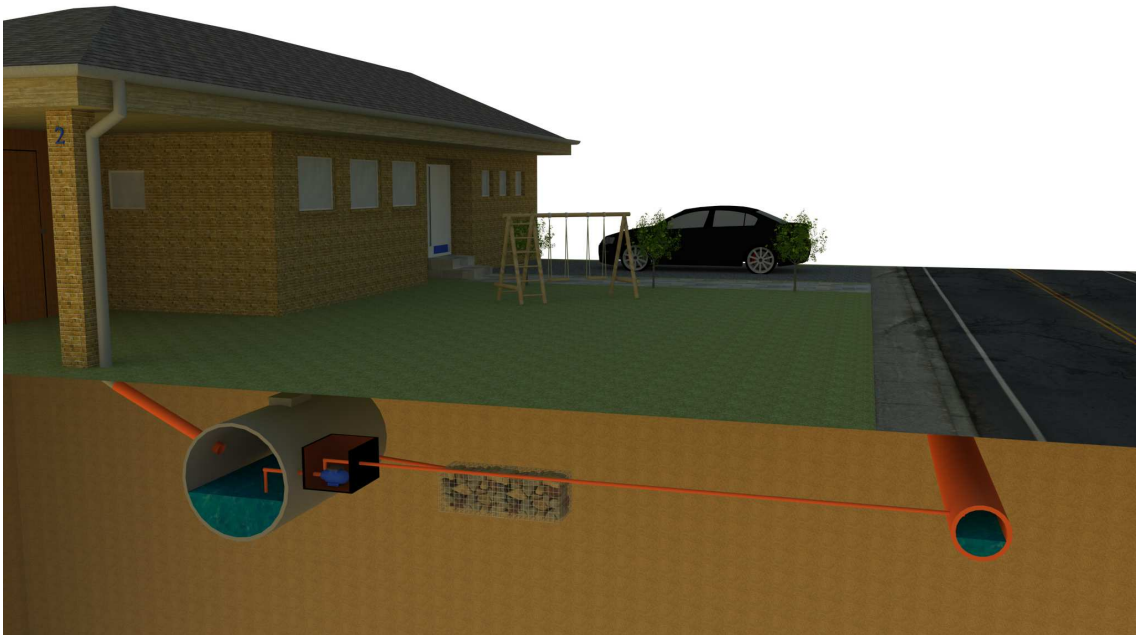
1. Tagvandet løber til regnvandstanken.
2. Hvis der ikke er nok tagvand til rådighed tilføres vand fra drikkevandsforsyningen.
3. Vandet pumpes til husholdning - f.eks. vaskemaskine, toiletskyld, havevanding og bilvask.
4. Vandet kan pumpes til kloakken.
5. Vandet kan ledes til faskine. (hvis jordforholdene tillader det)
6. PLC med SMS-modtager skal tænde og slukke for pumpen ved signal fra centralt sted.



Figur 2.5. Udløb til kloaksystem - punkt 4

Figur 2.6. Udløb til faskine - punkt 5

PLC'en, som sidder ved pumpen, styrer udløbet til det kommunale afløbssystem hvortil regn- og spildevandsaflastninger også sker.



Figur 2.7. Hele systemet

På figur 2.7 ses eksempelets system som en helhed, systemet også konstrueres på anden vis alt efter hvilke funktioner som ønskes tilgængelige. Det bemærkes at hele systemet er gemt under jorden - altså vil implementering ikke kræve plads over jorden eller gøre boligen mindre visuel attraktiv.

2.4 Fordele og ulemper ved decentral magasinering

Fordelene ved etablering af systemet er,

- Erstatning af rent drikkevand med regnvand
- Mindre pres på grundvandsressourcerne
- Opstrømsmagasinering giver mindre pres på afløsystemet under styring
- Rensning af kloakledninger før stor regnhændelse i fællessystemer
- Besparelse ved indførelse af afledningsafgift på regnvand

Ulemperne ved etablering af systemet er,

- Opnåelse af det fulde potentiale kræver styring fra centralt sted
- Anvendelse af regnvand i husholdning kræver struktureret kontrol med vandkvaliteten
- Tanken skal placeres på privat grund og betales af forbrugerne
- Tømning forud for en regnhændelse kontra tilstrækkelig vandstand til forbrug

De to lister indikerer både store fordele, men også ulemper ved DCM. Som beskrevet i indledningen til rapporten, er presset på grundvandsressourcerne så store nogle steder i Danmark, at vandværker må udstede forbud mod brug af vand til havevanding. Presset på afløbssystemet vil også være forskelligt alt efter tilstanden på det gældende kloaksystem og på denne måde kan

fordelene være differentieret i forhold til geografi. Erstatning af drikkevand med regnvand samt rensning af kloakledninger før en stor regnhændelse vil dog uanset geografi være en fordel for forbrugeren og afløbsystemet.

Ulemperne beror på ændring i opfattelsen af borgeransvaret for kloaksystemet under regnhændelser, samt hvor ansvaret for kvalitetskontrol og styringen skal placeres. I dag betales afgifter på baggrund af tappet mængde drikkevand - altså er der ingen økonomisk forskel på, om en martrikel belaster afløbssystemet med 10 m^3 eller 50 m^3 regnvand under en regnhændelse. Hvis denne incitamentstrukltur - f.eks. ved indførelse af en regnvandsafgift - ændres, vil dette give forbrugerne en ansvarsfølelse for mængden af aflastet regnvand til kloaksystemet og derved gøre DCM økonomisk attraktiv. Dog forventes det at forbrugeren, uantastet det økonomiske incitament, vil have et ønske om begrænsning i forhold til størrelsen af regnvandstanken. Placering af ansvaret for kvalitetskontrol og styring kan løses politisk og antages for at være en mindre ulempe.

Gennemgangen af fordele og ulemper lægger op til, at den forestående analyse af systemet - både på forbrugerniveau og oplandsniveau, har specielt fokus på at finde en balance mellem forbrugerens ønske om mest mulig erstattelig drikkevand, samt reducering af belastningen på afløbssystemet under regnhændelser.

Før analysen foretages, beskrives de forhold som skal tages i betragtning i forbindelse med dimensionering af en regnvandstank.

Dimensioneringsmetode af regnvandstank 3

I dette kapitel opstilles en dimensioneringsmetode, som skal bruges til dimensionering af regnvandstanke i de kommende analyser. Dette gøres ved, først at lave en redegørelse for alle de parametre som har indflydelse på regnvandstankens dimensioner, hvorefter en egentlig dimensioneringsmetode kan fremstilles.

Den endelige metode til dimensionering beror på en vurdering af tre kriterier og disse er opstillet sidst i kapitlet.

3.1 Nedbør

Mængden af nedbør er sammen med det eksisterende kloaknet og ønsket samlet magasineringskapacitet bestemmende for hvor stort potentialet ved etablering af decentral magasinering er. For at finde frem til det ønskede magasineringsvolume, kan historiske regn eller landsregnerækken anvendes. Se eksempel i afsnit 3.2, hvor en historisk regn er anvendt.

De historiske regnserier og langsregnerækken er blevet til ved hjælp af SVK's regnmålersystem som er opsat af kommunerne i Danmark, der siden 1979 lavet regnserier med en tidslig opløsning på 1 minut. Der er i alt opstillet 130 målere i Danmark og placeringen er ikke jævnt fordelt over landet da det er op til den enkelte kommune om denne vil investere i systemet.

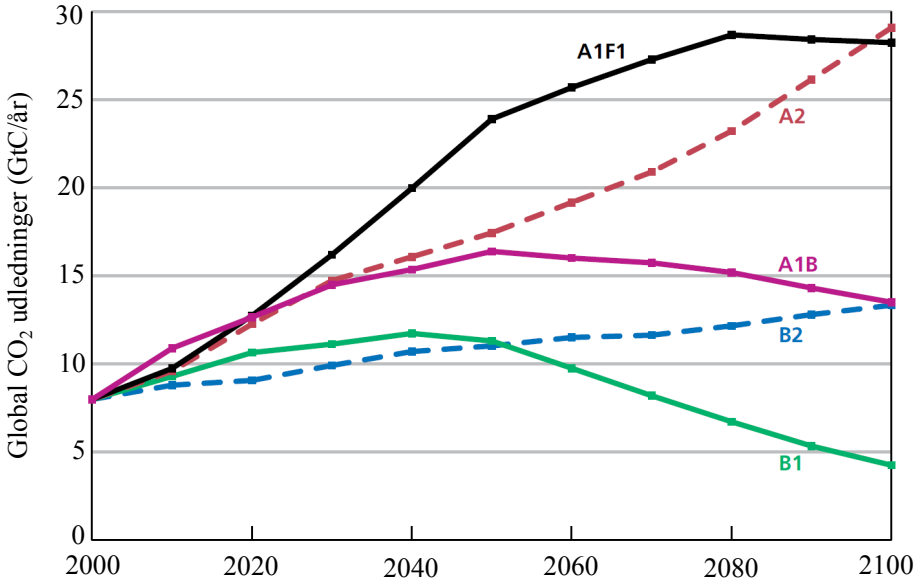
De historiske regnserier kan anvendes til rørdimensionering, hvor kravet for minimumsgentagelsesperiode fastsættes og herefter køres langtidssimuleringer (LTS-simuleringer) i en afstrømningsmodel som blandt andet beregner hvor ofte vandet stuver til terræn. Her vil de dimensionsgivende regnhændelser typisk være korte kraftige regnhændelser, hvorimod det ved bassindimensionering vil være længere regnhændelser som bestemmer dimensionerne. Om det er rør eller bassiner der dimensioneres er derfor afgørende for hvilke regnhændelser der bliver dimensionsgivende. Dette valg bliver endnu vigtigere hvis dimensioneringen skal tage hensyn til fremtidens klima. Ændringer i nedbørsstrukturen betyder kortere, men mere intensive hændelser om sommeren, hvorimod vinterens middelnedbør forventes at stige med længere lavintensive hændelser.

3.1.1 Klimaforandringer

Hvis tankene skal kunne håndtere fremtidens regn, er det vigtigt, at undersøge hvilken indvirkning klimaforanringerne har på nedbøren.

For at konkretisere hvordan fremtidens klima ser ud, har IPCC lavet forskellige scenarier for hvordan verden ser ud mht. demografi, socioøkonomi, teknologi og brug af fossile brændstoffer om 100 år. Disse scenarier er samlet under fire - se figur 3.1 hovedscenarier kaldet A1, A2, B1 og B2, hvor underkategorien af A1, A1F1 er scenariet med forudsigelser om de, for

klimaet, mest drastiske udviklinger. For yderligere information omkring de enkelte scenarier og underkategorierne henvises til IPCC [2007].



Figur 3.1. Klimascenarier [Brown *et al.*, 2009]

Ud fra disse scenarier har institutter verden over regnet på påvirkerne, som de enkelte scenarier vil medføre, dette er gjort med såkaldte GCM-modeller (Global Climate Change). Resultaterne af deres arbejde kan behandles på forskellig vis, f.eks. har DHI implementeret et tool i MIKE URBAN (Climate Change Tool) hvori man ved indtastning af position samt afkrydsning af hvilke modeller der ønskes anvendt, kan beregne en ændringsfaktor for hver måned som kan ganges på regnserier. DHI har brugt resultaterne fra 25 GCM-modeller som samlet giver følgende ændringsfaktorer.

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1,11	1,10	1,08	1,12	1,03	1,13	1,05	0,91	0,99	1,07	1,07	1,12

Tabel 3.1. Ændringsfaktorer beregnet fra A1F1 scenariet.

Ved anvendelse af disse faktorer skal man imidlertid være opmærksom på, at faktorerne ikke ganges på middelnedbøren, men i stedet ganges på minutintensiteterne. Derved ændres kun de enkelte intensiteter og ikke nedbørsstrukturen, hvorfor anvendelsen af værktøjet ikke vil give et retvisende billede af fremtidens klima.

En af rapporterne som er udkommet som følge af beregninger på IPCC's klimaforudsigelser er UK Climate Projections Science Report: „Climate change projections". Instituttet bag rapporten har blandt andet regnet på ændringen i nedbør i England som følge af A1F1, A1B og B1 scenarierne. Resultaterne, som er givet ved en procentuel ændring i forhold til nuværende nedbørsmængde, ses i tabel B i bilag B. Tabellens resultater viser den største og laveste ændring for de tre scenarier og det ses at der er forholdsvis stor spredning på største og mindste ændring.

En endelig konklusion på klimaændringernes betydning for vejrforholdene er derfor meget svær at lave. Udgangspunktet for valg af klimaets påvirkning, må derfor bero på anvendelsen. Som

beskrevet før i nærværende rapport, skal den decentrale magasinering både tilgodese forbrugeren og kloaksystemet. Derfor er det vigtig at både højintensive korte hændelser om sommeren og lavintensive lange hændelser om vinteren bliver korrigeret korrekt. Middelværdier fra tabel B er anvendelige, og der kan bruges et gennemsnit mellem største og mindste ændringer fra beregninger af scenariet A1F1 med sandsynlighedsniveau på 90 %.

	Største ændring	**Mindste ændring**	**Gennemsnitlig ændring**	***Ændringsfaktor* ift. regndybde**
Middelnedbør, vinter	+97	+6	+52	1,52
Nedbør på mest regnfulde dag, sommer	+64	+6	+35	1,35

Tabel 3.2. Forventede relative ændringer for nedbøren beregnet fra A1F1 scenariet [Brown *et al.*, 2009]

Ud over tabellens værdier skal regnhændelserne henholdsvis forlænges og forkortes om vinteren og sommeren. I Danmark er der også foretaget sådanne beregninge, og resultaterne af disse beregninger kan ses på klimatilpasning.dk [Task Force for Klimatilpasning, 2012]. På denne hjemmeside beskrives også, at regnhændelser i fremtiden forventes kortere om sommeren og længere om vinteren - dog uden angivelse af egentlige faktorer. Resultaterne for A1B scenariet giver følgende ændringer i middelintensiteten og varigheden opdelt i sommer- og vintermånederne. Sommermånederne dækker over april, maj, juni, juli, august og september og vintermånederne de resterende.

Klimafaktor sommer	1.05
Klimafaktor vinter	1.25
Ændring i varighed sommer	0.80
Ændring i varighed vinter	1.20

Tabel 3.3. Klimafaktorer og ændringer i varighed.

Disse værdier bliver anvendt til senere beregninger i rapporten og en nærmere gennemgang af beregningsmetoden til ændring i regnserier kan ses i bilag D.

3.2 Magasineringsvolume

Magasineringsvolumet er den del af regnvandstanken som er til rådighed under en nedbørshændelse. Som før beskrevet skal der opretholdes en minimumsvandstand i tanken så der altid er adgang til husholdningsforbrug. Minimumsvandstanden skal kunne klare det tidsrum den daglige spidsbelastning finder sted - dvs. det øjeblik hvor vaskemaskine, toilet, havevanding osv er i brug samtidig. Det nødvendige vandvolume afhænger af antal forbrugere af tanken og et fastsat vandniveau for alle tanke kan derfor ikke bestemmes. Derfor skal bufferkapaciteten bestemmes ud fra antallet af forbrugere i ejendommen.

3.3 Husholdningsforbrug

I dimensioneringssammenhæng af regnvandstanken er husholdningsforbruget interessant, da forbrugerne som før beskrevet skal sikres, at der altid er vand nok til rådighed i tanken. De vil have et naturligt krav om størst mulig udnyttelsesgrad af regnvandet set over en længere periode, dvs. at tanken ikke tømmes unødvendigt. Dette krav går godt i spænd med ønsket om størst mulig frigørelse af kapacitet i kloaksystemet, der vil således altid være mest mulig vand i tankene. Derfor bliver husholdningsforbruget ikke dimensionsgivende, men et vigtigt redskab i en analyse af effektiviteten ved brug af decentral magasinering.

For at lave en sådan analyse er følgende punker nødvendige, for at bestemme det korrekte forbrug for husstandene.

- Antal beborer i husstanden
- Antal toiletskyld
- Havevanding - har forbrugeren have og vandes den?
- Bilvask - har forbrugeren bil og vasker man den selv?
- Tøjvask - vaskes meget eller lidt?

Præcise tal for alle punkter vil være relativt nemme at bestemme for større områder, da en flowmåling nedstrøms i afløbssystemet vil have en nogenlunde fast struktur, hvorimod de individuelle husstandes forbrug vil være svært at estimere. Derfor kan der i stedet anvendes befolknings- og forbrugsstatistik som f.eks. kan findes i den lokale spildevandsplan og speciallitteratur om husholdningsforbrug.

3.4 Udløbsstrategi

Måden hvorpå udløbet kontrolleres er også en væsentlig parameter i dimensioneringssammenhæng. Den nemmeste styring vil være „passiv“ styring, hvor vandet fra taget løber til regnvandstanken til den er fuld, hvorefter vandet løber direkte via overløb til kloakken. I dette tilfælde vil tankens frie kapacitet kun være styret af forbruget og ikke blive tilpasset kommende regnhændelser.

En anden styringsform kunne være en mere dynamisk styring, som tager udgangspunkt i forudsigelser om nedbøren. En sådan styring vil i højere grad tilgodese afløbssystemet, da en pumpe i god tid vil kunne frigøre kapacitet til en kommende nedbørshændelse.

Som de to eksempler viser, kan styringen kontrollere hvor meget fri kapacitet der er i regnvandstanken under nedbørshændelser. Derfor er det også vigtig at fastlægge en strategi som opfylder de krav der er til regnvandsstankene.

3.5 Dimensioneringsmetode

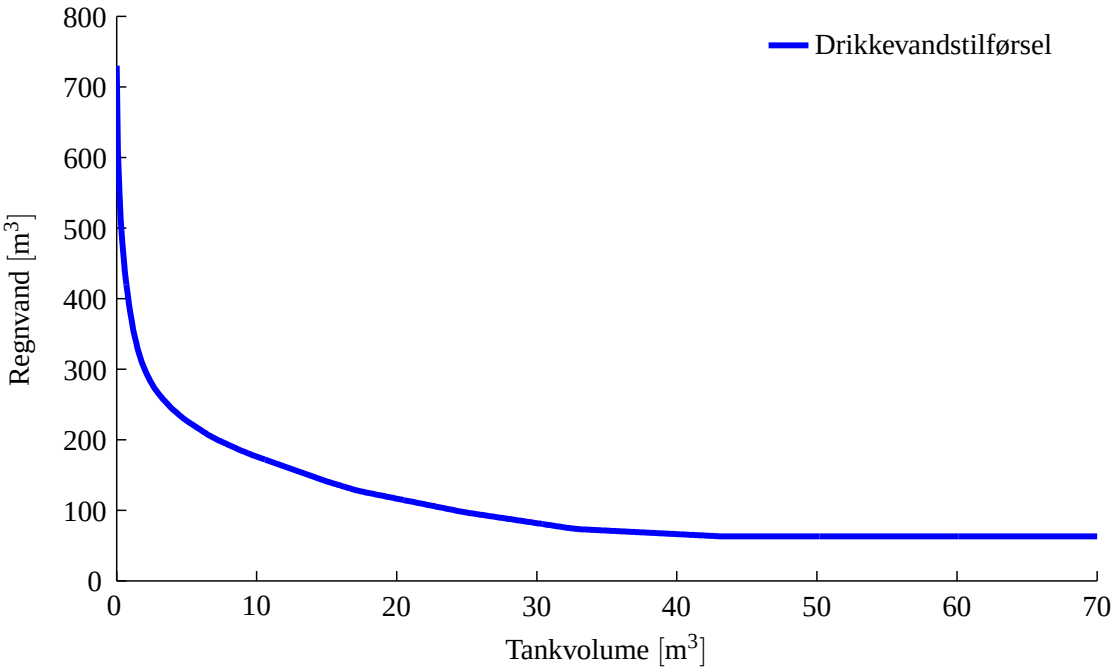
Dimensionering af regnvandstankens størrelse kan ske på flere måder. Et direkte valg vil være at bestemme et kriterie for hvor store regnhændelser tanken skal kunne magasinere. F.eks. kan kriteriet være, at regnvandstanken skal kunne magasinere nedbørshændelser med en gentagelsesperiode på 10 år. Dette vil gøre at tanken, ud fra landsregnerækken for en 60 minutters

hændelse, skal kunne magasinere 26 liter vand pr kvadratmeter tag der aflastes fra. Tagarealer på mellem 100 m^2 og 200 m^2 skal altså kunne magasinere mellem 2,6 m^3 og 5,2 m^3 plus bufferkapaciteten.

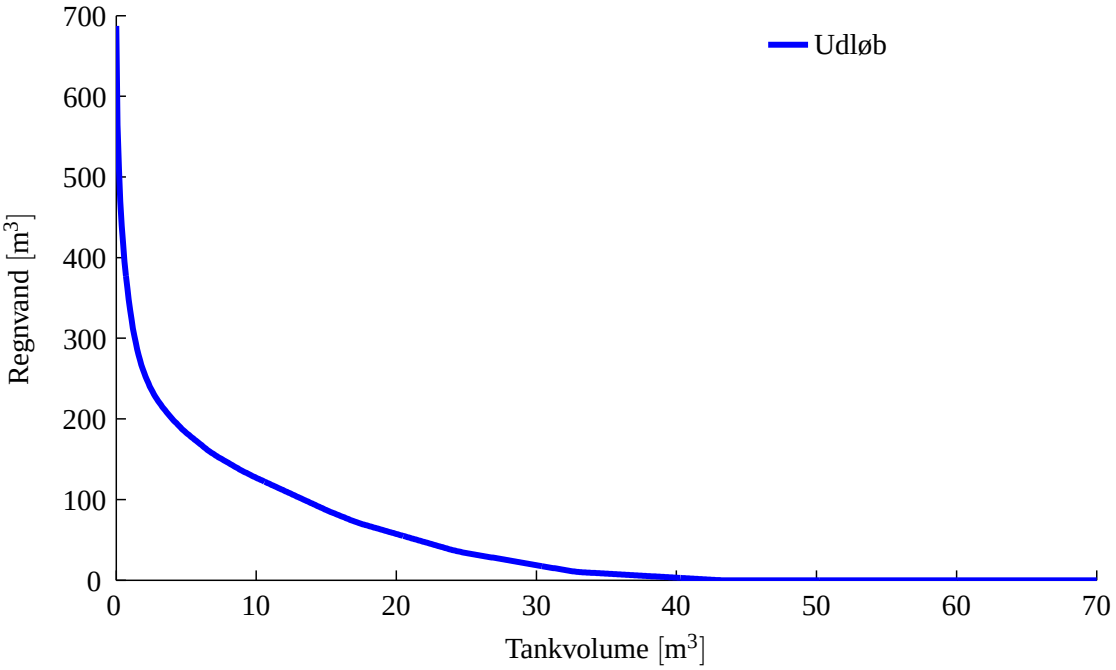
En anden metode, er anvendelse af SVKs regnmålersystem og forbrugsmønstre til beregninger der på baggrund af historisk data, skal give klarhed om følgende punkter for hele beregningsperioden:

- Nedbør
- Forbrug
- Nødvendig drikkevandstilførsel
- Udløb

Ved kendskab til disse punkter kan en dimensionering laves i forhold til f.eks. den nødvendige drikkevandstilførsel samt udløbet over en periode. Det antages at en periode på 10 år vil give et retvisende resultat af potentialet og samtidig holde beregningstiden på et acceptabelt niveau. Et eksempel på hvordan drikkevandstilførelsen og udløbet for én regnvandstank over 10 år ser ud, ses på figur 3.2 og 3.3, som er grafer fra beregningen i kapitel 4 på side 27.



Figur 3.2. Drikkevandstilførsel



Figur 3.3. Udløb

Ved at se på disse to grafer er det muligt at vurdere, hvor stort et tankvolume som synes mest optimal for både forbrugeren og afløbssystemet. Denne vurdering sker ud fra en afvejning af følgende tre kriterier:

- at forbrugeren ønsker mindst mulig drikkevandstilførsel
- at afløbssystemet ønkser mindst mulig udløb fra tankene
- at forbrugeren ønsker mindst mulig regnvandstank pga. nedgravningsarealet på egen grund

Ud fra de tre punkter kan dimensionen på tankstørrelsen ikke sættes til f.eks. 1 m^3 og heller ikke til 50 m^3, hvilket ellers ville opfylde kravet om henholdsvis mindst mulig tank og mindst mulig drikkevandstilførsel samt mindst mulig udløb. Derfor må en rimelig dimensioneringspraksis være, at finde punktet på grafen, hvor hældningen ved forøgelse i tanksvolume ikke ændres væsentlig ved samtidig fokus på de tre punkter.

Analyse af decentral magasinering for én familie

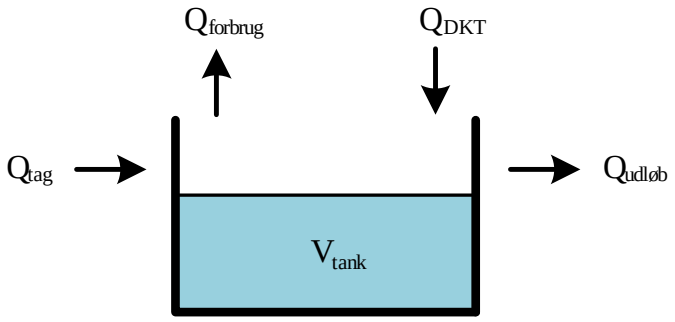
4

I nærværende kapitel beregnes hvor stort potentialet for en fire personers familie er ved implementering af en regnvandstank. Potentialet afdækkes ved studere, hvor stor en del af familiens forbrug, der kan erstattes ved brug af tankstørrelser mellem 0 m^3 og 70 m^3. Dette giver et billede af, hvor stor regnvandstanken skal være, for at implementering er rentabel.

Vurderingerne i kapitelet er lavet med udgangspunkt i dimensioneringsmetoden som blev opstillet i afsnit 3.5. Til at analysere brugen af decentral magasinering er opsat en model med baggrund i regnvandstankens massebalance.

4.1 Modelopsætning

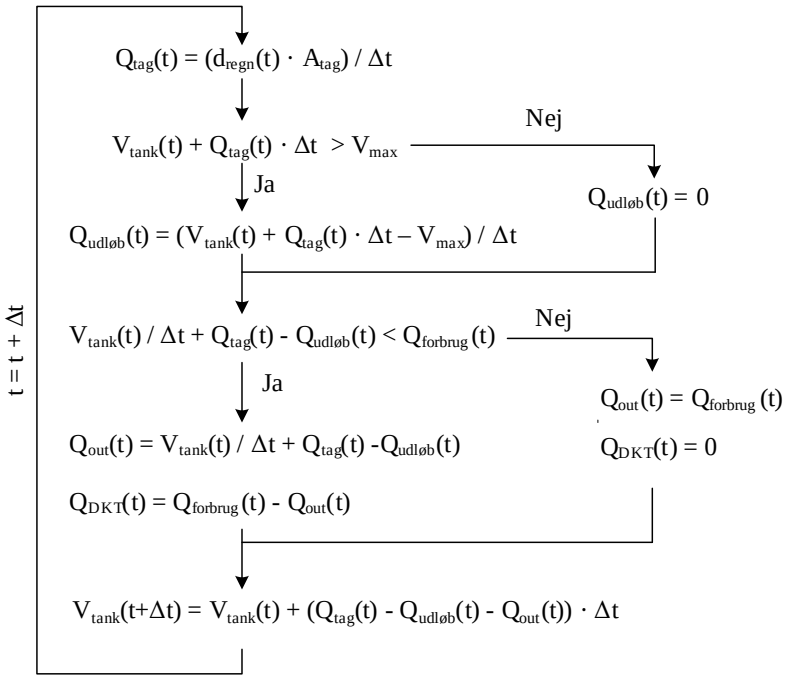
Beregningen tager udgangspunkt i massebalansen på figur 4.1 og bruger også denne notation i beregningsdiagrammet.



Figur 4.1. Massebalance i regnvandstank

$$V_{tank} = \frac{Q_{tag} - Q_{forbrug} - Q_{udlob} + Q_{DKT}}{\Delta t}$$

Beregningen som figuren illustrerer er en masseballance, som skal beregnes med fastsat tidsskridt. Massebalancen kan beregnes med følgende beregningsdiagram.



Figur 4.2. Beregningsdiagram med styrende algoritme

hvor

t	tiden [min]
Δt	tidsskridt [min]
d_{regn}	Regndybde [m]
A_{tag}	Tagareal [m^2]
Q_{tag}	Vandføring fra tagareal til tanken [m^3/min]
V_{tank}	Aktuelt volume i regnvandstanken [m^3]
V_{max}	Maximal volume i regnvandstanken [m^3]
Q_{udlob}	Vandføring fra tank til afløbssystem [m^3/min]
Q_{output}	Output fra tanken
$Q_{forbrug}$	Vandføring fra tank til forbrug [m^3/min]

Først regnes vandføringen fra tagarealet i det valgte tidsskridt Δt, hvorefter tankens volume plus vandføringen beregnes - eventuelt overskydende vand sendes til udløb. Herefter regnes behovet for tilførsel af drikkevand, hvilket sker såfremt forbruget overstiger vandføringen fra tanken adderet med tankens volume. Beregningen er iterativ, derfor regnes til sidst tankens volume til brug i næste tidsskridt.

Det bemærkes at modellen anvender „spill before yield“ konceptet, hvilket vil sige at eventuelt udløb regnes før forbrug under samme tidsskridt. Dette gøres da forbruget i en virkelig situation, ikke kan forudsiges, hvorfor det er bedre at sikre tilstrækkelig fri kapacitet til den kommende nedbør.

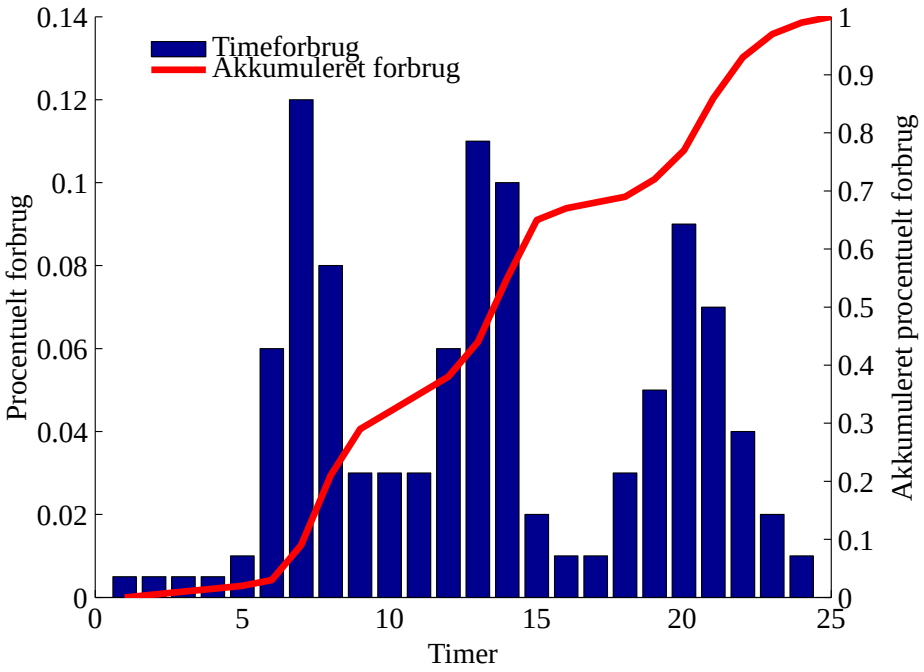
Da der ikke anvendes forudsigelse om kommende regn, kan denne styring af udløbet kaldes „passiv“. Dvs. at forbruget er styrende for vandstandssænkning - se mere om dette i kapitel 5.

Nedbør

Jævnfør dimensioneringsmetoden, er der til beregningen anvendt 10 års historisk regn fra tre regnserier fra regnmålere placeret i Frejlev (stationsnr. 5057), Haderslev (stationsnr. 5390) og Virum (stationsnr. 5633) - alle regnserier starter d. 1. januar 2000 og slutter 31. december 2010. Beregningen er således både geografisk og tidsligt godt repræsentabel for Danmark. Da regnserierne er lavet i en opløsning på 1 minut, bruges 1 minut også som tidsskridt. Endvidere regnes med et tagareal på 120 m^2 og et initialtab på 0.6 mm.

Husholdningsforbrug

Som beskrevet i afsnit 3.3, er husholdningsforbruget en variabel størrelse. I Winther *et al.* [2006] angives, at 25 - 50 liter pr person kan erstattes af regnvand. Til beregningen bruges en fire personers familie med et dagligt erstatteligt forbrug på 200 liter. De 200 liter fordeles over en dag med et forbrugsmønster fra Karlby [2002] som ses på figur 4.3.

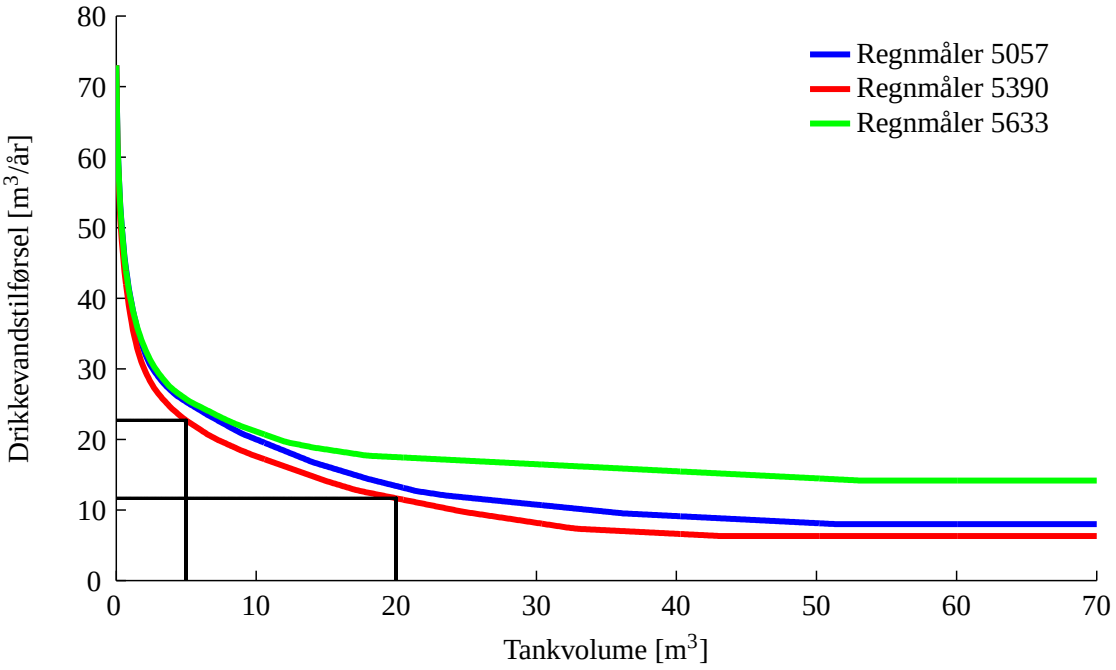


Figur 4.3. Timeforbrug og akkumuleret forbrug [Karlby, 2002]

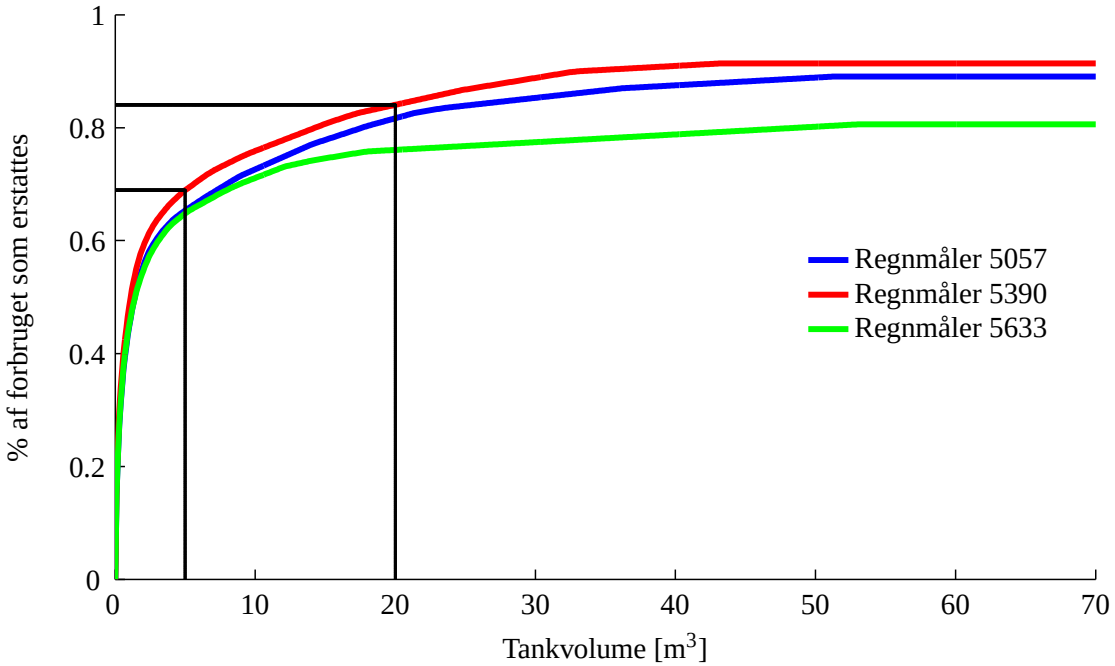
4.2 Resultater

Figur 4.4 og 4.5 viser summen over 10 år for forsyningsbehovet. To linjer markerer henholdsvis tankvolumener på 5 m^3 og 20 m^3. Således er det overskueligt, at se hvor stor en ændring i drikkevandstilførelsen det giver at forøge volumet fra 5 m^3 til 20 m^3. De to størrelser er valgt ud fra en forventning om, at forbrugeren kan acceptere en tankstørrelse på 5 m^3, mens 20 m^3 vil være for stort - dermed afdækkes størrelsen af tabet for forbrugeren ved anvendelse af små regnvandstanke i stedet for store. Vandføringen fra tagarealet (uden initialtab) samt forbruget pr. år er følgende:

Forbrug	73.0 m^3/år
Vandføring fra tag ud med regn fra regnmåler 5057	65.0 m^3/år
Vandføring fra tag ud med regn fra regnmåler 5633	61.0 m^3/år
Vandføring fra tag ud med regn fra regnmåler 5390	68.7 m^3/år



Figur 4.4. Nødvendige antal kubikmeter som skal tilføres i forhold til tankstørrelsen.



Figur 4.5. % af forbruget som kan erstattes.

Ved brug af en regnvandstank på 5 m^3 kan knap 70 % af forbruget dækkes, mens en tank på 20 m^3 kan dække ca. 85 % af forbruget. Efter 20 m^3 er forøgelsen af dækningsgraden begrænset.

De præcise tal for drikkevandstilførelsen (DKT) kan ses i tabel 4.1. For at vise hvor meget vand der løber fra regnvandstanken er udløbet fra tanken også angivet i tabellen.

	Referance (uden tank)			**5** m^3			**20** m^3		
Regnmålernr.	5057	5390	5633	5057	5390	5633	5057	5390	5633
Udløb [m^3]	650	684	610	173	183	135	54	57	53
DKT [m^3]	730	730	730	253	227	257	134	116	175

Tabel 4.1. Værdier for brug af tank for én familie over 10 år

I tabel 4.2 vist gennemsnitlige procentsatser for hvor meget af regnen hvor meget der går til udløb og hvor meget drikkevand der kan erstattes af regnvand.

Tankvolume	**5** m^3	**20** m^3
Udløb ift. referencetal	24 %	9 %
Erstattelig drikkevandstilførsel	66 %	81 %

Tabel 4.2. Procentsatser ved brug af én tank over 10 år.

Graferne og tabelværdierne viser således, at der ved etablering af en 5 m^3 regnvandstank kan erstattes gennemsnitlig 66 % af forbruget.

Ud fra de gældende reglerne om, at afledningsafgifter betales ud fra mængden af tappet vand, er lavet følgende beregning på besparelsen ved brug af DCM. Én kubikmeter vand koster i gennemsnit 58 kr [DANVA, 2013].

	5 m^3			**20** m^3		
Regnmålernr.	5057	5390	5633	5057	5390	5633
Forbrug $\times$ 58 kr.	42.340	42.340	42.340	42.340	42.340	42.340
DKT $\times$ 58 kr.	14.674	13.166	14.906	7.772	6.728	10.150
Besparelse i kr.	27.666	29.174	27.434	34.568	35.612	32.190

Tabel 4.3. Besparelse for én familie over 10 år.

I bilag C er et udsnit fra regnvandstanken.dk, som sælger opsamlingstanke og det nødvendige udstyr. Prisen på en 5 m^3 regnvandstank er 35.350 kr. mens en 10 m^3 regnvandstank koster 46.150 kr - det har ikke været mulig at finde prisen på en 20 m^3 regnvandstank. Med en gennemsnitlig besparelse på 28.092 kr, vil en 5 m^3 tank, med de gældende regler, være tilbagebetalt på ca. 12,5 år. Tilbagebetaling af en 20 m^3 tank vil vare længere og da nedgravningshullet er 15 m^3 større, antages det til kommende beregninger, at tanke i størrelsen omkring 5 m^3 vil være acceptabel for en familie.

Det er således påvist at forbrugeren får dækket en markant stor del af sit behov for den erstatningsmulige del fra drikkevandsforsyningen og efter ca. 12,5 år vil regnvandstanken være tilbagebetalt.

I tabel 4.1 og 4.2 ses, at også udløbet reduceres også reduceret kraftigt og derfor vil det være interessant, at undersøge hvilke konsekvenser denne reducering medfører i et afløbsystem.

Analyse af decentral magasinering for et opland 5

I kapitel 4 stod det klart, at anvendelsen af DCM for én familie har et stort potentiale. Potentialet for afløbssystemet synes umiddelbart også stort, men da det befæstede areal ikke er begrænset til tagfalder undersøges i nærværende kapitel, hvor stor effekten er for et helt kloakopland, som består af et varierende antal beborer med et varierende forbrug i hver ejendom.

Effekterne som undersøges er reducering i opstuvninger til terræn samt reducering af aflastninger fra overløbsbygværk i Virum - projektlokaliteten er beskrevet i afsnit 5.4.

For at opnå det største potentiale skal en styring af udløbet fra regnvandstankene konstrueres. Dette gøres ved aktivt at kontrollere hvor meget vand regnvandstankene indholder. Hvis en ændring af vandstandene foretages inden regnhændelsen indtræder, vil mængden af regnvand i afløbssystemet blive reduceret, da regnen i stedet magasineres i regnvandstanken. Disse ændringer kaldes udløbsstrategier og i det følgende er præsenteret tre strategier som bliver analyseret.

5.1 Passiv styring

Regnvandstanken fyldes op under en regnhændelse indtil tanken er fyldt hvorefter der vil ske overløb til kloakken. Styringen af tankens indhold følger forbrugernes forbrugsmønster og når tanken er fyldt vil regnen, under en regnhændelse, løbe direkte fra taget til tanken og videre til kloakken.

5.2 Konservativ styring

Ved denne styring udnyttes tilgængeligheden af vejrprognoser som i en tidslig- og stedsligopløsning kan forudsige kommende volumner af regn. Når en vejrprognose viser kommende regn, sænkes vandstandsniveauet i regnvandstanken til bestemt niveau hvorved der bliver plads til regnen. Denne styring består af to parametre som er den tidslige opløsning på prognosen og niveauet hvortil tankens volume skal sænkes til. For at undersøge hvad de forskellige setpoints betyder for forbrugernes tilgængelighed for vand og udløbsvolumener, er følgende setpoints udvalgt til videre analyse:

- Forecast: 2 timer
- Forecast: 12 timer
- Forecast: 24 timer
- Tømning til forskellige slutniveauer mellem 10 % og 90 %

5.3 Dynamisk styring

Hvor den konservative styring vil sænke vandstandsniveauet til fastsatte niveauer, vil den sidste styringsstrategi i stedet tage udgangspunkt i den eksakte mængde regn som vejrprognoserne forudsiger. Dvs. hvis der falder 5 mm regn på 100 m^2 tag, så vil det samlet give 500 liter vand, hvilket bliver den mængde som pumpes til afløbssystemet før regnhændelsen finder sted. Her vil det igen være interessant at undersøge de tre tidslige opløsninger på forecasts på 2, 12 og 24 timer.

5.4 Projektlokalitet

Konsekvenserne af de forskellige udløbsstrategier regnes på et afløbssystem i Virum som er placeret nord for København tæt ved Kongens Lyngby hvor det er en del af Lyngby-Taarbæk Kommune.

Figur 5.1. Virum er placeret i det østlige Sjælland, nord for København

På figur 5.2 ses den del af Virum som analyseres i denne rapport. Bydelen har differentiret boligbyggeri uden erhvervsbygnigner [Lyngby-Taarbæk Kommune, 2001].

Figur 5.2. Projektlokalitet

Bydelen er blevet besigtiget og består primært af mange parcel- og rækkehuse, samt et enkelt område med etagebyggeri. Eksempler på rækkehuse og etageejendomme i området kan ses på figur 5.3 og 5.4.

Figur 5.3. Typisk rækkehus i Virum

Pladsen mellem etageejendommene er præget af grønne arealer.

Figur 5.4. Etageejendomme

Området er jævnfør Lyngby-Taarbæk Kommunes spildevandsplan [Lyngby-Taarbæk Kommune, 2001] kloakeret som det ses på figur 5.5. Bydelen er primært præget af fælleskloakering, dog er der enkelte steder (blå og grønne områder) seperatkloakeret. Endvidere skal det bemærkes, at de gule områder har frakoblet taget og laver lokalnedsivning, hvorfor disse områder ikke kan bruges i analysen.

Figur 5.5. Kloakering i Virum [Lyngby-Taarbæk Kommune, 2001]

Afgrænsning af området er sket ud fra kloaknettets opbygning, hvilket ses på figur 5.6. Vandet løber til det nordligste af de to bassiner på figuren. Herfra pumpes det ud af området til renseanlæg via ledningen som ses i det syd-østlige hjørne på figuren. I tilfælde af at dette bassin bliver fyldt, er der etableret et overløbsbygværk som sender vandet videre til sydelige bassin hvorfra det pumpes tilbage til det nordlige bassin eller via overløbsbygværk til udløb i Lyngbysøen (syd for figuren). Overløbsbygværket som aflaster til Lyngbysøen, er placeret ved det sydligste bassin.

Figur 5.6. Projektlokalitet

5.5 Afløbstekniske problemer i Virum

Før det er muligt at undersøge hvilke fordele anvendelsen af DCM vil have for Virum, skal det undersøges hvilke afløbstekniske problemer bydelen har før indførelsen af DCM - senere betegnet som de nuværende problemer.

Til dette bruges en afstrømningsmodel over området som er kalibreret og stillet til rådighed af rådgivningsvirksomheden NIRAS A/S. For at analysere hvilke afløbstekniske problemer Virum har nu og i år 2100, er der kørt to Long Term Statistic (LTS) simuleringer i afstrømningsmodellen. Den første simulering er med en historisk regn fra regnmåler 5633 ved Furesø Park ca. 3 km fra projektlokaliteten. Anden simulering er kørt med en regnserie, som er konstrueret på baggrund af den historiske regnserie multipliceret med klimafaktorer og ændringer i varigheden. Klimafaktorerne som er brugt står i tabel 3.3 på side 23.

En nærmere beskrivelse af beregningsmetoden til klimaændringer og de valgte parametre kan ses i bilag D.

De to simuleringers resultatat ses i tabel 5.1. Tabellen viser antallet af opstuvninger til terræn ved de 10 største regnhændelser før og efter multiplicering med klimaændringerne.

Rang nr.	Gentagelses-periode	Antal brønde med opstuvninger		Ændring
		Uden klimaændringer	Med klimaændringer	
1	34	130	195	65
2	17,5	70	125	55
3	11	47	76	29
4	8,5	39	71	32
5	6,8	31	65	34
6	5,7	30	60	30
7	4,9	28	55	27
8	4,3	24	48	24
9	3,8	19	41	22
10	3,4	19	34	15
I alt		437	770	**333**

Tabel 5.1. Opstuvninger med historisk regn og historisk regn multipliceret med klimaændringerne fra tabel 3.3.

I alt har byen 457 brønde hvori der kan ske opstuvning. Set over den 34 årige periode som regnserien repæsenterer, indtræder opstuvninger til terræn i optil 130 brønde. Dersom klimaændringerne indtræder, vil helt op til 195 brønde få vand på terræn. Serviceniveauet er således langt fra overholdt i henhold til Spildevandskomiteens skrift 27, som anbefaler, at der maktimalt sker opstuvning til terræn i fællessystemer hvert 10. år.

Som beskrevet i indledningen til rapporten er eventuelle overløb fra kloaksystemet årsag til forringelser af miljøtilstanden i mange søer. Derfor er det vigtigt at vide hvor store vandmængder systemet aflaster til Lyngbysøen. Den samlede mængde overløb og gennemsnitlig antal overløb over 34 år står i tabel 5.2.

		Årsgennemsnit
Antal overløb uden klimaændringer	444	13
Antal overløb med klimaændringer	602	18
Antal m^3 uden klimaændringer	509.826	14.995
Antal m^3 med klimaændringer	698.418	20.542

Tabel 5.2. Overløbsresultater for øverløb til Lyngbysøen

Ud fra tallene i tabel 5.1 og 5.2 kan det, ud fra et overordnet synspunkt, konkluderes at en reducering i såvel opstuvninger til terræn samt antal overløb og dets volume vil være en nødvendighed.

Kloaksystemts problemer er ud fra ovenstående konklusion ideel til en analyse af effektiviteten ved brug af DCM.

5.6 Dimensionerng af regnvandstanke i Virum

For at analysere potentialet ved brug af DCM i bydelen skal der jævnfør dimensioneringsafsnittet 3.5 på side 24, fastsættes nogle parametre således regnvandstankene til de enkelte boliger kan dimensioneres. De nødvendige parametre er nedbør, husholdningsforbrug og magasineringsvolume som dækker over tagareal og bufferkapacitet. For at bestemme tankstørrelse til de enkelte huse i Virum, skal konstante parametre først fastsættes hvorefter dimensioneringen kan konstrueres.

5.6.1 Bestemmelse af husholdningsforbrug, tagareal og bufferkapacitet

For at fastsætte husholdningsforbrug og tagareal for hele bydelen er det valgt at anvende stokastiske værdier af faktorerne. Disse værdiers grundlag er antallet af indbyggere i oplandet som kan findes ved opslag i Lyngby-Taarbæks spildevandsplan [Lyngby-Taarbæk Kommune, 2001]. Denne viser, at bydelen består af 2748 personækvivalenter.

Disse personer skal således fordeles ud over hele bydelen hvilket er sket ved besigtigelse af området. Bydelen består af i alt 999 huse, hvoraf de 880 ikke har frakoblet tagarealet jævnfør figur 5.5. Ud fra besigtigelsen af hele området er kortet på figur 5.7 konstrueret. Her er hele bydelen inddelt efter boligtype.

Figur 5.7. Typologi

For at fordele alle forbrugere i områderne har hver typologi fået tildelt et interval af beboere i hver bolig. Antallet af boliger i hvert område er talt op, og herefter er stokastisk jævnfordelt et antal beboerer indenfor typologiens interval.

	Interval [Personer]	Antal boliger	Antal personer
Parcel	1 - 5	458	1355
Rækkehus	1 - 3	416	844
Etageejendom	1 - 3	108*	211

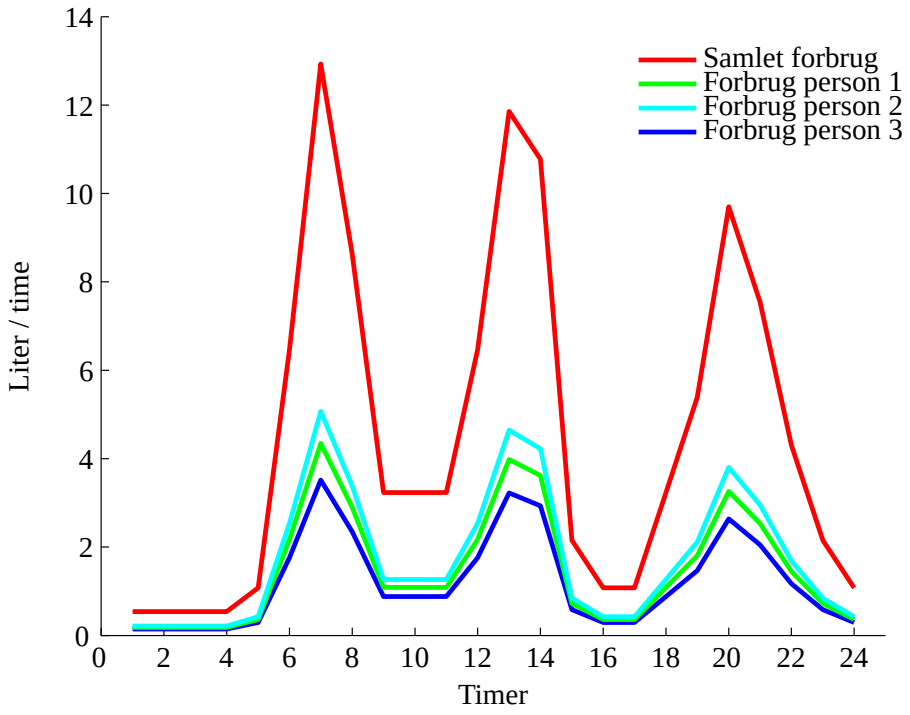
Tabel 5.3. Fordeling af personer i Virum. *6 boligkomplekser med 18 lejligheder.

Den stokastiske fordeling giver i alt 2410 personer, hvilket er realistisk i forhold til spildevandsplanens 2748, da 119 boliger er frakoblet systemet.

En gennemsnitlig forbrugers daglige forbrug er opstillet i tabel 5.6.1. [Winther *et al.*, 2006]

Toiletskyldning	15 - 30	l / p · d
Tøjvask	10 - 20	l / p · d
Total	**25 - 50**	**l / p · d**

Hver person i husstanden får tildelt et tilfældigt forbrug på mellem 25 - 50 liter om dagen. Disse lægges sammen og det samlede forbrug fordeles ved brug af en fordelingskurve [Karlby, 2002]. Volumen for den enkelte person er altså fast dag efter dag og forbrugsmønsteret er det samme. Forbrugskurvens relative tal ganges med hver hustands samlede forbrug for hver time. Dette kan for én hustands vedkommende med 3 personer på én dag se ud som på figur 5.8.



Figur 5.8.

Ved naboen vil forbruget være anderledes, men forbrugsmønsteret det samme. På den måde skabes et varierende forbrug for hver enkel hustand. Nedstrøms i systemet, vil det varierende forbrug give

en variation med mindre udsving, hvilket er i overensstemmelse med virkelighedens system.

Ligesom antallet af personer og forbrug er stokastisk fordelt, bliver tagarealet det også. Intervallet af tagarealer er fundet ved undersøgelse af forskellige tagarealer i området.

	Interval [m^2]	**Antal ejendomme**
Parcel	100 - 150	458
Rækkehus	70 - 100	416
Etageejendom	600 - 650	6

Tabel 5.4. Fordeling af personer i Virum. *6 boligkomplekser med 18 lejligheder.

Hver ejendom får stokastisk tildelt et tagareal indenfor intervallet, med faste spring på 10 m^2 for parcel- og rækkeejendomme og 25 m^2 for etageejendomme. De stokastiske fordelte tagarealer, kan ses i tabel 5.5, 5.6 og 5.7.

Tagareal	100 m^2	110 m^2	120 m^2	130 m^2	140 m^2	150 m^2
Antal boliger	90	78	69	72	91	58

Tabel 5.5. Tagareal på parcelhusene

Tagareal	70 m^2	80 m^2	90 m^2	100 m^2
Antal boliger	99	96	110	111

Tabel 5.6. Tagareal på rækkehusene

Tagareal	600 m^2	625 m^2	650 m^2
Antal boliger	2	1	3

Tabel 5.7. Tagareal på etageejendomme

Således er både tagareal og antal personer i hver bolig fastsat. MATLAB koderne til beregning kan ses i bilag E. Bufferkapaciteten sættes lig drikkevandstilførselen. Dermed forudsættes at drikkevandsforsynignen kan levere vand når der forbruges.

5.6.2 Fastlæggelse af dimensioner på regnvandstanke

Hermed er alle parametre til dimensionering fastsat. Dimensionering til alle 880 boliger, vil være tidsmæssigt krævende, da dimensionering som tidligere beskrevet, beror på en vurdering i forhold til den enkelte husstand. Derfor dimensioneres i stedet for maksimal antal beboere i hver boligtype:

	Tagaeral	**Antal personer**	**Dagligt forbrug**
Parcelhus	120 m^2 og 150 m^2	5	250 liter
Rækkehus	80 m^2 og 100 m^2	3	150 liter
Etageejendom	650 m^2	54	2700 liter

Huse med mindre tagareal vil få tildelt samme tankstørrelse som huse med større areal. F.eks. hvis parcelhuse med 120 m^2 tag skal have 2 m^3 regnvandstank, så får parcelhuse med 100 m^2 og 110 m^2 tag det også.

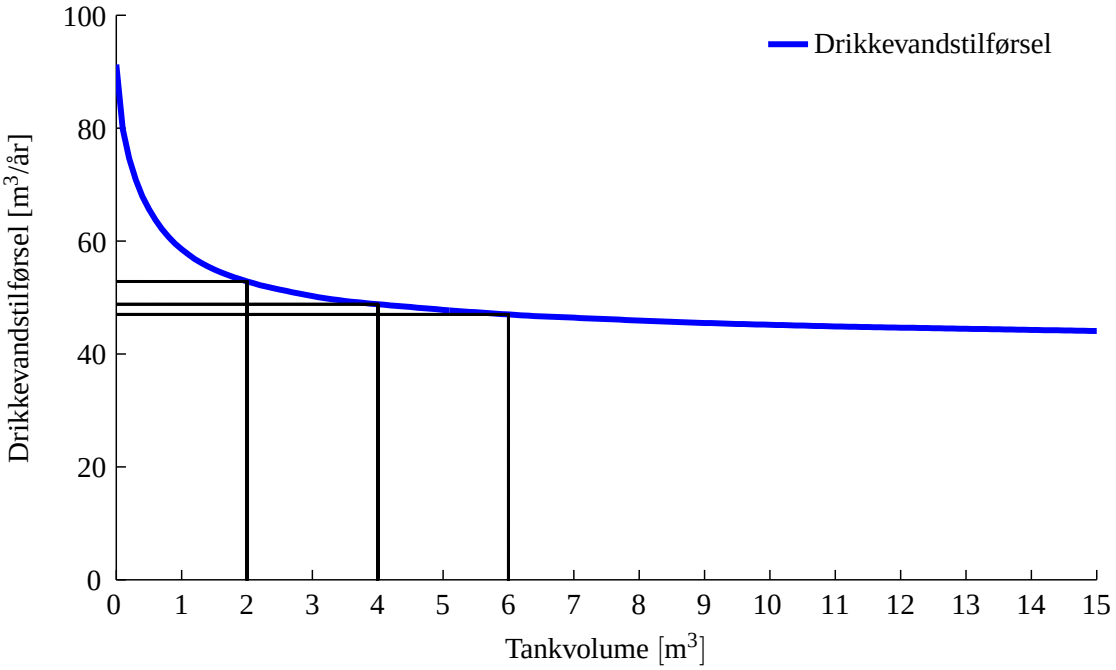
Til dimensionering er anvendt samme beregningsmetode som ved potentialeberegningen i kapitel 4 samt regnserien fra regnmåler 5633 over 10 år - den samme som er anvendt til de afløbstekniske beregninger i afsnit 5.5.

Kriteriet for valg af dimension, følger ud fra de tre antagelser som blev opstillet i afsnit 3.5:

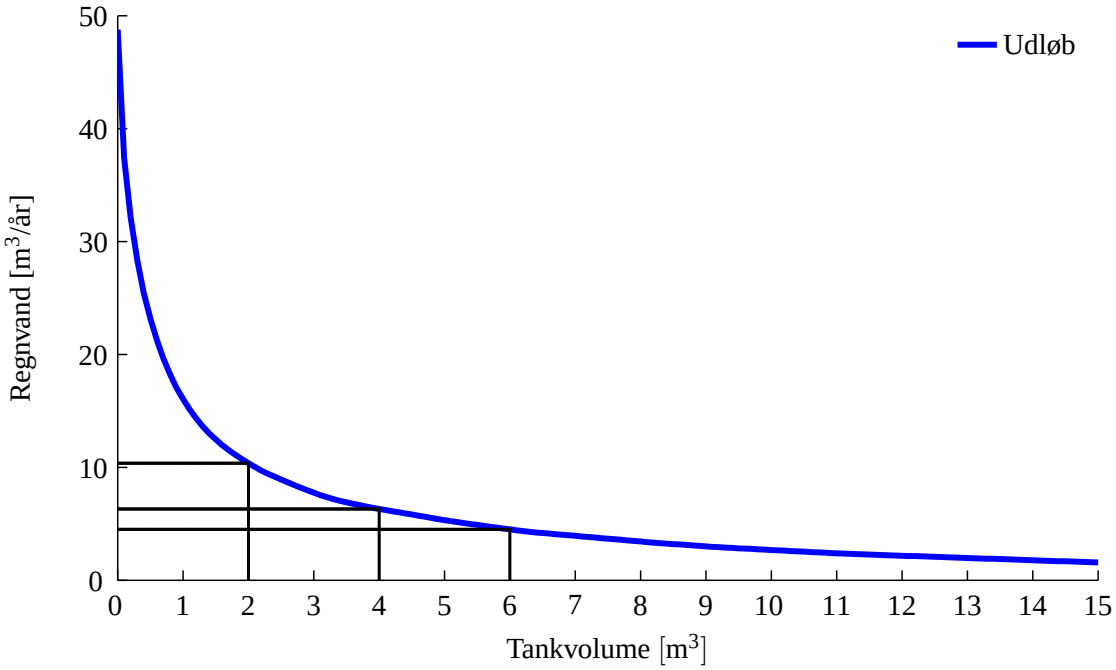
- at forbrugeren ønsker mindst mulig drikkevandstilførsel
- at afløbssystemet ønkser mindst mulig udløb fra tankene
- at forbrugeren ønsker mindst mulig tank pga. nedgravningsarealet på egen grund

Derfor fastsættes regnvandstankens størrelse der hvor ændringen i drikkevandstilførselen og udløbet er lille.

Figur 5.9 og 5.10 viser den årlige drikkevandstilførsel og udløb ved tankstørrelser mellem 0 m^3 og 15 m^3 for et parcelhus med tag på 120 m^2. På begge grafer er markeret tre tankvolumener 2, 4 og 6, da analysen i kapitel 4 viste, at der omkring dette interval kunne erstattes en tilstrækkelig stor del af drikkevand med regnvand, samt at denne størrelse er acceptabel for forbrugeren.



Figur 5.9. Årlig drikkevandstilførsel for parceller med 120 m^2 tag.



Figur 5.10. Årligt udløb fra regnvandstank ved parceller med 120 m^2 tag.

Markeringerne viser, at drikkevandstilførelsen mindskes med nogle 4 m^3 årligt ved at hæve tankvolumet fra 2 m^3 til 4 m^3, mens forøgelse af tankvolumet til 6 m^3 giver yderligere 2 m^3 årligt.

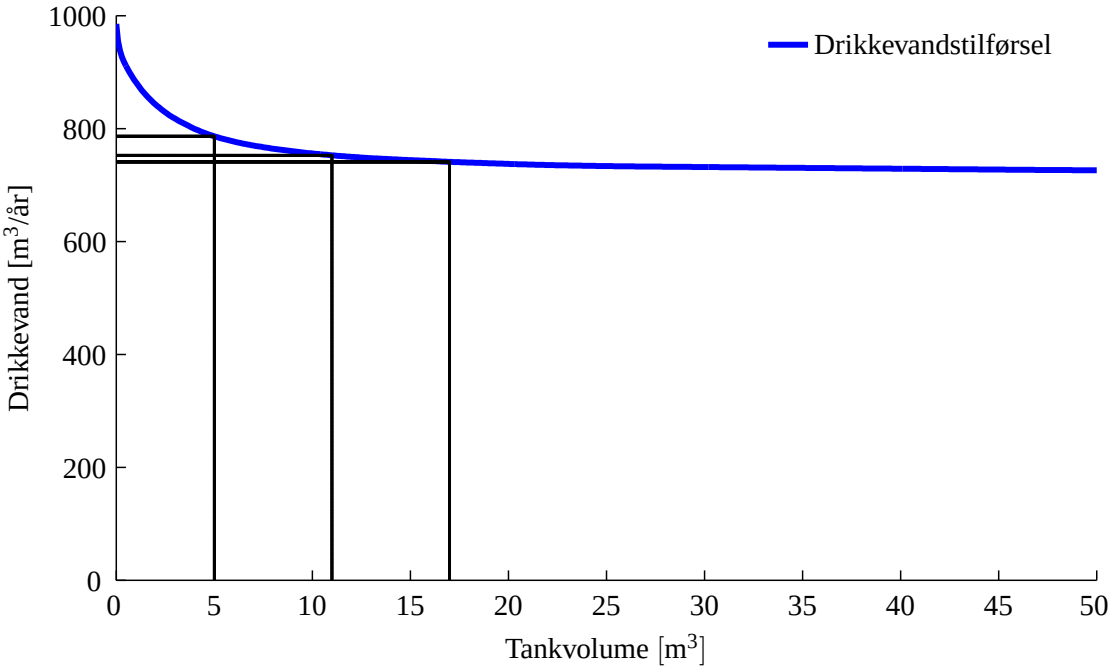
Det årlige udløb mindskes med 4 m^3 fra 2m^3 til 4 m^3 tanke, mens det sænkes yderligere 2 m^3 årligt ved et tankvolume på 6 m^3. Ud fra antagelsen om at forbrugeren ønsker den mindst mulige regnvandstank nedgravet, men med størst mulig erstatning af drikkevand, fastsættes regnvandstankens volume for parceller på 100 m^2, 110 m^2 og 120 m^2 til 4 m^3.

Dette er gjort for alle regnvandstankene til parcel- og rækkehusene, hvilket giver følgende dimensioner på tankene. Se bilag E, hvor alle dimensioneringsgrafer er opstillet.

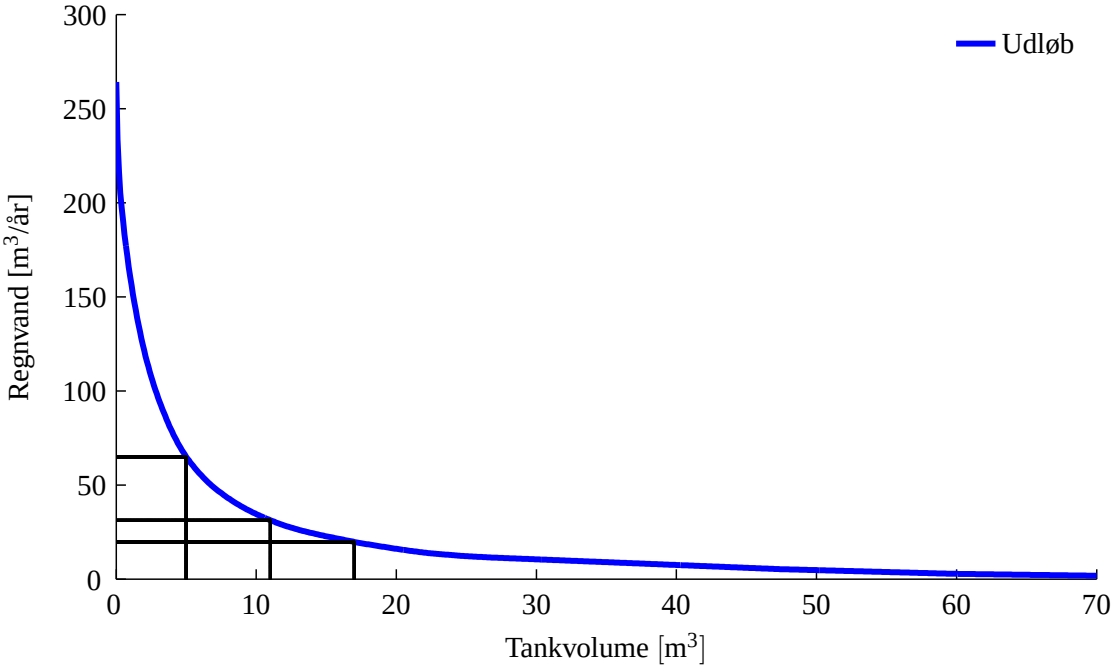
	Tagareal [m^2]	**Tankstørrelse** [m^3]
Parcel	100, 110 og 120	4
	130, 140 og 150	5
Rækkehuse	70 og 80	4
	90 og 100	4

Tabel 5.8. Dimensioner på regnvandstanke

Etageejdommene har, i forhold til parcel- og rækkehusene, specielle dimensioneringskriterier da der bor mange mennesker i forhold til tagarealet. Der dimensioneres igen ud fra det maksimalt mulige forbrug som er 18 lejligheder med maks 3 mand. Dette giver et forbrug på 2.700 liter og et tagareal på 650 m^2. Her er markeret tankvolumer på 5 m^3, 11 m^3 og 17 m^3, som er valgt ud fra, en forventning om, at etageejendommene kan acceptere tankvolumener i dette interval.



Figur 5.11. Årlig drikkevandstilførsel for etageejendom med 650 m^2 tag.



Figur 5.12. Årligt udløb fra regnvandstank ved etageejendom med 650 m^2 tag.

Det ses at forøgelsen i tankvolume fra 5 m^3 til 11 m^3 giver en årlig sænkning på 34 m^3 af drikkevandstilførelsen, mens en yderligere forøgelse af tankvolumet til 17 m^3 giver et yderligere fald på 12 m^3.

Ved at gå fra 5 m^3 til 11 m^3 regnvandstank sænkes udløbet 34 m^3 og yderligere 12 m^3 ved et tankvolume på 17 m^3.

Det antages også ved bestemmelse af tankstørrelse til etageejendommene, at der ønskes så lille en tank som muligt, men med samtidig høj erstatning af drikkevand. På figur 5.4 på side 36 ses det, at etageejendommene har store grønne arealer, og derfor mulighed for nedgravning af relative store tanke. Med disse antagelser taget i betragtning, fastsættes alle 6 etageejendommes tankvolumer til 11 m^3.

Tanke og tagarealer er således dimensioneret og en analyse af potentialet af DCM kan laves.

Opsætning af model 6

Til analysen skal opsættes en model, som kan beregne hvilke konsekvenser implementering af DCM med forskellige udløbsstrategier har for afløbssystemet. Måden hvorpå konsekvenserne vurderes, er ved at analysere, hvor stort et udløbsvolume de forskellige strategier vil give under regn og samtidig dækker den størst mulige del af forbruget.

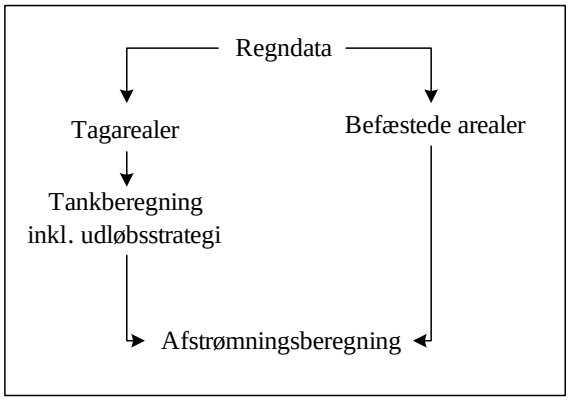
Først beskrives nogle forskellige metoder til opstilling af modellen, hvorefter der er redegjort for hvordan den valgte metode opsættes i en model.

6.1 Metodevalg

Overordnet skal beregningsmetoden kunne opfylde følgende to betingelser:

1. Modellen skal kunne styre regnvandstankenes udløb efter de i kapitel 5 opstillede udløbsstrategier.
2. Med udgangspunkt i det beregnede udløb skal modellen kunne beregne konsekvenserne for afløbssystemet.

De to beregninger kaldes i det følgende henholdsvis tankberegning og afstrømningsberegning. Figur 6.1 viser beregningsgennemgangen.



Figur 6.1. Proces for beregning af DCM i opland

Til de to beregninger stilles følgende krav til udtrækning af resultater.

Tankberegning:
- Antal m^3 udløb under regn
- Antal udløb under regn
- Nødvendig drikkevandstilførsel
- Procentuel dækning af forbrug

Afstrømningsberegning:
- Antal opstuvninger til terræn
- Antal m^3 overløb

Til at foretage afstrømningsberegningerne fra figur 6.1 anvendes MIKE URBAN. Tankberegningerne kan enten implementeres i MIKE URBAN eller beregnes separat i MATLAB - fordele og ulemper ved de forskellige muligheder er i det følgende diskuteret.

6.1.1 Tankberegninger ved brug af bassiner i MIKE URBAN

Ud fra dimensionerne kan tankberegningerne implementeres i MIKE URBAN som bassiner. Dette har følgende fordele og ulemper:

Fordele:
- Godt overblik over beregninger, da alle foretages i MIKE URBAN.

Ulemper:
- Vanskeligt at kontrollere varierende forbrug.
- Vanskeligt at udtrække data på samlet udløb, antal udløb under regn, nødvendig drikkevandstilførsel og den procentuelle dækning af forbruget.
- Lang beregningstid

Da alle ønskelige resultater fra tankberegningerne er vanskelige at udtrække og beregningstiden er lang vælges denne metode ikke.

6.1.2 Tankberegninger ved ændring af det befæstede areal

En anden metode er, at manipulere med mængden af vand som akkumuleres på taget og føres til det befæstede areal i afstrømningsmodellen. Det akkumulerede volume vand fra tagarealet (V_{tag}) bestemmes ud fra følgende ligning:

$$V_{tag} = \text{Befæstet areal}_{tag} \times \text{Regndybde}$$

Ved at ændre på det befæstede areal kan volumet ændres. Denne metode har følgende foredele og ulemper:

Fordele:
- Separate tankberegninger i MATLAB.
- Nem beregning til bestemmelse af det befæstede areal.
- Nemt udtræk af resultater.

Ulemper:
- Svært at implementere forskellige befæstede arealer i MIKE URBAN over tid.

Besværlighederne ved at ændre i de befæstede arealer over tid gør, at denne metode ikke vælges til beregningerne.

6.1.3 Tankberegninger ved ændring af regnserier

I den førnævnte ligning, kan den anden parameter - regndybden - også ændres. Måden hvorpå regndybden ændres, er ved at lave ændringer i regnserien som er input til afstrømningsmodellen jævnfør figur 6.1. Dette har følgende fordele og ulemper:

Fordele:

- Separate tankberegninger i MATLAB.
- Nem beregning til bestemmelse af ny regndybde.
- Nemt udtræk af resultater.

Ulemper:

- I tilfælde af udløb fra tanken, kontrolleret ved større regndybde, vil afstrømningstiden tilknyttet de befæstede arealer gøre det vanskeligt at kontrollere tiden hvor udløbet finder sted.
- Subtraktion af initialtabet gør udløbsvolumet forkert.

På grund af ulemperne, som gør udløbsmængden og -tiden vanskelig at kontrollere, vælges denne metode ikke.

6.1.4 Tankberegninger ved brug af network loads og frakobling af tagareal

Den sidste metode tager udgangspunkt i muligheden for, i MIKE URBAN, at koble såkaldte „Network loads“ på brøndene. Udløbsvolumet udskrives til en tidsserie, som laves til en network load. Da tankberegningerne udføres uantastet MIKE URBANs øvrige beregninger, „frakobles“ tagarealet ved at subtrahere arealet fra det befæstede areal. Denne metode har følgende fordele og ulemper:

Fordele:

- Separate tankberegninger i MATLAB.
- Nem beregning til bestemmelse af udløbsmængde.
- Nemt udtræk af resultater.

Ulemper:

- Antallet af brønde i afstrømningsmodellen og antallet af udløb passer ikke nødvendigvis sammen - derfor skal nogle af udløbene sammenkøres.

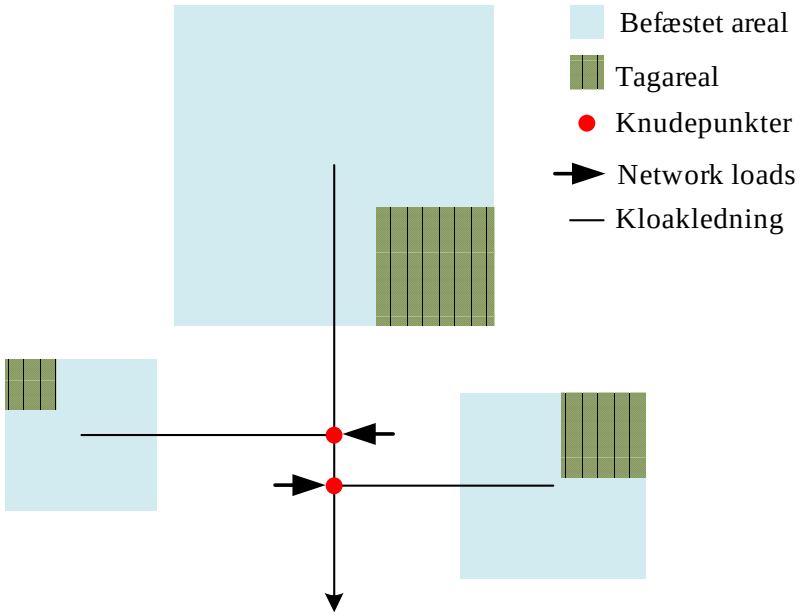
Denne metode gør beregningerne overskuelige og har nemt udtræk af resultater. Derfor opsættes afstrømningsmodellen og tankmodellen efter denne metode.

6.2 Opsætning af afstrømningsmodel

Afstrømningsmodellen som anvendes, er den samme model som blev brugt til beregningerne i afsnit 5.5 på side 37, hvor kloaksystemets nuværende og fremtidige problemer blev klarlagt.

Denne model, som beskriver Virums kloaknet, har i alt 459 knuder, hvortil der er koblet befæstede arealer som dækker over vejarealer, tagarealer, indkørseler osv.

Ud fra den valgte metode skal tagarealet ved alle huse frakobles afstrømningsmodellens befæstede arealer. Figur 6.2 viser hvordan tagarealer og udløb er henholdsvis fra- og tilkoblet i afstrømningsmodellen.



Figur 6.2. Befæstede arealer fratrukket tagarealer plus samkobling af network loads til brønde

Det skal bemærkes, at det største og mindste befæstede areal leder vandet til samme knudepunkt. Hvis de to arealer f.eks. har tilknyttet 2 tanke hver, så skal network loaden ved det fælles knudepunkt indeholde udløbsserier (dfs0-filer) for 4 regnvandstanke - altså beskriver 1 dfs0-fil 4 regnvandstankes udløb.

Det er ikke lykkedes, at køre beregninger med 459 network loads, men efter gentagende tests er det lykkedes at køre modellen med 226 tilkoblede network loads (dfs0-filer). Derfor fordeles de 880 boliger til de relevante knuder i systemet, og tagarealerne frakobles ligeledes de relevante knuder.

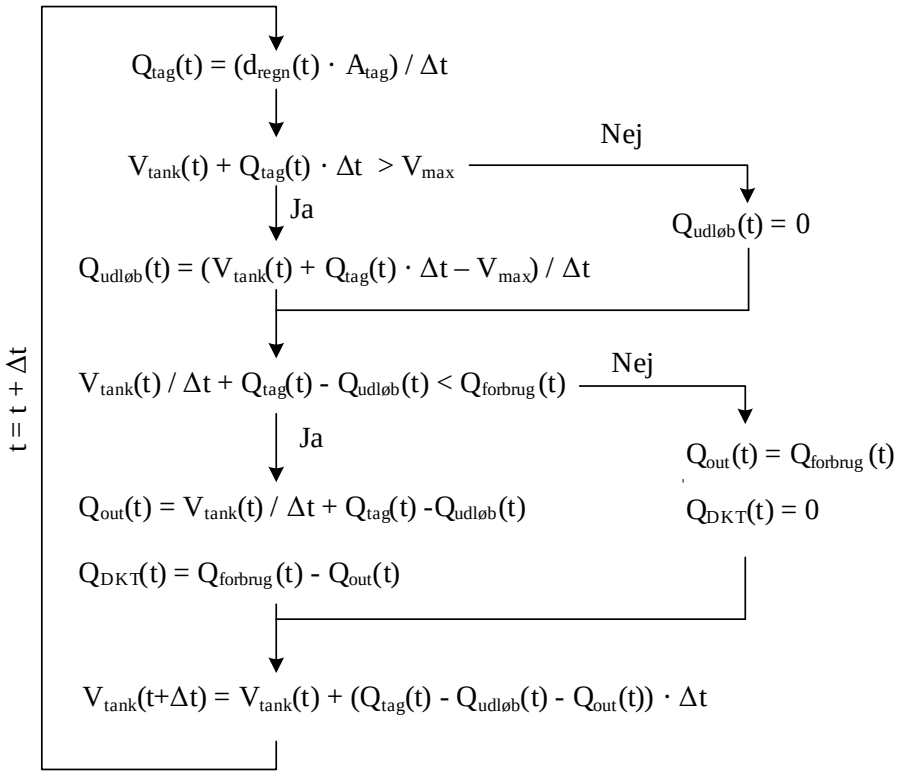
6.3 Opsætning af tankmodel

Tankmodellen skal grundlæggende beskrive den massebalance som blev opstillet i kapitel 2. I tankmodellen skal de tre udløbsstrategier implementeres, hvilket kræver anvendelse af forecast af regndata med forskellige lead times.

I det følgende præsenteres beregningsdiagrammer med de tre styringsstrategier implementeret. Tidligere anvendt symbolik er anvendt, dog med følgende tilføjelser:

$Q_{forecast}$	Vandføring fra taget, bestemet ud fra forecast med leadtime ΔL
ΔL	Tidsrummet som en forecast beskriver. F.eks. hvor meget nedbør falder indenfor 2 timer.
K	Procentvis tømningsniveau - hvis K=10% er 10% af vandet tilbage i tanken

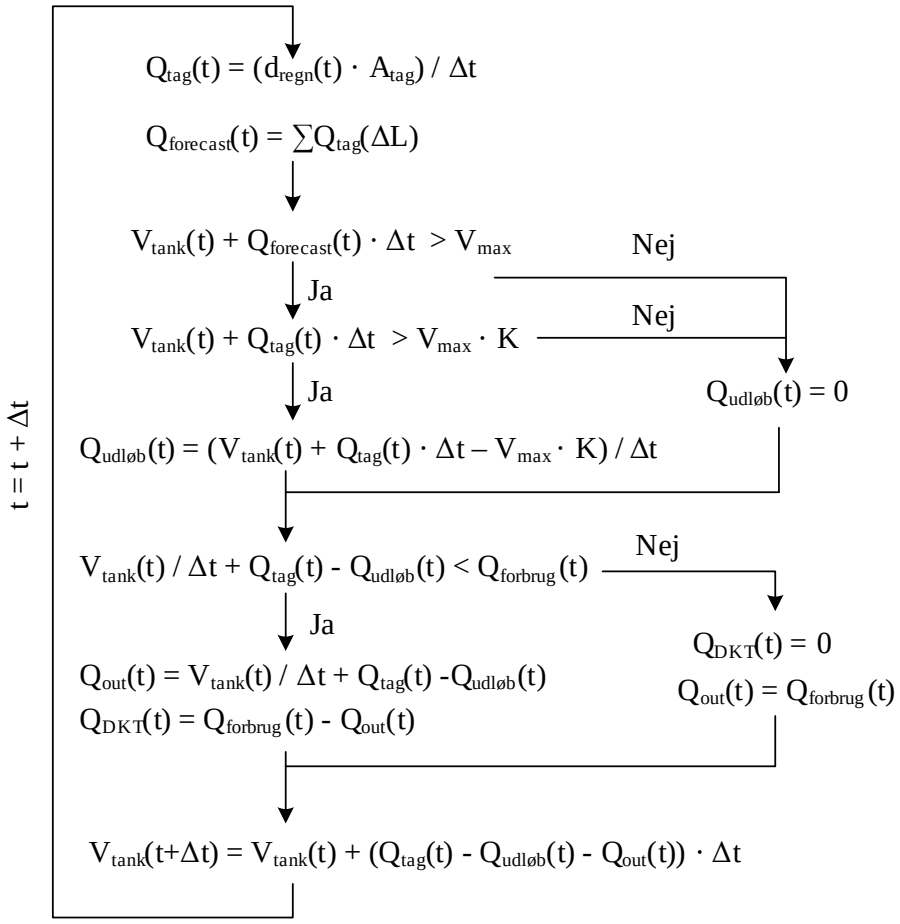
Den passive styring er kun styret af forbruget, hvilket vil sige at der ikke foretages nogen aktiv styring af udløbet. Beregningsalgoritmen ses på figur 6.3.



Figur 6.3. Beregningsdiagram for passiv styring

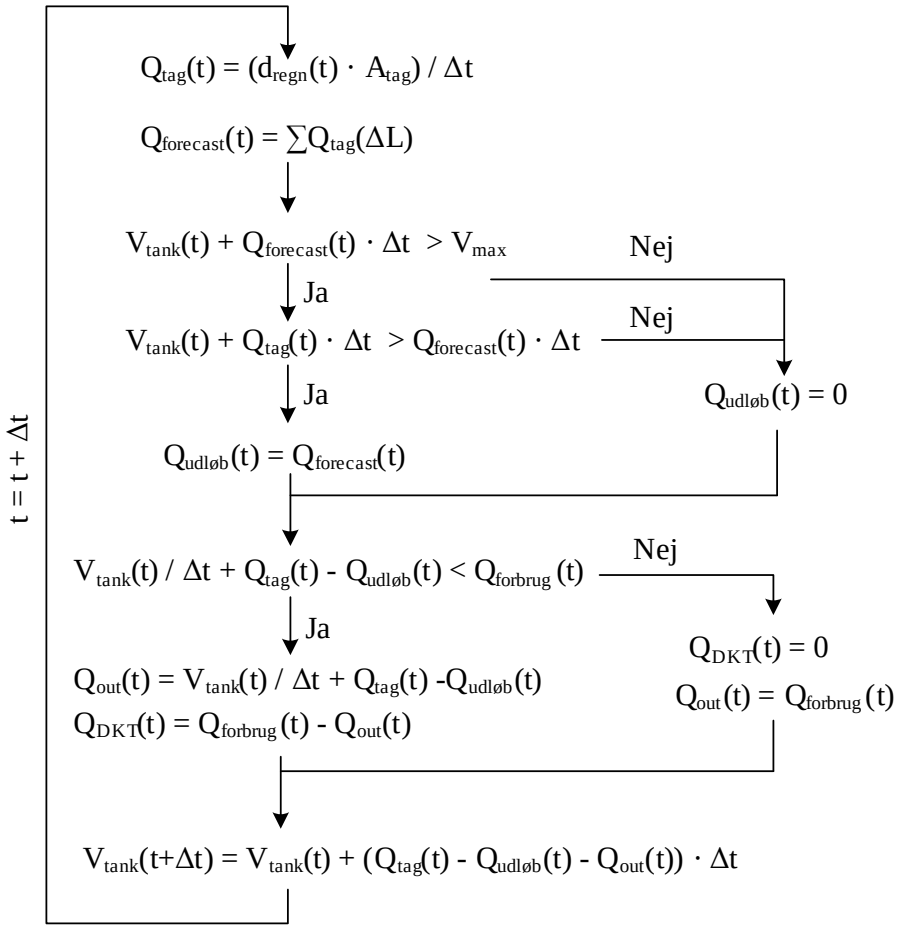
Beregningen er den samme som blev brugt til analysen i forhold til én familie i kapitel 4. En beskrivelse af beregningsdigrammet findes også i kapitlet.

Den konservative styring er en aktiv styring af udløbet, hvor tømningen af tanken i tilfælde af for meget vand i forecasten i forhold til tankvolumet, sker til bestemte slutniveauer. De forskellige slutniveauer er beskrevet i afsnit 5.2. Beregningsdigrammet ses på figur 6.4.



Figur 6.4. Beregningsdiagram for konservativ styring

I forhold til den konservative styring, er tømning af regnvandstanken i den dynamiske styring, kontrolleret af den eksakte mængde regn som falder inden i løbet af forecasten. Beregningsdiagrammet kan ses på figur 6.5.



Figur 6.5. Beregningsdiagram for dynamisk styring

Ud fra de tre beregningsdiagrammer, er alle regnvandstankenes udløb konstrueret. Hvordan beregningsdiagrammerne er opsat i MATLAB kan ses i bilag F. Her er også beskrevet beregningsvejen fra vandet falder på taget, forbrug og videre til opbygning af dfs0-filerne som bruges i MIKE URBAN beregningerne.

Beregningerne foretages med samme regndata som anvendt til undersøgelse af bydelens nuværende problemer samt til dimensionering af tankene til analysen. Til analysen benyttes regnseriens fulde længde d. 7. januar 1979 - 1. februar 2013 (34 år). Endvidere regnes med et tidsskridt på 1 minut, da regnserierne bruger dette tidsskridt.

Varigheden af udløbet ved den konservative og dynamiske udløbsstrategi er sat til 60 minutter, da den maksimale afstrømningstid fra det fjerneste punkt til overløbsbygværket er 45 minutter.

Ud fra opsætningen kan udløbsstrategierne analyseres, og resultaterne heraf kan ses i følgende kapitel.

Resultater 7

I dette kapitel er resultaterne af analysen af decentral magasinering i Virum præsenteret.

Resultaterne som er præsenteret, er først en analyse af drikkevandserstatningen og antallet samt volumet af udløb under regn fra enten gennemsnitlige eller udvalgte forbrugeres regnvandstanke, som konsekvens af en ændring af parametrene i de forskellige udløbsstrategier. Ud fra disse værdier, fastsættes parametre til en styringsstrategi.

Med denne styringsstrategi laves en afstrømningsberegning som giver resultater om antallet af opstuvninger til terræn og mængden af overløb.

Før resultaterne af udløbsstrategierne vises, præsenteres en afstrømningsberegning som viser hvad potentialet ved optimal styring er. Herved kan resultaterne af de forskellige styringsstrategier sammenholdes med potentialet og ud fra dette kan konkluderes om potentialet er opnået.

7.1 Potentiale ved optimal styring

Potentialet er beregnet ved at frakoble tagarealerne - som beskrevet i afsnit 6.2 - og lade alle udløb være nul.

Antagelsen for at dette potentiale kan opnås ved brug af de rigtige styringsstrategier er, at tanken kan magasinere de største regnhændelser, da tanken ellers ved opfyldning vil flyde over og potentialet vil være forkert.

I tabel 7.1 ses antallet af opstuvninger i forhold til det nuværende antal.

Rang nr.	**Gentagelses-periode [år]**	**Antal brønde med opstuvninger**		**Ændring**
		Nuværende	**Potentielt**	
1	34	130	84	46
2	17,5	70	39	31
3	11	47	27	20
4	8,5	39	24	15
5	6,8	31	18	13
6	5,7	30	18	12
7	4,9	28	17	11
8	4,3	24	15	9
9	3,8	19	15	4
10	3,4	19	15	4
I alt		437	272	**165**

Tabel 7.1. Potentielt antal opstuvninger ift. det nuværende antal.

Potentialet ved brug af DCM i Virum er et fald i 165 opstuvninger til terræn, svarende til et fald

på 38 %. At der stadig vil være 272 opstuvninger viser, at bydelen har problemer som kræver justeringer/renoveringer af det oprindelige kloaksystem. Hvilke ændringer som er nødvendige er ikke videre undersøgt.

I tabel 7.2 ses, hvilke ændringer i antal og mængde af overløb som potentielt kan opnås ved DCM i Virum.

		Årsgennemsnit	***Ændring ift. nuværende***
Antal overløb (nu)	444	13	
Antal overløb (potentielt)	314	9.2	- 29 %
Antal m^3 overløbsvand (nu)	509.826	14.995	
Antal m^3 overløbsvand (potentielt)	323.954	9.528	- 36 %

Tabel 7.2. Potentielt overløb ved anvendelse af DCM i Virum

Det samlede volume af overløbsvand kan potentielt reduceres med 36 %. Igen ses det, at der ved frakobling af tagarealerne kan reduceres i mængden af overløb. Endvidere skal det huskes, at ved kontrolleret brug af udløbet fra tankene, kan kloaksystemet renses før indtrædelse af regnhændelse. Herved vil overløbsvandet indeholde mindre spildevand.

7.2 Resultat for passiv styrring

Formålet med en analyse af en passiv styringsstrategi er, at undersøge om det er nødvendigt at lade andre end forbrugeren styre indholdet af tanken. Da forbrugsmønsteret hos forbrugerne i forhold til regnen er jævnt fordelt, er det interessant at undersøge om disse to er forenelige eller om der vil være uændret antal opstuvninger og kubikmeter overløbsvand.

Tankberegningerne fra MATLAB med den passive styringsstrategi giver følgende gennemsnitlige værdier for boligerne i bydelen.

	Regn $[m^3]$	**Samlet udløb** $[m^3]$	**Forbrug** $[m^3]$	**Nødvendig DKT** $[m^3]$	**% af forbrug dækket**
Parcelhuse	2233	1065	1380	216	84 %
Rækkehuse	1545	706	950	114	88 %
Etageejendom	11355	2536	16355	7542	54 %

Tabel 7.3. Resultater fra tankberegninger med passiv styringsstrategi

Det ses at det samlede udløb for parcel- og rækkehusene er ca. 50 % reduceret i forhold til den mængde regn som ville være afledt direkte fra tagarealerne til afløbssystemet. Ved etageejendommen er reduceringen oppe på 78 %.

Konsekvenserne for afløbssystemet er undersøgt i MIKE URBAN og har givet resultatet som ses i tabel 7.4 og 7.5. Det skal bemærkes at det ikke har været muligt at regne hele perioden på 34 år på grund af begrænsninger i MIKE URBAN. Beregningerne var mulige mellem år 1979 og 2005, der er således ikke resultater fra 2005 til 2013.

Rang nr.	Gentagelses-periode [år]	Antal brønde med opstuvninger Nuværende (2005)	Passiv styring	Ændring
1	26,0	70	113	43
2	13,0	41	59	18
3	8,7	31	47	16
4	6,5	27	37	10
5	5,2	19	29	10
6	4,3	18	22	4
7	3,7	13	15	2
8	3,3	13	13	0
9	2,9	11	13	2
10	2,6	10	13	3
I alt		253	361	**108**

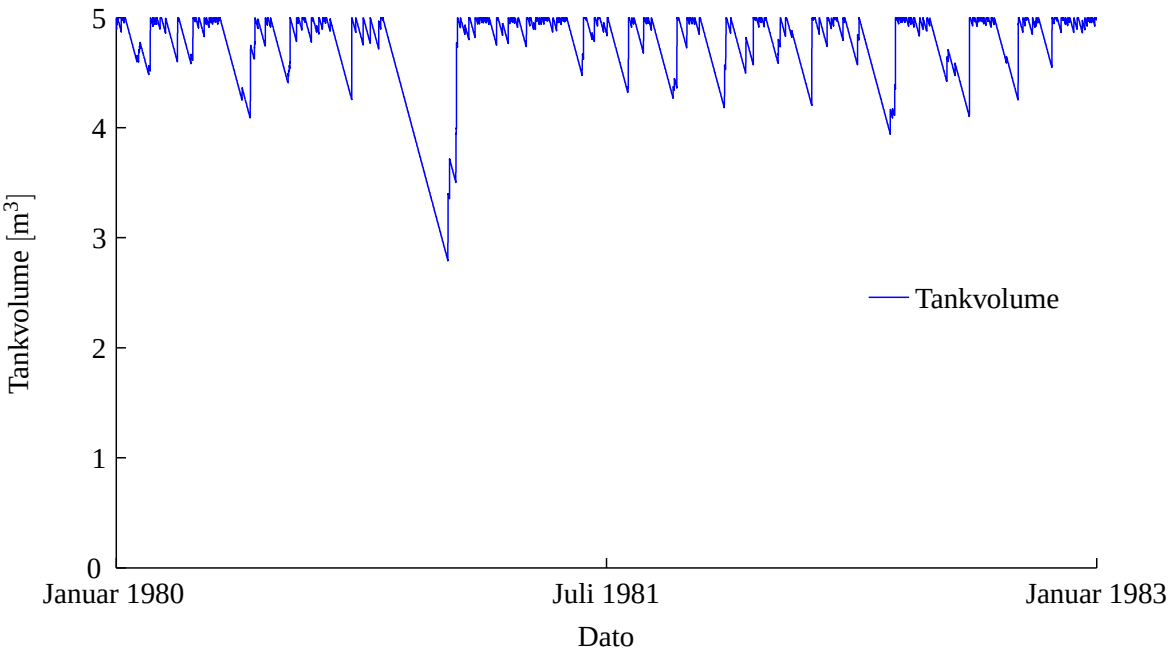
Tabel 7.4. Antal opstuvninger ved passiv styring ift. nuværende antal.

		Årsgennemsnit	Ændring ift. nuværende
Antal overløb (nu)	444	13	
Antal overløb (passiv)	1925	57	339 %
Antal m^3 overløbsvand (nu)	509.826	14.995	
Antal m^3 overløbsvand (passiv)	757.633	11.288	48 %

Tabel 7.5. Overløbs værdier ved anvendelse af passiv styring.

For at sammenligne data, er der lavet en ny LTS beregning som har afslutning i 2005. Det kan ses ud fra tallene, at antallet af opstuvninger til terræn og overløb stiger kraftigt ved denne styring.

På figur 7.1 er vist en tilfældig udvalgt regnvandstanks volumeniveau set over 3 år.



Figur 7.1. Tankvolume for tre år for et parcelhus.

Det er tydeligt, at volumeniveauet ligger omkring 5 m^3 (regnvandstankens maxmolume) det meste af tiden - altså er udløb fra tanken ofte forekommende.

Udløb fra regnvandstankene har ikke fratrukket initialtab og afstrømningstid er heller ikke implementeret, hvilket kan give en mindre fejl i beregningen.

På baggrund af resultaterne konkluderes det, at den passive styring har store fordele for forbrugeren, mens afløbssystemet vil blive kraftigt forværret.

7.3 Resultat for konservativ styring

For at optimere afløbssystemet skal tømning af tanken ske tidligere end ved den passive strategi. Metoden til dette ville, i virkelighedens verden være, at benytte vejrmodeller som ville kunne forudsige vejret, hvorefter et udløb fastsættes. Denne analyse anvender historisk regndata fra regnmålere, og ud fra disse laves en forecast med forskellig lead times.

I analysen undersøges hvilken betydning forskellige lead times har på afstrømningsmodellen og tankmodellen. De leadtimes som undersøges er:

- Forecast: 2 timer
- Forecast: 12 timer
- Forecast: 24 timer

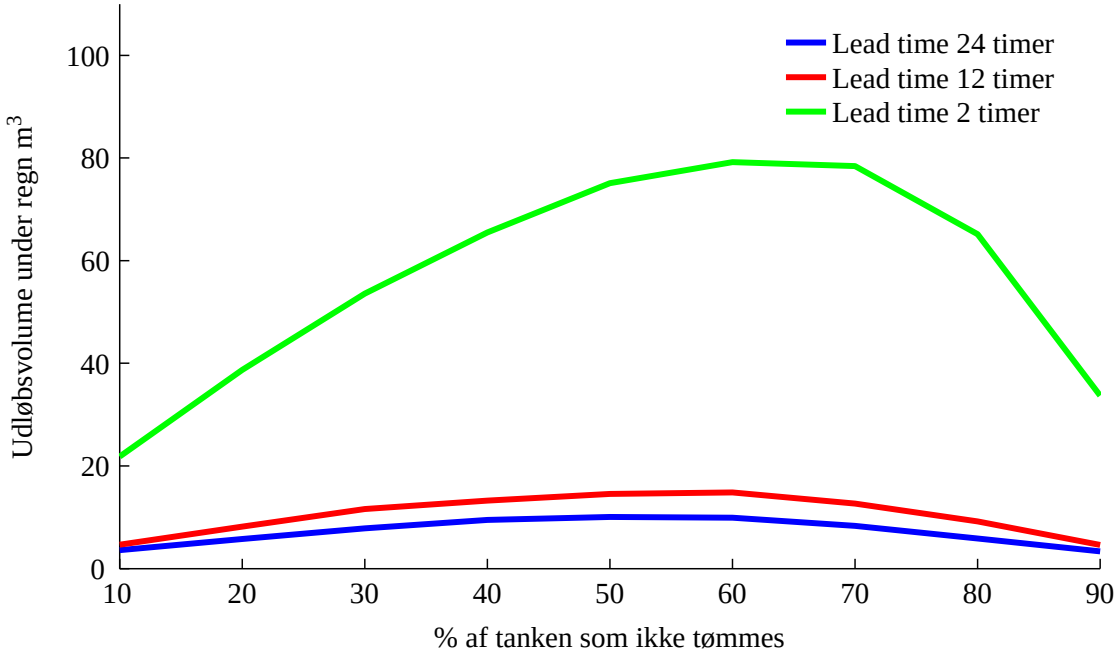
Til analysen af alle lead times undersøges også følgende:

- Tømning til forskellige slutniveauer mellem 10 % og 90 %

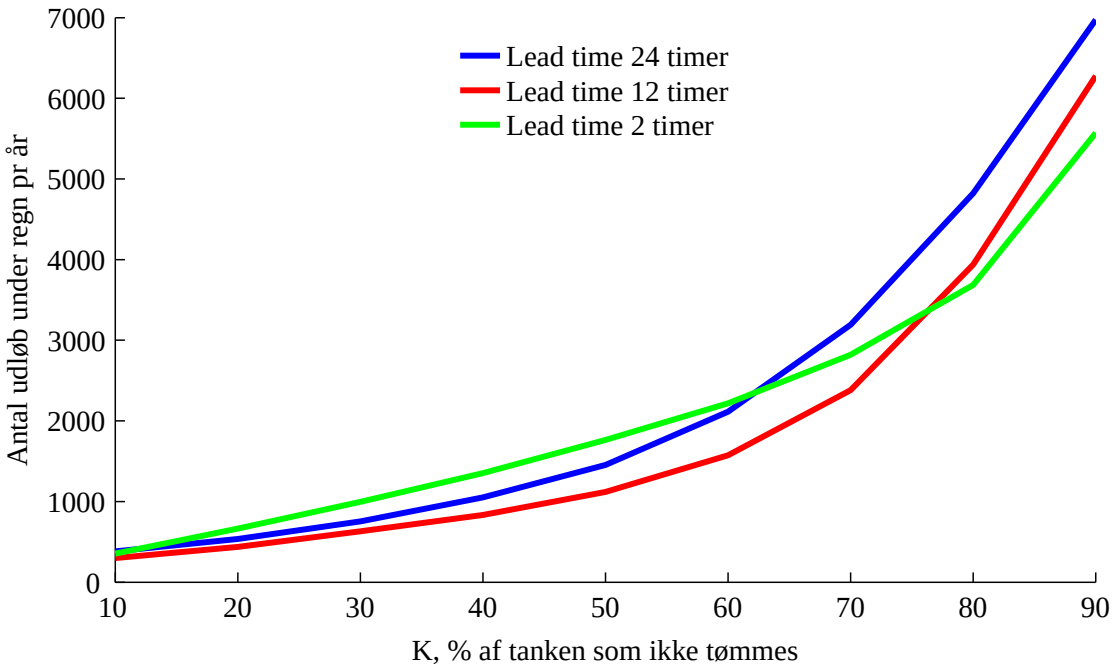
Analysen af tømningsgraden og antallet af udløb under regn sammenholt med de tre forecasts er opdelt således, der er udvalgt ét repræsentativt parcelhus, rækkehus og en etageejendom. Herved bliver analysen ikke fuldt dækkende, men det antages at resultatet er repræsentativt for de øvrige boliger. De tre repræsentanter er:

- Parcelhus, 3 personer, 140 m^2 tag og 5 m^3 tank
- Rækkehus, 2 personer, 100 m^2 tag og 4 m^3 tank
- Etagebygning, 35 personer, 625 m^2 tag og 11 m^3 tank

Mængden af udløb pr år og antallet af udløb under regn ses på figur 7.2 og 7.3.



Figur 7.2. Gennemsnitlig mængde af udløb om året under regn.

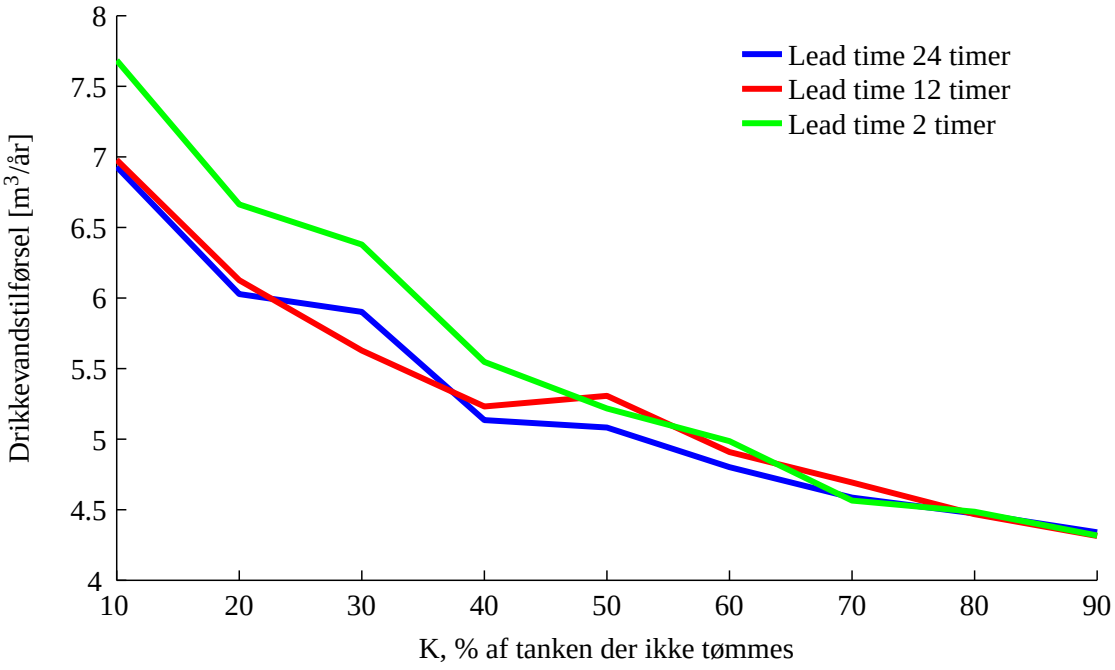


Figur 7.3. Antal udløb under en regnhændelse

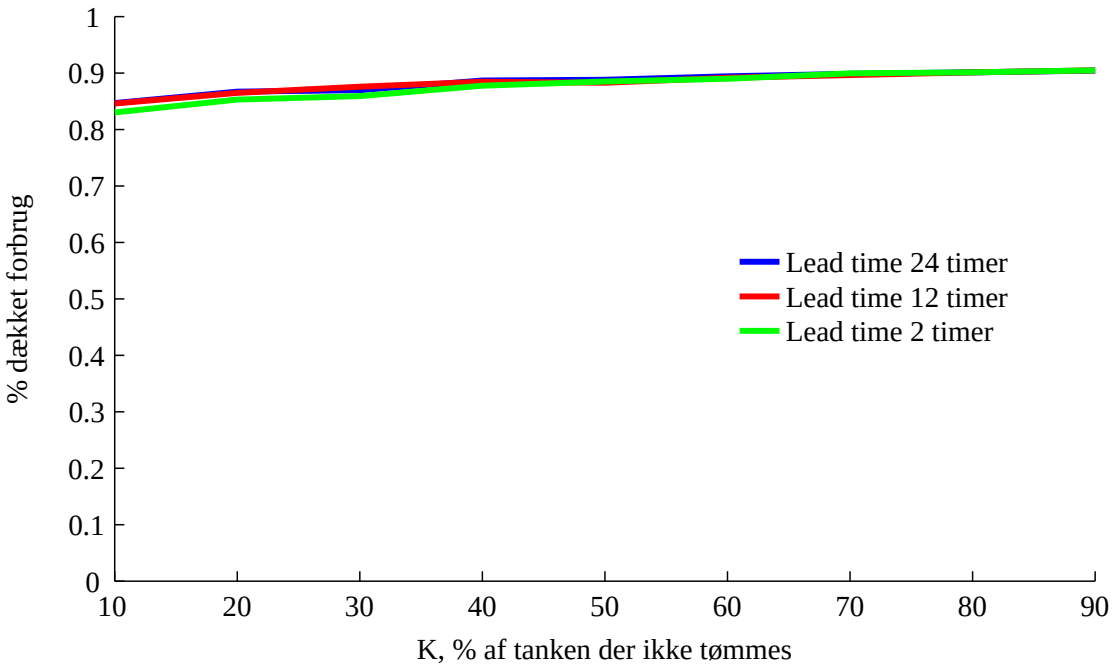
Ved at se på figur 7.2 og 7.3 kan der gives et kvalitativt bud på, hvilket tømningsniveau og lead time der vil være bedst for afløbssystemet. Grafen med mængden af udløb viser, at der udledes betydeligt mere vand fra regnvandstanken ved en lead time på 2 timer. Denne topper omkring en tømninggrad på 60 %, ligesom ved 12 og 24 timers forecast. Ved de 12 og 24 timers forecast er der dog ikke den store variation ved de forskellige tømningsniveauer.

Grafen med antallet af udløb under regnhændelser viser, at en moderat stigning mellem tømningsniveau på 10 % til 60 %, hvorefter antallet stiger kraftigt.

For at se på konsekvensen for forbrugeren ved de forskellige tømningsniveauer, er grafen for den gennemsnitlige årlige drikkevandstilførsel samt den procentuelle dækning af forbruget lavet. Disse ses på figur 7.4 og 7.5.



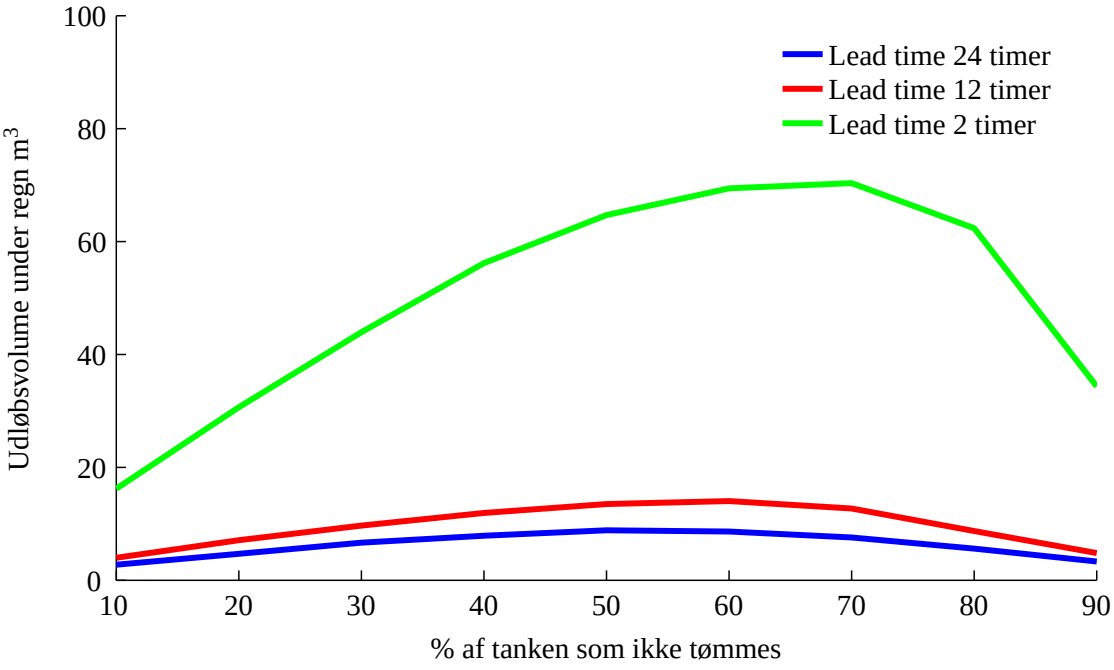
Figur 7.4. Gennemsnitlig forsyning pr. år



Figur 7.5. Den procentuelle dækning af forbruget

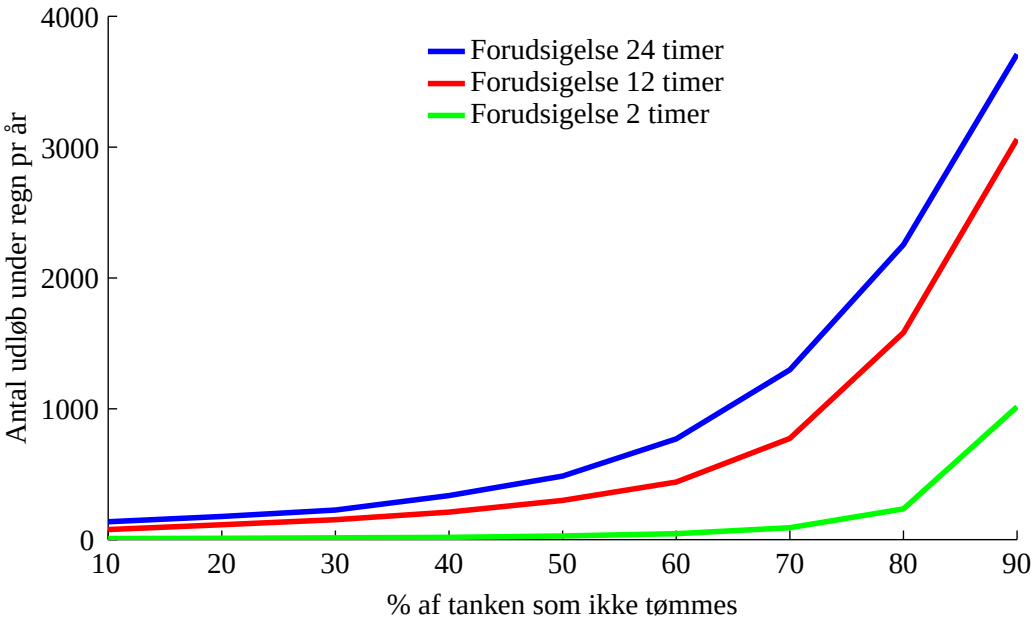
De to grafer viser, at der maksimalt er en forskel på 3 m^3 i forhold til tømningsniveauet og lead time. Forbrugeren har altså næsten den samme mængde til rådighed uanset valg af lead time og tømningsniveau.

Samme beregninger er lavet for rækkehuset og resultaterne kan ses på følgende fire figurer.

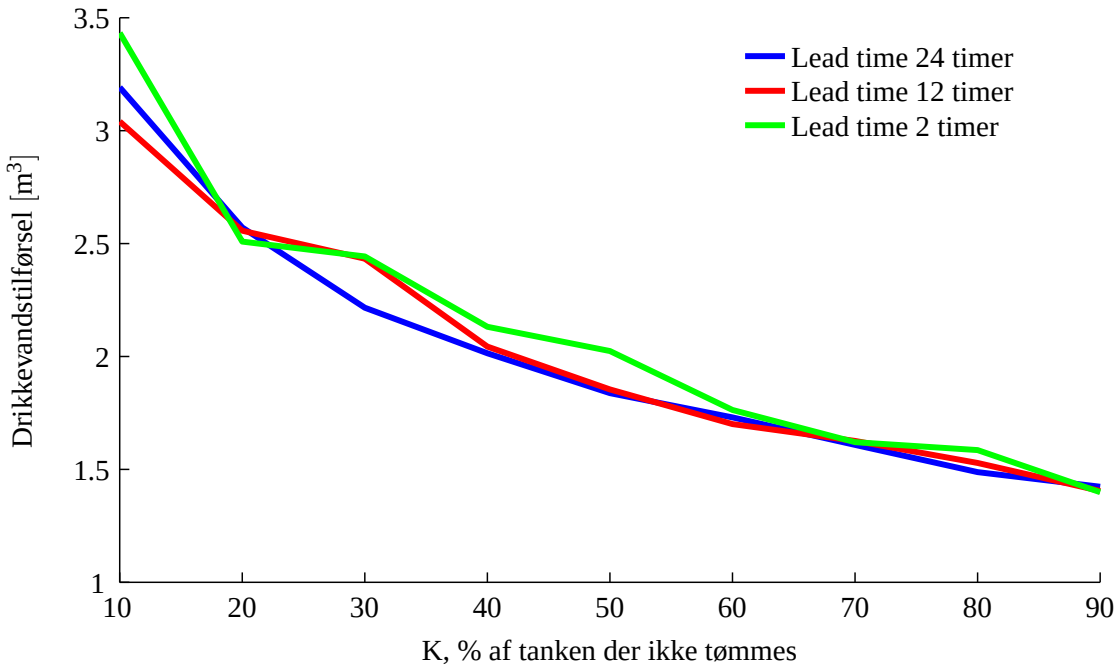


Figur 7.6. Gennemsnitlig mængde af udløb om året.

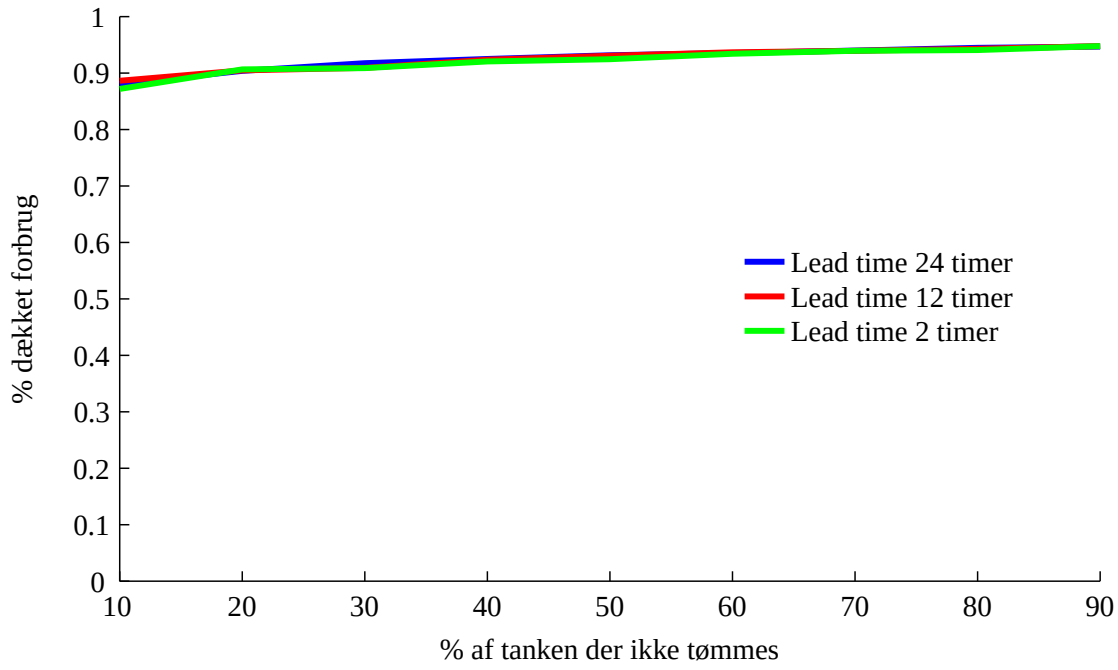
text strings:



Figur 7.7. Antal udløb som sker under en regnhændelse



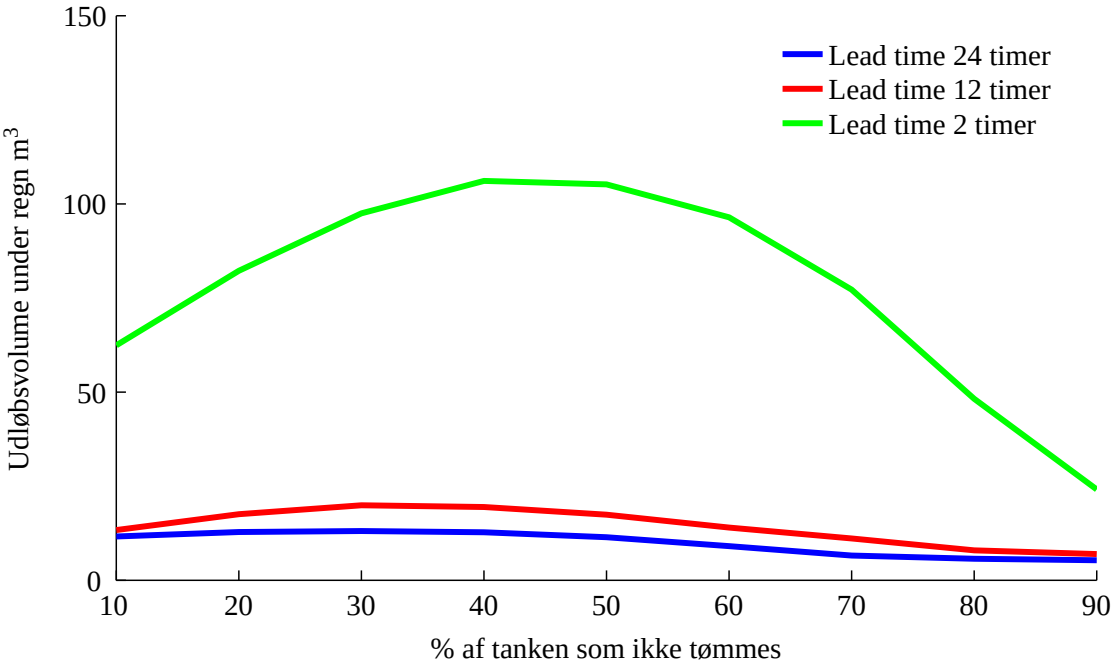
Figur 7.8. Gennemsnitlig forsyning pr. år



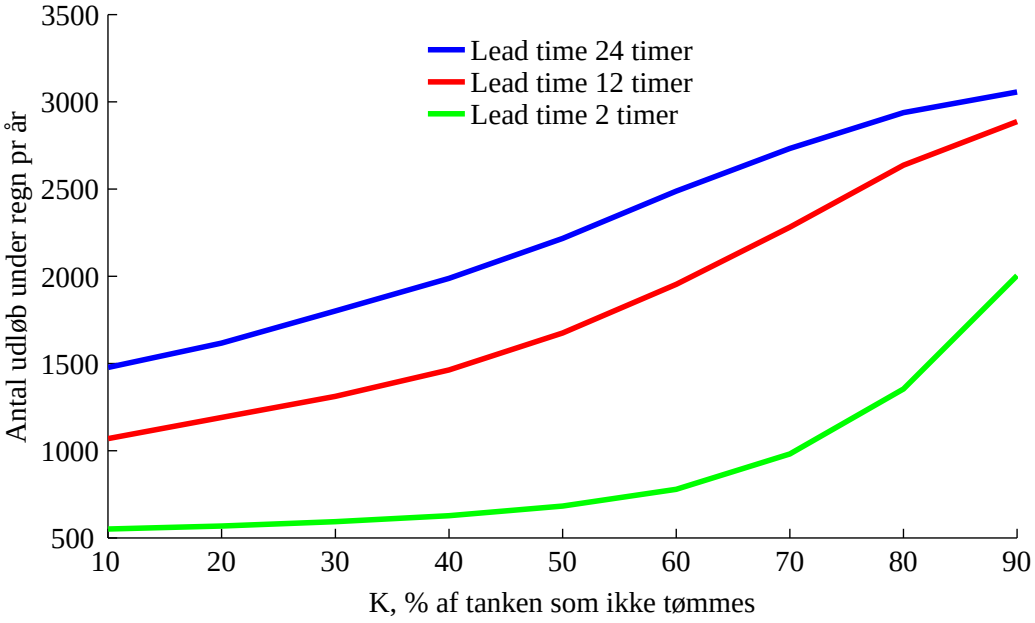
Figur 7.9. Den procentuelle dækning af forbruget

Ved gennemgang af de fire grafer, ses at mængden af udløb under regn igen er størst ved en lead time på 2 timer. De to øvrige lead times har igen en lille variation og topper omkring en tømning ved 70 %. Forbrugeren har, ligesom før, ikke nogen betydelig fordel ved forskellige tømningsniveauer eller lead times.

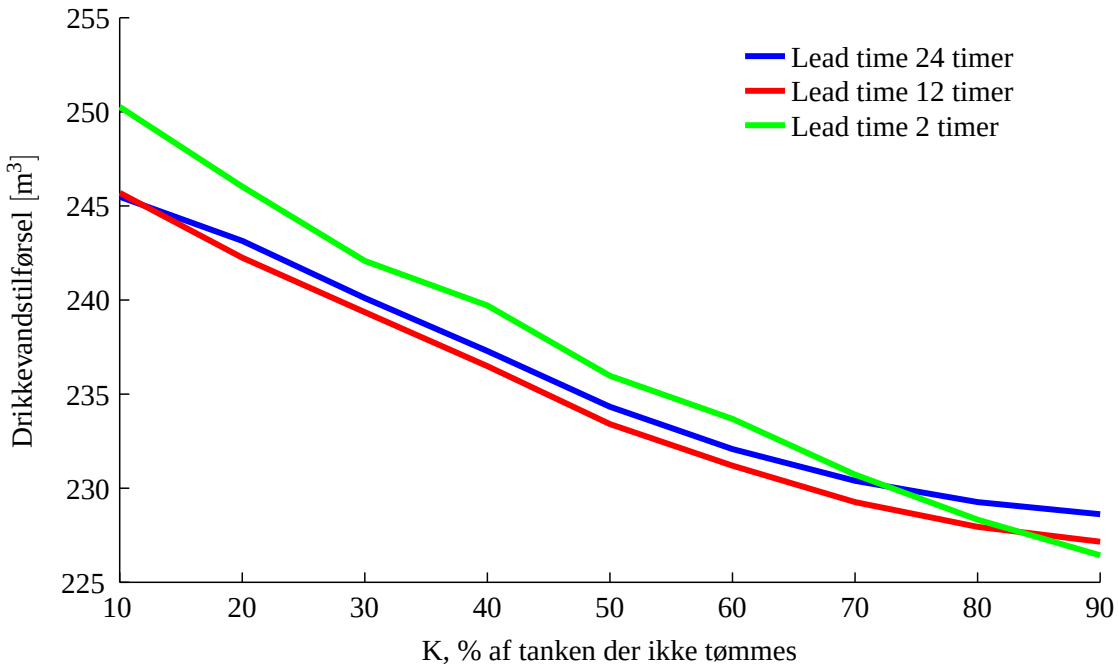
Graferne for etageberegningerne er følgende:



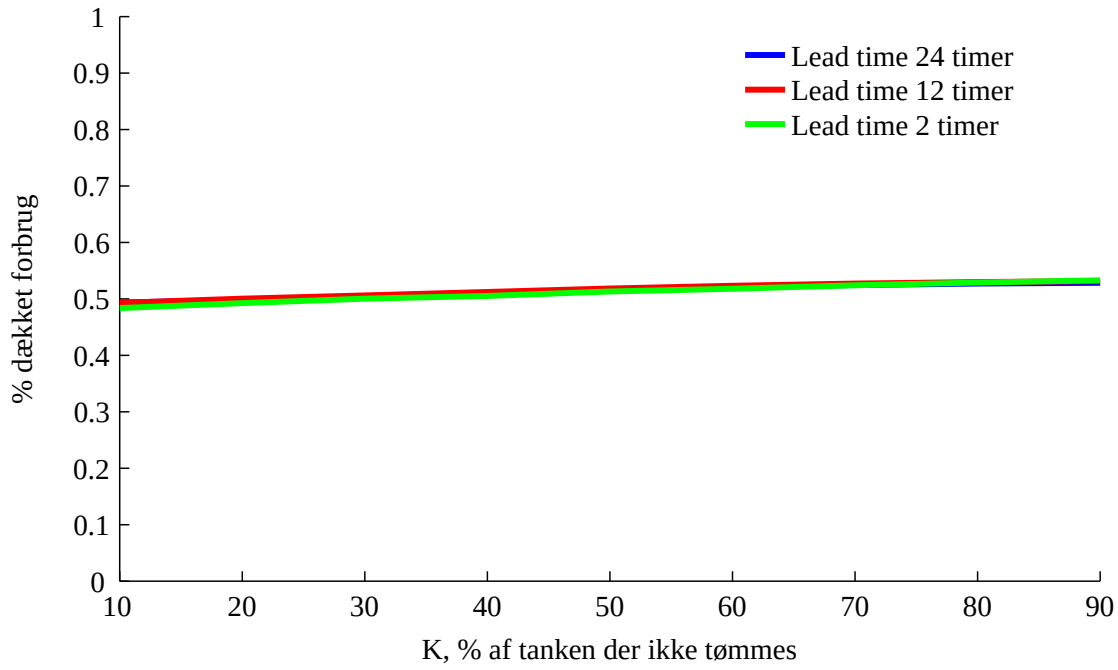
Figur 7.10. Gennemsnitlig mængde af udløb om året.



Figur 7.11. Antal udløb som sker under en regnhændelse



Figur 7.12. Gennemsnitlig forsyning pr. år.



Figur 7.13. Den procentuelle dækning af forbruget.

De fire grafer viser, at antallet af udløb er væsentlig lavere ved anvendelse af 2 timers lead time. Dog er udløbsvolumet større i forhold til 12 og 24 timer. Desuden konstateres det, at der heller ikke her, er forskel på hverken lead time eller tømningsniveauet for forbrugeren.

Ud fra de disse tre analyser, modelleres den konservative udløbsstrategi med 60 % tømning og 12 timers lead time. Herved modelleres et tømningsniveau og lead time hvor alle tre analyser viser

lave drikkevandstilførsel og lave antal af udløb under regn.

Tømningsniveauet på 60 % er ud fra analyserne ikke det bedste tømningsniveau, men på grund af simuleringstiden i afstrømningsmodellen, har det ikke været muligt at køre flere simuleringer.

Resultaterne for opstuvning til terræn fra afstrømningsberegningen ses i tabel 7.6.

Rang nr.	**Gentagelses-periode [år]**	**Antal brønde med opstuvninger**			**Ændring ift. nuværende**
		Nuværende	**Potenitiale**	**Konservativ styring**	
1	34	130	84	96	34
2	17,5	70	39	49	21
3	11	47	27	33	14
4	8,5	39	24	30	9
5	6,8	31	18	20	11
6	5,7	30	18	18	12
7	4,9	28	17	18	10
8	4,3	24	15	16	8
9	3,8	19	15	16	3
10	3,4	19	15	15	4
I alt		437	272	311	**126**

Tabel 7.6. Antal opstuvninger ved konservative styring ift. nuværende antal.

Antallet af opstuvninger til terræn kan således sænkes med 29 % ved denne styring. Overløbsresultaterne er følgende:

		Årsgennemsnit	**Ændring ift. nuværende**	**Ændring ift. potentiale**
Antal overløb (nu)	444	13		
Antal overløb (potentiale)	314	9.2		
Antal overløb (konservativ)	307	9	- 31 %	-2 %
Antal m^3 overløbsvand (nu)	509.826	14.995		
Antal m^3 overløbsvand (potentiale)	323.954	9.528		
Antal m^3 overløbsvand (konservativ)	415.288	12.214	- 19 %	28 %

Tabel 7.7. Overløbs værdier ved anvendelse af DCM i Virum

Ved brug af den konservative styringsstrategi, sænkes overløbsvolumet med 19 % og antallet med 31 %. Dette er en væsentlig sænkning, ligesom forbrugernes procentuelle dækkede forbrug, jævnfør figur 7.5, 7.9 og 7.13, er højt.

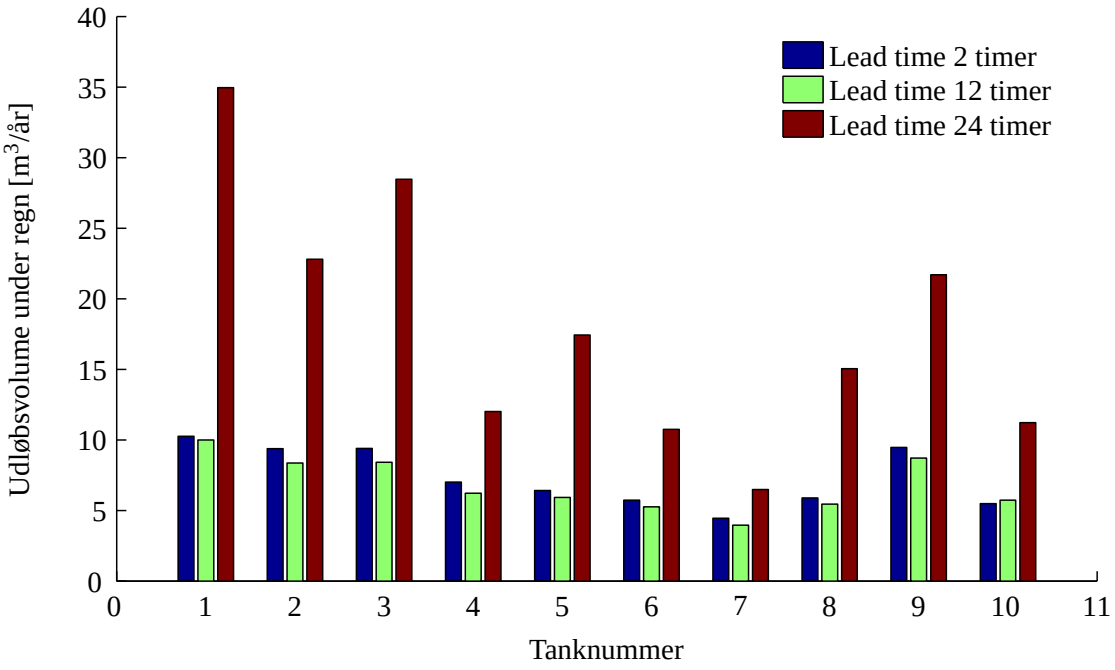
Ud fra de potentielle tal, er denne styringsstrategi ikke optimal, men dog sænkes opstuvninger og overløb væsentligt.

7.4 Dynamisk styring

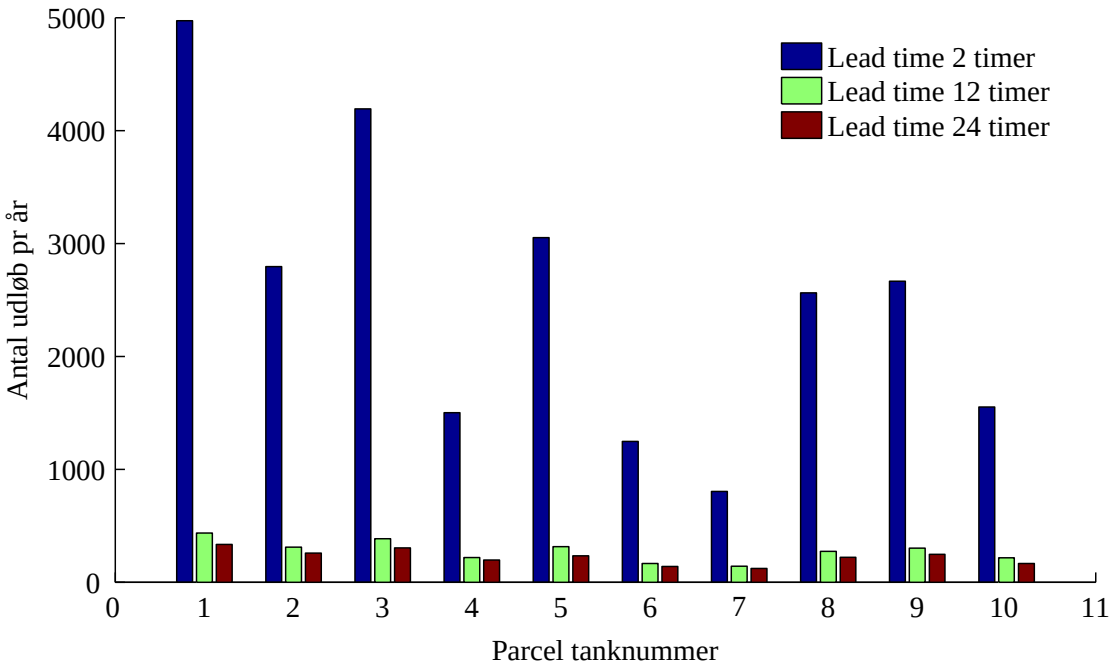
For at undersøge om en mere dynamisk styring, vil være optimal, i forhold til den konservative, er der i det følgende undersøgt konsekvenserne for afløbssystemet hvis udløbet tilpasses præcis den kommende mængde regn.

For at finde frem til den bedste lead time, undersøges for 10 parcel huse, 10 rækkehuse og de 6 etageejendomme, hvad forskellen i udløbsvolume, antal udløb under regn og dækket forbrug er.

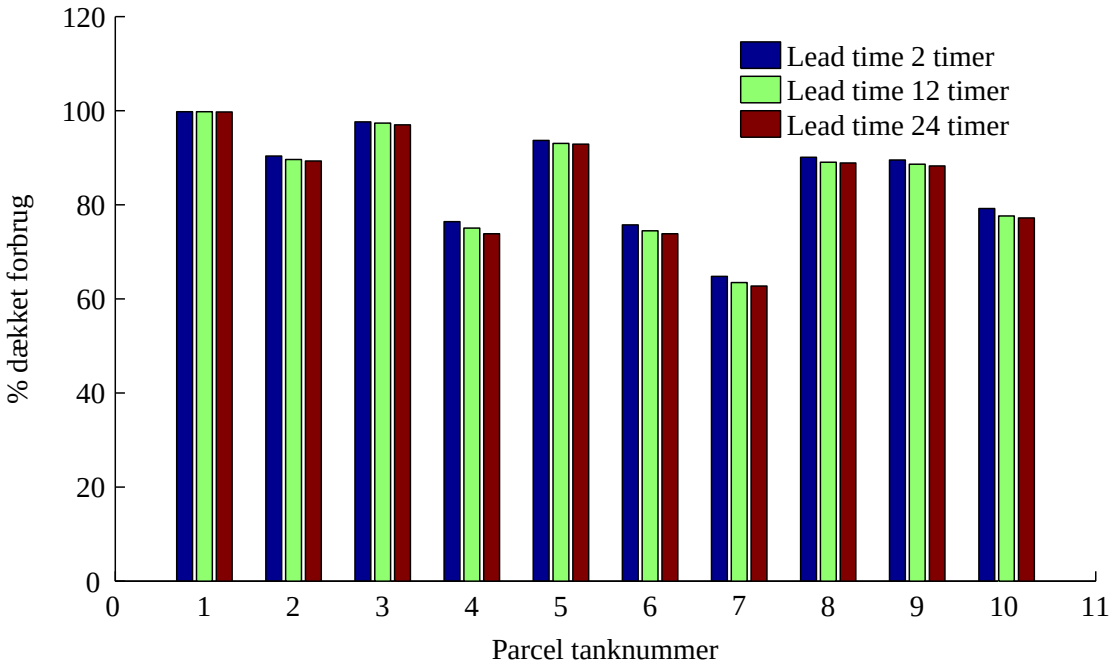
Resultaterne for parcelhusene kan ses på følgende tre figurer.



Figur 7.14. Udløb fra 10 parcelhustanke



Figur 7.15. Antal udløb under regn



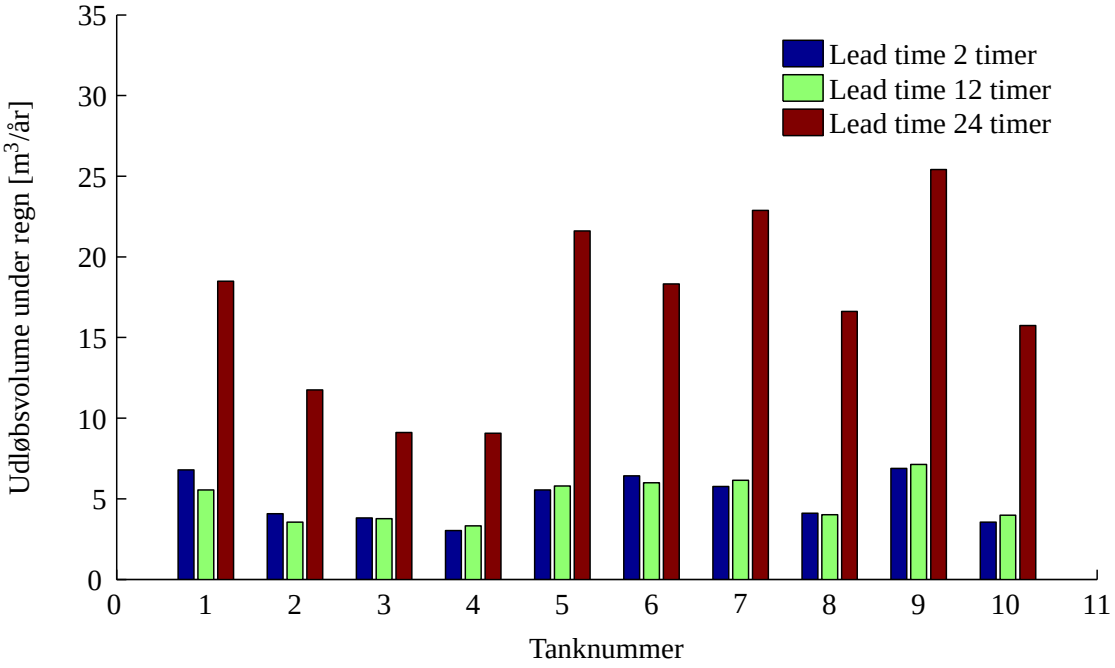
Figur 7.16. Procentuelt dækket forbrug for 10 parcelhustanke.

Ved de tre lead times varierer udløbsvolumet meget. En lead time på 24 timer giver meget store udløb, hvorimod en lead time på 2 eller 12 timer giver mere moderate udløbsvolumener.

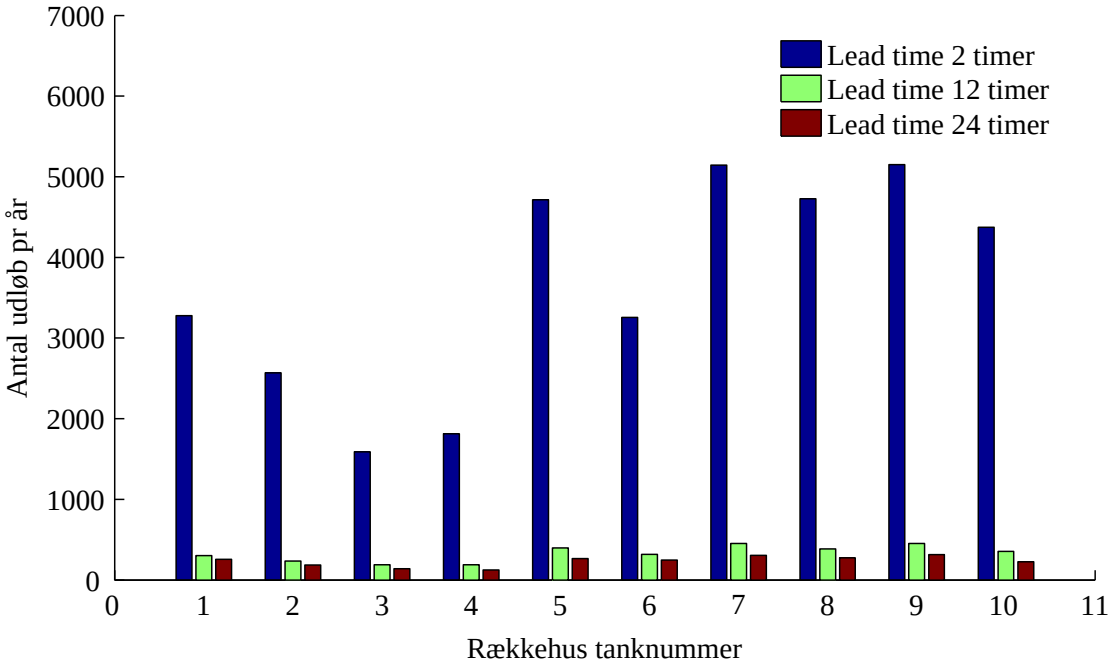
Antallet af udløb under regn er størst ved en lead time på 2 timer, hvorimod en lead time på 12 eller 24 timer giver meget mindre antal udløb. Ud fra disse betragtninger, er 12 timer den lead time som giver mindst udløb under regn og samtidig holdes antallet nede.

Forsyningsbehovet varierer mellem ca. 60 % og op til 100 %, dog er der ikke den store forskel ved brug af forskellige lead times.

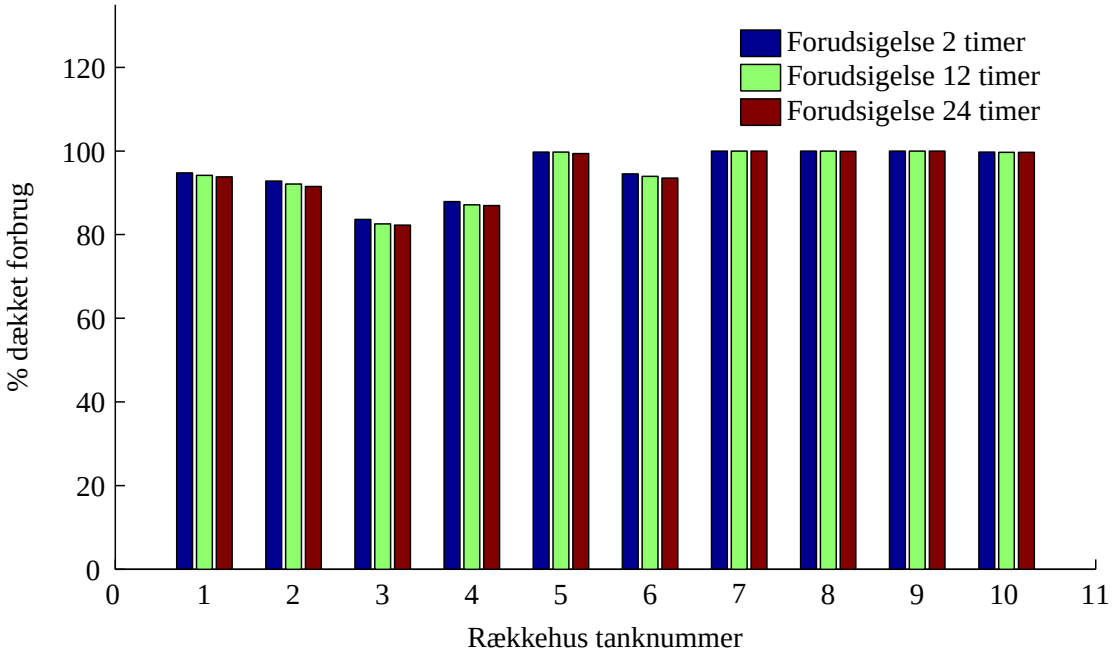
Reslutaterne for de 10 rækkehuse ses på følgende tre figuere.



Figur 7.17. Udløb fra 10 rækkehustanke



Figur 7.18. Antal udløb under regn

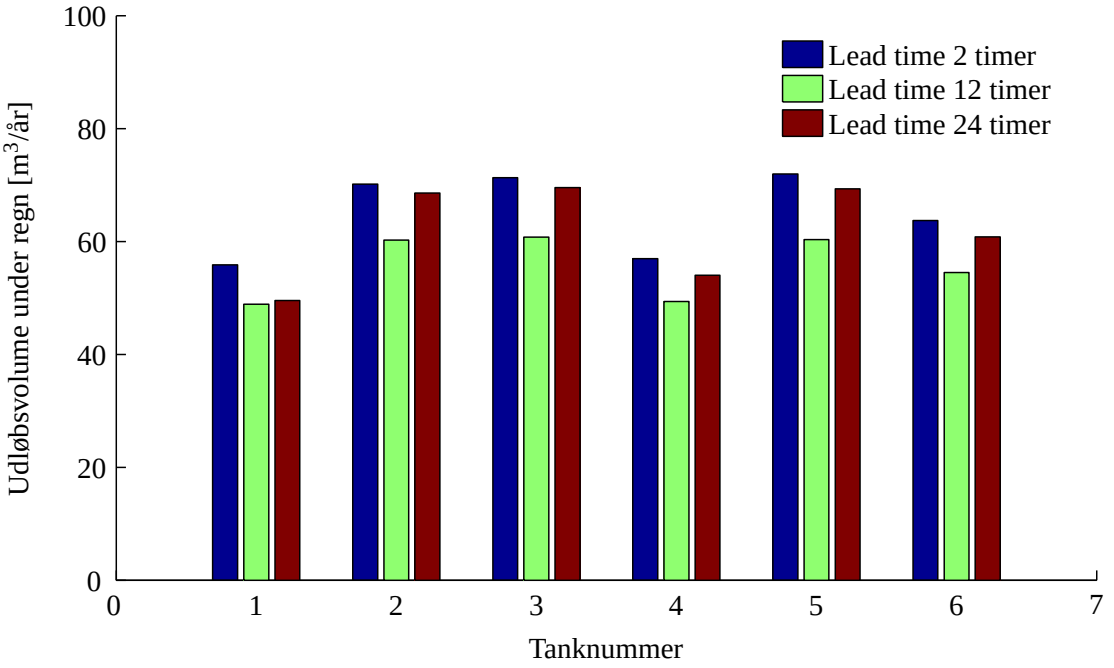


Figur 7.19. Procentuelt dækket forbrug for 10 rækkehustanke.

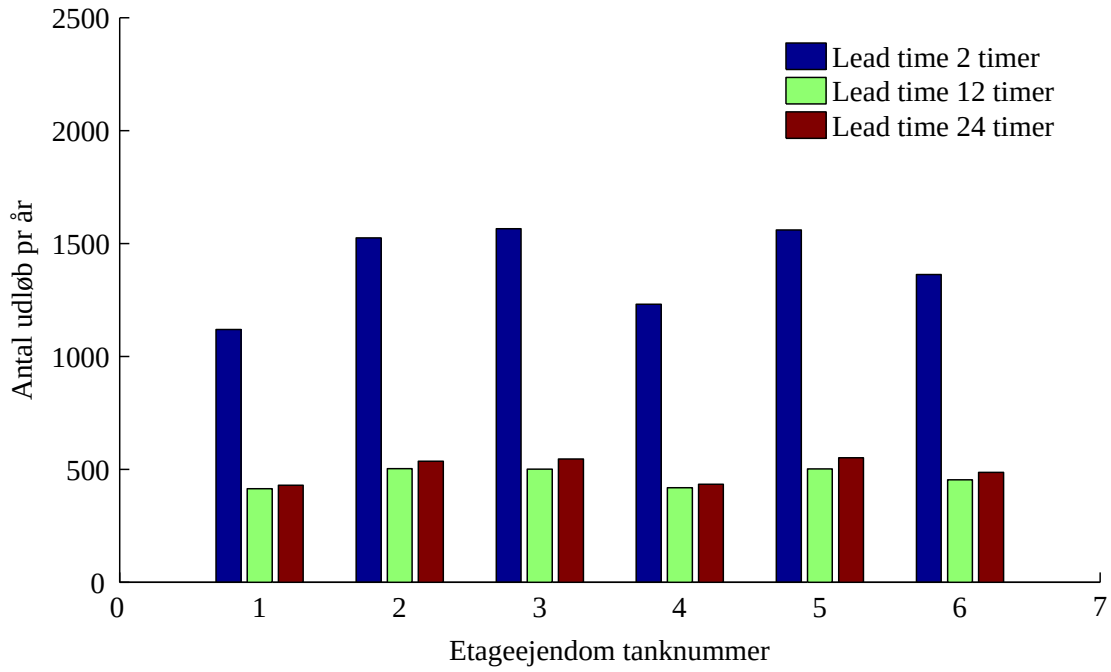
Billedet er igen det samme. Ved en lead time på 24 timer, laves meget få udløb dog bliver disse udløbsvolumener meget store. Modsat giver en lead time på 2 timer mange udløb, men lille udløbsvolume under regn.

For forbrugeren gør det næsten ingen forskel, hvilken lead time der bruges.

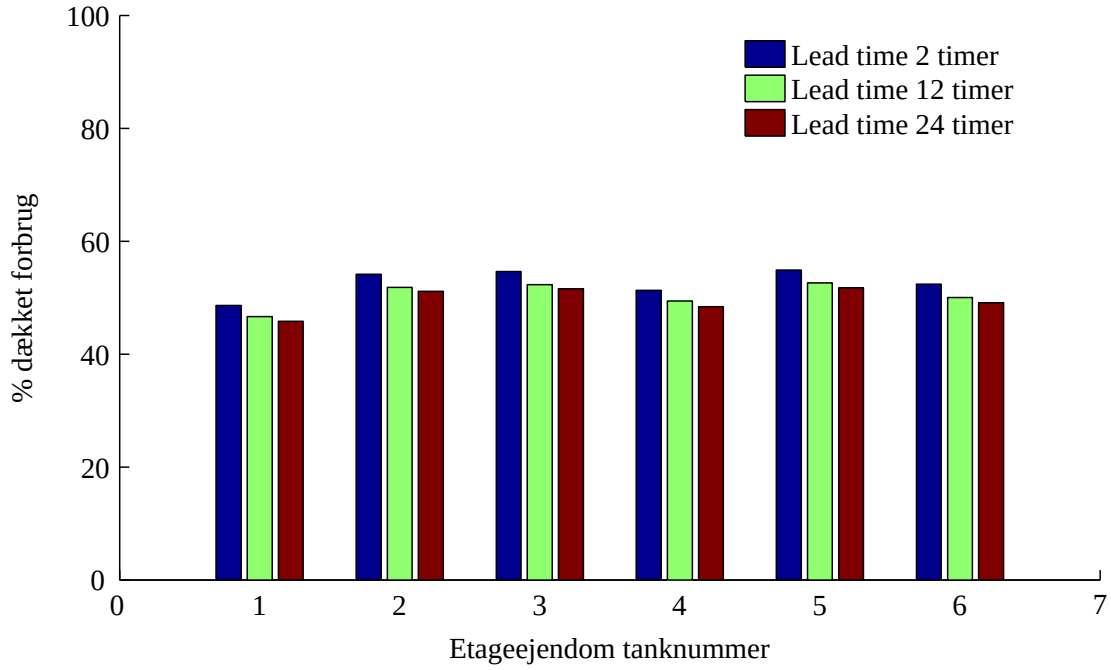
Beregningerne for de 6 etageejendomme er præsenteret i de følgende to figurer.



Figur 7.20. Udløb fra 6 tanke ved etageejendommene.



Figur 7.21. Antal udløb under regn



Figur 7.22. Procentuelt dækket forbrug for 6 tanke ved etageejendommene.

For etage ejendommene, er udløbsvolumenerne igen størst for 24 timers lead time. Dog er der her knap så stor forskel i forhold til de øvrige lead times.

Alle tre analyser viser således, at 12 timers lead time giver det færrest antal udløb og mindst udløbsvolume under regn. Derfor er kørt en afstrømningssimulering med 12 timers lead time.

Resultatet af afstrømningsberegningen ses i tabel 7.8 og 7.9

Rang nr.	Gentagelses-periode [år]	Antal brønde med opstuvninger			Ændring
		Nuværende	Potenitiale	Konservativ styring	ift. nuværende
1	34	130	84	96	34
2	17,5	70	39	49	21
3	11	47	27	33	14
4	8,5	39	24	30	9
5	6,8	31	18	20	11
6	5,7	30	18	18	12
7	4,9	28	17	18	10
8	4,3	24	15	16	8
9	3,8	19	15	16	3
10	3,4	19	15	15	4
I alt		437	272	311	**126**

Tabel 7.8. Antal opstuvninger ved dynamiske styring ift. nuværende antal.

		Årsgennemsnit	Ændring ift. nuværende	Ændring ift. potentiale
Antal overløb (nu)	444	13		
Antal overløb (potentiale)	314	9.2		
Antal overløb (dynamisk)	307	9	- 31 %	-2 %
Antal m^3 overløbsvand (nu)	509.826	14.995		
Antal m^3 overløbsvand (potentiale)	323.954	9.528		
Antal m^3 overløbsvand (dynamisk)	415.288	12.214	- 19 %	28 %

Tabel 7.9. Overløbs værdier ved anvendelse af DCM i Virum

Det bemærkes at tallene giver præcis samme værdier som ved en konservativ styring. Altså vil en konservativ styring med tømningsniveau på 60 % og 12 timers lead time give det samme som en dynamisk styring med 12 timers lead time.

7.5 Delkonklusion

Ved gennemgang af de tre analyser kan det konkluderes, at en passiv styring vil gavne forbrugeren som vil få dækket en stor del af forbruget. Derimod vil denne styringsstrategi ikke forbedre forholdene i afløbssystemet - tværtimod vil systemet få en stigning i opstuvninger og overløbsvolumener.

Den konservative styring viste, at uantastet lead time og tømningsnivau, vil forbrugeren have dækket en stor del af forbruget. Styringen medførte også sænkninger i antallet af opstuvninger i forhold til de nuværende antal, ligesom overløbsvolumet blev reduceret.

Den dynamiske styringsstrategi, kunne ligesom den konservative styring, dække det meste af forbruget hos forbrugeren. Afløbssystemet blev frigjort for samme antal opstuvninger og overløbsvolume.

En anbefaling i forhold til valg af styringsstrategi, som skal opfylde både forbrugeren og afløbssystemets krav, vil derfor være enten den konservative eller dynamiske. For at finde frem til den bedste af disse to, skal der laves yderligere afstrømningsberegninger. Dette har af tidsmæssige årsager ikke været muligt i dette projekt.

Forsøgsopstilling 8

For at undersøge, om den idéen bag decentral magasinering kan lade sig gøre, er lavet en forsøgsopstilling ud fra konceptet, som er beskrevet i kapitel 2. Formålet med opsætningen er på længere sigt, at implementere styringsstrategier og se på anvendelsen af et tagareal som regnmåler.

I dette projekt har formålet været, at undersøge om det er muligt ved hjælp at en PLC og trykmåler, at styre tankens udløb.

Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet, har tilknyttet et parkeringshus som kan ses på figur 8.1

Figur 8.1. Parkeringshus

Når regnen falder på parkeringshusets tag, løber det via tagrender til et nedløbsrør som vist på figur 8.2.

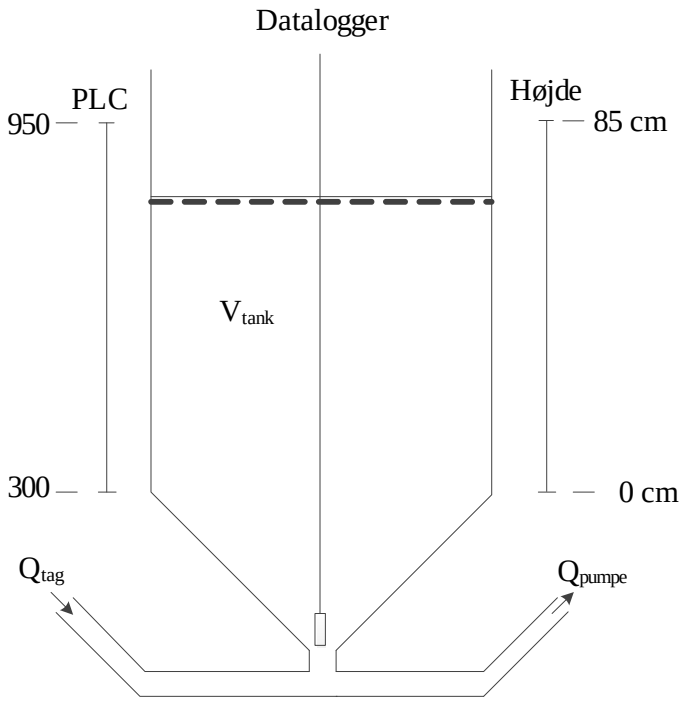
Figur 8.2. Nedløbsrør med indføring til parkringshusets inderside.

Inde i parkeringshuset er opstillet en regnvandstank hvortil regnvandet løber. Regnvandstanken er vist på figur 8.3.

Figur 8.3. Regnvandstank

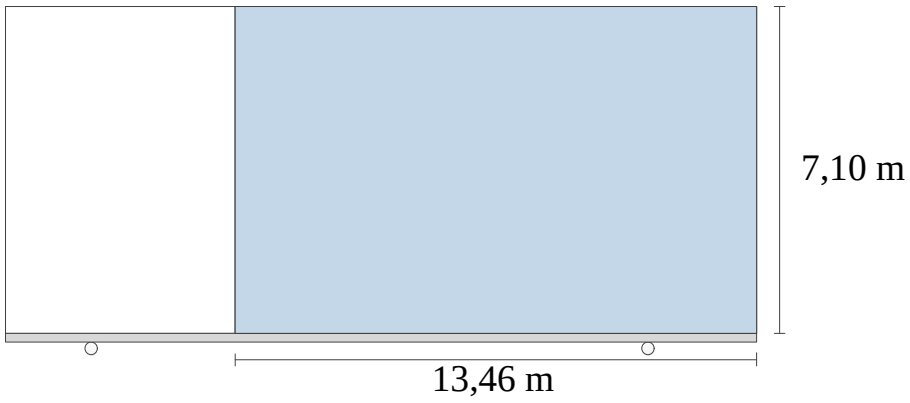
Inde i regnvandstanken er opsat en trykmåler som sender signal til en PLC, der kan sende signal videre til en pumpe. Således styres pumpen ud fra trykmåleren. Til den opsatte PLC er også koblet en datalogger som hvert minut gemmer data for trykmålerresultaterne. Dataloggeren er indstillet således, at den giver en procentsats som har en linæer sammenhæng med trykmåleren.

PLC'en er indstillet så pumpen starter ved en trykmåling der giver en værdi på 950. Herefter tømmes tanken til trykmåleren giver en værdi på 300. En skitse af opstillingen er vist på figur 8.4.



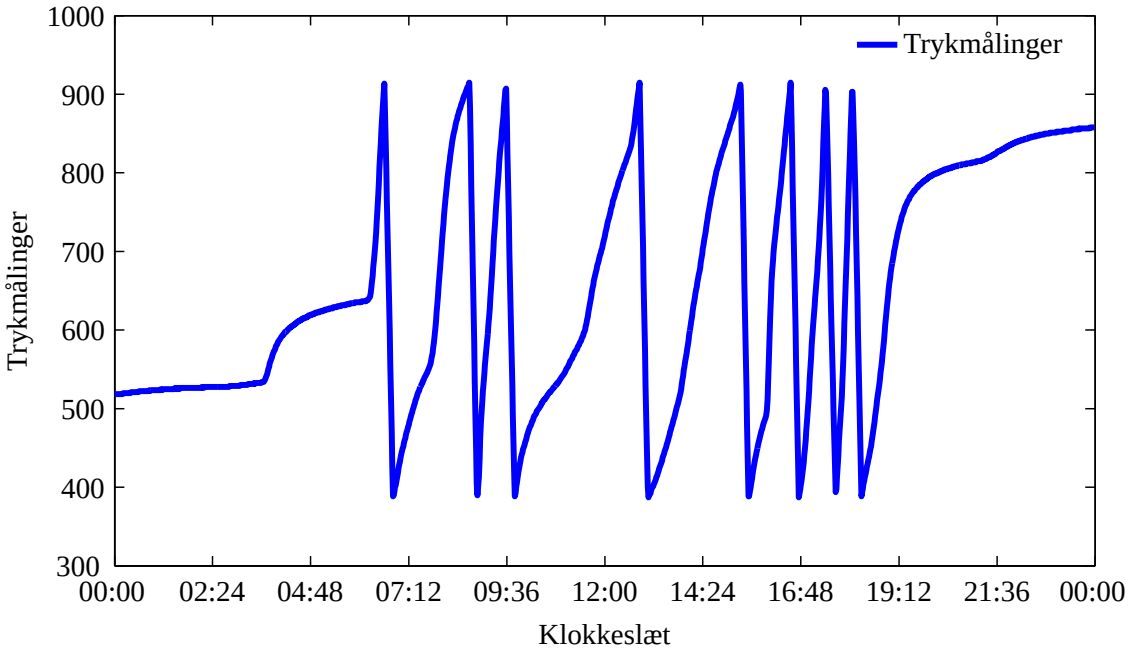
Figur 8.4. Skitse af opstillingen

På figur 8.5 ses en skiste af tagarealet. Den blå del er den del af taget som har udløb til regnvandstanken. Cirklerne angiver hvor nedløbsrørene er placeret.



Figur 8.5. Skitse af tagareal.

Den tilkoblede datalogger har lavet målt følgende aktivitet i regnvandstanken d. 22. maj 2013.



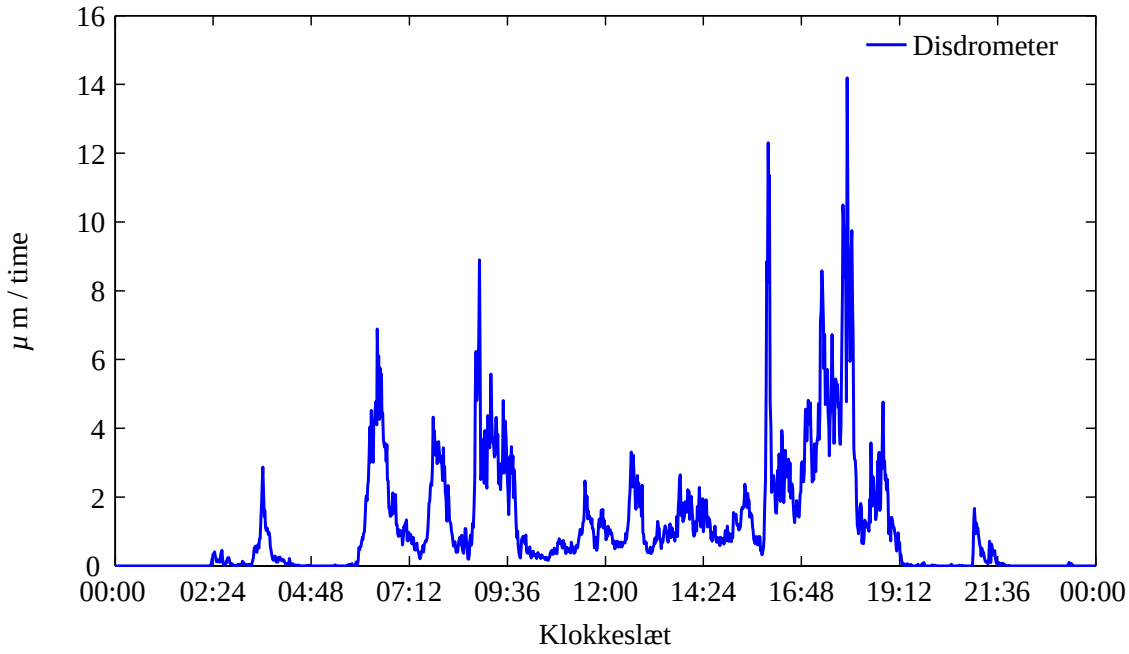
Figur 8.6. Trykmålinger for d. 22. maj 2013

Her ses det, at tanken er tømt 8 gange. Tanken har fra starten af tidsserien en trykmåling på 518 hvilket svarer til et volume på 0,0919 m^3 over højden 0, jævnfør figur 8.4. Ved slutningen af trykmålingen er værdien 858 som svarer til et volume på 0.2346 m^3. Tankens volume er 0.2734 m^3.

Hvis der ses bort fra den mængde regn som falder under tømning af tanken, har magasneringsvolumet i perioden været:

$$V_{magasinering} = V_{slut} - V_{start} + 8 \cdot V_{fuld} = 2.045\ m^3$$

50 meter fra forsøgsopstillingen er placeret et disdrometer som har givet følgende måling i perioden:



Figur 8.7. Regndata målt ved distrometer.

Ud fra disse målinger og tagets areal, er volumet fra taget i perioden beregnet til:

$$V_{tag} = A_{tag} \cdot d_{regn} = 2.635\ m^3$$

Der er altså en forskel i de målte data på 0.591 m^3. Dette skyldes primært, at der under tømning af tanken stadig var tilstrømning fra tagarealet. Derudover skal også medregnes et initialtab og eventuelle usikkerheder i disdrometermålingerne.

Ud fra tidsserien på figur 8.6, kan konkluderes at det ved hjælp af en regnvandstank, er muligt at styre vandstandsniveauet i regnvandstanken. Volumeberegningerne viser, med visse usikkerheder, at det er muligt at beregne tankens volume på bagrund af målt data. Hvis dette implementeres i en realtidsmodel, hvor sensordataene er lavet med en forecast (f.eks. radardata), vil det være muligt at styre tanken med forskellige udløbsstrategier.

Konklusion 9

I gennem to analyser, er det klarlagt hvorvidt det er muligt at finde en løsning, ved anvendelse af DCM i Virum, som både tilgodeser kloaksystemet og forbrugeren.

Den første analyse viste, at forbrugeren ved etablering af en regnvandstank vil kunne tilbageholde store mængder regnvand og derved få dækket en stor del af forbruget. En beregning for tilbagebetalingen af regnvandstanken vil være tilbagebetalt efter 12,5 år med de nuværende regler.

Hovedanalysen som analyserede konsekvenserne ved de forskellige udløbsstrategier viste, at forbrugeren næsten har den samme mængde vand til rådighed uanset hvilken lead time og tømningsniveau som anvendes. Den passive styringsstrategi gav anledning til flere opstuvninger til terræn og større overløbsvolumener. De to aktive styringer - dynamisk og konservativ - kunne modsat den passive frigøre kapacitet i kloaksystemet. Dog blev den optimale styringsstrategi ikke fundet. Forslag til forbedringer er beskrevet i den efterfølgende diskussion.

En samlet konklusion er derfor, at det er muligt at opnå kapacitetsmæssige fordele i afløbssystemet ved implementering under samtidig hensyntagen til forbrugeren. De aktive styringsstrategier kan forsøges optimeret, da analysen viste, at mængden af tilgængelig regnvand for forbrugeren ikke ændres væsentlig for de forskellige styringsstrategier.

Diskussion 10

I dette kapitel er diskuteret nogle perspektiver i projketet som kan give anledning til videre undersøgelse.

Som beskrevet i konklusionen, frigiver de aktive udløbsstrategier kapacitet i afløbssystemet. I analyserne, er anvendt den samme udløbsstrategi til hele byen og det kunne derfor være interessant, at undersøge hvordan individuelle udløbsstrategier til hver husstand kunne forbedre potentialet.

Ved at lave en nærmere undersøgelse af, hvor i afløbssystemet problemerne opstår i forbindelse med eksekvering af udløbsstrategierne, kunne udløbsstrategierne også tilpasses opbygningen af byens kloaksystem.

Endvidere kunne en undersøgelse af udløbetstidspunktet i forhold til prisen på strøm være interessant. Hvis f.eks. strøm fra vindmøller kunne købes billigt om natten, eller hvis lokalt solcelleanlæg overproducerer, kunne pumpen startes med lav omkostning.

Som nævnt i kapitel 2, vil udløbet også kunne kontrolleres således en kloakledning kunne spules ren før større regnhændelser, hvorved koncentrationen af spildevand i overløbsvandet vil være lav. Her vil det være interessant at undersøge om dette er muligt uden overløbsbygværket træder i kraft.

Med den valgte udløbsstrategi, hvor alle regnvandstanke har samme strategi, ville flere afstrømningsberegninger ud fra med forskellige setpoints kunne give et mere klart billede af konsekvenserne for afløbsystemet.

Litteratur

TV2 Vejret Anders Brandt, **Juni 2008**. Tørken giver vandingsforbud. URL http://vejret.tv2.dk/artikel/id-11927100:t%C3%B8rken-giver-vandingsforbud.html.

Mai Maskell Andersen, **Juli 2011**. Forventet skybrud men uventet styrke. URL http://www.dmi.dk/dmi/forventet_skybrud_men_uventet_styrke.

S.J. Brown, T. P. Howard, K. A. Humphrey, M. P. McCarthy, R. E. McDonald, A. Stephens, C. Wallace, R. Warren, R. Wilby, and R. A. Wood, **2009**. Climate change projections. UK Climate Projections Science Report.

DANVA, **Februar 2013**. Vand i tal - DANVA. URL http://www.e-pages.dk/danva/120/.

DMI, **Juni 2010**. Ændringer i Danmark. URL http://www.dmi.dk/dmi/index/klima/fremtidens_klima-2/aendringer_i_danmark.htm.

Helle Katrine Andersen, DANVA. EU's oversvømmelsesdirektiv er trådt i kraft. URL http://www.danva.dk/Default.aspx?ID=467&TokenExist=no.

IPCC, **2007**. Climate Change 2007 The Physical Science Basis. Cambridge University Press.

Henning Karlby, **2002**. Vandforsyning. Nyt teknisk forlag.

Bax Lindhardt. Scanpix.

Lyngby-Taarbæk Kommune, **2001**. Spildevandsplanen 2001 - 2006, Lyngby-Taarbæk Kommune.

Miljøministeriet, **November 2009**. Redegørelse for Lokal Agenda 21-arbjedet i kommuner og regioner. BLS-101-00162.

Naturstyrelsen, **Juni 2012**. Hvilken indsats skal der til? URL http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Vandplaner/Om_vandplanerne/Indsats/.

Martin Olesen, **juli 2011**. URL http://www.dmi.dk/dmi/skybruddet_i_k_benhavn_-_en_smagspr_ve_pa_fremtidens_klima.

Stefan Sølberg.

Task Force for Klimatilpasning, **Juli 2012**. Klimaændringer i Danmark. URL http://www.klimatilpasning.dk/viden-om/klima/klimaaendringeridanmark.aspx.

Leif Winther, Jens Jørgen Linde, H. Thorkild Jensen, Leo Lund Mathiasen, and Niels Bent Johansen, **2006**. Afløbsteknik. Polyteknisk forlag.

Initiativer for bæredygtighed A

A.1 Agenda 21

I 1992 underskrev Danmark sammen med 180 andre lande et handlingsprogram for bæredygtig udvikling. Dette skete på FN's topmøde vedrørende miljø og udvikling i Rio de Janeiro. Programmet blev døbt "Agenda 21" og Danmark forpligtede sig, at arbejde for en bæredygtig udvikling i det 21. århundrede. I kapitel 28 opfordrer FN landene til at inddrage lokalsamfundet, da det er i lokalsamfundet, politikken udmøntes mellem myndigheder, institutioner, foreninger, virksomheder og de enkelte borgere. Inddragelsen af lokalsamfundet kendes under titlen "Lokal Agenda 21" (LA21). I Danmark har LA21 vundet indpas på forskellig vis, men blev første gang implementeret i den danske lovgivning ved en ændring af planloven i 2000. Her blev tilføjet regler der forpligtigede kommunerne og de daværende amter til, at udarbejde strategier efter fem punkter, hvoraf et handler om at fremme bæredygtig udvikling. [Miljøministeriet, 2009] I redegørelsen af Miljøministeriet [2009] fremgår det, at der i marts 2009 var 81 kommuner som havde forholdt sig til mindskelse af miljøbelastninger og 77 kommuner havde forholdt sig til bæredygtig byudvikling.

A.2 EU direktiver

EU vedtog d. 22 december 2000 vandrammedirektivet, som fastlagde rammerne for beskyttelsen af vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand. Direktivet blev indført i den danske lovgivning gennem miljømålsloven og foreskriver, at der udarbejdes vandplaner som skal sikre renere vand i Danmark. Der udarbejdes i alt 23 vandplaner i Danmark, der hver især indeholder indsatsplaner for, hvilke tiltag, der kræves for at målet om "god tilstand" i vandløbene osv. opfyldes. En af virkemidlerne er reduktion af regnbetingede overløb fra fælleskloakker. [Naturstyrelsen, 2012]

I 2007 vedtog EU oversvømmelsesdirektivet som medlemslandene skal gennemføre frem mod 2015. Formålet er, at fastlægge rammerne for vurdering og styring af oversvømmelsesrisici med henblik på at mindske de negative følger for menneskets sundhed, miljø, kulturarv og økonomiske aktivitet. [Helle Katrine Andersen, DANVA] Direktivet er implementeret i dansk lovgivning gennem "Lov om vurdering og styring af oversvømmelsesrisikoen fra vandløb og søer" som trådte i kraft januar 2010. I overensstemmelse med EU-direktivet, skal der ultimo 2013 konstrueres kort over faren for oversvømmelse og kort for risikoen for oversvømmelse. På baggrund af disse kort skal der udarbejdes risikostyringsplaner for oversvømmelse. Risikostyringsplanerne skal koordineres med de føromtalte vandplaner og lægger vægt på sikring, forebyggelse og beredskab.

Nedbørsændringer B

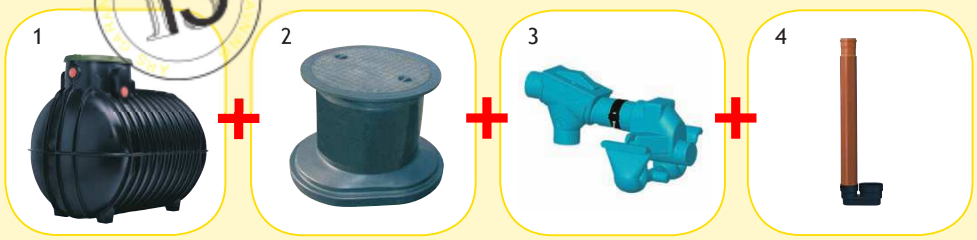
		Årlig middelnedbør			Middelnedbør, vinter			Middelnedbør, sommer			Nedbør på mest regnfulde dag, vinter			Nedbør på mest regnfulde dag, sommer		
Sandsynlighedsniveau		10 %	50 %	90 %	10 %	50 %	90 %	10 %	50 %	90 %	10 %	50 %	90 %	10 %	50 %	90 %
A1F1	Største ændring	-3	+3	+20	+18	+47	+97	-8	0	+10	+11	+35	+77	-1	+14	+64
	Mindste ændring	-21	+6	+3	-12	-3	+6	-74	-49	-10	-12	0	+13	-46	-18	+6
A1B	Største ændring	-3	+2	+14	+9	+33	+70	-8	+1	+10	+7	+25	+56	-1	+12	+5
	Mindste ændring	-16	-3	+3	-11	-2	+7	-65	-40	-6	-12	0	+13	-38	-12	+9
B1	Største ændring	-2	+3	+14	+8	+30	+59	-8	+1	+16	+4	+22	+47	-2	+10	+49
	Mindste ændring	-12	-1	+3	-11	-2	+7	-55	-30	+1	-12	0	+13	-29	-7	+10

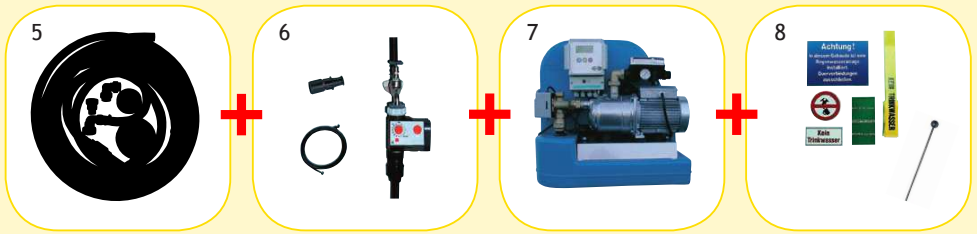
RegnvandsTanken.dk

Komplet sæt
Hus og Have Premium farbar

Består af:

1. Tank til nedgravning
2. Skakt farbar for kørsel med personbil
3. Filter - Vandlås - Modul
4. Rør for roligt vandtilløb
5. Murgennemføring og svømmende sugefilter 15 M
6. Automatisk filterrensning
7. Husvandværk BFK
8. Klistermærke sæt





Sæt med nedgravnings-tank 3.000 liter	Sæt med nedgravnings-tank 4.000 liter	Sæt med nedgravnings-tank 5.000 liter	Sæt med nedgravnings-tank 7.500 liter	Sæt med nedgravnings-tank 10.000 liter
Pris 31.050,-	Pris 33.250,-	Pris 35.350,-	Pris 40.750,-	Pris 46.150,-

Alle priser er inkl. moms.

Beregninger vedr. klimaændringer D

Som beskrevet i afsnit 3.1.1, er der ud fra IPCC's klimascenarier, lavet forskellige GCM modeller som beregner hvordan blandt andet nedbøren ser ud i år 2100. De mange modeller giver mange resultater og derfor er et bud på fremtidens nedbør meget svær at fremstille.

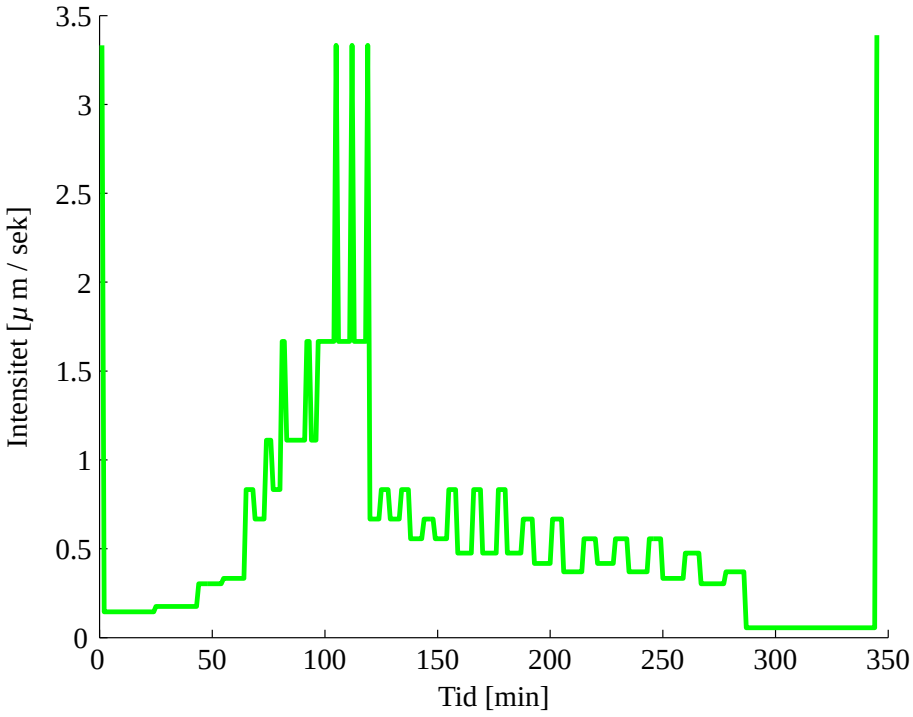
Når regnserier med klimaforandringer fremstilles, er det derfor meget vigtig at overveje hvad anvendelse regnserien er. I denne rapport er der i den forbindelse to hensyn at tage.

1. At mindske overløb og opstuvninger til terræn så meget som muligt.
2. At sikre så meget vand til forbrugerne som muligt.

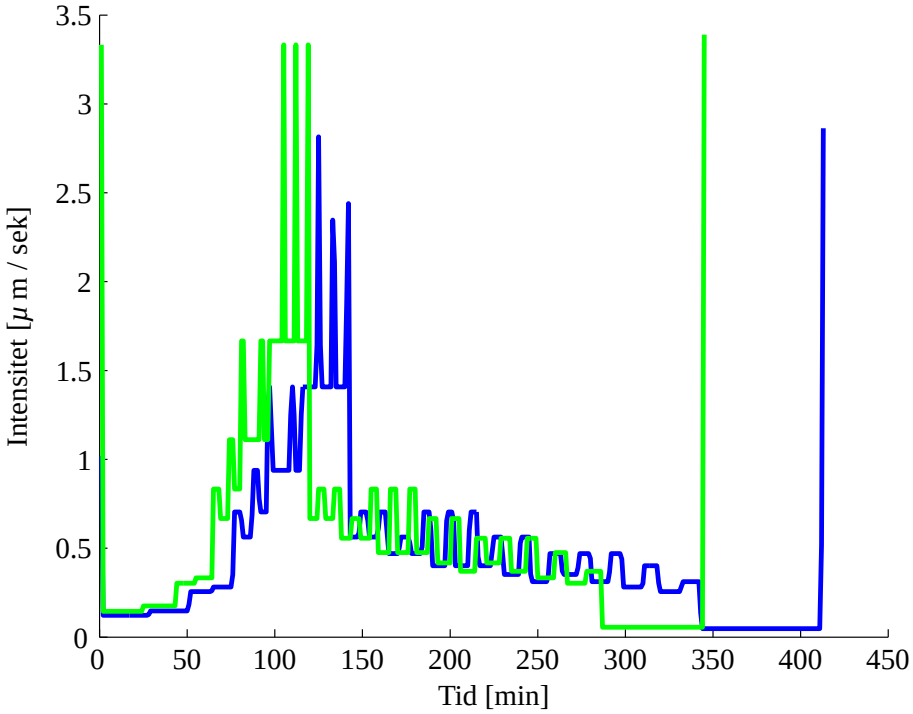
Når der dimensioneres for at mindske overløb og opstuvninger 100 år frem, er det vigtig ikke at underestimere mængden af nedbør. Omvendt er det vigtig når der dimensioneres for forbrugerne, ikke at overestimere regnmængden, da det vil skabe falske udsigter for forbrugeren.

I denne rapport bruges værdierne fra tabel 3.2 som forøger regnintensiteterne om sommeren med en faktor 1,05 og en faktor 1,25 om vinteren. Derudover bliver regnhændelserne forkortet om sommeren med 20 % og om vinteren reduceres varigheden med 20 %. Figur D.1 viser den oprindelige regnserie og figur D.2 viser hvordan den ser ud når denne forlænges. Figur D.3 viser, hvordan det ser ud, når regnserien er forlænget og intensiteten er forøget.

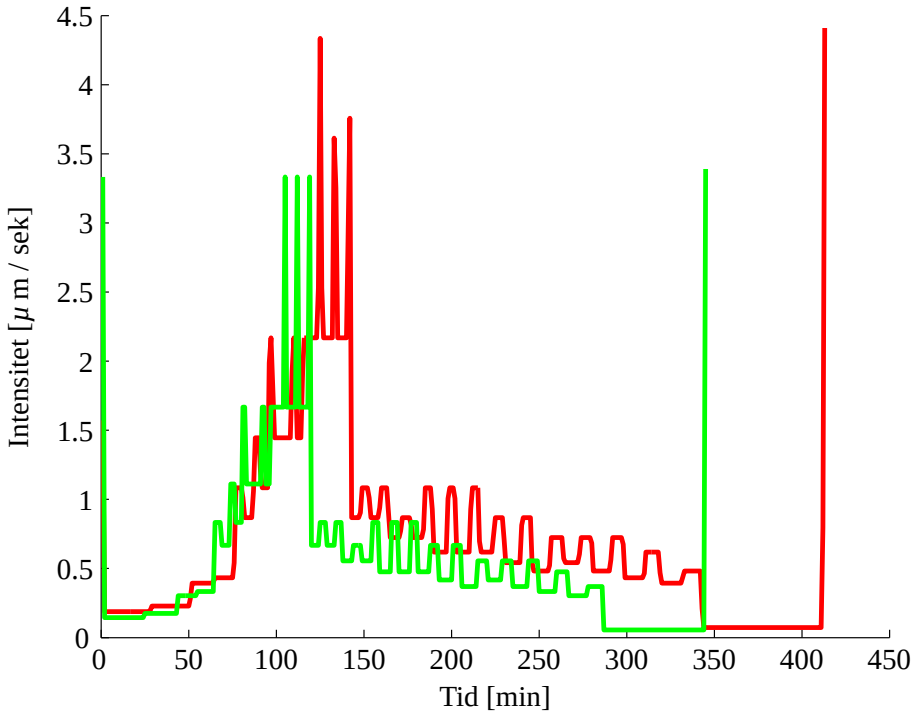
Ændring af regnserien er lavet igennem MATLAB, og koden er præsenteret efter figurerne.



Figur D.1. Oprindelig regndata



Figur D.2. Forlænget regnserie



Figur D.3. Forlænget regnserie

```
% Kode til ændring af regnserier fra regnmålere.
%
% Decentral magasinering
% Afgangsprojekt maj 2013
% Af Johan Harkjær Kristensen
%
% Kræver regnserie på form Regn(DateNum, Intensitet [my m/sek])
% Månederne er inddelt således:
% Vinter: 1,2,3,10,11,12
% Sommer: 4,5,6,7,8,9
% Fjerner alle regnhændelser der ligger under indtastet initialtab
% (InitianTab)

clear all; close all; clc;
%% Regndata indlæses

%  Regndata fra f.eks. km2 filer skal indlæses med et tidsskridt på 1 minut
%  og med 0 i mellem regnhændelser.

load('TestOprindeligFil.mat');

```

```
22 %% Konstanter til beregninger
23
24 Kl_fak_som = 1; % Klimafaktor sommer 1.05
25 Kl_fak_vin = 1; % Klimafaktor vinter 1.25
26 Var_som = 1; % Ændret varighedsfaktor sommer 0.8
27 Var_vin = 1; % Ændret varighedsfaktor vinter 1.2
28
29 HvidLinie = 0;
30 t = 0;
31 y = 0;
32 StartTjek(1) = Regn(length(Regn),1)+datenum↩
      (0001,00,00,00,00,00);
33 InitialTab = 0.0; % Initialtab
34 RegnMedDato = zeros(length(Regn),2);
35
36 % Konstanter til km2 fil
37 NavnPaakm2fil = 'TestKorrigeretFil.km2';
38 Nul = 0; % Bruges hvis klokkeslæt kun består af 0,1,2 eller 3 ↩
      tal
39 Status = 1;
40 TidsOplosning = 1;
41 Regntype = 1;
42 Stationsnr = 5057;
43
44 %% Regnhændelser indexeres
45
46 % Alle regnhændelsers start- og slutindgang findes.
47 for m = 2:length(Regn)-1
48     if Regn(m,2) == 0 && Regn(m+1,2) ~= 0
49         t=t+1; % Nummer for hver regnhændelse
50         I1(t) = m+1; % Index for hver regnhændelses start
51     elseif Regn(m+1,2) == 0 && Regn(m,2) ~= 0
52         y=y+1; % Nummer for hver regnhændelse
53         I2(y) = m; % Index for hver regnhændelses afslutning
54     end
55 end
56
57 SidsteStop = I1(1);
58
59 %% Korrektion af regnhændelser ud fra klima og varighedsfaktor
60 for k = 1:t
61
62     % Bestem varighed
63     r1 = datestr(Regn(I1(k),1));
64     r2 = datestr(Regn(I2(k)+1,1)); % +1 fordi sidste minut ↩
         skal tælles med.
```

```
65      t1 = datevec(r1);
66      t2 = datevec(r2);
67      Varighed = abs(etime(t1,t2))/60;
68
69      if Regn(I1(k),3) == 4 || Regn(I1(k),3) == 5 || Regn(I1(k)↩
            ,3) == 6 || Regn(I1(k),3) == 7 || Regn(I1(k),3) == 8 ||↩
             Regn(I1(k),3) == 9
70          Gl_regn = Regn(I1(k):I2(k),2); % [my_m / s]
71          Var_beregning = 1:Varighed;
72          Tid_strak = Var_beregning * Var_som;
73          Ny_varighed = 1:max(Tid_strak);
74          Ny_regn = interp1(Tid_strak,Gl_regn,Ny_varighed);
75          Ny_regn(isnan(Ny_regn)) = [];
76          Ny_regn_sum = sum(Ny_regn)*60/1000; % [mm]
77          Acc_regn = sum(Regn(I1(k):I2(k),2))*60/1000-InitialTab↩
                ; % [mm]
78          Intensitets_faktor = Acc_regn * Kl_fak_som / ↩
                Ny_regn_sum;
79
80          % Til km2 filer
81          StartPaaRegn_dato = str2num(datestr(Regn(I1(k),1),'↩
                yyyymmdd'));
82          StartPaaRegn_kl = str2num(datestr(Regn(I1(k),1),'HHMM'↩
                ));
83          Ny_int = Ny_regn(:) * Intensitets_faktor;
84          VarighedTil_km2 = length(Ny_int);
85          NyNedborsmaengde = sum(Ny_int)/1000*60;
86
87          %Gemmer starttid for næste regn og sluttid for den ↩
                beregnende regn
88          % for at tjekke om de overskrider hinanden
89          if k < t-1
90              StartTjek = Regn(I1(k+1),1);
91              AntalTimer = floor(VarighedTil_km2/60);
92              AntalMinutter = VarighedTil_km2-(AntalTimer*60);
93              SlutTjek = Regn(I1(k),1)+datenum(0000,00,00,↩
                    AntalTimer,AntalMinutter,00);
94              if StartTjek < SlutTjek
95                  VarighedTil_km2 = Varighed;
96              end
97          end
98
99          if NyNedborsmaengde > 0.01
100             if numel(num2str(StartPaaRegn_kl)) == 1
101                 if k==1 ||  HvidLinie == 1
102                     fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
```

```
103                     fprintf(fileID,'%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f%1.0↩
                            f%1.0f %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r↩
                            \n',Regntype,StartPaaRegn_dato,Nul,Nul,↩
                            Nul,StartPaaRegn_kl,Stationsnr,↩
                            VarighedTil_km2,TidsOplosning,↩
                            NyNedborsmaengde,Status);
104                     fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ↩
                            %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f \r\↩
                            n',Ny_int);
105                     fclose(fileID);
106                 else
107                     fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
108                     fprintf(fileID,'\r\n%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f↩
                            %1.0f%1.0f %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0↩
                            f \r\n',Regntype,StartPaaRegn_dato,Nul,↩
                            Nul,Nul,StartPaaRegn_kl,Stationsnr,↩
                            VarighedTil_km2,TidsOplosning,↩
                            NyNedborsmaengde,Status);
109                     fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ↩
                            %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f\r\n↩
                            ',Ny_int);
110                     fclose(fileID);
111                 end
112             elseif numel(num2str(StartPaaRegn_kl)) == 2
113                 if k==1 ||  HvidLinie == 1
114                     fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
115                     fprintf(fileID,'%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f%1.0↩
                            f %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r\n',↩
                            Regntype,StartPaaRegn_dato,Nul,Nul,↩
                            StartPaaRegn_kl,Stationsnr,↩
                            VarighedTil_km2,TidsOplosning,↩
                            NyNedborsmaengde,Status);
116                     fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ↩
                            %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f \r\↩
                            n',Ny_int);
117                     fclose(fileID);
118                 else
119                     fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
120                     fprintf(fileID,'\r\n%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f↩
                            %1.0f %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r\↩
                            n',Regntype,StartPaaRegn_dato,Nul,Nul,↩
                            StartPaaRegn_kl,Stationsnr,↩
                            VarighedTil_km2,TidsOplosning,↩
                            NyNedborsmaengde,Status);
121                     fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ↩
                            %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f\r\n↩
```

```
                    ',Ny_int);
122                 fclose(fileID);
123             end
124         elseif numel(num2str(StartPaaRegn_kl)) == 3
125             if k==1 ||  HvidLinie == 1
126                 fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
127                 fprintf(fileID,'%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f ↩
                        %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r\n',↩
                        Regntype,StartPaaRegn_dato,Nul,↩
                        StartPaaRegn_kl,Stationsnr,↩
                        VarighedTil_km2,TidsOplosning,↩
                        NyNedborsmaengde,Status);
128                 fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ↩
                        %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f \r\↩
                        n',Ny_int);
129                 fclose(fileID);
130             else
131                 fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
132                 fprintf(fileID,'\r\n%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f↩
                         %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r\n',↩
                        Regntype,StartPaaRegn_dato,Nul,↩
                        StartPaaRegn_kl,Stationsnr,↩
                        VarighedTil_km2,TidsOplosning,↩
                        NyNedborsmaengde,Status);
133                 fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ↩
                        %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f\r\n↩
                        ',Ny_int);
134                 fclose(fileID);
135             end
136         elseif numel(num2str(StartPaaRegn_kl)) == 4
137             if k==1 ||  HvidLinie == 1
138                 fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
139                 fprintf(fileID,'%1.0f %8.0f %4.0f %6.0f ↩
                        %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r\n',Regntype,↩
                        StartPaaRegn_dato,StartPaaRegn_kl,↩
                        Stationsnr,VarighedTil_km2,↩
                        TidsOplosning,NyNedborsmaengde,Status);
140                 fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ↩
                        %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f \r\↩
                        n',Ny_int);
141                 fclose(fileID);
142             else
143                 fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
144                 fprintf(fileID,'\r\n%1.0f %8.0f %4.0f %6.0↩
                        f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r\n',↩
                        Regntype,StartPaaRegn_dato,↩
```

```
                        StartPaaRegn_kl,Stationsnr,...
                        VarighedTil_km2,TidsOplosning,...
                        NyNedborsmaengde,Status);
145                     fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ...
                        %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f\r\n...
                        ',Ny_int);
146                     fclose(fileID);
147                 end
148             elseif numel(num2str(StartPaaRegn_kl)) == 0
149                 if k==1 ||  HvidLinie == 1
150                     fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
151                     fprintf(fileID,'%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f%1.0...
                        f%1.0f %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r...
                        \n',Regntype,Nul,Nul,Nul.Nul,...
                        StartPaaRegn_kl,Stationsnr,...
                        VarighedTil_km2,TidsOplosning,...
                        NyNedborsmaengde,Status);
152                     fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ...
                        %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f \r\...
                        n',Ny_int);
153                     fclose(fileID);
154                 else
155                     fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
156                     fprintf(fileID,'\r\n%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f...
                        %1.0f%1.0f %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0...
                        f \r\n',Regntype,Nul,Nul,Nul,Nul,...
                        StartPaaRegn_kl,Stationsnr,...
                        VarighedTil_km2,TidsOplosning,...
                        NyNedborsmaengde,Status);
157                     fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ...
                        %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f\r\n...
                        ',Ny_int);
158                     fclose(fileID);
159                 end
160             end
161             if mod(length(Ny_int),10) == 0
162                 HvidLinie = 1;
163             else
164                 HvidLinie = 0;
165             end
166         end
167     elseif Regn(I1(k),3) == 1 || Regn(I1(k),3) == 2 || Regn(I1...
        (k),3) == 3 || Regn(I1(k),3) == 10 || Regn(I1(k),3) == ...
        11 || Regn(I1(k),3) == 12
168         Gl_regn = Regn(I1(k):I2(k),2); % [my_m / s]
169         Var_beregning = 1:Varighed;
```

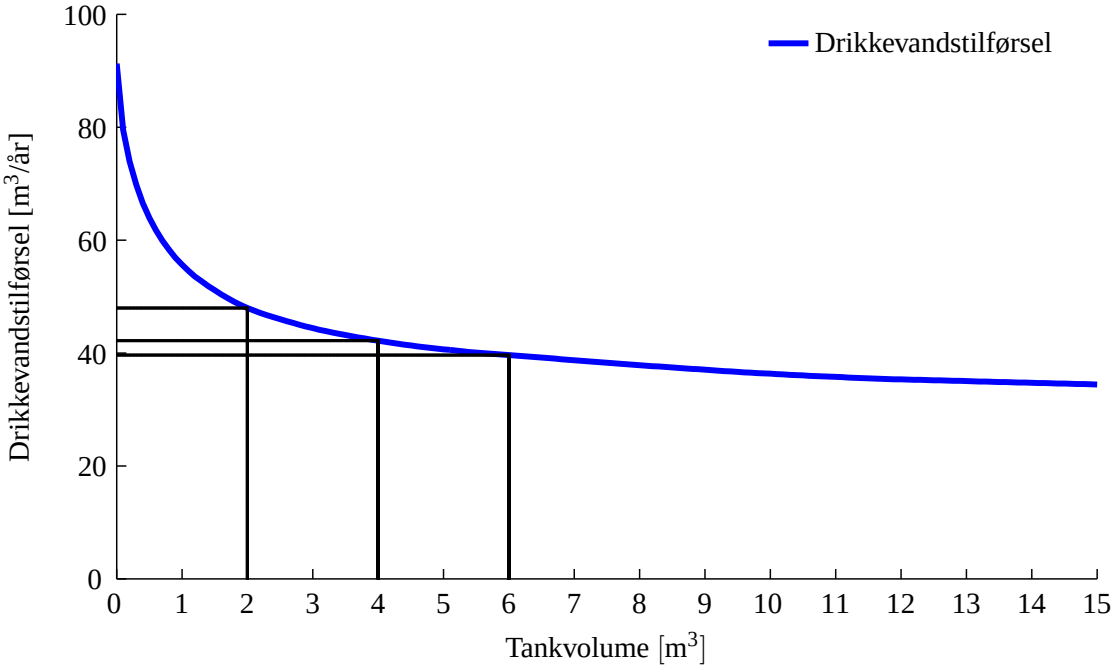
```
170         Tid_strak = Var_beregning * Var_vin;
171         Ny_varighed = 1:max(Tid_strak);
172         Ny_regn = interp1(Tid_strak,Gl_regn,Ny_varighed);
173         Ny_regn(isnan(Ny_regn)) = [];
174         Ny_regn_sum = sum(Ny_regn)*60/1000; % [mm]
175         Acc_regn = sum(Regn(I1(k):I2(k),2))*60/1000-InitialTab
                ; % [mm]
176         Intensitets_faktor = Acc_regn * Kl_fak_vin /
                Ny_regn_sum;
177
178
179         % Til km2 filer
180         StartPaaRegn_dato = str2num(datestr(Regn(I1(k),1),'
                yyyymmdd'));
181         StartPaaRegn_kl = str2num(datestr(Regn(I1(k),1),'HHMM'
                ));
182         Ny_int = Ny_regn(:) * Intensitets_faktor;
183         VarighedTil_km2 = length(Ny_int);
184         NyNedborsmaengde = sum(Ny_int)/1000*60;
185
186         %Gemmer starttid for næste regn og sluttid for den
                beregnende regn
187         % for at tjekke om de overskrider hinanden
188         if k < t-1
189             StartTjek = Regn(I1(k+1),1);
190             AntalTimer = floor(VarighedTil_km2/60);
191             AntalMinutter = VarighedTil_km2-(AntalTimer*60);
192             SlutTjek = Regn(I1(k),1)+datenum(0000,00,00,
                    AntalTimer,AntalMinutter,00);
193             if StartTjek < SlutTjek
194                 VarighedTil_km2 = Varighed;
195             end
196         end
197
198         if NyNedborsmaengde > 0.01
199             if numel(num2str(StartPaaRegn_kl)) == 1
200                 if k==1 ||  HvidLinie == 1
201                     fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
202                     fprintf(fileID,'%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f%1.0
                            f%1.0f %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r
                            \n',Regntype,StartPaaRegn_dato,Nul,Nul,
                            Nul,StartPaaRegn_kl,Stationsnr,
                            VarighedTil_km2,TidsOplosning,
                            NyNedborsmaengde,Status);
203                     fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f
                            %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f \r\
```

```
                    n',Ny_int);
204                 fclose(fileID);
205             else
206                 fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
207                 fprintf(fileID,'\r\n%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f↩
                        %1.0f%1.0f %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0↩
                        f \r\n',Regntype,StartPaaRegn_dato,Nul,↩
                        Nul,Nul,StartPaaRegn_kl,Stationsnr,↩
                        VarighedTil_km2,TidsOplosning,↩
                        NyNedborsmaengde,Status);
208                 fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ↩
                        %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f\r\n↩
                        ',Ny_int);
209                 fclose(fileID);
210             end
211         elseif numel(num2str(StartPaaRegn_kl)) == 2
212             if k==1 ||  HvidLinie == 1
213                 fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
214                 fprintf(fileID,'%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f%1.0↩
                        f %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r\n',↩
                        Regntype,StartPaaRegn_dato,Nul,Nul,↩
                        StartPaaRegn_kl,Stationsnr,↩
                        VarighedTil_km2,TidsOplosning,↩
                        NyNedborsmaengde,Status);
215                 fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ↩
                        %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f \r\↩
                        n',Ny_int);
216                 fclose(fileID);
217             else
218                 fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
219                 fprintf(fileID,'\r\n%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f↩
                        %1.0f %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r\↩
                        n',Regntype,StartPaaRegn_dato,Nul,Nul,↩
                        StartPaaRegn_kl,Stationsnr,↩
                        VarighedTil_km2,TidsOplosning,↩
                        NyNedborsmaengde,Status);
220                 fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ↩
                        %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f\r\n↩
                        ',Ny_int);
221                 fclose(fileID);
222             end
223         elseif numel(num2str(StartPaaRegn_kl)) == 0
224             if k==1 ||  HvidLinie == 1
225                 fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
226                 fprintf(fileID,'%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f%1.0↩
                        f%1.0f %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r↩
```

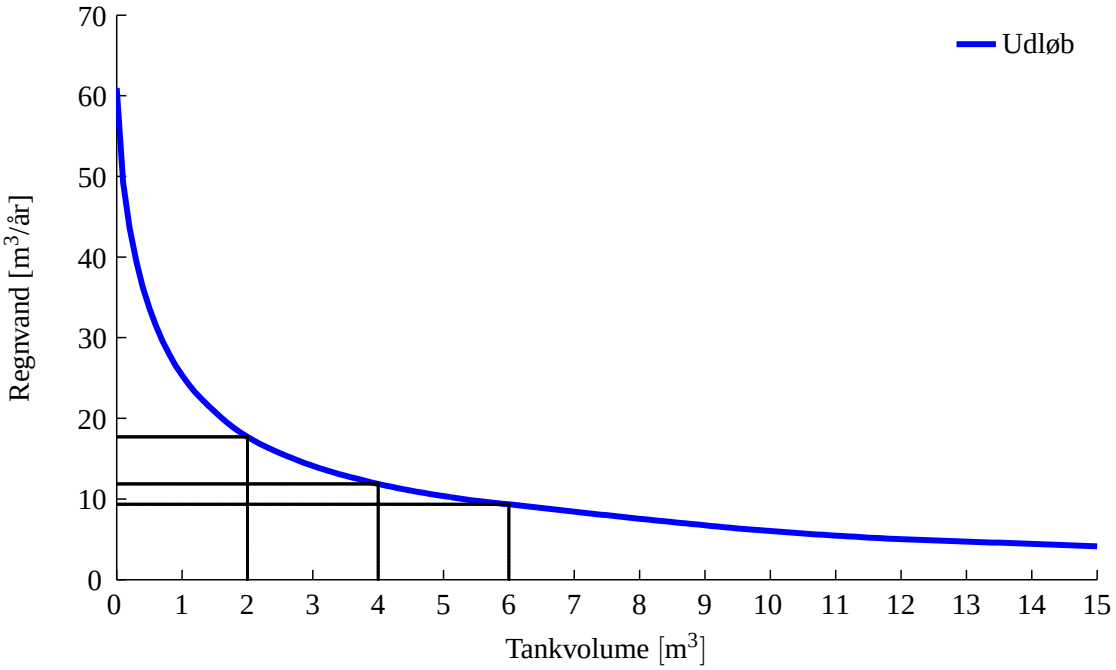
```
                \n',Regntype,Nul,Nul,Nul.Nul,...
                StartPaaRegn_kl,Stationsnr,...
                VarighedTil_km2,TidsOplosning,...
                NyNedborsmaengde,Status);
227             fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ...
                %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f \r\...
                n',Ny_int);
228             fclose(fileID);
229         else
230             fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
231             fprintf(fileID,'\r\n%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f...
                %1.0f%1.0f %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0...
                f \r\n',Regntype,Nul,Nul,Nul,Nul,...
                StartPaaRegn_kl,Stationsnr,...
                VarighedTil_km2,TidsOplosning,...
                NyNedborsmaengde,Status);
232             fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ...
                %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f\r\n...
                ',Ny_int);
233             fclose(fileID);
234         end
235     elseif numel(num2str(StartPaaRegn_kl)) == 3
236         if k==1 ||  HvidLinie == 1
237             fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
238             fprintf(fileID,'%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f ...
                %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r\n',...
                Regntype,StartPaaRegn_dato,Nul,...
                StartPaaRegn_kl,Stationsnr,...
                VarighedTil_km2,TidsOplosning,...
                NyNedborsmaengde,Status);
239             fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ...
                %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f \r\...
                n',Ny_int);
240             fclose(fileID);
241         else
242             fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
243             fprintf(fileID,'\r\n%1.0f %8.0f %1.0f%1.0f...
                 %6.0f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r\n',...
                Regntype,StartPaaRegn_dato,Nul,...
                StartPaaRegn_kl,Stationsnr,...
                VarighedTil_km2,TidsOplosning,...
                NyNedborsmaengde,Status);
244             fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ...
                %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f\r\n...
                ',Ny_int);
245             fclose(fileID);
```

```
246                 end
247             elseif numel(num2str(StartPaaRegn_kl)) == 4
248                 if k==1 ||  HvidLinie == 1
249                     fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
250                     fprintf(fileID,'%1.0f %8.0f %4.0f %6.0f ↩
                            %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r\n',Regntype,↩
                            StartPaaRegn_dato,StartPaaRegn_kl,↩
                            Stationsnr,VarighedTil_km2,↩
                            TidsOplosning,NyNedborsmaengde,Status);
251                     fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ↩
                            %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f \r\↩
                            n',Ny_int);
252                     fclose(fileID);
253                 else
254                     fileID = fopen(NavnPaakm2fil,'a');
255                     fprintf(fileID,'\r\n%1.0f %8.0f %4.0f %6.0↩
                            f %5.0f %2.0f %6.1f %1.0f \r\n',↩
                            Regntype,StartPaaRegn_dato,↩
                            StartPaaRegn_kl,Stationsnr,↩
                            VarighedTil_km2,TidsOplosning,↩
                            NyNedborsmaengde,Status);
256                     fprintf(fileID,'%8.3f %6.3f %6.3f %6.3f ↩
                            %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f %6.3f\r\n↩
                            ',Ny_int);
257                     fclose(fileID);
258                 end
259             end
260             if mod(length(Ny_int),10) == 0
261                 HvidLinie = 1;
262             else
263                 HvidLinie = 0;
264             end
265         end
266     end
267
268     RegnMedDato(SidsteStop:I1(k)-1,1) = Regn(SidsteStop:I1(k)↩
            -1,1);
269     RegnMedDato(I1(k):I1(k)+length(Ny_int)-1,1) = Regn(I1(k)↩
            ,1):datenum(0,0,0,0,1,0):Regn(I1(k),1)+datenum(0,0,0,0,↩
            length(Ny_int)-1,0);
270     RegnMedDato(I1(k):I1(k)+length(Ny_int)-1,2) = Ny_int;
271
272     SidsteStop = I1(k)+length(Ny_int);
273 end
```

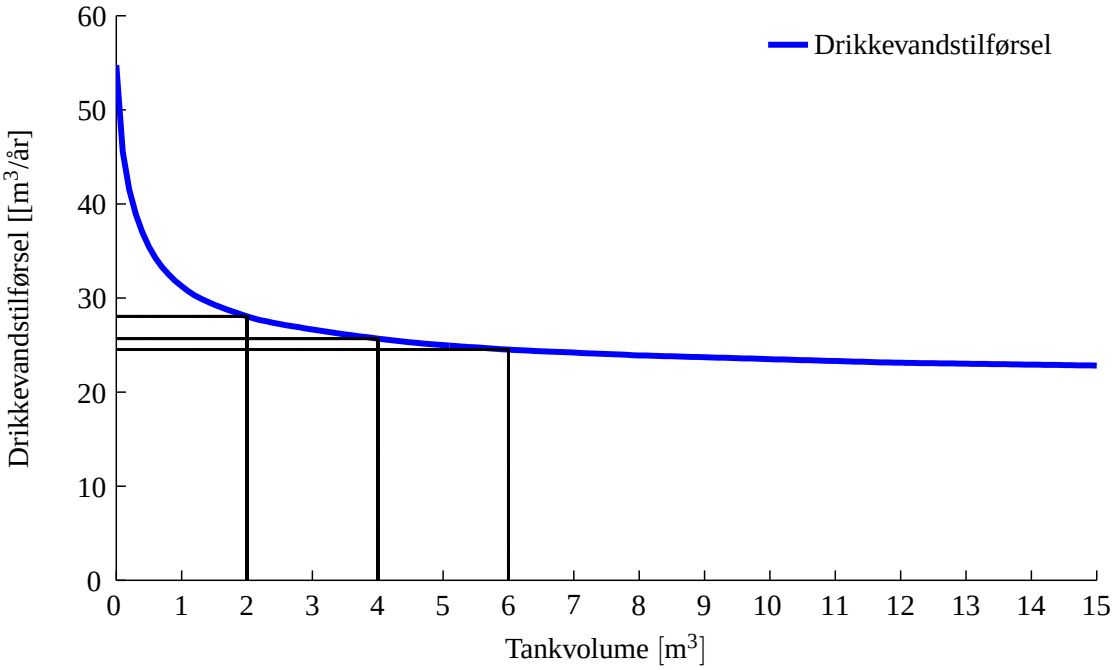
Tankdimensionering E



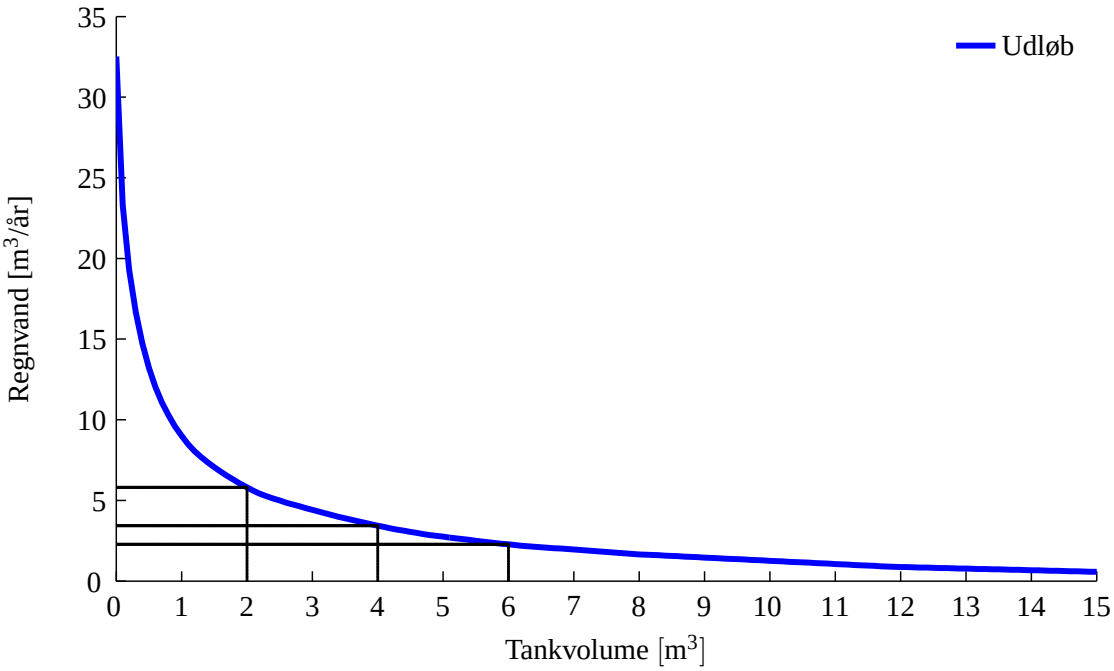
Figur E.1. Årlig drikkevandstilførsel for parceller med 150 m^2 tag.



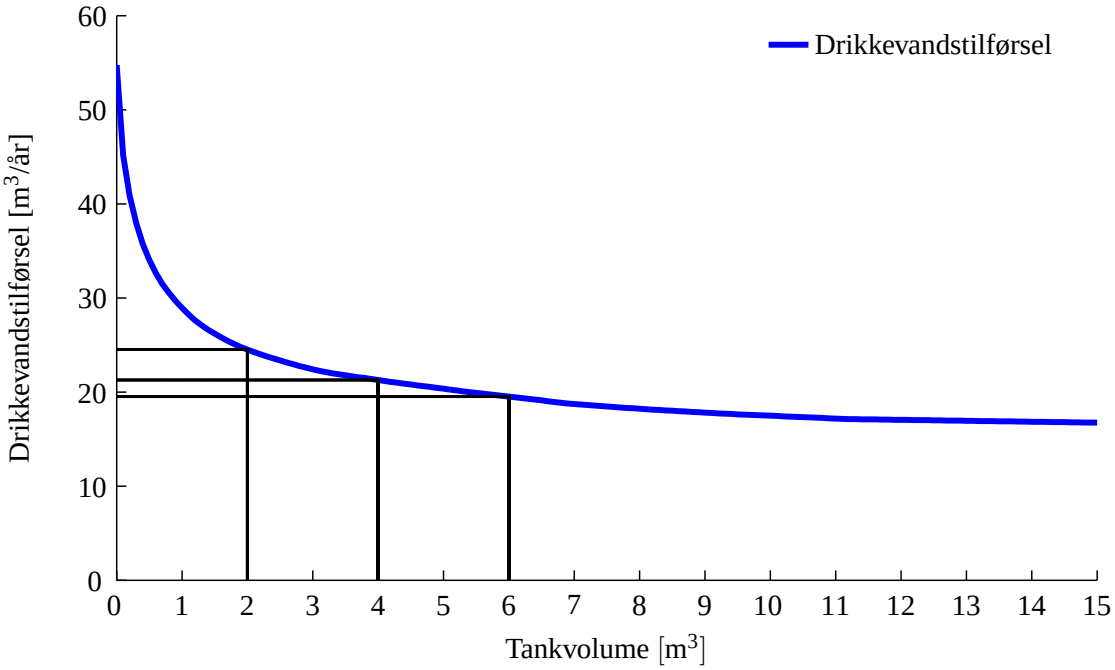
Figur E.2. Årligt udløb fra regnvandstank ved parceller med 150 m^2 tag.



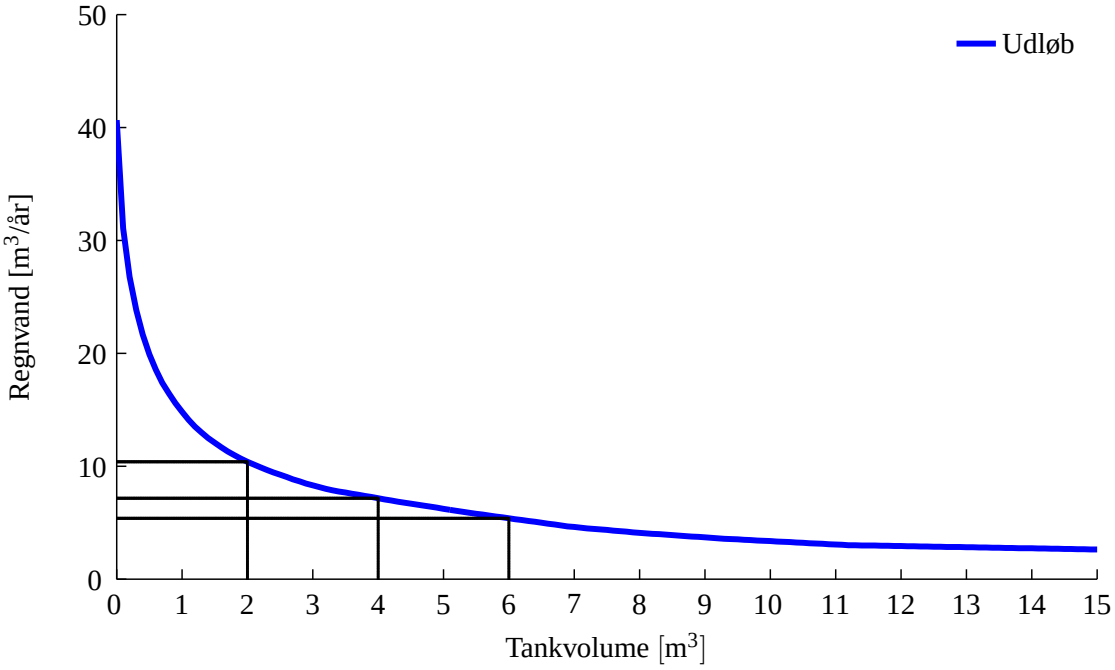
Figur E.3. Årlig drikkevandstilførsel for Rækkehuse med 80 m^2 tag.



Figur E.4. Årligt udløb fra regnvandstank ved pækkehuse med 80 m^2 tag.



Figur E.5. Årlig drikkevandstilførsel for parceller med 100 m^2 tag.



Figur E.6. Årligt udløb fra regnvandstank ved rækkehuse med 100 m^2 tag.

Opbygning af MATLAB-kode til tankberegninger F

I dette bilag er beskrevet hvordan tankberegningerne bliver til dfs0-filer som implementeres i MIKE URBAN.

Først opbygges to vektorer for hvert hus. Den første indeholder det samlede forbrug i ejendommen til hvert tidsskridt i hele beregningsperioden og den anden indeholder den akkumulerede mængde regn på taget til hvert tidsskridt i hele beregningsperioden. Opbygningen af de to filer kan ses i afsnit F.1.

De tre udløbsstrategier er lavet programmeret i MATLAB ud fra beregningsdiagrammerne i kapitel 6 og koderne kan ses i afsnit F.2. Disse koder laver udløbsfiler for hvert hus som herefter samles i 226 udløbsfiler med koden i afsnit F.3. De 226 udløbsfiler laves til 226 dfs0-filer med koden i afsnit F.4, hvorefter de indsættes i MIKE URBAN og bruges til afstrømningsberegninger.

F.1 Opbygning af vektorer som indeholder forbrug og akkumuleret mængde regn på tag

```
1  % Hovedkode til bestemmelse af forbrug og regn på taget.
2
3  clear all; close all; clc;
4
5  Huseialt = 880;
6
7  for hus = 1:Huseialt
8      % Navn på fil hvori alle forbrugsdata ligger
9      ForbrugNavn = sprintf('Forbrug_min%d.mat',hus);
10
11     % Navn på fil hvori mængden af regn på tag ligger
12     RegnNavn = sprintf('RegnTagVol%d.mat',hus);
13
14     % Tagarealer, antal personer og tankdimensioner indlæses.
15     load('TagPersTank');
16
17     % Regndata indlæses
18     load('5633.mat');
19
20     RegnTagVol = zeros(length(Regn),1);
21     Forbrug_min = zeros(17920800,1);
```

```
22      RegnTagVol(:,1) = Regn(:,1);
23
24      % Forbruget bestemmes stokastisk fra funktionen HusForbrug↩
            .
25      Forbrug = HusForbrug(TagPersTank(hus,2)); % Forbrug [L/min↩
            ]
26      Forbrug = Forbrug';
27
28      % Forbruget laves til en vektor med gentange ↩
            forbrugsmønster
29      Forbrug_min(:) = repmat(Forbrug,round(length(Regn)/(60*24)↩
            )+1,1)/1000; % [m^3/min]
30
31      % Den akkumulerede mængde regn på taget beregnes.
32      RegnTagVol(:) = Regn(:,2)*60/1000*TagPersTank(hus,1)/1000;↩
             % [m^3/min]
33
34      save(ForbrugNavn,'Forbrug_min');
35      save(RegnNavn,'RegnTagVol');
36
37      clear Forbrug RegnTagVol Tank Forbrug_min
38  end
```

```
1   function [Forbruget] = HusForbrug(Personer)
2
3   Minimum = 25; % Minumim forbrug [L/dag]
4   Maximum = 50; % Maximum forbrug [L/dag]
5
6   MaxTid = 24*60; % minutter
7   G = ↩
        [0.5;0.5;0.5;0.5;1;6;12;8;3;3;3;6;11;10;2;1;1;3;5;9;7;4;2;1]/100;↩

8   HusFor = zeros(MaxTid,Personer);
9   start = 1;
10  slut = 60;
11
12  for i = 1:Personer
13      n(i) = Minimum + (rand(1) * (Maximum - Minimum));
14  end
15
16  for i = 1:Personer
17      for f = 1:24
18          HusFor(start:slut,i) = n(i) * G(f) / 60;
19          start = start + 60;
20          slut = slut +60;
```

```
21      end
22      start = 1;
23      slut = 60;
24  end
25  for k = 1:MaxTid
26      Forbruget(k) = sum(HusFor(k,:));
27  end
28  end
```

F.2 Styringskoder

```
1  % Passiv styring
2  %
3  % Decentral magasinering
4  % Afgangsprojekt maj 2013
5  % Af Johan Harkjær Kristensen
6
7  clear all; close all; clc;
8  %%
9  Huseialt = 880;
10 load('TagPersTank');
11
12 for hus = 880:Huseialt
13
14     load(sprintf('Forbrug_min%d',hus))
15     load(sprintf('RegnTagVol%d',hus))
16
17     % Regndata indlæses
18     load('5633');
19
20     % Preloc
21     Tank = zeros(length(Regn),1);
22     Udlob = zeros(length(Regn)+1,1);
23     UdlobTilDFSfil = zeros(length(Udlob),2);
24     temp = zeros(length(Udlob),1);
25
26     for i = 1:length(Regn)
27         if Tank(i) + RegnTagVol(i) >= TagPersTank(hus,3)
28             Udlob(i) = Tank(i) + RegnTagVol(i) - TagPersTank(↩
                   hus,3);
29             Tank(i+1) = TagPersTank(hus,3) - Forbrug_min(i);
30         else
31             Udlob(i) = 0;
32             Tank(i+1) = Tank(i) + RegnTagVol(i) - Forbrug_min(↩
                   i);
```

```
33              if Tank(i+1) < 0
34                  Tank(i+1) = 0;
35                  temp(i) = Forbrug_min(i);
36              end
37          end
38      end
39
40      UdlobTilDFSfil(1:(length(Regn)-1),1) = datestr(Regn(:,1));
41      UdlobTilDFSfil(:,2) = Udlob(:)/60; % [m^3/s]
42  end
```

```
1  % Konservativ styring
2  %
3  % Decentral magasinering
4  % Afgangsprojekt maj 2013
5  % Af Johan Harkjær Kristensen
6
7  clear all; close all; clc;
8
9  Huseialt = 880;
10
11 FremTid = 12*60; % Lead time [min]
12 Tom = 0.6 % Tømningsniveau
13 Numb = 0;
14
15 load('TagPersTank'); % tagdimension TagPersTank
16
17 for hus = 2:Huseialt
18
19     load(sprintf('Forbrug_min%d',hus))
20     load(sprintf('RegnTagVol%d',hus))
21
22     % Regndata indlæses
23     load('5633');
24
25     % Preloc
26     Tank = zeros(length(Regn),1);
27     Udlob = zeros(length(Regn)+1,1);
28     UdlobTilDFSfil = zeros(length(Udlob),1);
29     O = zeros(length(Regn),1);
30     Forsyning = zeros(length(Regn),1);
31     NyRegnTagVol = zeros(length(Regn),1);
32     NytUdlob = zeros(length(Udlob)+60,1);
33
34     for i = 1:length(Regn)-FremTid
```

```
35          NyRegnTagVol(i) = sum(RegnTagVol(i:i+FremTid));
36          if Tank(i) + NyRegnTagVol(i) >= TagPersTank(hus,3)
37              if Tank(i) + RegnTagVol(i) > TagPersTank(hus,3)*↩
                    Tom
38                  Udlob(i) = Tank(i) + RegnTagVol(i) - ↩
                        TagPersTank(hus,3)*Tom;
39              end
40          else
41              Udlob(i) = 0;
42          end
43
44          if Tank(i)+ RegnTagVol(i) - Udlob(i) <= Forbrug_min(i)
45              O(i) = Tank(i) + RegnTagVol(i) - Udlob(i);
46              Forsyning(i) = Forbrug_min(i) - O(i);
47          else
48              O(i) = Forbrug_min(i);
49              Forsyning(i) = 0;
50          end
51
52          Tank(i+1) = Tank(i) + RegnTagVol(i) - Udlob(i) - O(i);
53
54      end
55      Numb = Numb+1;
56
57      for h = 1:length(Udlob)
58          if Udlob(h) ~= 0
59              UdlobD30 = Udlob(h)/60;
60              NytUdlob(h:h+59) = UdlobD30;
61          end
62      end
63
64      UdlobTilDFSfil(:) = NytUdlob(:)/60; % [m^3/s]
65      save(sprintf('Udlob_konservativ%d',hus),'UdlobTilDFSfil');
66
67  end
```

```
1  % Dynamisk styring
2  %
3  % Decentral magasinering
4  % Afgangsprojekt maj 2013
5  % Af Johan Harkjær Kristensen
6
7  clear all; close all; clc;
8
9  Huseialt = 880;
```

```
10 FremTid = 12*60; % Lead time [min]
11 Numb = 0;
12 load('TagPersTank'); % tagdimension TagPersTank
13
14 for hus = 1:Huseialt
15
16     load(sprintf('Forbrug_min%d',hus))
17     load(sprintf('RegnTagVol%d',hus))
18
19     % Regndata indlæses
20     load('5633');
21
22     % Preloc
23     Tank = zeros(length(Regn),1);
24     Udlob = zeros(length(Regn)+1,1);
25     UdlobTilDFSfil = zeros(length(Udlob),1);
26     O = zeros(length(Regn),1);
27     Forsyning = zeros(length(Regn),1);
28     NyRegnTagVol = zeros(length(Regn),1);
29     NytUdlob = zeros(length(Udlob),1);
30
31     for i = 1:length(Regn)-FremTid
32
33         NyRegnTagVol(i) = sum(RegnTagVol(i:i+FremTid));
34
35         if Tank(i) + NyRegnTagVol(i) >= TagPersTank(hus,3) && ↩
               Tank(i) >= NyRegnTagVol(i)
36             Udlob(i) = NyRegnTagVol(i); % Sidste led er den ↩
                   del der er tilbage i tanken.
37         else
38             Udlob(i) = 0;
39         end
40
41         if Tank(i)+ RegnTagVol(i) - Udlob(i) <= Forbrug_min(i)
42             O(i) = Tank(i) + RegnTagVol(i) - Udlob(i);
43             Forsyning(i) = Forbrug_min(i) - O(i);
44         else
45             O(i) = Forbrug_min(i);
46             Forsyning(i) = 0;
47         end
48
49         Tank(i+1) = Tank(i) + RegnTagVol(i) - Udlob(i) - O(i);
50
51     end
52     Numb = Numb+1;
53     for h = 1:length(Udlob)
```

```
54          if Udlob(h) ~= 0
55              UdlobD30 = Udlob(h)/60;
56              NytUdlob(h:h+59) = NytUdlob(h:h+59) + UdlobD30;
57          end
58      end
59
60      UdlobTilDFSfil(:) = NytUdlob(:)/60; % [m^3/s]
61      save(sprintf('Udlob_dynamisk%d',hus),'UdlobTilDFSfil');
62
63  end
```

F.3 Samlingskode

```
1  % Kode til at samle udløbsfil til 226 udløbsfiler.
2  %
3  % Decentral magasinering
4  % Afgangsprojekt maj 2013
5  % Af Johan Harkjær Kristensen
6
7  clear all; close all; clc;
8
9  UdlobParcel = xlsread('Network_sammenhaeng.xlsx','↩
       Parcel_network','F5:F151');
10 UdlobRaekke = xlsread('Network_sammenhaeng.xlsx','↩
       Raekke_network','E5:E80');
11 UdlobEtage = xlsread('Network_sammenhaeng.xlsx','Etage_network↩
       ','E5:E10');
12
13 load 5633.mat;
14
15 for i=1:length(UdlobParcel)
16      SamletUdlob = zeros(17919756,2);
17      t = sum(UdlobParcel(1:i-1))+1;
18      k =t:(t+UdlobParcel(i)-1);
19
20      for f = t:max(k)
21          load(sprintf('Udlob_konservativ%d',f))
22          SamletUdlob(:,2) = SamletUdlob(:,2)+UdlobTilDFSfil↩
                (1:17919756);
23      end
24
25      SamletUdlob(1:17919755,1) = Regn(:,1);
26      [R U] = find(SamletUdlob(:,2) >= 0);
27
28      NySamletUdlob = zeros(length(SamletUdlob),1);
```

```
29      NySamletUdlob(1:length(SamletUdlob)-1,1) = SamletUdlob(2:↩
            length(SamletUdlob),2);
30
31      NyNySamletUdlob = zeros(length(SamletUdlob),1);
32      NyNySamletUdlob(2:length(SamletUdlob),1) = SamletUdlob(1:↩
            length(SamletUdlob)-1,2);
33
34      [Z U] = find(NyNySamletUdlob(:,1) ~= 0);
35      [X U] = find(NySamletUdlob(:,1) ~= 0);
36      [Y U] = find(SamletUdlob(:,2) ~= 0);
37
38      E = zeros(length(X)+length(Y)+length(Z),1);
39      E(1:length(X)) = X(:);
40      E(length(X)+1:length(X)+length(Y)) = Y;
41      E(length(X)+length(Y)+1:length(X)+length(Y)+length(Z)) = Z↩
            ;
42
43      R(E) = [];
44
45      SamletUdlob(R,:) = [];
46
47      save(sprintf('UdlobSam%d',i),'SamletUdlob')
48
49  end
50
51  for i=1:length(UdlobRaekke)
52      SamletUdlob = zeros(17919756,2);
53      t = sum(UdlobRaekke(1:i-1))+1+458;
54      k =t:(t+UdlobRaekke(i)-1);
55
56      for f = t:max(k)
57          load(sprintf('Udlob_konservativ%d',f))
58          SamletUdlob(:,2) = SamletUdlob(:,2)+UdlobTilDFSfil↩
                (1:17919756);
59      end
60      SamletUdlob(1:17919755,1) = Regn(:,1);
61      [R U] = find(SamletUdlob(:,2) >= 0);
62
63      NySamletUdlob = zeros(length(SamletUdlob),1);
64      NySamletUdlob(1:length(SamletUdlob)-1,1) = SamletUdlob(2:↩
            length(SamletUdlob),2);
65
66      NyNySamletUdlob = zeros(length(SamletUdlob),1);
67      NyNySamletUdlob(2:length(SamletUdlob),1) = SamletUdlob(1:↩
            length(SamletUdlob)-1,2);
68
```

```
69      [Z U] = find(NyNySamletUdlob(:,1) ~= 0);
70      [X U] = find(NySamletUdlob(:,1) ~= 0);
71      [Y U] = find(SamletUdlob(:,2) ~= 0);
72
73      E = zeros(length(X)+length(Y)+length(Z),1);
74      E(1:length(X)) = X(:);
75      E(length(X)+1:length(X)+length(Y)) = Y;
76      E(length(X)+length(Y)+1:length(X)+length(Y)+length(Z)) = Z↩
            ;
77
78      R(E) = [];
79
80      SamletUdlob(R,:) = [];
81
82      save(sprintf('UdlobSam%d',i+147),'SamletUdlob')
83  end
84
85  for i=1:length(UdlobEtage)
86      SamletUdlob = zeros(17919756,2);
87      t = sum(UdlobEtage(1:i-1))+1+874;
88      k =t:(t+UdlobEtage(i)-1);
89
90      for f = t:max(k)
91          load(sprintf('Udlob_konservativ%d',f))
92          SamletUdlob(:,2) = SamletUdlob(:,2)+UdlobTilDFSfil↩
                (1:17919756);
93      end
94      SamletUdlob(1:17919755,1) = Regn(:,1);
95      [R U] = find(SamletUdlob(:,2) >= 0);
96
97      NySamletUdlob = zeros(length(SamletUdlob),1);
98      NySamletUdlob(1:length(SamletUdlob)-1,1) = SamletUdlob(2:↩
            length(SamletUdlob),2);
99
100     NyNySamletUdlob = zeros(length(SamletUdlob),1);
101     NyNySamletUdlob(2:length(SamletUdlob),1) = SamletUdlob(1:↩
            length(SamletUdlob)-1,2);
102
103     [Z U] = find(NyNySamletUdlob(:,1) ~= 0);
104     [X U] = find(NySamletUdlob(:,1) ~= 0);
105     [Y U] = find(SamletUdlob(:,2) ~= 0);
106
107     E = zeros(length(X)+length(Y)+length(Z),1);
108     E(1:length(X)) = X(:);
109     E(length(X)+1:length(X)+length(Y)) = Y;
110     E(length(X)+length(Y)+1:length(X)+length(Y)+length(Z)) = Z↩
```

```
        ;
111
112     R(E) = [];
113
114     SamletUdlob(R,:) = [];
115
116     save(sprintf('UdlobSam%d',i+220),'SamletUdlob')
117 end
```

F.4 Kode til generering af dfs0-filer

```
1  % MIKE Urban Matlab control
2  % The Program create a new dfs0 file to use as boundary ↩
       condition.
3  % Afterward the program launch the mouse engine and finally ↩
       extract
4  % results from the output file generated by the mouse engine.
5  %
6  %
7  %% Set parameters
8  tic
9  % Clean up
10 close all
11 clear all
12 clc
13
14
15 % Add path to DHI MATLAB toolbox
16 addpath('C:\Program Files\MATLAB\mbin')
17 addpath('C:\Users\JHKR\Desktop\Afgangsprojekt\Beregninger\↩
       Analyse\Passiv\Udlobstabeller')
18
19 % Add some DHI NET Assemblies
20 NET.addAssembly('DHI.Generic.MikeZero.DFS');
21 NET.addAssembly('DHI.Generic.MikeZero.EUM');
22 import DHI.Generic.MikeZero.DFS.*;
23 import DHI.Generic.MikeZero.DFS.dfs123.*;
24 import DHI.Generic.MikeZero.*
25
26 for i = 1:226
27
28     % Filnavn defineres
29     FilenameDFS0 = sprintf('Udlob%d.dfs0',i);
30
31     %% Data til dfs0-fil
```

```
32      DataTitle='Discharge time series';
33
34      % Derfiner data egenskaber
35      EumType='Discharge';    % Data type
36      EumUnit='m^3/s';        % Data unit
37
38      % Input af data
39      load(sprintf('DatoSeks%d',i));
40
41      % som regnfilen der bruges til Mike Urban beregningerne. ↩
            Derfor indsættes
42      % start og slut dato hvor udløbet bliver = 0.
43      StartTime = [1979 01 07 14 54 00];
44      b = length(DatoSeks);
45
46      EndTime = [2013 02 01 21 09 00];
47      R = DatoSeks(b,:);
48
49      K = sum(EndTime-R);
50
51      % Input of data
52      load(sprintf('UdlobSam%d',i));
53      Data = zeros(length(SamletUdlob)+2,1);
54      Data(2:length(SamletUdlob)+1)=SamletUdlob(:,2);
55
56      F = length(Data);
57
58      if K == 0
59          Data(F,:) = [];
60      end
61
62      % Calculate end time on the basis for data length and ↩
            timesteps
63      %EndTime=StartTime+TimeStep*(size(Data,1)-1);
64
65      % Display status
66      fprintf('\n Data for dfs0 file generated!\n');
67
68      % New line
69      fprintf('\n');
70
71      %% Kode til generering af dfs0-fil
72
73      % Ny fil konstrueres
74      dfs0 = dfsTSO(FilenameDFS0,1);
75
```

```
76      % Ikke-ækvivistant tidsserie
77      set(dfs0,'timeaxistype','non_equidistant_calendar')
78
79      % Titel på fil
80      set(dfs0,'filetitle',DataTitle);
81
82      % Antal tidskridt
83      addTimesteps(dfs0,size(Data,1));
84
85
86      % Vektor der indeholder alle indgange i dfs0-filen hvor ↩
            datoerne skal
87      % indsættes. Sidste og første skal svare til regnfilens ↩
            start og slut dato.
88
89      if K ~= 0
90          EndTime = [2013 02 01 21 09 00];
91          NyeDatoer = zeros(length(DatoSeks)+2,6);
92          NyeDatoer(1,:) = StartTime;
93          NyeDatoer(length(DatoSeks)+2,:) = EndTime;
94          NyeDatoer(2:length(DatoSeks)+1,:)= DatoSeks;
95
96          LengthVector = 0:(size(NyeDatoer,1))-1;
97          % Datoer skrives ind i dfs0-fil
98          writeTimes(dfs0,LengthVector,NyeDatoer);
99      else
100         NyeDatoer = zeros(length(DatoSeks)+1,6);
101         NyeDatoer(1,:) = StartTime;
102         NyeDatoer(length(DatoSeks)+1,:) = R;
103         NyeDatoer(2:length(DatoSeks)+1,:)= DatoSeks;
104
105         LengthVector = 0:(size(NyeDatoer,1))-1;
106         % Datoer skrives ind i dfs0-fil
107         writeTimes(dfs0,LengthVector,NyeDatoer);
108     end
109
110     addItem(dfs0,EumType,EumType,EumUnit);
111
112     % Udløbsdata indsættes
113     dfs0(1) = single(Data);
114
115     % Gem og luk filen
116     save(dfs0);
117     close(dfs0);
118
119     % Display status
```

```
120         fprintf('\n DFS0-fil færdig: ''%s''\n',FilenameDFS0);
121 end
122 toc
```