Regnafstrømning i Løkken

Diplom speciale AAU 2022

Byggeri & Anlæg - Vand og Miljø

Den 9. juni 2022

Fjerde Studieår v/ BUILD
Byggeri og Anlæg
TMV 23
9000 Aalborg
http://www.build.aau.dk

Titel:

Regnafstrømning i Løkken

Projekt:

Diplom speciale

Projektperiode:

Februar 2022 - Juni 2022

Deltager:

Anders Vittrup Rasmussen

Vejledere:

Søren Liedtke Thorndahl - BUILD AAU
Ole Madsen - Hjørring Vandselskab

Oplagstal: 4
Sidetal: 57
Appendiks: 1
Afsluttet 09-06-2022

Synopsis:

Dette diplom afgangsprojekt omhandler løsningsforslag til afværgelse, af problematikken med opstuvning af vand i huse og i bydele af Løkken, som blev undersøgt i undertegnedes praktikforløb.

Afgangsprojektet er skrevet i samarbejde med Hjørring Vandselskab, med udgangspunkt i praktikrapporten som blev skrevet på 6. semester hos Hjørring Vandselskab. Problemstillingen i praktikken lød på at undersøge årsagen til opstuvningerne i Løkken med uvedkommende vand som hovedemne. Konklusionen i praktikrapporten lød på at oversvømmelserne skyldtes både uvedkommende vand, men mest underdimensioneret og misvedligeholdte grøfter og åer, som afvander Løkken midtby. Løkken er de senere år ekspanderet meget og derfor er de mindre ledningsdimensioner blevet for små.

Formålet med afgangsprojektet er, at belyse forskellige løsningsforslag og vurdere disse, på baggrund af deres effekter og økonomi. Der bliver fremsat 3 løsningsforslag, hvor den mest økonomiske, effektive og fremtidssikrende løsning er et regnvandsbassin øst for Løkkken midtby.

Rapportens indhold er frit tilgængeligt, men offentliggørelse (med kildeangivelse) må kun ske efter aftale med forfatteren.

Abstract

During the last years, there has been af large focus on separation of wastewater and rainwater in the danish sewersystem. The focus has been growing since the first action plan, for the aquatic environment was adopted in 1987. Especially the focuspoint is about reducing, the load on recipients. Old and leaky sewersystems has been replaced, by 2-string systems, were waste- and rainwater are separated from each other, and rainwater are handled decentralized and the wastewater are handled centrally in larger treatment plants.

Due to a high intensity of rain last year, a smaller city in northern jutland called Løkken was flooded. The flooding were caused by troubles of handling the large amounts of rainwater to the closer recipients. The recipients was congested by the massive rainflow, and several houses got flooded. The sewer node covers coulden't hold the pressure of the water, and were therefore popped off to the side. The heavy rain in Løkken were the main theme, of a work practice at Hjørring Vandselskab last year. The job was to find out if the flood, was caused by an exceptional heavy rain (means more than af 5 year rain), or if it was a consequence of a major citydevelopment of Løkken, wich has resulted in too large rain runoff, for the links or the recipients.

The investigations showed, that it was caused by the intern ditches and channels in Løkken. They were poorly maintained and the seperated sewersystem did handle a lot of extraneous water, wich primarily is urgent groundwater, caused by leaky links and joints. The work did also show, that the citydevelopment were causing much more runoff, than the sewesystem were designed to handle from the beginning. It showed that even a smaller rain, like a 5 year rain, were causing problems with stowage of water, into people´s basements, wich is not alloved to happen, according to legislation by Hjørring Kommune. These problems had to be avoided, and the main theme of this report is to find the most efficient and economic solusion for avoiding the flooding of Løkken. This report is written in cooperation with Hjørring Vandselskab and Hjørring Kommune. The chosen solution should be presented to Hjørring Kommune according to constuct a solution in real life.

Forord

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med diplomafgangsprojektet på 7. semester, i diplomuddannelsen i byggeri og anlæg, med specialiseringen indenfor vand og miljø, på Aalborg Universitet.

Rapporten er opbygget af en hovedrapport, hvor problemstillingen og problemformuleringen, udarbejdet i samarbejde med Hjørring Vandselskab, er beskrevet. Rapporten er udarbejdet i forlængelse af undertegnedes ingeniørpraktik i gruppen Plan, Udvikling og IT hos Hjørring Vandselskab. Praktikrapporten [2022, Anders Vittrup Rasmussen] som blev udarbejdet under praktikken, danner grundlag for afgangsprojektet. Under praktikken blev problemstillingen, om lokationer for uvedkommende vand og dettes grundlag besvaret, og det er netop disse fundne problemstillinger som søges løst.

Stor tak skal lyde til Hjørring Vandselskab A/S, min virksomhedsvejleder; Ole Madsen, mine hjælpevejledere; Jan Hvingel og Kim Mølgaard. Desuden tak til mine kontakter hos hele Hjørring Vandselskab, for god og kyndig vejledning og hjælp gennem hele praktikopholdet, yderligere tak til hovedvejleder Søren Thorndahl for sparring før, under og efter projektet.

Jeg takker for et godt samarbejde gennem hele perioden.

Læsevejledning

I rapporten er der anvendt kildehenvisning. Henvisningerne er udført efter Harvardmetoden. Havardmetoden henviser til en kilde, ved kildens navn og årstal. Hvis kilden er benyttet i en bestemt sætning, er denne angivet med forfatter og årstal i firkantet parentes inde i sætningen før punktum. Kildehenvisninger til hele afsnit er angivet efter punktum, dog også i firkantet parentes med forfatter og årstal. Litteraturlisten er at finde i slutningen af rapporten, hvor referencerne er angivet i alfabetiskrækkefølge efter forfatterens fornavn.

Figurer fremstillet af rapportens forfatter, har ikke nogen kildehenvisning.

Alt simulering er fortaget i MIKE URBAN, og vil forefindes i bilagsmappen med retvisende filnavne, og er i rapporten henvist til ved disses respektive filnavne.

Formler i rapporten er noteret med parentes som fx. (5.1), hvilket er den første formel i kapitel 5.

Økonomiafsnittene til løsningsforslagene, er udregnet på bagrund af rammeaftaler, som ikke kan offentliggøres, og derfor vil disse ikke blive refereret til.

Anders Vittrup Rasmussen

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1 Indledning **1**
1.1 Konsekvenser af uvedkommende vand og de tidlige tanker om recipient beskyttelse . . . 1
1.2 Klimaforandringer og nutidens kloakker . . . 2

Kapitel 2 Projektlokaliten Løkken **5**
2.1 Turistbyen Løkken . . . 5
2.2 Lokalplaner og kommuneplaner for Løkken . . . 6
2.3 Kloakoplande og allerede eksisterende data . . . 7
2.4 Konklusion for praktikforløbet . . . 8

Kapitel 3 Problemformulering **11**
3.1 Problemanalyse . . . 11

Kapitel 4 Analyse af nuværende kloaksystem **13**
4.1 Opsætning af MIKE URBAN model . . . 15
4.2 Modellering og simulering af nuværende kloaksystem . . . 20
4.2.1 Resultater af simuleringen . . . 21

Kapitel 5 Løsningsforslag og kontrol **23**
5.1 Løsning 1 - Rørlægning af den sidste del af Kallehaverenden . . . 24
5.1.1 Modellering af løsning 1 . . . 25
5.1.2 Økonomi - Løsning 1 . . . 26
5.2 Løsning 2 - Anlæggelse af regnvandsbassin opstrøms midtbyen . . . 27
5.2.1 Placering til nyt regnvandsbassin . . . 27
5.2.2 Dimensionering af bassin og simulering af løsning . . . 30
5.2.3 Økonomi - Løsning 2 . . . 36
5.3 Løsning 3 - Rørlægning af grøfterne ledende til Kallehaverenden . . . 37
5.3.1 Modellering af løsning 3 . . . 38
5.3.2 Økonomi - Løsning 3 . . . 39
5.4 Sammenligning af løsningsforslag . . . 40

Kapitel 6 Vurdering af projekt **41**
6.1 Vurdering af antagelser og forbehold i projektet . . . 41
6.2 Konklusion . . . 42
6.3 Perspektivering . . . 43

Litteratur **45**

Appendiks A Bilagsoversigt **47**

Indledning 1

Hvert år løber millioner kubikmeter vand i det danske spildevandssystem, som ikke burde havne heri. Dette sker på grund af utætte ledninger og fejlkoblinger. Denne mængde uvedkommende vand koster hvert år, forsyninger millioner af kroner på nedslidning- og pumpeudgifter på transporten ud til de danske rensningsanlæg plus renseomkostninger. Problemet er ikke kun at vandet er en uhensigtsmæssig udgift, men også at det resulterer i at regnvandssystemet ikke udnyttes til de dimensionerede vandmængder, og derfor kan der se ophobning/udfældning af sedimenter i ledningerne som mindsker kapaciteten. I begyndelsen af en regnhændelse vil sedimenterne mindske ledningskapaciteten indtil de er skyllet væk.

1.1 Konsekvenser af uvedkommende vand og de tidlige tanker om recipient beskyttelse

Uvedkommende vand er i de sidste 40 år blevet et fokusområde for mange forsyninger. Fokuset er kun blevet større, siden der blev lavet lovgivning om udledningskrav. Lovgivningen resulterede i at separatkloakering blev en standard ved nyanlæggelse og renovering af ældre kloaksystemer. Separatkloakering betyder at, spildevand og regnvand løber i hver sin ledning. Spildevandet skal ledes til rensningsanlægget og regnvand skal aflastes til vandløb og andre recipienter. Uvedkommende vand er som nævnt regnvand eller indsivning af grundvand til spildevandsledningerne. Fejlkoblingerne resultere i at der havner mindre regnvand i regnvandssystemet, end der er dimensioneret for. Indsivning i regnvandsledninger betegnes ligeså som uvedkommende vand, men er ikke så betydeligt et problem som indsivningen i spildevandsledninger, da spildevandsledninger har en meget mindre dimension og samtidig dimensioneres som fuldtløbende.

Et resultat af separatkloakering er at regnvandsmængderne som afstrømmer skal opmagasineres, eller forsinkes for at beskytte den modtagende recipient mod erosion. Det betyder at der skal designes enten magasineringstanke eller bassiner allerede fra starten af separatkloakeringens projekteringsfase. Allerede før lovgivningen om separatkloakering blev vedtaget i 2008, var separatkloakering udbredt. Tilbage i 1970 var cirka 25% af landets byområder blevet separatkloakeret, da der i 1987 blev lavet lovgivning om udlednings krav.

I 1987 præcis den 4. juni blev den første vandmiljøplan 1 vedtaget i folketinget [Ministeriet for fødevarer landbrug og fiskeri, 2021]. Det som vandmiljøplanen have fokus på var, at reducere udledningen af kvælstof med 50% og fosfor udledningen fra rensningsanlæg med 80%. Disse krav kunne også kun opnås hvis rensningsanlæg blev centraliseret og store dele af de danske kloakker blev omlagt, renoveret og reinvesteret. Dette medførte at kommuner

og forsyninger blev bevidste om deres problemer, og på grund af de ekstreme iltsvind grundet overløb på fælleslednинger, blev et to-strengssystem svaret på nogle af problemerne.

1.2 Klimaforandringer og nutidens kloakker

Grunden til at et to-strengsystem er en god løsning er, at den er med til at forbedre tilstanden i vandløb og recipienter. Dette skyldes at ved en separering mindskes antallet af overløb fra fælleskloakeringer, da regnvand således ikke overbelaster fællessystemet mere. Dertil er tilløbskoncentrationen på rensningsanlægget betydeligt mere ensformig og samtidig er tilløbsflowet mere konstant, hvilket sikrer en bedre rensning.

Udover de rensemæssige fordele, er der også et element af fremtidssikring i separatkloakering. Fremtidssikringen består i at der grundet klimaforandringerne sker en ændring i nedbørsintensiteter samt temperaturstigninger. Der findes flere fremtidsprognogser for ændringerne, og i denne rapport er der valgt at tage udgangspunkt i DMI´s fremskrivninger. Fremskrivningerne består af 4 scenarier frem mod 2100. Dog er det oftest to af scenerierne som benyttes; ét for en høj CO2 udledning (RCP8.5), og én for en lavere CO2 udledning (RCP4.5). Fremskrivningerne af effekterne er opstillet herunder i tabel 1.2 i forhold til referenceperioden 1986-2005.

Scenarie	Forcering	Drivhusgaskonc.	Temp. stigning 2100
RCP 8.5	Over 8,5 W/m2 i 2100	>1370 ppm CO2 i 2100	+3,7 grad
RCP 6.0	Ca. 6 W/m2 v	Ca. 850 ppm CO2	+2,2 grad
RCP 4.5	Ca. 4,5 W/m2	Ca. 650 ppm CO2	+1,8 grad
RCP 2.6	Topper ved 2,6 W/m2	Topper ved 490 ppm	+1,0 grad

Tabel 1.1. FN´s klimascenarier = RCP-Scenarierne Klimatilpasning [2021].

Tabellen viser at det forventes, at den globale opvarmning vil resultere i længere tørkeperioder i sommerhalvåret, og sammenlignes disse scenarier med DMI vil dette medføre langt mere intense nedbørs mængder. Forøgelsen kan ses i tabel 1.2.

Parameter	RCP 4.5	RCP 8.5	Ændring	Enhed
Årlig nedbør	1,5	6,9	+	%
Vinternedbør	3,1	18	+	%
Sommernedbør	0,5	16,6	-	%
Havstigning	0,34	0,61	+	m

Tabel 1.2. Fremtidsscenarier [Danmarks Meteorologiske Institut, 2022].

En stigning i nedbøren vil medføre et hævet grundvandsspejl, hvilket vil resultere i en mindskelse af jordens nedsivningsevne. Hvilket, specielt i byerne, vil være et problem for de områder som har nedsivningsanlæg til regnvand. Grundvandsspejlet er blot én af grundende til, at de danske forsyninger hvert år investerer millioner af kroner i kloaksystemer. Investeringen består af at omlægge fælleskloakker til separatesystemer eller at strømpefore kloakledninger for at mindske indsivningen, og ellers blot på at sikre at ledningerne er tætte. I denne sammenhæng bliver der opsamlet data for eventuelle fejlkoblinger, som skal omkobles til det rette system, og derved mindske mængden af fejlvand.

Konsekvenser af uvedkommende vand

Teoretisk set burde der i separatkloakerede områder, hverken være regnvand eller grundvand i spildevandssystemet. Men på landsplan vurderes det, at mængden af uvedkommende vand i kloakkerne er svarende til 150-200 mio m^3/år, hvilket svarer til ca. 25% af den samlede, rensede vandmængde på danske rensningsanlæg. Dette viser problemets omfang, når det i gennemsnit koster 10,80 kroner pr. kubikmeter spildevand der håndteres og renses på rensningsanlæggene [DANVA, 2018]. Klimaforandringerne som før er nævnt, vil resultere i et større behov for både mere tætte ledninger, men også behov for omlægning af de sidste fællessystemer til separatsystemer.

Netop problemstillingen med uvedkommende vand, var i efteråret og vinteren 2021 hovedopgaven for undertegnede i et praktikforløb. Praktikken foregik hos Hjørring Vandselskab og opgaven tog udgangspunkt i turistbyen Løkken. Opgaven stod i at finde ud af hvad der lå til baggrund, for sidste sommers store oversvømmelser i byen. Samt at undersøge om oversvømmelserne var et resultat af uvedkommende vand i kloaksystemet, eller om oversvømmelserne var et resultat af Løkkens udvikling og vækst. Herunder på figur 1.1 ses udklip fra problemanalysen fra praktikken:

4.1.1 Problemanalyse

Problemet er at Løkken by i store områder stod under vand, under seneste store regnskyl. Derfor skal problematikken med uvedkommende vand forsøges at løses, ved undersøgelser, analyser og vurderinger af Løkken bys ledningsnet, samt pumpestationer.

4.1.2 Problemformulering

Hvordan kan det undgåes at tilsvarende store dele af Løkken oversvømmes i fremtiden, og hvilke andre problematikker kan opstå under ekstreme regnhændelser, og kan der fremstilles en generel metode, til løsning af problemet med uvedkommende vand.

Figur 1.1. Udklip af problemstillingen fra praktikrapporten [2022, Anders Vittrup Rasmussen].

Forklaring og uddybelse af konklusion om uvedkommende vand i Løkken fra praktikprojektet forefindes i bilag 1.

Projektlokaliten Løkken 2

Som led i undertegnedes ingeniørpraktik hos Hjørring Vandselskab, var opgaven at undersøge turistbyen Løkkens problemer, under sidste sommers store regnskyl der oversvømmede byen. Opgaven lød på at finde ud af årsagen til de store oversvømmelser, og om de skyltes uvedkommende vand, eller om det nærmere var hydrauliske årsager i åer og ledninger som var årsagen til problemerne. Derefter skulle der fremstilles overordnede løsninger til problemerne, dog uden bevisførelse for deres effekt. I praktikken blev udarbejdet en rapport, som beskrev observationer og de fundne problemer. Rapporten vil i denne rapport blive refereret til som praktikrapporten. Praktikrapporten konkluderede at det er en blanding af ledningssystemets kapacitet og uvedkommende vand som skabte problemerne i Løkken. Praktikrapporten er at finde i bilagsmappen under filnavnet "Praktikrapport".

2.1 Turistbyen Løkken

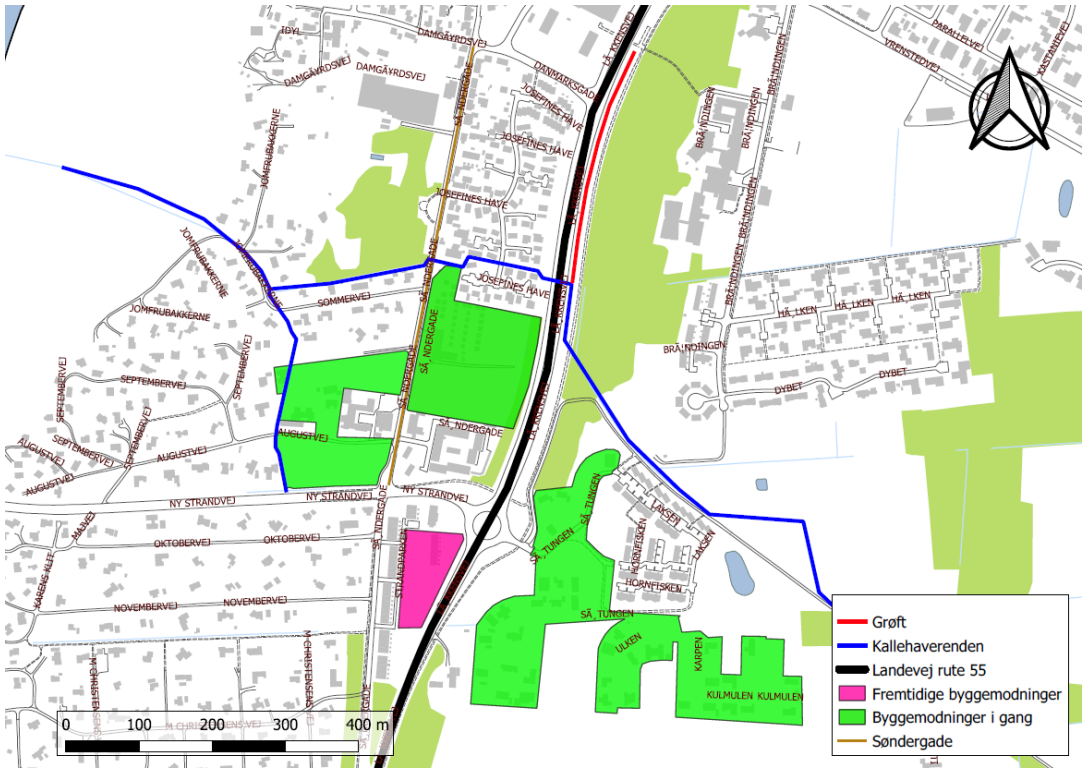
Løkken er en turistby beliggeende i det vestlige Nordjylland, midt mellem Blokhus og Lønstrup. Byens placering ses på figur 2.1. Byen har cirka 1600 fastboende indbyggere, som i sommerhalvåret øges til 15.000 indbyggere, på grund af de mange tilrejsende turister. Dette resulterer i en kæmpe forøgelse af spildevandsproduktionen. Derfor er det vigtigt at kloaksystemet bliver dimensioneret korrekt, og at det sikres at eksisterende ledninger ikke er utætte og fungeret optimalt.

Figur 2.1. Løkkens placering [2022, Anders Vittrup Rasmussen]

Løkken var en af de byer der førhen fik succes med skudehandel, men senere hen blev det lille samfund med 300 - 400 indbyggere til et kystfiskersamfund. Byen havde flere erhvervsfiskere, der havde bopæl i hvad der i dag er Løkken midtby. Det betyder også at byens kloaksystem er udviklet igennem tiden, og der er af den grund mange forskellige tekniske kloakløsninger, som er brugt op gennem tiden. De ældste nuværende kloakledninger er fra 1953, hvilket kan ses på ledningsnettets fysiske index, som beskriver ledningernes tilstand. Siden 1980 er det gået hurtigt. Byens fiskere mistede fiskekvoter og udstyret blev for dyrt til at fortsætte fiskeriet. Det medførte at byen fik flere campingpladser, og på et tidspunkt omkring 1990 havde byen fire campingpladser, hvilket om sommeren gav byen mange turister. Løkken fik så at sige et nyt, primært erhverv altså turister. Byen har i de senere år gennemgået store omlægninger fra landzoner til sommerhusområder, og derfor er store dele af byen under foranding, endnu en gang, og denne gang er det udvidelse i antallet af byens fritidsboliger.

2.2 Lokalplaner og kommuneplaner for Løkken

Som nævnt i forrige afsnit, er der de seneste 10 år sket meget på byudviklingsfronten i Løkken. Omkring 260 boliger er opført over de seneste 10 år. Flere områder er lokalplanlagt og vedtaget af kommunen. Specielt i den sydvestlige del af Løkken er der blevet bygget mange fritidsboliger, som skal kobles på to-strengssystemet. Det betyder at der skal ledes regnvandsafstrømning fra tage, indkørsler, veje og terasser ud til Løkkens primære recipient Kallehaverenden. I ingeniørpraktikken blev recipienten vurderet meget hårdt hydraulisk belastet, hvilket senere vil blive forklaret. Løkkens nye og kommende lokalplanlagte arealer er markeret på figur 2.2.



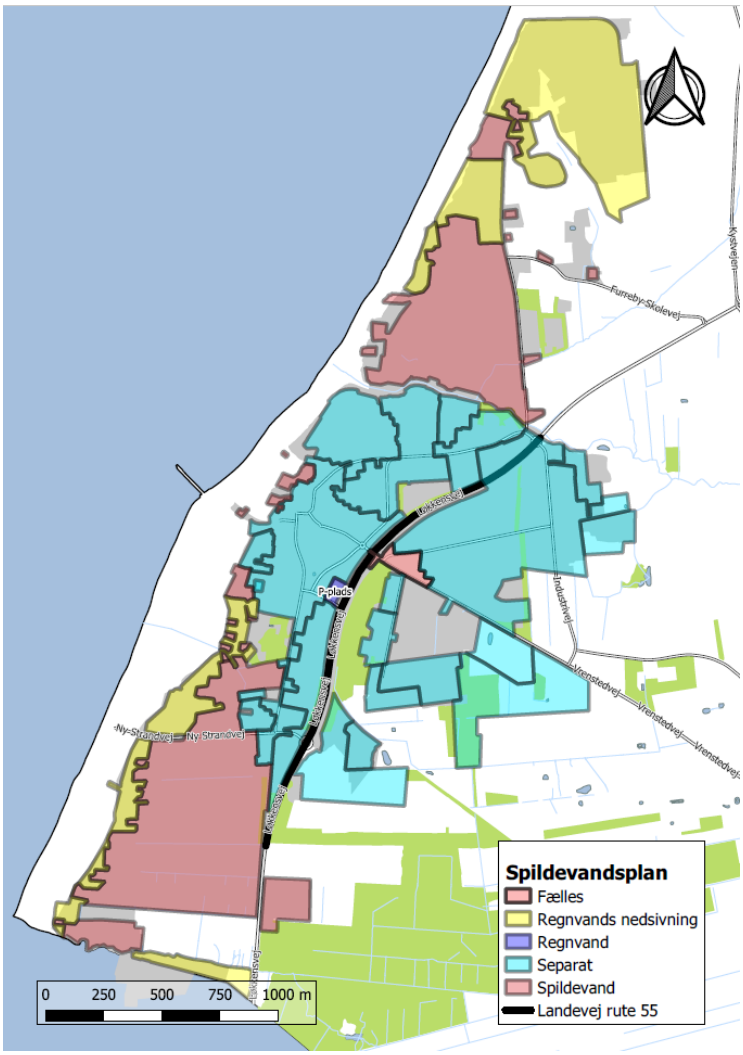
Figur 2.2. Nye og kommende lokalplaner for Løkken syd.

2.3 Kloakoplande og allerede eksisterende data

I praktikperioden blev der brugt mange kræfter på at forstå hydraulik og kloakforholdende i Løkken, derfor har der allerede fra dette projekts start, været en god forståelse for byens opbygning og kloakforhold.

Denne forståelse og praktikkens resultater er også hvad der ligger til baggrund, for de fremsatte løsningsforslag, om at etablere forsinkelsesbassin, regnvandsbassin, eller omlægninger fra grøfter til ledninger, for at mindske de hydrauliske belastninger i Kallehaverenden. Derfor er det også vigtigt at bruge data og viden opsamlet i praktikken, til opsætning af afstrømningsmodeller og kontrol heraf. Løkkens kloaksystem er som nævnt opdelt i områder, med varierende system aldre.

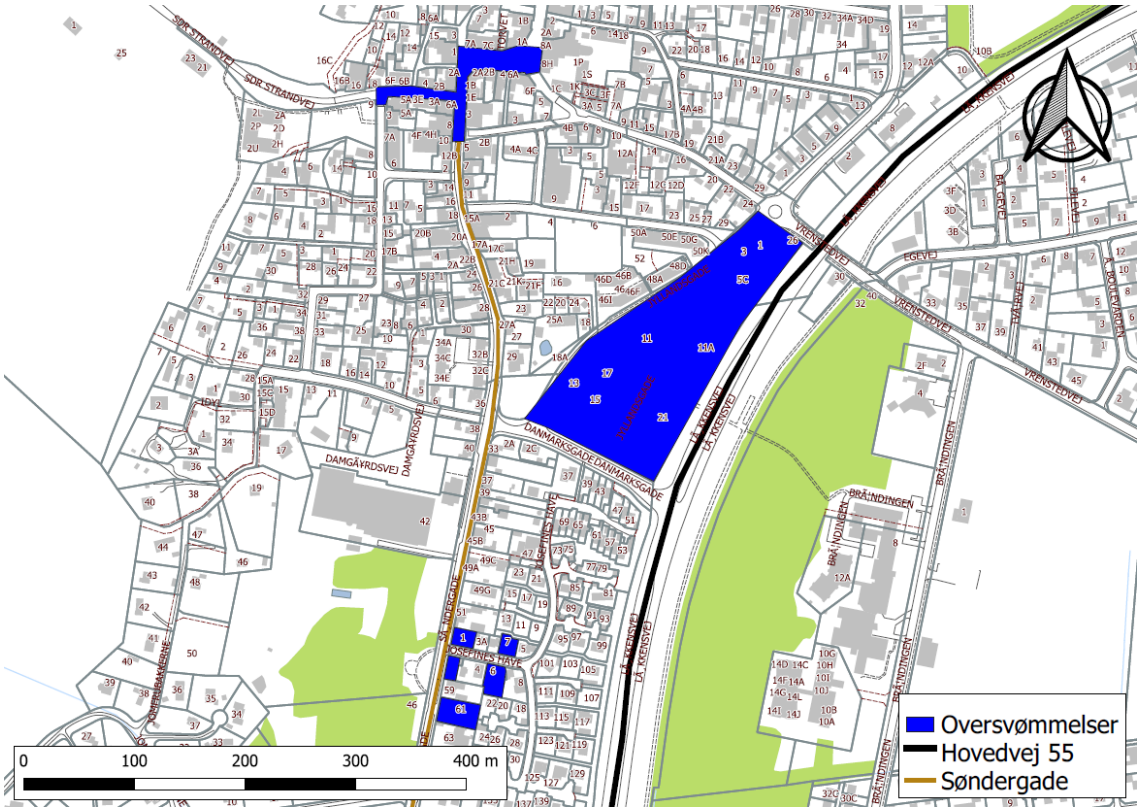
I den nordlige del af byen er det ældste ledningsnet i brug, og fra midtbyen og mod syd er ledningsnettet yngre. I den nordlige del af byen er boligtypen, mest gamle helårshuse og fritidsboliger fra i 1970'erne. Midtbyens bygninger er bestående af flere ombyggede fiskerhuse og ældre boliger restaureret i nyere tid til butiks-og restaurant-lokaler. Langs kysten er et mix af helårs- og fritidshuse dominerende. Sidst nævnte er spildevandskloakeret og nedsiver overfladevand på egen matrikel. Opdelingen af byen kan ses på figur 2.3.



Figur 2.3. Spildevandsplan for Løkken.

2.4 Konklusion for praktikforløbet

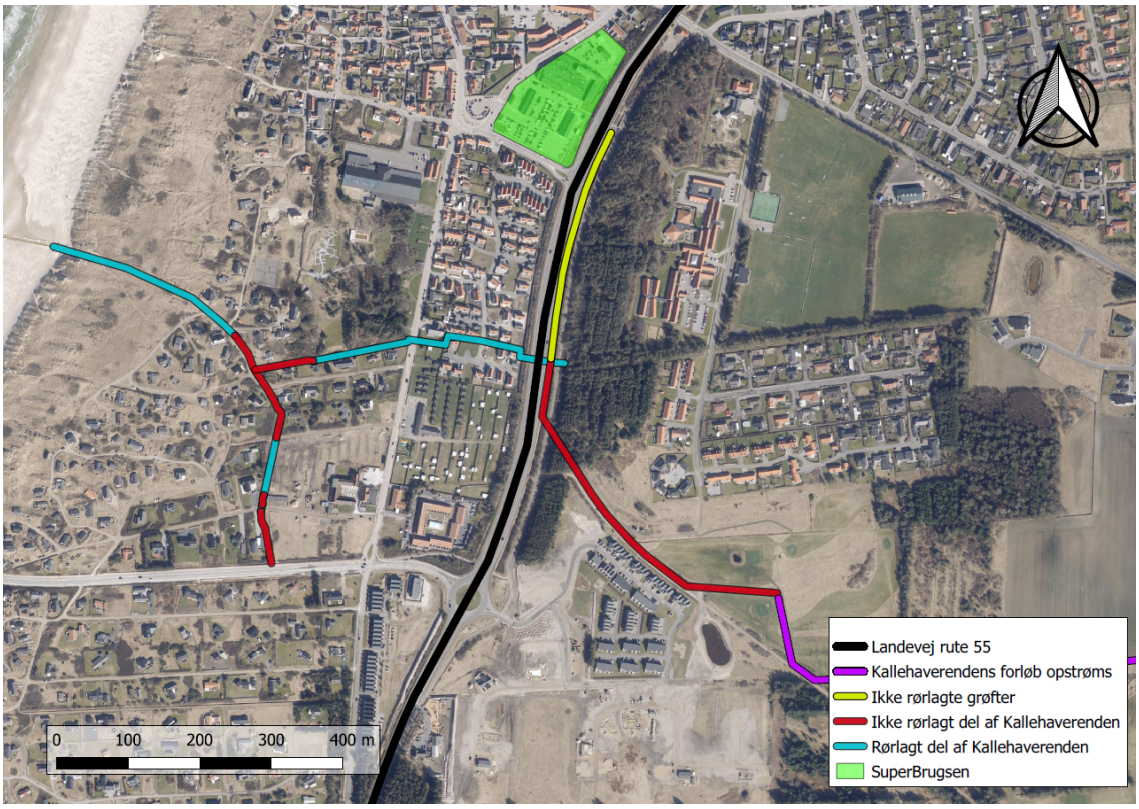
Problemet med opstuvning af vand på terræn i Løkken, som følge af kraftig regn den 9. august 2021, konkludere praktikrapporten [2022, Anders Vittrup Rasmussen] at være grundet en blanding af byens regnvandssystem. Samtidig var det regnvandssystemet der resulterede i voldsom indsivning af regnvand, til spildevandssystemet gennem skelbrønde. Dette skete da Kallehaverenden og grøfterne ikke er blevet oprenset og vedligeholdt som planlagt. Dertil er resultatet af de nye udvidelser af byen, at de tilgroede åer ikke har tilstrækkelig kapacitet til den tilledte vandmængde, og derfor oversvømmer de tilstødende arealer. Oversvømmelserne omkring grøften og Kallehavereden var ikke i sig selv skyld i de store problemer. Nedstrøms i kloaksystemet stuvede regnvandet op, og her var det de lavtliggende parkeringspladser, kældre, SuperBrugsen og dele af gågaden der blev oversvømmet og flere ejendomme blev ødelagt af vandmasserne. Herunder er vist en figur med de oversvømmede arealer markeret med mørkeblå på figur 2.4.



Figur 2.4. Blå skraveringer viser arealer med vand på terræn den 9. august 2021.

Det er derfor udelukkende med udgangangspunkt i regnvandsproblemerne, denne rapport er omhandlende. Kun omkring den sydlige del af Løkken, hvor Kallehaverenden er den modtagende recipient der er markeret med blå, rød og lilla på figur 2.5.

Den omtalte grøft (markeret med gul) er beliggende langs Hovedvej rute 55 (markeret med sort), og kan ses på figur 2.5 hvor den aflastende recipient Kallehaverenden, ligeså er vist.



Figur 2.5. Oversigt over Kallehaverenden, grøfter og Hovedvej rute 55.

Feltundersøgelser beviste mange års misvedligehold af Løkkens kanalsystemer. Det kunne ses på meget tilgroede grøfter og åer, med dunhamre og buske groende op af vandspejlet. Eksempel herpå kan ses på figur 2.6 som viser manglede vedligehold af grøften langs rute 55.

I opstarten af dette projekt havde undertegnede modtaget undervisning indenfor fastsættelse af gentagelsesperioder, og derfor blev regnhændelsen den 9. august 2021 analyseret til at være svarende en 35 års regn. Regnhændelsen var absolut kraftig, da vandselskabets 3 regnmålere i Løkken målte næsten ens, og målte 37 mm på 15 min og over 3 timer faldt 63 mm. Derfor var hændelsen så ekstraordinær, at den er uden for dimensionerings-standerder i Hjørring Vandselskab, men det skal derfor stadig undersøges om byens nye store byggemodninger kan håndteres i det eksisterende system, eller om det kræver omlægning af dele af kloaksystemet.

Figur 2.6. Billede af grøft langs hovedvej 55.

Problemformulering 3

3.1 Problemanalyse

Den lille turistby Løkken som ligger i Vendsyssel i Nordjylland, har i senere tid haft problemer med opstuvning af vand på terræn, under kraftige regnhændelser. Sådanne regnvandspåvirkninger har overbelastet ledningssystemet i byen, og har dermed overbelastet byens spildevandspumpestationer. Flere af byens brønddæksler blev skudt op, og flere biler blev af denne årsag skadet. Problemerne med uvedkommmende vand og overbelastning blev analyseret i undertegnedes ingeniørpraktik hos Hjørring Vandselskab, og løsninger herpå blev opstillet. Blandt disse løsninger er blandt andre en delvis rørlægning af en af byens store grøfter, som under intense regnhændelser blev vurderet kritisk. Turistbyens regnvandsproblemer er i den senere tid blevet en opgave for Hjørring Vandselskab, og praktikkens konklusioner har ledt til interesse for, hvilke løsninger og deres tilhørende økonomi, som kan udføres til løsning af både opstuvninger på terræn, men også på problemer med afstrømning af overfladevand gennem brønddæksler til spildevandsnettet.

Problemformulering

Den overordnede problemstilling for dette afgangsprojekt vil være:

Udarbejdelse af forslag til opdimensionering af eksisterende regnvandsledninger, i samspil med rørlægning af en del af vandløbet Kallehaverenden, for at afhjælpe regnvandsproblemer i den sydlige del af Løkken, samt beregning af løsningens afledte økonomi. En forudsætning er at byens nye lokalplaner for udvidelse af byområde inddrages, som en del af problemstillingen.

Vil man fra en praktisk og økonomisk synsvinkel kunne etablere en fordelagtig løsning, ved at etablere et antal forsinkelsesbassiner i området?

Løsninger skal understøttes af afstrømningsmodellering i MIKE URBAN, og funderet i tillærte dimensioneringsstandarder og metoder for dimensionering af kloakledninger og bassiner såsom foreksempel Spildevandskomitéens skrift 30 [Spildevandskomitéen, 2014].

Analyse af nuværende kloaksystem 4

For at vurdere og konkludere om det nuværende kloaksystem i Løkken er korrekt dimensioneret til den nuværende belastning, altså uden de nye lokalplanlagte områder, vil der blive opsat en MIKE URBAN model med det nuværende kloaksystem importeret, modellen kan ses i bilag 3.

Kloaksystemet har under praktikforløbet været et stort fokusområde, og derfor er der meget information derfra, hvilket der er gjort brug af, her til rapporten. Kort forklaret er det kun den sydlige del af Løkken kloaksystem, som viste sig at være problematisk under regnhændelserne. Kloaksystem kan ses på figur 4.2, hvor det er den skraverede del der fokuseres på, det er i alt et areal på 115 Ha. Det skraverede opland er også det som udleder overfladevand til Kallehaverenden, der er meget hårdt belastet, på grund af dårlig hydraulik og for lille kapacitet, grundet den øgede befæstelsesgrad de senere år. Denne øgning af befæstelsesgrad er forårsaget af modernisering af ejendomme i midtbyen og deres grunde. I fremtiden er det derfor vigtigt at indtænke muligheder for modernisering og omlægning, af de recipienter som skal håndtere de kommende voksende mængder overfladevand. Det er mulighederne der i den næste del af rapporten vil blive belyst, og flere løsningsforslag vil blive præsenteret, beregnet, analyseret og vurderet. Både i forhold til mulighed for anlæggelse, effektivitet og prisen for anlæggelse og drift. Først skal der dog analyseres, i hvor stor grad det nuværende kloaksystem kan håndtere de nutidige vandmængder, og i hvilken en grad systemet er fremtidssikret, med hensyn til klimafremskrivning og risiko for flere episoder som den i august 2021 der er vist herunder.

Figur 4.1. Billede fra den 9. august 2021 på Sommervej 9 i Løkken.

Figur 4.2. Opland til Kallehaverenden.

4.1 Opsætning af MIKE URBAN model

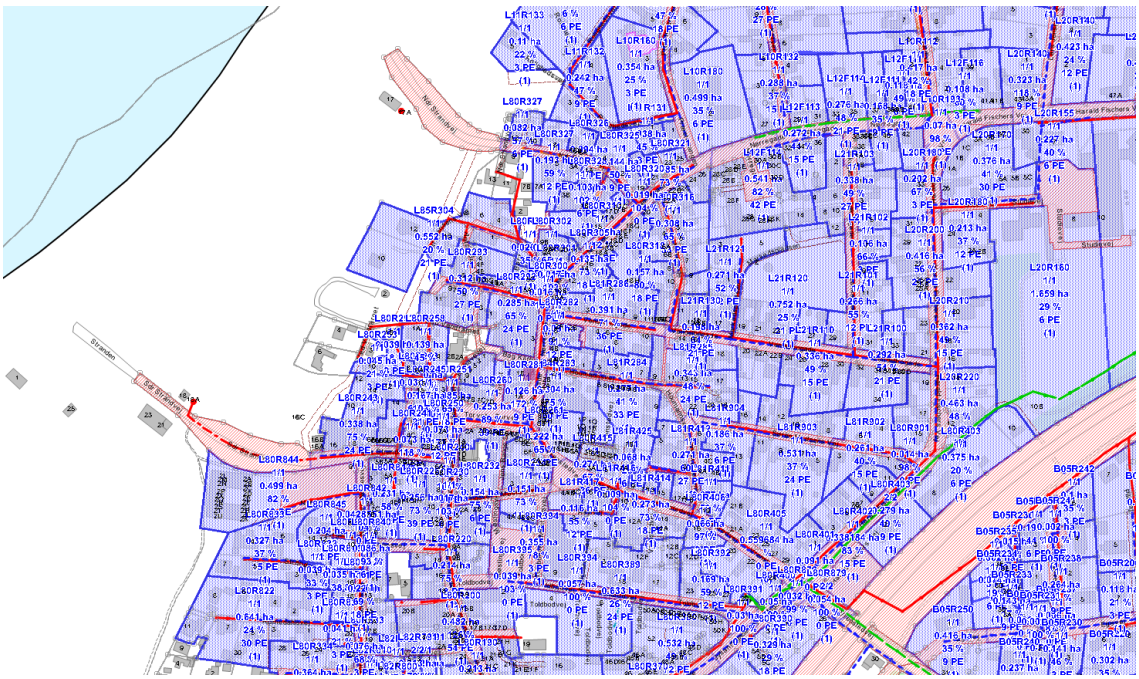
For at undersøge om praktikkens konklusioner om dårlige hydrauliske forhold, var grunden til opstuvningen af vand, vil det kontrolleres og bevises i MIKE URBAN, at det netop er tilfældet. Det nuværende kloaksystem er opstillet i en model med de faktuelle forhold for byen, for at vise et så retvisende billede af problematikkerne i Løkken som muligt.

Til at til at vurdere den nuværende kapacitet i kloaksystemet i Løkken, vil der blive anvendt en 5-års Chicago Design Storm, hvilket er stadard i Hjørring Vandselskab, og samtidig vil der vises om det generelt er et problem med opstuvning af vand, eller om sidste års regn var så ekstrem at den ikke skal dimensioneres for. Ved at benytte en 5års hændelse, vil det sige at det er tilladt med overløb på regnvandssystemet én gang hvert femte år.

En modelopbygning af en by som Løkken er et stort arbejde, og derfor er der mange model-dele som herunder vil blive forklaret og beskrevet for at informere om modellens input.

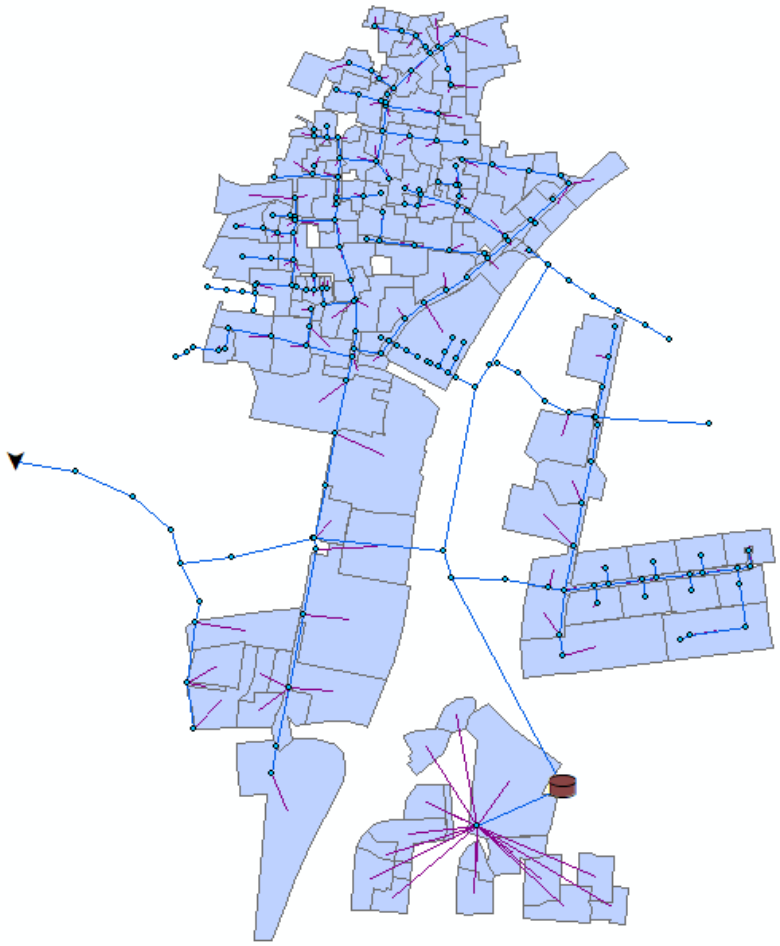
Inddeling af oplande

En model kræver så nøjagtige informationer som muligt, derfor er det vigtigt at opdele modellen i områder, der leder til hvert sit tilløbspunkt. Det gøres ved oplandsinddeling af områderne, og i dette tilfælde af den sydlige del af Løkken, som afleder regnvand til Kallehaverenden. Oplandsindelingen er foretaget med polygonværktøjer og et tilføjelses program til Mapinfo som benytter GIS lag, til at beregne befæstede arealer. Tilføjelsesprogrammet benytter data fra kommunekort, vejmatrikler, matrikeldata, ledningsdata og overflade modeller til fastsættelse af befæstelsesgraden i oplandet. Et udklip af programmets funktion ses på figur 4.3



Figur 4.3. Udklip fra tilføjelsesprogram til Mapinfo.

Disse oplande kan konverteres til MIKE URBAN, ved hjælp af en hjælpefil/config-fil udarbejdet af DHI. Ledningsnettet er importeret fra selskabets GIS system, ledningsnettet samt de tilhørende oplande ses importeret på figur 4.4, hvor udløbet af Kallehaverenden på stranden ses længst ude mod vest (mod venstre).

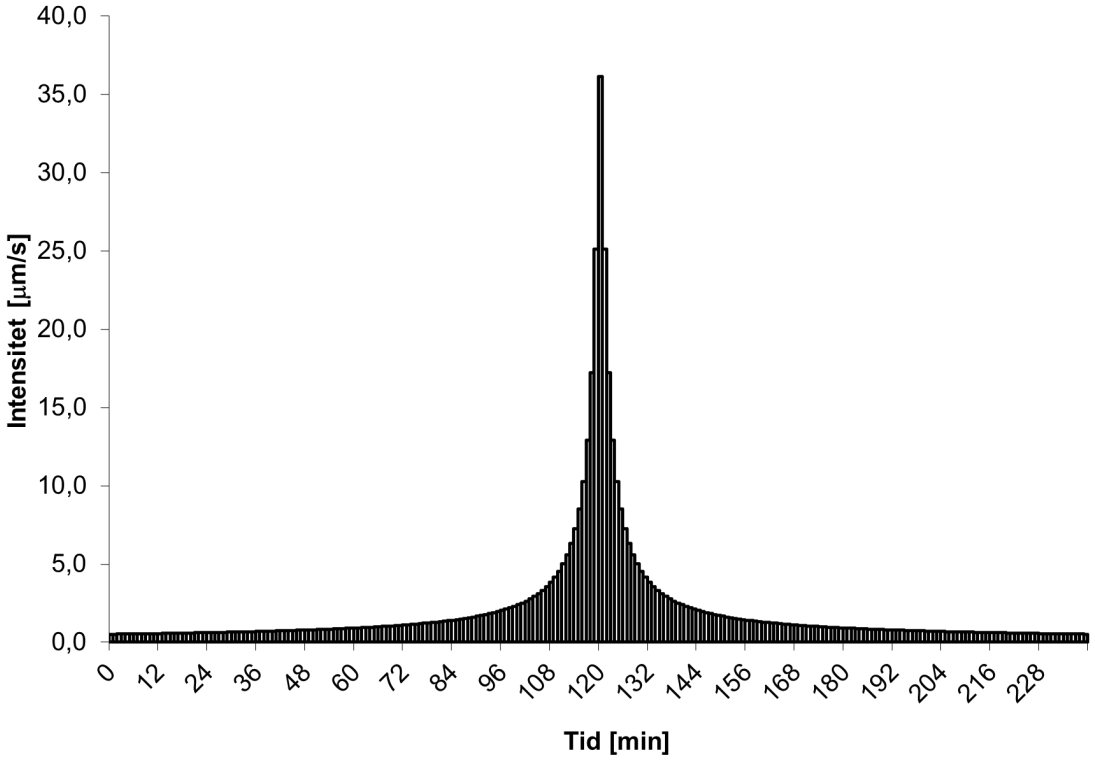


Figur 4.4. MIKE URBAN model uden nye lokalplanlagte byområder.

Modellen har oplande indtegnet for Løkkens nye byområder, men de er fastsat til ikke at have noget befæstet areal, og derfor har de ingen afstrømning til regnvandssystemet, derfor aflaster de ikke til Kallehaverenden. Det eneste regnvandsbassin ses også placeret på figur 4.4. Bassinet modtager regn og overfladevand fra en mindre del af oplandene tættest på bassinet. Oplandet er bestående af rækkehuse og parkeringspladser oplandet er medregnet, da det var sat i drift under sidste års store regnhændelse den 9. august.

Benyttede regnintensitet til modellering

Den modellerede regn intensitet der vil blive benyttet til afstrømningsmodellen over Løkken, er en CDS regn svarede til en 240 minutters regn med en gentagelsesperiode på 5 år. Regnintensiteten er bestemt i hjælpeværktøjet i spildevandskomiteens skrift 30, og er bestemt på baggrund af måledata fra Svenstrup som er opgivet til 112 $\frac{l}{s}$pr Ha. På denne intensitet er der multipliceret en sikkerhedsfaktor på 1,3 i henhold til standardmetoden hos Hjørring Vandselskab.



Figur 4.5. Chicago Design Storm til modellering.

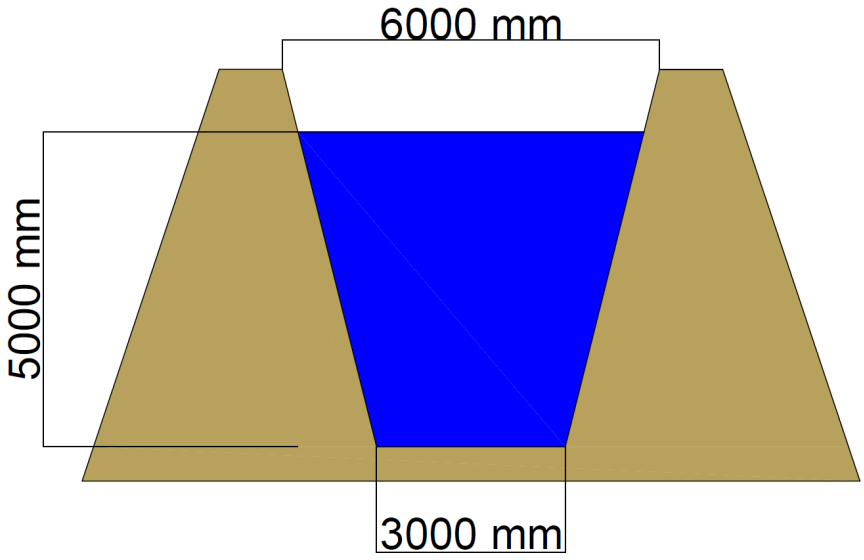
Faktiske forhold som under praktikken blev observeret

På grund af tidligere observationer, er der ved feltundersøgelser konstateret andre fysiske forhold end ledningsregisteringen har vist. Derfor er der et sted i MIKE modellen indsat en regulering, i form af en mindre udløbdimension af en brønd end opgivet i ledningsregistreringen. Dette sted er markeret med rød på figur 4.6. Det betyder at der før har været handlet på at mindske udløbsflowet til Kallehaverenden, dette er inkorporeret i modellen for at vise effekten heraf.

Figur 4.6. Placering af reduktion.

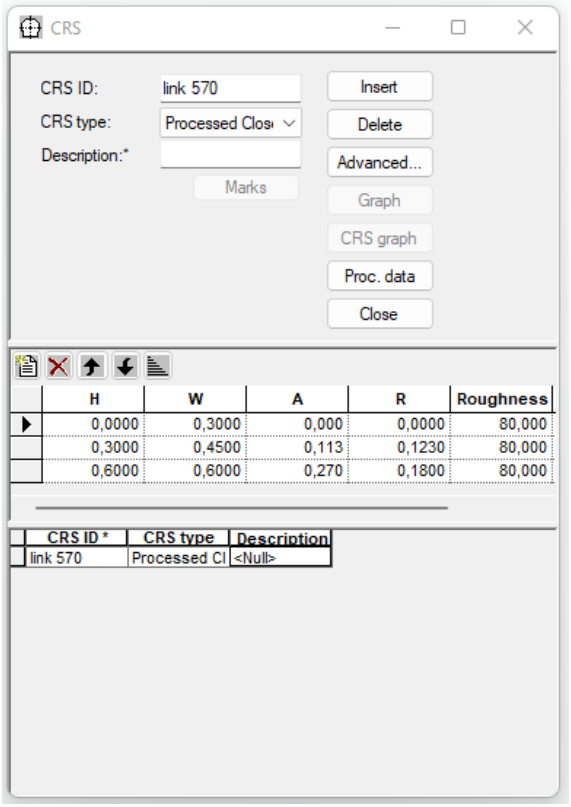
Kallehaverenden og grøftens tværsnit

Regnvandssystemet i Løkken består af flere grøfter samt Kallehaverenden. I MIKE URBAN er disse blevet indkorporeret som konstante tværsnit over strækningerne. Måden hvorpå dette er gjort, er på baggrund af regulativet for Kallehaverenden. Tværsnittet er bestemt heri som vist på figur 4.7, som det ses er sidernes skråningsanlæg meget store, hvilket er gjort for at mindske plantevækst langs siderne. Kallehaverenden har et stort opland, ud over Løkken by, men da redens opstrøms afstrømningsarealer ikke er drænede marker, men er skov og Nybæk plantage, antages det ikke at have indflydelse på vandflowet i bækken ved simuleringen.



Figur 4.7. Tværsnit af grøfter og Kallehaverenden.

I selve modellen i MIKE URBAN er tværsnittene opsat som vist herunder i figur 4.8, med tre vandniveauer indtastet efter det fastsatte tværsnit ovenfor.



Figur 4.8. CRS opsætning i MIKE URBAN.

Regnvandsbassin Nordlys kvarteret

I 2020 blev et nyt byområde anlagt i det sydlige Løkken. Bygningstypen i området er ferieækkeboliger og området indeholder 80 rækkehuse, og disses regnvands afstrømning håndteres i et regnvandsbassing på Nordlysvej. Bassinet er på ca. 450 m^3 og er medregnet i modellen. Bassinet aflaster til Kallehaverenden, som det første tilløb i modellen, med 9 $\frac{l}{s}$. Bassinet er dimensioneret til at servicere det eksisterende område, men også til den nye byggemodning som er i gang syd for Nordlysvej. Derfor vil der i løsningsforslagene ikke blive medregnet yderligere udløbsflow for bassinet på Nordlysvej, selv om et større befæstelsesareal vil afstrømme fra de nye fritidsboliger i området.

Sikkerhedsfaktorer

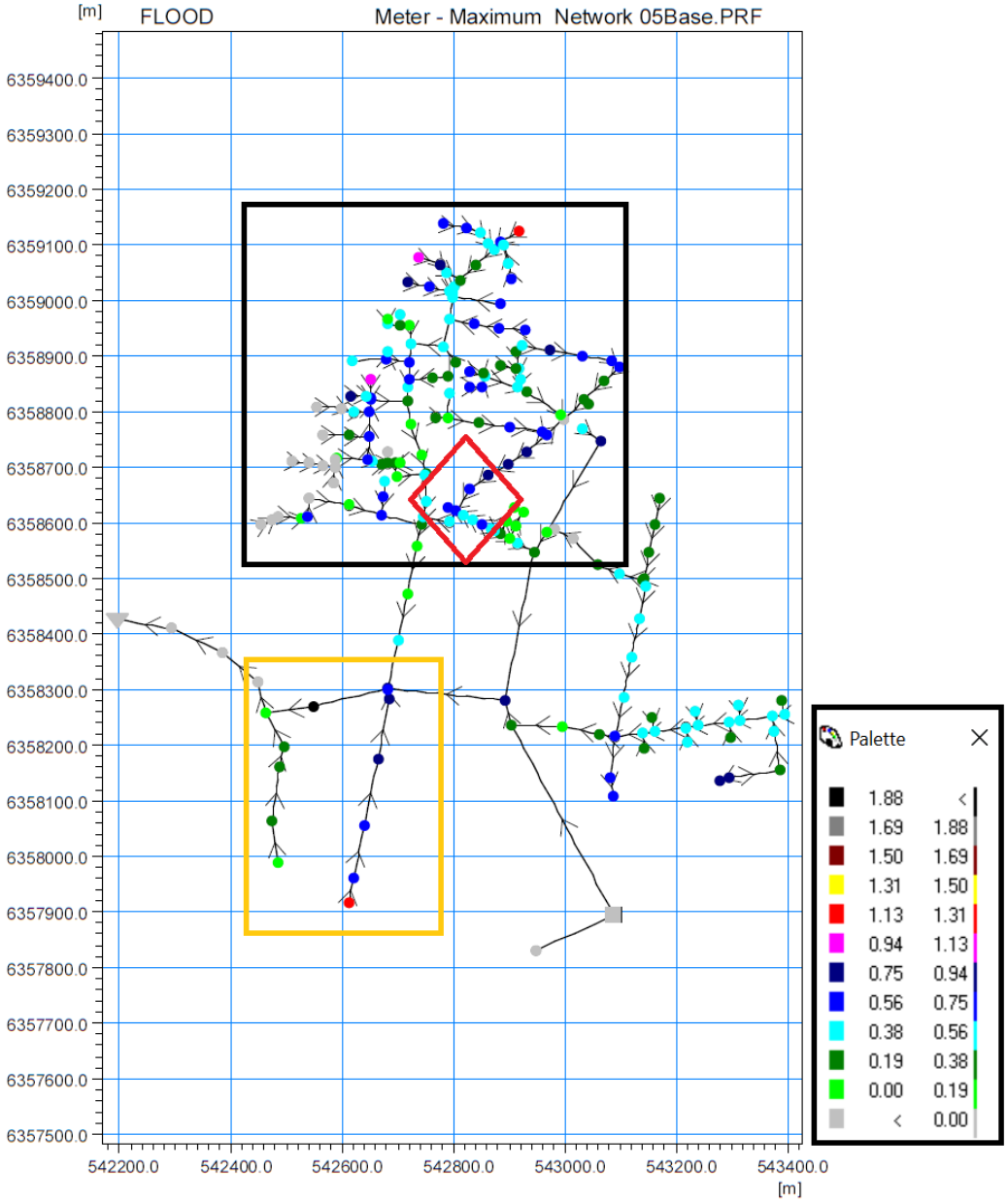
Modellen der vil blive simuleret, vil indeholde en høj klimafaktor på 1,3 for en 5 årig hændelse, samt en hydraulisk reduktionsfaktor på 1, som oftes sættes til 0,9, men en ekstra sikkerhedsfaktor ønskes at tillæges modellen.

Klimafaktor	**1,3**
Hydraulisk reduktionsfaktor	**1,0**

Tabel 4.1. Faktorer fastsat til modelleringen.

4.2 Modellering og simulering af nuværende kloaksystem

Den beskrevne og opsatte lednings og afstrømningsmodel er kørt, under forudsætning af en CDS regn med en gentagelsesperiode på 5 år af 240 minutters regnvarighed. Dertil er modellen opsat som værende med 100% velfungerende grøfter, med en let grødevækst med et manningtal på 80 $\frac{\mathrm{m}^{\frac{1}{3}}}{\mathrm{s}}$. Det betyder at forholdende i Løkken er værre end simuleret, men et kvalificeret bud på manningtal for helt tilgroede grøfter kendes ikke. Det betyder også at det er effekten af byudviklingen i byen, der kan vurderes på baggrund af simuleringen. I simuleringen herunder er kun medregnet afstrømning, fra de bebyggede områder før sommeren 2019. Det vil sige, uden de nyere byggemodnede områder.



Figur 4.9. MIKE URBAN simulering for nuværende status i Løkken. Resultater er i meter over dækselkote.

4.2.1 Resultater af simuleringen

Udklippet fra MIKE VIEW viser, at der allerede ved en 5 års regnhændelse er opstuvning af vand på terræn, det er på figur 4.9 vist med MIKE FLOOD over brøndkoterne. Simuleringen viser at det i særdeleshed, er i midtbyen hvor opstuvningen er størst, hvilket stemmer meget overens med observationer og billededokumentation fra beboere i Løkken fra den 9. august 2021 (området markeret med sort). Dertil blev der under skybruddet oversvømmet et hus på Søndergade 69 og Sommervej 9, som er beliggende i området markeret med gul på figur 4.9. Regnhændelsens helt store oversvømmelse, var byens største supermarked SuperBrugsen på Jyllandsgade, beliggende i den røde figur på figur 4.9. På figur 4.10 ses oversvømmelserne hos SuperBrugsen.

Figur 4.10. Oversvømmelse hos SuperBrugsen.

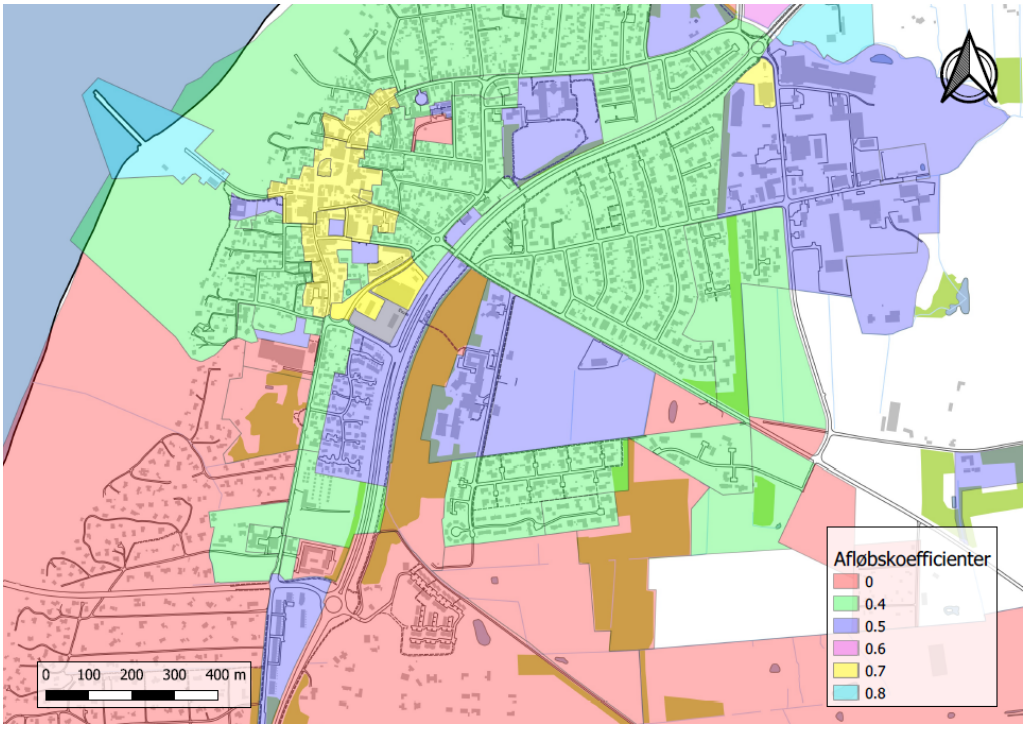
Generelt viser beregningerne at ledningssystemerne, i det opland der løber til Kallehaverenden, er for små. Det er både positivt og negativt. Det positive er en træghed i systemerne opstrøms, som sikrer at oversvømmelserne længere nedestrøms ikke bliver så store. Det negative er at når der snarlig skal renoveres på de ældste ledninger, så skal der opdimensioneres og straks forværres problemet nedstrøms. Allerede uden faktiske forhold for grøfterne inkorporeret i modellen, og med antagelse af at der ingen ophobning af flyvesand er foran udløbet på stranden, konkluderes det at der skal ske ændringer før serviceniveauet i Løkken kan opretholdes med de allerede nuværende forhold, og i særdeleshed med de komme byggemodninger.

Simuleringen viser at der umiddelbart sker opstuvning af vand på terræn efter udløbet til Kallehaverenden (i gul markering på figur 4.9). Derfor skal det undersøges om det allerede er der problematikken opstår, og om vandet derfor stuver op hele vejen opstrøms i byen. Det er en løsning på blandt andet dette, som vil blive undersøgt i kommende afsnit hvor eventuelle løsningsforslag vil blive opstillet.

Løsningsforslag og kontrol 5

I dette afsnit vil der blive beskrevet 3 løsningsforslag, som vil blive beregnet både med hensyn til deres afstrømningsforhold og deres økonomi til anlæggelse og til drift af løsningerne. Som analyse og kontrol af hvert løsningsforslag, vil disse blive simuleret i MIKE URBAN, og hver model vil være at finde i bilagsmappen navngivet bilag 4-7. Modellen som er opsat til at vise den nuværende afstrømning i Løkken, er moderniseret til hvert løsningsforslag og bliver kørt om for hver løsning. Dette vil derfor vise hvordan løsningsforslaget, vil have effekt på regnvandssystemet. Til hvert fremstillet løsningsforslag vil der blive benyttet samme regndata til simuleringerne. Altså alle afstrømningsmodellerne er simuleret over en 5 årig Chicago Design Storm.

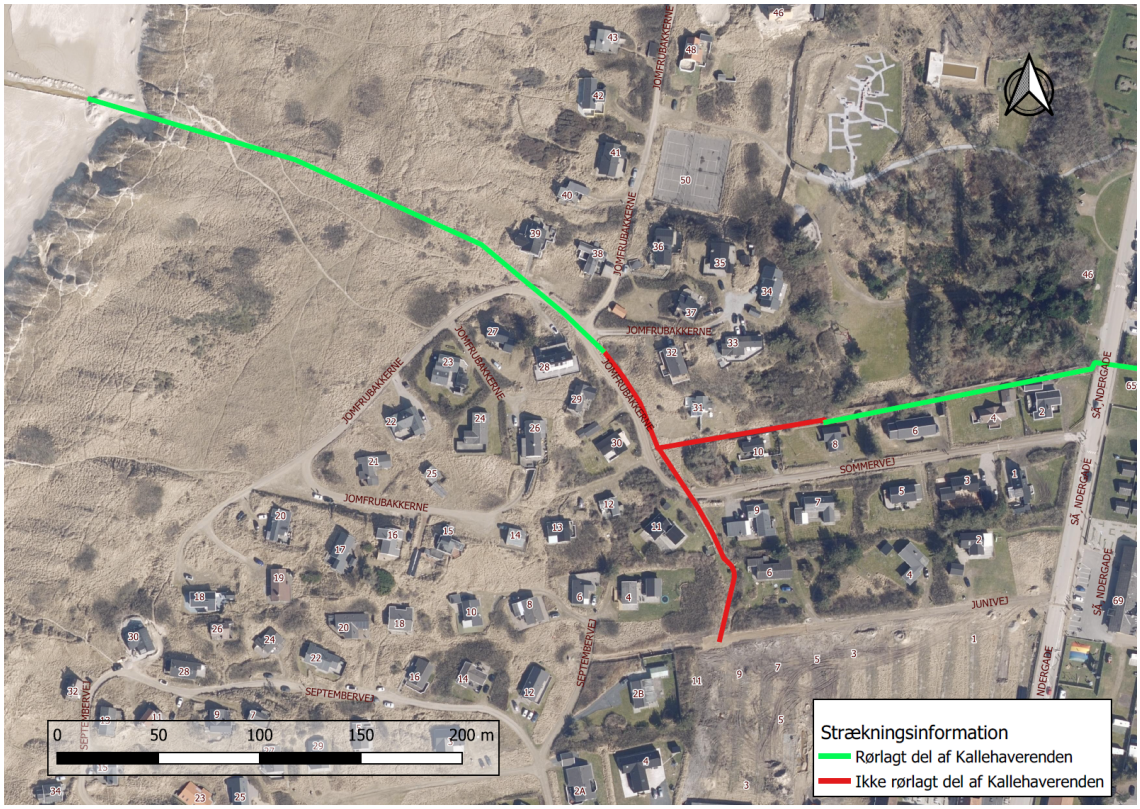
Befæstede arealer er fastsat, på samme vis som i modellen visende det nuværende system. Fastsættelsen er lavet ud fra indtegnede deloplande som forklaret i tidligere afsnit. Dog er der til løsningsforslagende medregnet de kommende befæstelsesgrader og arealer for de nye byggemodninger. Disse befæstelsesgrader er fastsat på baggrund af de vedtagende kommunale lokalplaner, for Løkkens nye byområder. For at give et overblik over variationen af bebyggelsesprocenter og befæstelsesgrader, er herunder vist figur 5.1 som viser afløbskoefficientens varians, over Løkken som følger befæstelsesprocenten fint.



Figur 5.1. Afløbskoefficientens varians over Løkken, som matcher befæstelsesprocenten.

5.1 Løsning 1 - Rørlægning af den sidste del af Kallehaverenden

Det første af de tre løsningsforslag er, at rørlægge den sidste del af Kallehaverenden vest for Søndergade. Det vil sige, strækningen markeret på figur 5.2. Rørlægningen skal sikre kapaciteten i Kallehaverenden, så der ikke skal ske vedligehold på strækningen, samt kapaciteten vil øges ved løsningen.



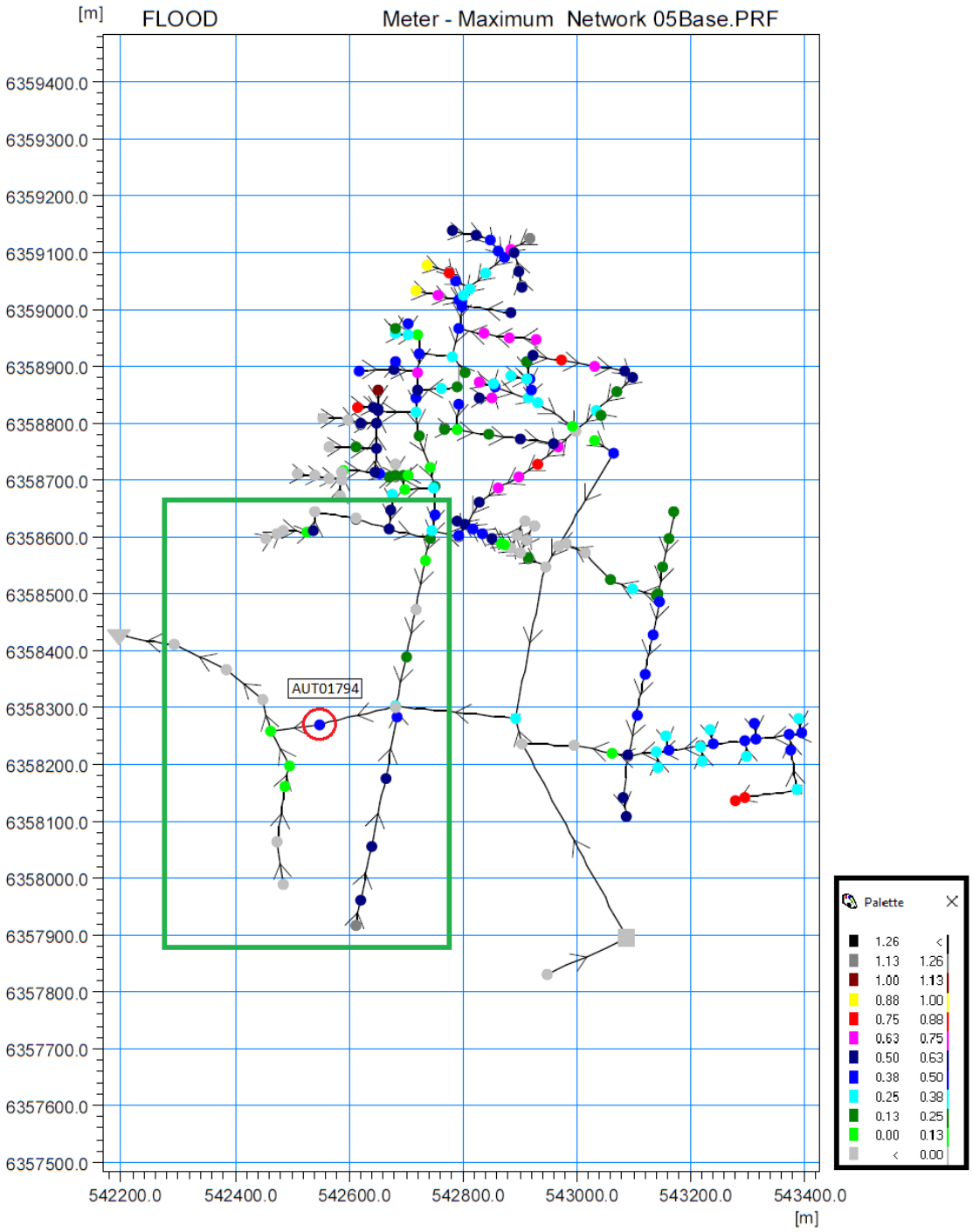
Figur 5.2. Rød del af renden er rørlægningen som løsningsforslag 1 foreskriver.

De rørlagte stækninger på hver side af den røde markering, er af dimensionen ø1000 mm som på den sidste strækning på 25 m overgår til en ø1200 mm. Den rød-markerede del af Kallehaverenden er ejet af private grundejere. Dette har resulteret i flere års misveligehold af åen, da entreprenører og gravemaskiner ikke har fået ejers accept, til at kører ind på grundene. Det har resulteret i at der den 9. august sidste år stod over 50 cm vand over terræn, og dermed også inde i flere sommerhuse.

Hermed kræver forslag 1 også grundejerenes accept på at rørlægge strækningen, dette forventes dog ikke værende et problem da Hjørring Kommune, dermed vil skulle vedligeholde ledningen. Desuden forventes det at grundejerene vil acceptere rørlægningen, hvis det forklares hvor stor mindskelse af risikoen der er for at lignende vil ske i fremtiden, med etablering af ledningen kontra uden etablering.

5.1.1 Modellering af løsning 1

For at konkludere på effekten af etablereingen af løsning 1, er der i MIKE URBAN simuleret på modellen fra afsnit 4.2.1 ændret med hensyn til Kallehaverendens forløb, vest for Hovedvej 55. Den kørte simulering er vist herunder i MIKE VIEW, hvor det er området i den grønne markering på figur 5.3 hvor Kallehavenrenden er rørlagt.



Figur 5.3. Resultat af simulering efter etablering af løsning 1. Resultater er i meter over dækselkote.

Simuleringen viser at der ved rørlægningen ikke vil opnås tilstrækkelig kapacitet, til at servicere hele Løkkens nuværende regnvandssystem. Det ses ved at der ved brønd AUT01794, stadig sker 0,3 m - 0,5 m opstuvning af vand på terræn, under den dimensionsgivende regnhændelse på 5 år. Derfor kan det konkluderes at det er kapacitetsproblemer med ledningen førende til AUT01794. Der er derfor bevist, at det ikke vil afhjælpe problemerne med opstuvning af vand opstrøms Kallehaverenden, at rørlægge strækningen.

Ledningerne som løsningsforslaget indeholder, er af dimensionen ø1000 og for den lille delstrækning mod syd, for AUT01794 ø500. Dette grundes at større dimension ikke vil give øget kapacitet, da ledningerne opstrøms for AUT01794 er ø1000, og det derfor ville kræve en op dimensionering på hele Søndergade, for at øge kapaciteten.

Løsningsforslag 1 er derfor ikke nok til at undvige de store problemer, hverken i midtbyen eller ved indløbet til den åbne rende ved AUT01794.

5.1.2 Økonomi - Løsning 1

For ikke kun at fremlægge effektiviteten af løsning 1, vil økonomien bag deslige blive fremlagt. Det selve økonomien i løsningen vil bestå af er anlæggelsen. Selve driften vil ikke være af nogen betydning, da det blot er sikret at ledningen er selvrensende, og eventuelt intervaller for spuling af sand.

Anlægsposterne er opstillet herunder i tabel 5.1.2.

Materiale	**Mængde**	**Enhedspris**	**Pris**
ø1000 Bt	140 m	4.000 kr./m	560.000 kr.
ø500 PVC	200 m	1.500 kr./m	300.000 kr.
ø1250 brønde	3 stk.	35.000 kr./stk	105.000 kr.
ø1000 PP brønd	2 stk.	25.000 kr./stk	50.000 kr.
Ialt			1.015.000 kr.

Tabel 5.1. Materialeforbrug, løsning 1 - Listepriser fra forrige projekter, og fra fortrolig rammeaftale.

Jævnfør tabel 5.1.2 ses det at der i materialeforbruget, er angivet to dimensioner og det er der fordi hoveddelen af løsningen består af rørlægning, af det mindre tilløb til Kallehaverenden, denne ledning er i MIKE URBAN tilstrækkelig som værende ø500. Dette er med til at sænke anlægsudgiften en del, da en ø500 er 2.500 kroner billigere i indkøb. Dog er den store ledning, som håndterer regnvandet fra hele midtbyen, kontrolleret i MIKE URBAN og vurderet korrekt dimensioneret til en ø1000. På ø500 ledningen, er 2 brønde nødvendige for at gøre fremtidig vedligehold muligt. På ø1000 strækningen er der behov for 3 ø1250 brønde, grundet rendens linjeføring.

For at konkludere løsningen, ses det at løsningen ikke i sig selv vil kunne klare den kommende forøgelse, af den afstrømmende vandmængde. Men skulle Kallehaverenden kun håndtere de nuværende regnvandsmængder uden de nye boligområder, vil løsning 1 kunne afhjælpe problemerne med opstuvning under gentagelsesperioder mindre end 10 års hændelser. Derfor er løsningen i den billige ende, og kunne eventuelt komme i tale som tillæg til løsning 2, men nødvendigheden for dette kontrolleres i løsning 2.

5.2 Løsning 2 - Anlæggelse af regnvandsbassin opstrøms midtbyen

Løsning 2 indebærer at anlægge et regnvandsbassin, som er ejet og driftet af Hjørring Kommune. Dette løsningsforslag indebærer at der anlægges et regnvandsbassin, som skal forsinke alt overfladevandet fra den vestlige del af midtbyen, inden det ledes ud til Kallehaverenden. Det vil sige, at der først skal findes den korrekte og bedste placering til et sådan bassin, som både er ideelt placeret nu, og som i fremtiden kan udbygges efter behov.

Efter valgt placering til bassinet skal det dimensioneres. Dimensionering sker ved anvendelse af spildevandskomitéens skrift 30. Skriftet indeholder anbefalinger for dimensionsgivende regnintensiteter, selve den praktiske beregning er fortaget i skriftets hjælpeværktøj, og kan findes i bilagsmappen. Hjælpeværktøjet er den standard metode som Hjørring Vandselskab ligeledes benytter i den daglige projektering.

Bassinet skal dimensioneres til at reducere udløbsflowet fra 5 Ha befæstet areal af midtbyen til Kallehaverenden til $5\,\frac{\mathrm{l}}{\mathrm{s}}$, da der forventes en udledningstilladelse på $1\,\frac{\mathrm{l}}{\mathrm{s}}$/Ha. Bassinet vil dimensioneres som et permanent vådbassin, da dette udover forsinkelse på systemet vil reducere stofudledningen til Kallehaverenden, fra blandt andet byens busterminal, til byens mest trafikerede vej Jyllandsgade - Harald Fischers Vej.

5.2.1 Placering til nyt regnvandsbassin

Den første udfordring er at finde en placering i et område, som er muligt at overtage og omdanne til et teknisk anlæg. Det vil sige finde et område som Hjørring Kommune har råderet over, eller som kommunen kan få råderet over. Samtidig skal placeringen være hensigtsmæssig, i forhold til at det skal være muligt at bremse afstømningen strategisk smart, og samtidig har den bedste økonomi. Krav som de nævnte indskærper hurtigt mulige placeringsmuligheder i Løkken, da det er resultatet af byudvikling i midtbyen, og den sydlige del af byen, som er grunden til behovet for et bassin er opstået. Netop i midtbyen og i den sydlige del af byen langs Søndergade, er der ikke mange placerings muligheder. Der vil blive fremsat tre placerings muligheder, som vil blive vurderet. Placeringen er vigtig for at kunne sikre en eventuel udvidelse af bassinet, da der i praktikken blev bestemt at der pumpes på 3,5 gange den solgte vandmængde i byen. Det betyder at der er en stor mængde uvedkommende vand, og med tiden skulle flere og flere fejlkoblinger findes og kobles om, hvilket vil resultere i en større regnvandsmængde til bassinet. Herunder ses et kort over de 3 foreslåede lokationer.

Figur 5.4. Placeringsforslag til regnvandsbassin.

Vendsyssel Plantage

Lidt syd for Løkken midtby er en plantage at finde, den vil være en god lokation. Plantagen ligger lige opstrøms fra midtbyens tilløb, til Kallehaverenden. Det betyder at det ikke vil kræve en stor omlægning af ledninger, ved kobling af regnvand til bassinet, hvilket bestemt er en stor fordel. Vendsysssel Plantage der i sin tid blev oprettet af en mand ved navn Christian Vendsyssel, der efter sin død, efterlod en flot park som han overdrog til Løkken borgerforening. Siden da har plantagen været samlingsted for blandt andet byens plejehjemsbeboere, og for nyligt har Løkken miniby fået lov at udstille deres samling af minibyggerier og modeller af Løkken i plantagen. Hjørring Kommunes teknik og miljøudvalg har senest i 2020 doneret 75.000 kr. til renovering af arealerne i forbindelse med plantagens 100 år fødselsdag, af bl.a. denne grund er det vurderet som en mulighed at Løkken borgerforening, under rette forhold, vil kunne være interesseret i anlæggelse af et rekreativt område i deres plantage.

Løkken by camping

På Søndergade 69, 9480 Løkken er lokalplanlagt for et nyt boligområde med mulighedder for tæt/lav bebyggelse, og derfor er der allerede i Kommunens planmateriale krav om et forsinkelsesbassin på området. Det er derfor en mulighed i stedet for at bygherre skal holde 100% af udgifterne hertil, at tilbyde en opdeling af udgifterne, ved anlæggelse af et større bassin som kan fungere som samlingspunkt, og rekreativt område for det nye boligområde. Denne løsning vil have mulighed for at kunne ombygges, da netop denne grund, ligesom forrige forslag, ligger tæt på flere tilløb til Kallehaverenden, og derfor vil det være forholdsvis let, at udbygge bassinet ved byudvikling i andre dele af Løkken ud i fremtiden.

Skovområde øst

Det sidste bud på en placering til et regnvandsbassin, er i en del af et skovområde som ligger på øst siden af Hovedvej 55. Det lille skovområde ligger øst for tidligere Løkken By Camping, og som sagt øst for Hovedvej 55, det betyder at denne løsning vil kræve omkobling af kloaksystemet, da vandet fra vestsiden vil skulle håndteres på østsiden. Skovområdet er i dag ejet af Hjørring Kommune, og indeholder en hundeskov og er derfor nemt tilgængeligt med hensyn til tilladelse til at anlægge et bassin. Dette er også en løsning, som vil kræve skovfældning, og en større omlægning af midtbyens kloaksystem, for at føre regnvandet under hovedvejen. Placeringen er god, da den med garanti vil forsinke regnvandet på østsiden af Josefineshave, hvilket betyder at der vil blive et tilløb mindre ved Søndergade, og derved regulere et af tilløbene. Dette vil give mindre turbulens ved indløbet til den åbne rende, samt det vil mindske vandhastigheden i samlingspunketet.

Valgte placering

Til det videre arbejde er placering 3 valgt. Dette valg er truffet på bagrund af både, det økonomiske perspektiv i at kloaksystemet skal have 2 mindre omkoblinger, og dertil vil bassinet kunne få en rigtig god placering som omdrejningspunkt i hundeskoven, samt en eventuel udsigt fra byens plejecenter og børnehus. Bassinet i hundeskoven vil også kunne udvides efter behov ud i fremtiden, hvis byen tager anden form, og alle byens

fejlkoblinger vil blive fundet. Endnu en fordel er at der ikke er flere ubebyggede arealer på vestsiden af Hovedvejen, og derfor er det på østsiden hvor kommende boligområder vil blive lokalplanlagt. Udover de nævnte fordele, er der også fordel i at placeringen vil være allersidste del af systemet inden Kallehaverenden, det vil sige at som fremtidssikring er det kun nødvendigt at justere på bassinet, og formentlig undgå en nyanlæggelse af yderligere dele kloaksystemet.

5.2.2 Dimensionering af bassin og simulering af løsning

I dette afsnit vil det første punkt være, dimensionering af størrelsen på regnvandsbassinet som skal graves ud i den valgte placering øst for Hovedvej 55. Herfra vil bassinet blive modeleret i MIKE URBAN, og blive analyseret og konkluderet på om løsningen er den rette.

1. Step - Dimensionering af bassin

Bassinet som skal anlægges, vil blive dimensioneret efter spildevandskomitéens skrift 30, med skriftets hjælpeværktøj, hvor data for bassindimensionering er:

- Befæstet areal
- Hydrologisk reduktionsfaktor
- Afskærende lednings kapacitet

Yderligere skal der bestemmes den dimensionsgivende regnhændelse, og dertil benyttes følgende data:

- Gentagelses periode
- Frekvensfaktor
- Sikkerhedsfaktor (klima, usikkerhed, mv.)

De benyttede værdier er beskrevet i tabel 5.2.2;

Faktor	**Størrelse**	**Enhed**
Gentagelsesperiode	1,0	-
Frekvensfaktor	0,0	-
Sikkerhedsfaktor	1,3	-
Befæstet areal	5	Ha
Hydrologisk reduktionsfaktor	1,0	-
Afskærende lednings kapacitet	5	l/s

Det befæstede areal er fastlagt i Mapinfo i tillægsprogrammet "Deloplandsskema", som er et plugin lavet af Hjørring Vandselskab. Dertil er det totale areal bestemt i QGIS, hvor arealet af Løkken er indtegnet. Beregningen af bassinet kan ses i bilag 2.

Beregningerne af bassinet, viser at det på bagrund af en 5-års gentagelsesperiode som den dimensionsgivende og en CDS regn med en varighed på 240 minutter, skal have et opmagasineringsvolumen på 2636 m^3.

2. Step - Udformning af regnvandsbassin

Regnvandsbassinet projekteres som et vådt bassin, og skal derfor have permanent vandspejl. For at simulere løsning 2, kræver det indsættelse af et bassin. Derfor er det nødvendigt, at kende geometrien heraf. Bassinet er dimensioneret med et volumen på $2636\,\mathrm{m}^3$ og i Hjørring Vandselskab er det standard med et skråningsanlæg for bassiner på 1:5. Valget af en skråning på 1:5 vil skabe større sikkerhed omkring bassinet, så det blandt andet sikres at børn selv kan komme op af bassinet, hvis de skulle falde i.

Standarden for bestemmelse af det permanente våde volumen er $200\,\mathrm{m}^3$ per reducerede hektar ifølge tidligere undervisning. Standarden skal sikre, at stoffjernelse og oprensningsintervaller er acceptable. Ved beregning findes det permanente våde volumen bestemt til:

$$200\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{Ha}} \cdot 5\,\mathrm{Ha} = 1000\,\mathrm{m}^3$$

Det samlede bassinvolumen bliver derfor $3636\,\mathrm{m}^3$.

Regnvandsbassinet vil ved indsættelse i MIKE URBAN, blive udformet som en keglestub og dermed som et cirkulært bassin set fra oven. Formlen er kendt for volumen af en keglestub og derfor kan radiussen af bunden for bassinet beregnes, når det permanente våde volumen, højden for det våde volumen, og bassinets skråningsanlæg er kendt. Radiussen bestemmes ved ligning (5.1) til 15,3 meter.

$$V_v = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h_v \cdot \left(r^2 + (r + a \cdot h_v)^2 + r \cdot (r + a \cdot h_v)\right) \tag{5.1}$$

Hvor:

V_v	er det permanente våde volumen [m^3]
h_v	er vanddybden af permanent vådt volumen [m]
r	er radiussen af bunden af bassin [m]
a	er skråningsanlægget af bassin [-]

Vanddybden af forsinkelsesvolumen beregnes til 1,45 meter, med formlen (5.2) ved at benytte forsinkelsesvolumen af bassinet.

$$V_v + V_f = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot (h_v + h_f) \cdot \left(r^2 + (r + a \cdot (h_v + h_f))^2 + r \cdot (r + a \cdot (h_v + h_f))\right) \tag{5.2}$$

Hvor:

V_f	er forsinkelsesvolumen [m^3]
h_f	er vanddybden af forsinkelsesvolumen [m]

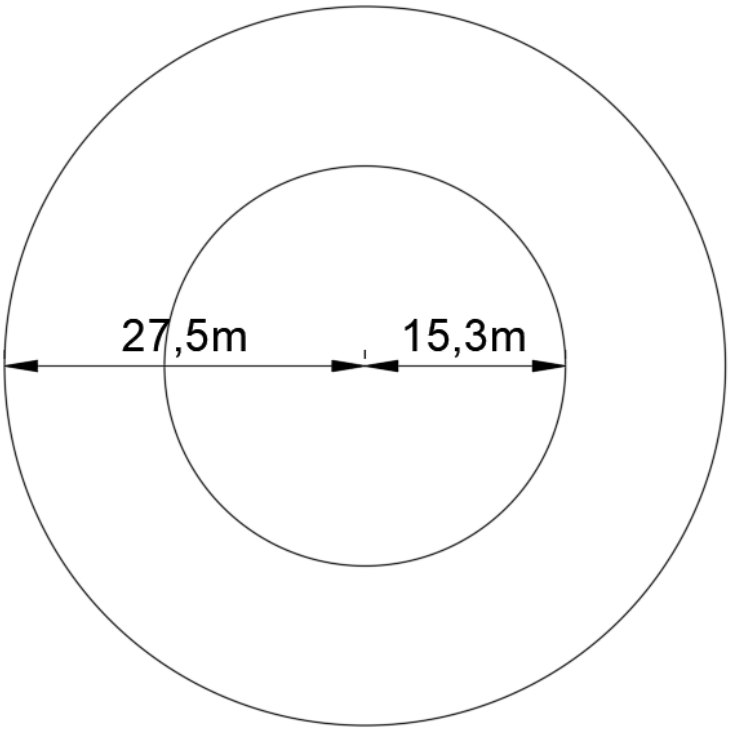
Overflade-radiussen af bassinet, når bassinet er fyldt, med et volumen på 3636 m^3, er beregnet med formel (5.3) til 27,5 meter.

$$R = r + a \cdot (h_v + h_f) \tag{5.3}$$

Hvor:

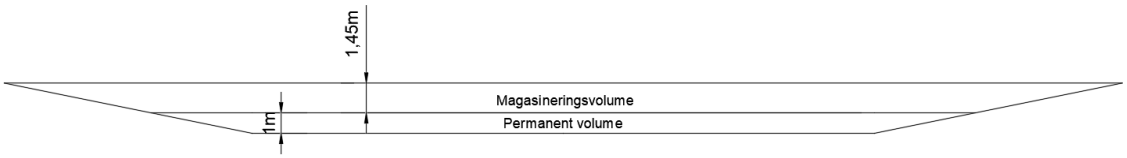
R | er radiussen øverst i bassinet $[m]$

På figur 5.5 ses det projekterede regnvandsbassin, med mål for bunden og vandspejlet når bassinet er fyldt.



Figur 5.5. Regnvandsbassinet set ovenfra; bund radius og top radius.

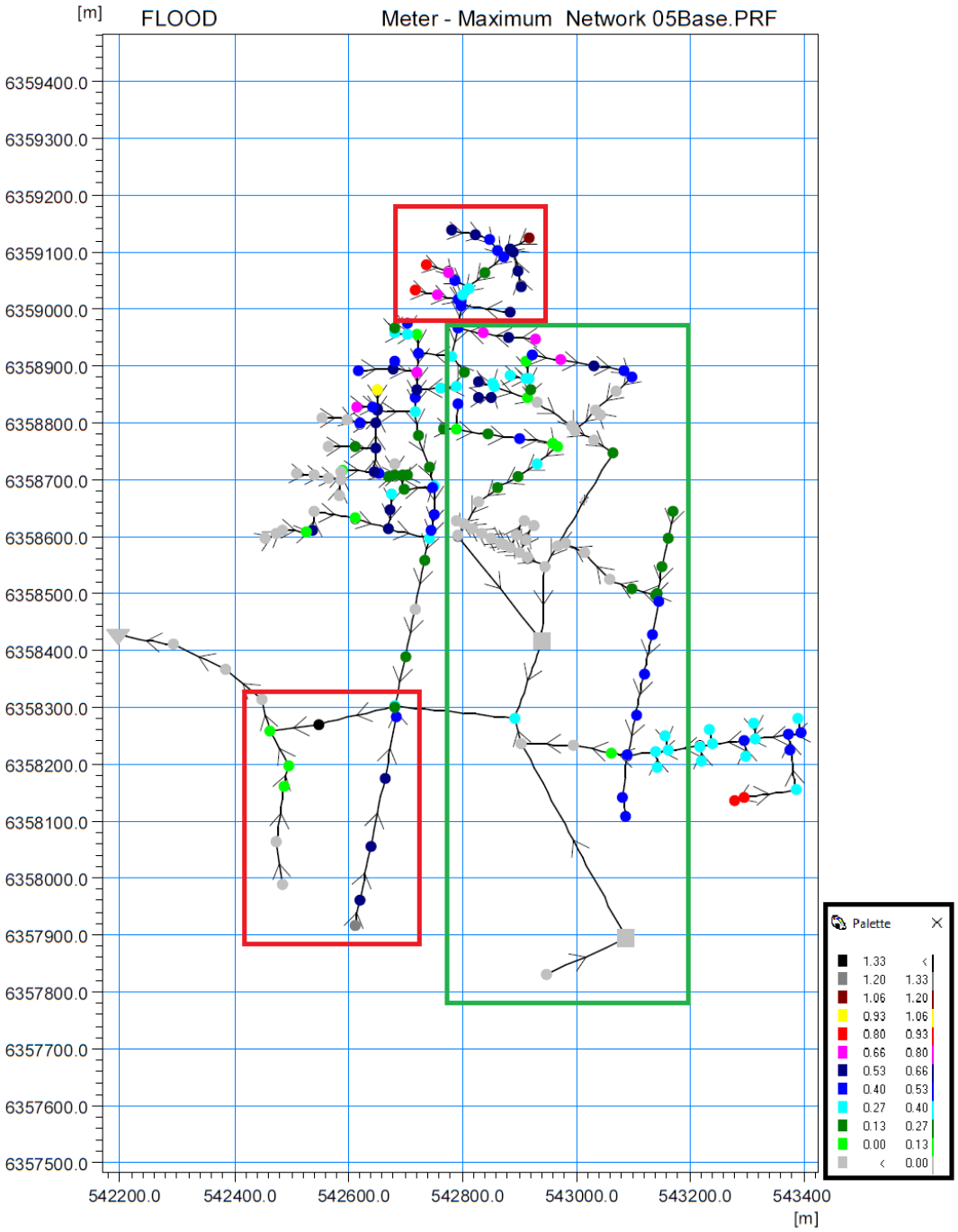
På figur 5.6 ses tværsnittet af det projekterede regnvandsbassin.



Figur 5.6. Tværsnit af regnvandsbassinet med højder.

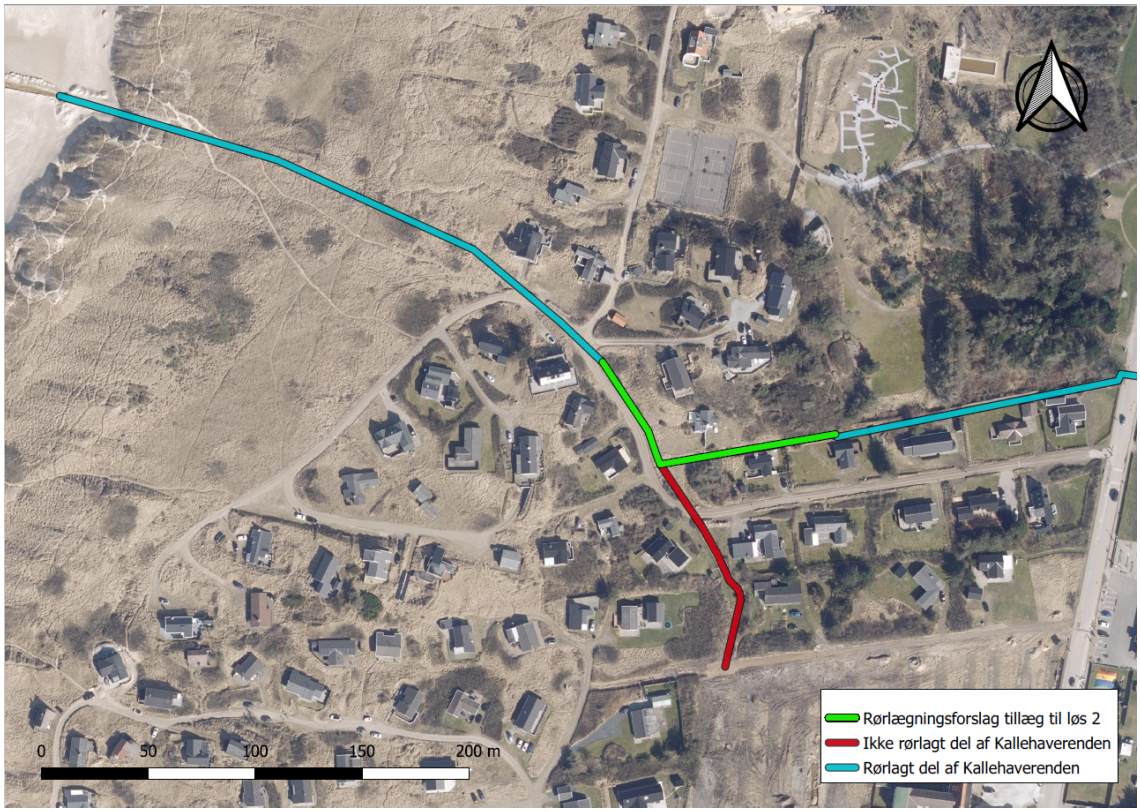
3. Step - Modellering af løsning 2

Resultatet efter simulering af løsningsforslag 2, ses det at FLOOD modellen viser, at der ikke sker opstuvning af vand i bydelene lige vest for Hovedvej 55 (markeret med grøn), hvor SuperBrugsen er beliggende. Dertil er opstuvningsniveauet faldet i stort set hele midtbyen, bortset fra den mest nordlige del hvor regnlednings dimensionerne lyder på ø200 og derfor er meget underdimensioneret. Søndergade ses også stadigvæk påvirket af regnvand og resultatfilen viser en opstuvning på 0,5 m. Bydelene som løsningen ikke har indvirkning på, er markeret i røde kasser på figur 5.7.



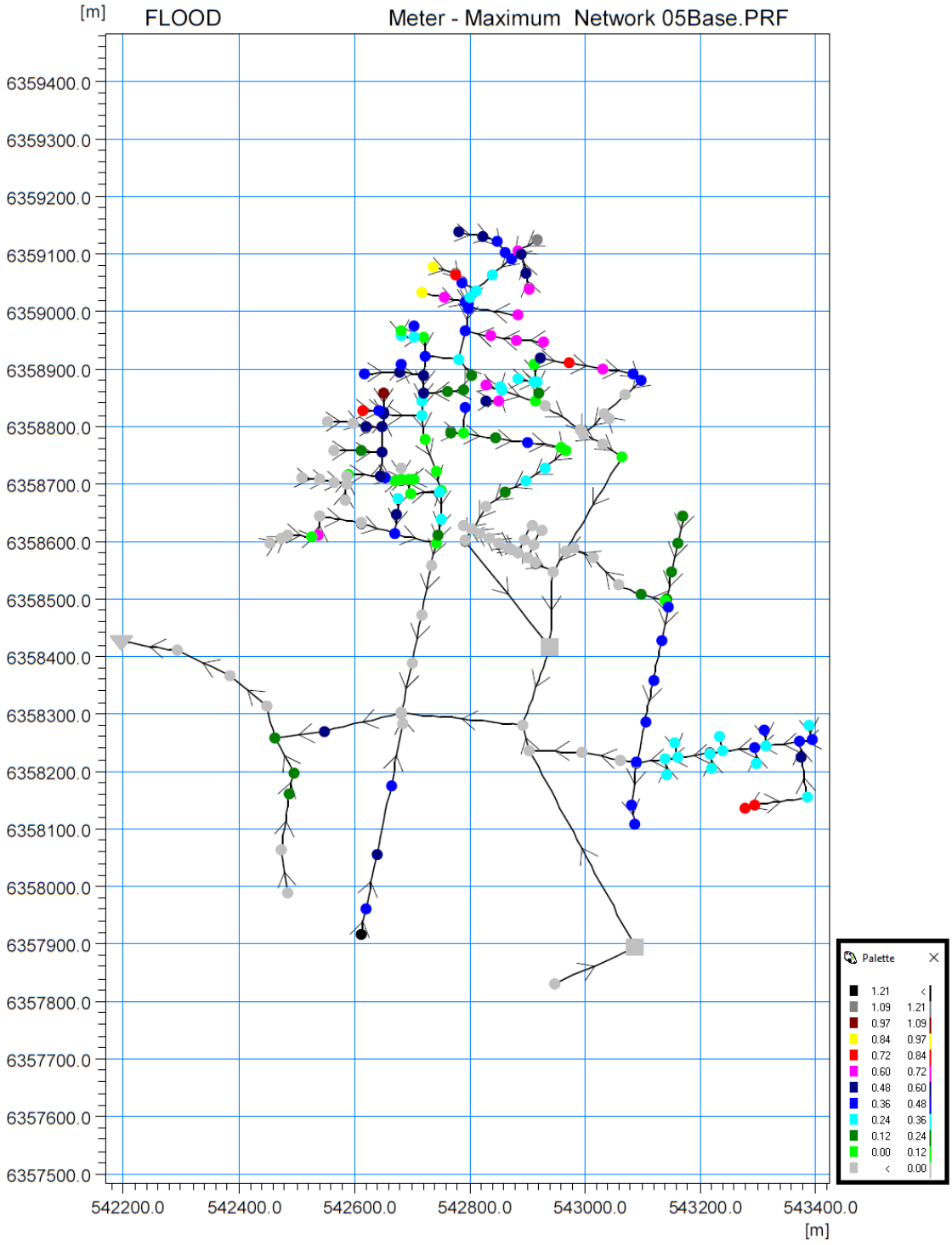
Figur 5.7. Simulering efter etablering af løsningsforslag 2. Resultater er i meter over dækselkote.

Simuleringen viser samtidig, og på trods af løsningen, at der stadig vil ske en stor opstuvning af vand ved brønd AUT01794. Derfor vil man med fordel kunne etablere enkelte dele fra løsningsforslag 1, til reducering af denne opstuvning. Elementet som kan anvendes fra løsningsforslag 1, er at rørlægge to strækninger af Kallehaverenden vest for Hovedvejen. Strækningerne er markeret med grøn på figur 5.8.



Figur 5.8. Rørlægning af ekstra strækning af Kallehaverenden vest for Hovedvejen.

Ved at rørlægge strækningen som anvist, vil der stadig ske opstuvning ved AUT01794, men denne vil være reduceret til 0,4 m kontra mere end 1,33 m. Denne reduktion vil resultere i at der ikke vil blive oversvømmede sommerhuse, men at kronekanten på renden vil holde vandet i renden. Det skyldes at dækselkoten AUT01794 er placeret 0,75 m nede i renden. Rørlægningen er simuleret i MIKE URBAN, og har givet følgende resultater.



Figur 5.9. Modellering i MIKE URBAN af tillæg til løsning 2. Resultater er i meter over dækselkote.

Ved modelleringen ses det at løsningen på oversvømmelserne i Kallehaverenden er fundet. Løsningen er acceptabel da der ikke sker opstuvning af vand, over kronekanten på Kallehaverenden. Derfor sker der ej heller opstuvning af vand inde i ferieboligerne, som under regnen den 9. august 2021.

5.2.3 Økonomi - Løsning 2

Løsningsforslag 2 er meget mere økonomisk omfattende, da der skal indrettes mandskabsplads, materialegård og deponieringsplads. Dertil er anlæggelsen af bassinet et noget større projekt, end blot at rørlægge en strækning. Figur 5.10 viser budgettet for anlæggelsen af et regnvandsbassin, som det løsningen indebærer øst for Hovedvej 55.

	Enhed	Antal	Ehedspris	Sum
Arbejdsplads				
Indretning + drift	sum	1	100.000 kr.	100.000 kr.
Bortskaffelse af overskudsjord	m3	4200	65 kr.	273.000 kr.
Forberedende arbejde				
Rydning af arbejdsområdet	sum	1	75.000 kr.	75.000 kr.
Sikring af mure, plankeværk og beplantning	sum	1	20.000 kr.	20.000 kr.
Muld og blødbundsarbejder				
Afrømning af muldjord	m2	1000	15 kr.	15.000 kr.
Tørholdelse				
Grundvandssænkning ved brug af sugespidsanlæg	sum	1	45.000 kr.	45.000 kr.
Råjordarbejder				
Levering og tilfyldning af nyt komprimerbart sand	m3	200	150 kr.	30.000 kr.
Græssåning				
Græssåning	m2	1000	10 kr.	10.000 kr.
Regnvandsbasin				
Udgravning af bassin	m3	2700	45 kr.	121.500 kr.
Vandledningsarbejder				
ø500 PVC tilløb bassin	lbm	50	1.295 kr.	64.750 kr.
ø315 PVC udløb bassin	lbm	100	995 kr.	99.500 kr.
Gravning for omlægning af vandledninger i ø110-200 PVC indtil 2m dybde	lbm	100	180 kr.	18.000 kr.
Kloakbrønde				
Brønd ø1250 Beton	stk.	2	5.500 kr.	11.000 kr.
Reguleringsbygværk ø1500 Beton	stk.	1	38.550 kr.	38.550 kr.
Diverse arbejder				
Sikring af ind og udløb med 2m ø600 betonrør	stk.	3	2.200 kr.	6.600 kr.
Diverse enhedspriser				
Mandskab	timer	30	400 kr.	12.000 kr.
Rendegraver	timer	15	600 kr.	9.000 kr.
Gravemaskine	timer	15	700 kr.	10.500 kr.
Gummiged	timer	15	650 kr.	9.750 kr.
Lastvogn	timer	10	650 kr.	6.500 kr.
Dumper	timer	15	650 kr.	9.750 kr.
Anlæggelsespris				985.400 kr.

Figur 5.10. Økonomi til løsning 2.

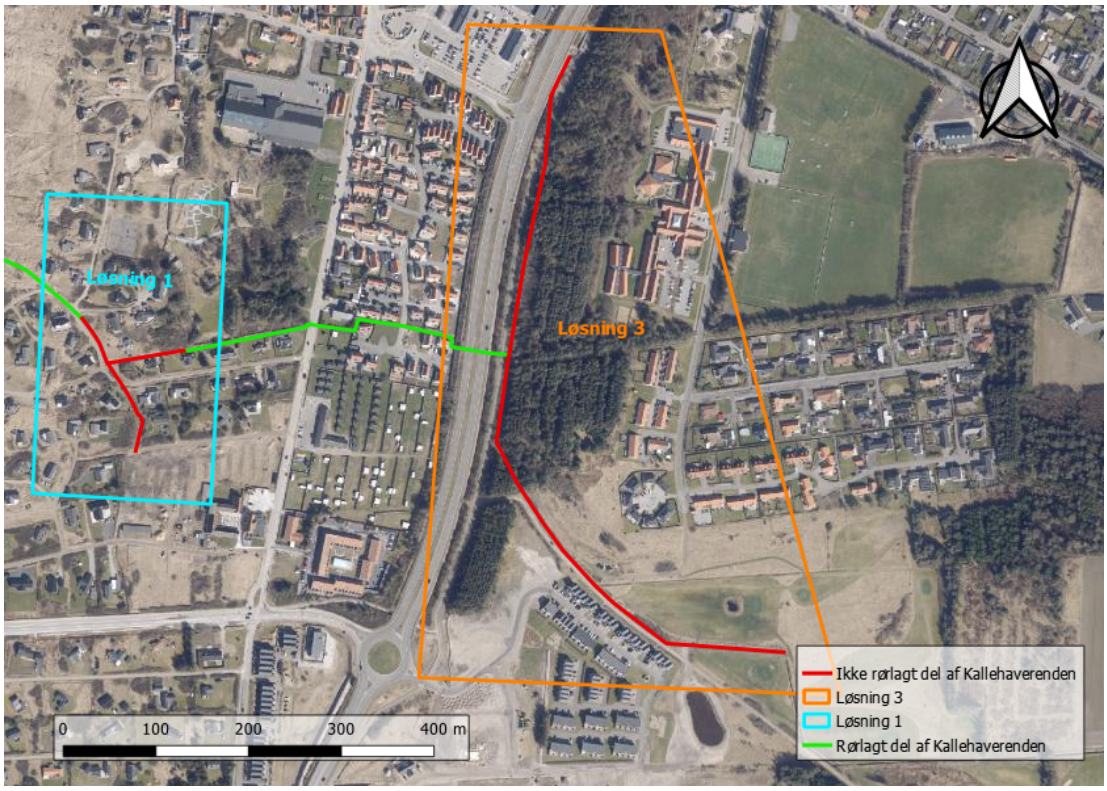
Som det ses på figur 5.10 og i bilag 8, så har løsning 2 en samlet anlæggelses pris på 985.400 kroner, hvilket er tangerende til maksimalbeløbet for et regnvandsbassin, af den dimensionerede størrelse må koste, ifølge strategiplanen vedtaget i Hjørring Vandselskab.

5.3 Løsning 3 - Rørlægning af grøfterne ledende til Kallehaverenden

Det sidste løsningsforslag vil undersøge, om det ved rørlægning af alle åbne grøfter som håndtere overfladevand i midtbyen, samt ved montering en vandbremse på stækningen, kan afhjælpe regnvandsproblemerne. En rørlægning af disse grøfter vil resulterer i ombygning af strækningen, som vist på figur 5.11.

Grøften der er markeret med rød derløber langs rute 55, og har 4 tilløb på strækningen. Det første tilløb i syd er det eksisterende regnvandsbassin, som håndterer regnvandet fra Nordlys kvarteret, samt det nye fritidsboligområde på 60 huse. Det næste tilløb er fra et bagvedliggende villakvarter, med 100 boliger. Det tredje tilløb er fra vejriste og overfladevand fra vejbanerne inde i midtbyen. Det fjerde og sidste tilløb er fra parkeringspladsen omkring SuperBrugsen.

Grøften markeret med rød leder til en samlebrønd, som starter den rørlagte del af Kallehaverenden under Josefineshave. Efter rørstrækningen under Josefineshave får renden igen åbent vandspejl, og her er starten på strækningen, af den del af Kallehaverenden som i Løsningsforslag 1 blev forslået rørlagt.



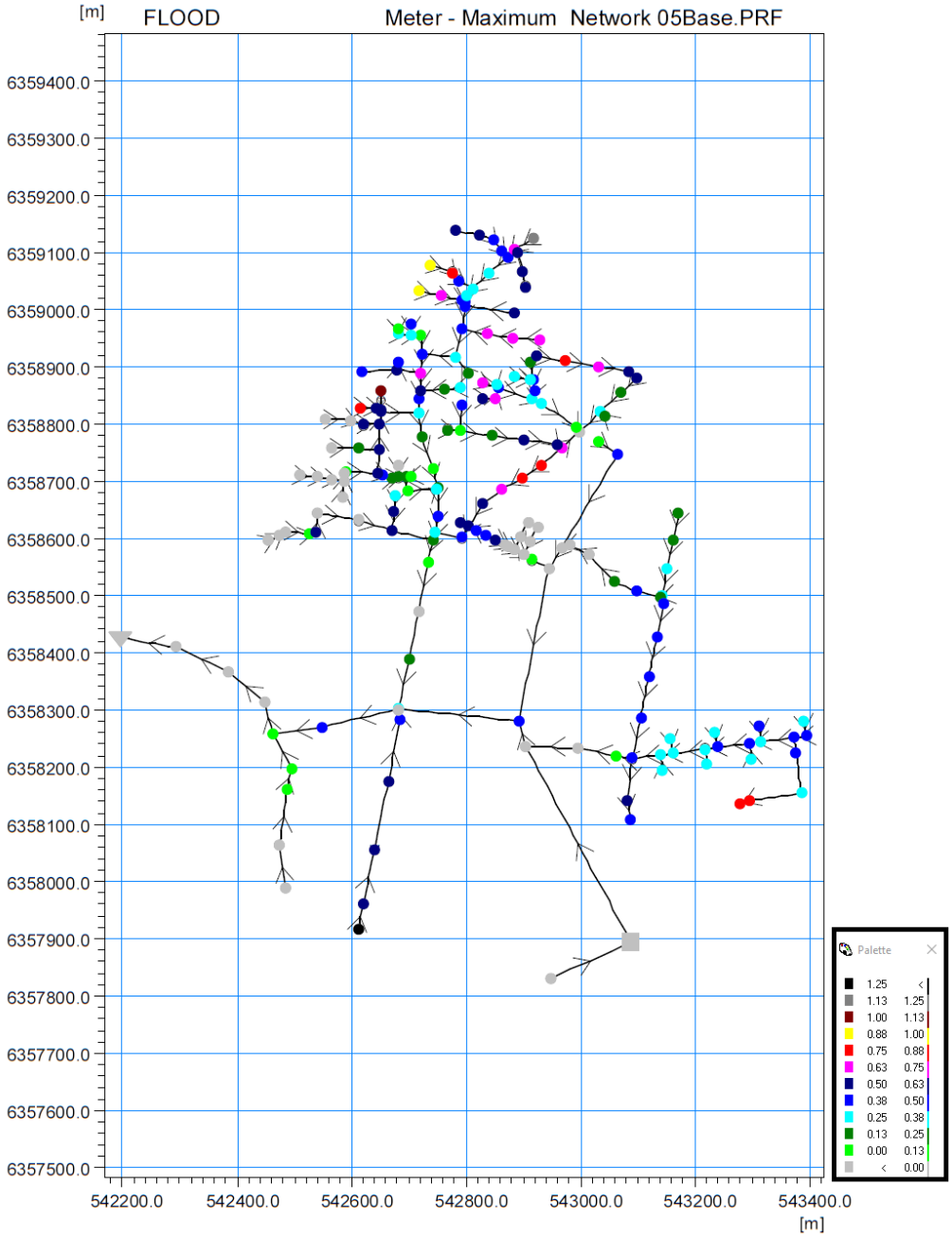
Figur 5.11. Løsning 1. og 3.

Det som modellen skal vise er, om det afhjælper problemet at have frit vandspejl i renden ubetinget at det i afsnit 4.2.1 blev konkluderet, at det både er ved udmundingen på stranden der er kapacitetsproblemer, men også langs grøften ved Hovedvej 55. Derfor er undersøgelsen omhandlende en rørlægning af grøften opstrøms Kallehaverenden. Det vil blive undersøgt om rørlægningen vil kunne mindske flowet i Kallehaverenden, og derved

vil kunne håndtere regnvandsmængderne.

5.3.1 Modellering af løsning 3

Løsning 3 er uden opmagasinerngsplads eller forsinkelsesbassin, og er et rent løsningsforslag til at øge kapaciteten i det nuværende system. Det vil sige at omlægge Kallehaverenden og de tilløbende grøfter til rørføringer. Det vil betyde at der ikke vil være bemærkelsesværdige friktionstab langs grøfterne og mindre vedligehold vil være nødvendigt. For at få dannet et kvalitativt billede af løsningens kvalitet, er der også kørt en simulering over forslaget. Resultatet kan ses herunder på figur 5.12.



Figur 5.12. Udklip af model løsning 3, viser opstuvning over terræn. Resultater er i meter over dækselkote.

Simuleringen af løsningen viser at opstuvningen i Kallehaverenden vest for Hovedvejen, er reduceret til samme acceptable niveau som løsningsforslag 2. Det ses dog også at opstuvningen på parkeringspladsarealet hos SuperBrugsen er undgået, men vejarealet og det store kryds ved Jyllandsgade er oversvømmet, med en opstuvning på 0,6 m. Derfor vurderes løsningen ikke som acceptabel, da denne kun løser 1/3 af problemerne.

5.3.2 Økonomi - Løsning 3

Økonomisk set har løsningsforslag 3 samme økonomiske rammer som løsning 1, da der ikke vil være driftsomkostninger ud over det almindelige minimale vedligehold. Derfor er det også i dette forslag anlægsfasen, som sætter de økonomiske præmisser. I priserne herunder er alt gravearbejde inklusiv i priserne. Herunder i tabel 5.3.2 ses anlægsprisen for rørlægningen af Kallehaverenden, fra tilløbet fra det eksisterende bassin på Laksen (Nordlys kvarteret) til tilløbet i nord fra vejriste og SuperBrugsens parkeringsplads.

Materiale	**Mængde**	**Enhedspris**	**Pris**
ø500 PVC	1000 m	1.500 kr./m	1.500.000 kr.
ø1250 brønde	4 stk.	35.000 kr./stk	140.000 kr.
ø1000 PP brønd	6 stk.	25.000 kr./stk	125.000 kr.
Ialt			1.765.000 kr.

Tabel 5.2. Materialeforbrug løsning 3.

MIKE URBAN simuleringen viste, at det ikke var tilstrækkeligt at rørlægge det ovenfor beskrevet, og derfor vil det være nødvendigt at øge kapaciteten på vest siden af Hovedvej 55, hvilket er løsningsforslag 1. Prisen for et effektivt løsningsforslag 3, er derfor betinget af løsning 1 også udføres. Det betyder at anlægsprisen for løsning 3 skal adderes med anlægsprisen for løsningsforslag 1. Den totale økonomi for løsning 3 er derfor:

Materiale	**Mængde**	**Enhedspris**	**Pris**
ø1000 Bt	140 m	4.000 kr./m	560.000 kr.
ø500 PVC	1200 m	1.500 kr./m	1.800.000 kr.
ø1250 brønde	7 stk.	35.000 kr./stk	245.000 kr.
ø1000 PP brønd	8 stk.	25.000 kr./stk	200.000 kr.
Ialt			2.805.000 kr.

Tabel 5.3. Materialeforbrug løsning 3 + løsning 1.

Som forklaret i analysen af løsningen, vil en rørlægning af grøften ikke i sig selv kunne klare problemstillingen, med at sikre kapaciteten i Kallehaverenden. Det vil derfor være en nødvendighed, at indsætte en vandbremse/reguleringsbygværk på øst-siden af hovedvej 55, for at bremse indløbet til ledningen under Josefineshave. En sådan vandbremse vil øge anlæggelses prisen med cirka 200.000 kroner, da der både skal anlægges reguleringsbygværk, samt indkøbes en vandbremse.

5.4 Sammenligning af løsningsforslag

I forrige afsnit er der fremsat 3 løsningsforslag. I dette afsnit vil disse blive sammenlignet og det bedste forslag vil blive vurderet, og valgt som bedste løsning til mindskelse af problematikkerne i Kallehaverenden. Sammenligningen vil ske på baggrund af analyse af løsningerne, og modellerne simuleret i MIKE URBAN. Samt de respektive løsningsforslags økonomiske poster.

Herunder er opstillet en tabel som viser de tre løsningsforslag og deres økonomier.

Løsningsforslag	**Anlæggelsespris**	**Effekt**
1. Rørlægning af Kallehaverenden	1.015.000	Mindre god
2. Regnvandsbassin i skovområde øst	985.400	Meget god
3. Rørlægning af grøfter og Kallehaverenden	2.805.000	Middel god

I tabel 5.4 ses det at den billigste og bedste løsning til at mindske risikoen for opstuvning af vand i Løkken midtby, og til at mindske kapacitetsproblemerne i Kallehaverendens udløb på Løkkenstrand, er løsning 2 med anlæggelse af et 2636 m^3 magasinerings volumen i et permanent vådt regnvandsbassin i området øst for Landeveje 55. Bassinet vil skulle placeres på Kommunens areal, og derfor har Hjørring Kommune et godt kendskab til området. Dertil er det vurderet at et rekreativ område i skoven med en flot sø, vil kunne øge attraktivværdien af den ellers kedelige skov, og vil måske kunne omdannes til fælles areal for det omkringliggende plejecenter og børnehus. Kommunen vil desuden kunne drifte og vedligeholde arealet omkring bassinet samtidig, med den daglige drift på plejecenteret.

Løsningsforslag 1 er ikke meget dyrere end Løsning 2, men modellen af løsningen som blev kørt i MIKE URBAN viste at problemerne med kapaciteten i Kallehaverenden ikke blev løst, men blot flyttet længere nedstrøms til selve udløbet. Løsningen vil også kræve at Hjørring Kommune enten eksproprierer eller indgår aftaler med lodsejere for at rørlægge de dele af Kallehaverenden som er privatejede.

Løsningsforslag 3 er den absolut dyreste løsning, og den løsning som vil kræve det længste rørlægningsarbejde. Rørlægning af grøfterne langs Hovedvej 55, og vest-delstrækningen af Kallehaverenden, er en strækning på 1330 m. Rørlægningen vil kræve meget indbygger-involvering, da der er en del private lodsejere som skal indgå forlig med Kommunen, for at rørlægningen af deres ejendom kan blive en del af løsningen. Derudover vil det kræve at vejdirektoratet indvilliger i at rørlægge grøften langs Hovedvej 55. Modellen af løsning 3 viste desuden at en eller flere vandbremser i systemet vil være en nødvendighed og sådanne vil øge anlægsprisen med cirka 200.000 da det vil indebærer et reguleringsbygværk som både består af en brønd, vandbremse samt et overløbsbygværk.

Det betyder at løsning 3 inden færdigmeldelse, vil koste 2.925.000 kroner og være uansvarligt at anlægge når en bedre løsning med forslag 2 koster 1.966.100 kroner mindre.

Den vurderede og bevist bedste løsning er derfor; Løsningsforslag 2, med en anlæggelsespris på 958.000 alt inklusiv også skovfældning.

Vurdering af projekt 6

6.1 Vurdering af antagelser og forbehold i projektet

Afgangsprojektet er udelukkende omhandlende regnvandsproblemer i turistbyen Løkken, og løsningsforslag til problemerne med oversvømmelse af bydelene. Det er derfor forsøgt at belyse problematikkerne fundet i tidligere praktikperiode. Problemerne relaterer sig til øgede regnvandsmængder under nedbør som resultatet af flere års byudvikling. De sidste 20 år er byen vokset med 12 - 15 Ha hvilket har resulteret i ca. 8 Ha ekstra befæstet areal. Byggemodningerne af de nye bydele er foretaget uden kontrol af kapaciteten i de aflastende recipienter samt kanaler. Dermed er der gennem de senere år blevet voksende belastningsgrader på systemerne, og nu kræves der ændringer for at mindske risikoen for oversvømmelser. Derfor er det som forklaret denne rapports bedste løsningsforslag at anlægge et regnvandsbassin på Hjørring Kommunes arealer i Løkken.

Regnvandsbassinet er i rapporten dimensioneret ved hjælp af Spildevandskomitéens hjælpeværktøj. Bassinet er derfor udelukkende dimensioneret ved beregning af regnintensiteter, vandmængder og flow, og ikke på baggrund af stofafsætning i bassinet, selv om at store dele af det afstrømmende regnvand afstrømmer fra busterminalen og vejarealer. Der kan derfor stilles spørgsmål ved effekten af bassinet, set fra stofudledningens perspektiv. Dimensioneringsmetoden er dog valgt da der i udgangspunktet jo i nuværende system er direkte udledning til recipienten og der ikke er problemer med dennes plante og dyreliv. Hertil er det desuden vurderet at tilløbet til recipienten er placeret 630 meter fra recipientens udløb til Vesterhavet, og hvor kun de 100 meter af strækningen ikke er rørlagt, derfor er der ikke stor risiko for sedimentering af iltforbrugende stoffer i bunden af vandløbet.

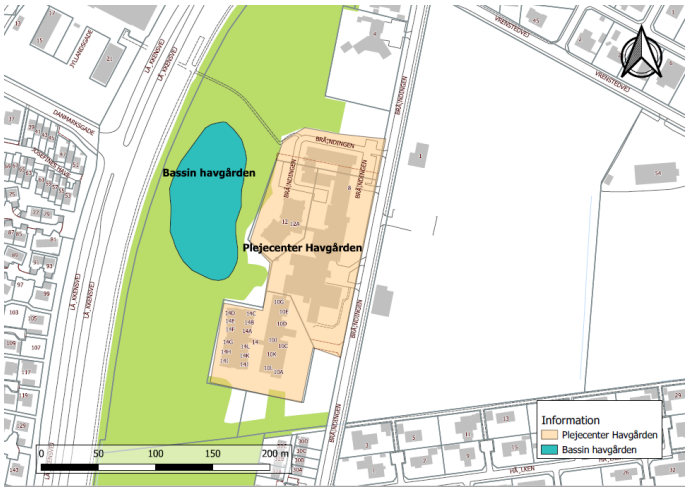
Til bestemmelse af dimensionerende regnhændelse, er som forklaret benyttet en Chicago Design Storm med en gentagelsesperiode på 5 år. Hvilket kan ses som en overdimensionering, da der oftest benyttes en gentagelsesperiode på 1 år for regnvandssystemer. Dette er gjort da der i fremtiden forventes flere større byggemodninger i Løkken og samtidig forventes en fortætning af boliger i midtbyen. I den nordlige del af midtbyen er der planlagt renovering og omlægning af regnvandsledninger, til større og korrekte dimensioner. Det vil resultere i en hurtigere og større afstrømning til midtbyen, og dermed til det nye bassin. Forøgelsen er der taget højde for ved at benytte den større regnintensitet (Klimafaktor) og regnhændelse, og dermed overdimensionerer opmagasineringsvolumet.

6.2 Konklusion

Målet med dette afgangsprojekt var at evaluere delvist på løsningsforslag fra undertegnedes praktikforløb, omhandlede opstuvning af vand på terræn, samt en vurdering af bedre løsninger som foreksempel anlæggelse af et regnvandsbassin et sted i byen. Til en start blev det vurderet hvilke strækninger som en løsning med delvis rørlægning vil indebære, kontra en løsning med fuld rørlægning af Løkkens grøfter og Kallehaverenden. Det blev analyseret at der var variation i behovet for rørdimensioner, og derfor blev det vurderet at strækningerne af Kallehaverenden skulle rørlægges med ø1000 mm, som er den dimension som findes opstrøms i byen langs Søndergade. Løsningerne med rørlægning af de eksisterende åbne vandløb viste sig ikke at kunne øge kapaciteten tilstrækkeligt nedstrøms ved Kallehaverendens udløb.

Derfor krævede det mere end blot en forøgelse af kapaciteten, og derfor blev der fremsat en løsning, som ville opmagasinere og forsinke store dele af midtbyens regnvandsafstrømning. Bassinet er dimensioneret som et vådtbassin med et magasineringsvolumen på $2636\,\mathrm{m}^3$. Placeringen af det dimensionerede bassin, blev vurderet i forhold til 2 krav, det første krav var tilgængelighed for Hjørring Kommune altså med hensyn til ejerforhold og om kommunen ejede jorden eller denne skulle købes. Derudover var et kriterie, vedrørende mængden af omlægning af det nuværende kloaksystem, og fælles for begge kriterier er økonomien bag. Placeringen af bassinet blev valgt som værende i skovområdet øst for Landevej 55. Placeringen blev også valgt med tanke på at bassinet kan fungere som et rekreativt og fælles område for beboerne på Plejecenter Havgården og børnehuset hyttefadet beliggende lige ned til bassinet. Bassinets placering ved plejecenteret kan ses på figur 6.1

På baggrund af modelopbygning i MIKE URBAN og tilhørende simulering, blev det derfor vurderet og konkluderet at løsningsforslag 2 er den bedste løsning. Løsningen sikrede at midtbyen ikke længere vil være svært oversvømmet under en 5-års regn, og derfor vil 80% af de fundne problemer med regnvandssystemet under praktikken være løst. Løsningen ender med at have en samlet økonomisk post på 985.400 kroner, hvilket er 1.819.600 kroner billigere end den fremsatte løsning fra praktikforløbet, indeholdende en total rørlægning af Kallehaverenden.



Figur 6.1. Bassinets placering ved plejecenteret.

6.3 Perspektivering

Fremtiden for vores alles klima, er i en rivende ændring, hvor mange forudsigelser forsøger at konkludere på fremtidens vejr og temperaturer. Derfor er forsyningsbranchen i en rivende udvikling for kloaksystemerne er en uset vigtig del af vores alles hverdag. Hvis klimaet ændrer sig i en sådan grad, at problemer med håndteringen af vores spildevand og regnvand bliver et voksende problem, vil det ikke blot være til irritation for alle. Det vil også udvikle sig til at blive et sundhedsfarligt problem, og derfor er det uhyre vigtigt at forsyningerne er så godt forberedte som overhovedet muligt på håndtering af større regnmængder og-intensiteter.

Klimaforandringerne stiller derfor flere og større krav til omstillings-parathed og fleksibilitet i kloak løsninger og byernes design. I et forsøg på dette er det forsøgt at fremsætte et dynamisk løsningsforslag, til de allerede nu begyndende problemer i Løkken. Løsningsforslaget er designet til de forventlige regnintensiteter i større omfang end tidligere løsninger. Dertil er det tiltænkt at hvis fremtiden byder på større udfordringer end dimensioneringen tager højde for, er det en nemmere opgave at udvide kapaciteten uden det kræver store omlægninger af det anlagte system. Netop dette er en vigtig detalje specielt i byer hvor dele af kloaksystemet er gamle. Grunden til dette er at selvom en god model har vist at dimensioner og kapacitet er acceptable og sikre, så er virkeligheden bare nogle gange noget andet.

I praktikken blev der fundet massive mængder, af uvedkommende vand i spildevandskloakken. Faktisk var spildevandsmængden på Løkkens sidste pumpestation 3,4 gange større end den solgte vandmængde hos vandværkerne. Det betyder at mængden af uvedkommende vand i form af indsivning og fejlkoblinger er 2,4 gange større end Løkkens samlede vandforbrug. Der vil derfor også være uvedkommende vand at finde i regnvandsledningerne, da Løkken indeholder mange meter gamle utætte regnvandsledninger. Disse fungerer som dræn og vil mindske kapaciteten i systemet under nedbør, hvilket stiller større krav til både ledninger og bassiner. Uvedkommende vand er en besværlig mængde at dimensionere for, da mængdene er meget varieret over året på grund af grundvandsspejlets niveau og desuden kendes alle ledningers fysiske index ikke. Altså det er svært, at finde et konkret tal for indsivningsmængden. Uvedkommende vand vurderes derfor indregnet ved dimensioneringen med tillægs-faktorene forklaret herunder.

Udover uvedkommende vand i regnvandssystemer skal fremtidens klimaændringer også forsøges at håndteres allerede i nutidige løsninger, og dette kan altså ses på spildevandskomitéens nyeste skrifter, som inddrager voksende klimafaktorer, der øger de dimensionsgivende regnintensiteter. Yderligere tiltag for sikring af det dimensionerede bassin er foretaget, ved tillægge et sikkerhedsvolumen på 20% af bassinets volumen, samt en benyttelse af en opjusteret klimafaktor, altsammen for at sikre Løkken midtby i endnu større grad.

Litteratur

2022, Anders Vittrup Rasmussen. 2022, Anders Vittrup Rasmussen. *Uvedkommende vand i Løkken*. Praktikrapport - Bilag 5.

Danmarks Meteorologiske Institut, **2022**. Danmarks Meteorologiske Institut. *Vejledning i anvendelse af udledningsscenarier*. `https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Bruger_upload/Raadgivning/Vejledning_i_anvendelse_af_udledningsscenarier.pdf`, 2022. Downloadet: 16-05-2022.

DANVA, **2018**. DANVA. *Indsats mod uvedkommende vand.* `https://www.danva.dk/nyheder/2018/indsats-mod-uvedkommende-vand/`, 2018. Downloadet: 07-06-2022.

Klimatilpasning, **2021**. Klimatilpasning. *FNs klimascenarier*. `https://www.klimatilpasning.dk/viden-om/fremtidens-klima/klimascenarier/`, 2021. Downloadet: 16-05-2022.

Ministeriet for fødevarer landbrug og fiskeri, **2021**. Ministeriet for fødevarer landbrug og fiskeri. *Historien bag den danske vandmiljøindsatsr*. `https://fvm.dk/landbrug/nitratdirektivet/historien-bag-den-danske-vandmiljoeindsats/`, 2021. Downloadet: 16-05-2022.

Spildevandskomitéen, **2014**. Spildevandskomitéen. *Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter, skrift nr. 30.* `https://ida.dk/media/2994/svk_skrift30_0.pdf`, 2014. Downloadet: 08-06-2022.

Bilagsoversigt A

- Bilag 1 - Praktikrapport
- Bilag 2 - Bassin dimensionering, hjælpeværktøj fra Spildevandskomitéens skrift 30
- Bilag 3 - MIKE URBAN nuværende status
- Bilag 4 - MIKE URBAN model løsning 1
- Bilag 5 - MIKE URBAN model løsning 2
- Bilag 6 - MIKE URBAN model løsning 2 incl. rørlægning
- Bilag 7 - MIKE URBAN model løsning 3
- Bilag 8 - Økonomi Løsning 2