


FORMÅL OG PROJEKTDELE

ET REVIDERET PROJEKTFORSLAG

Det reviderede projektforslag er udarbejdet i år 2018 og adskiller sig fra projektforslaget fra 2015 på følgende punkter:

- Regnvand renses og udledes fremfor nedsivning til grundvandet.
- Projektet indeholder ikke vinteromkobling til kloak, og anlægget er derfor funktionsdygtigt hele året.
- Der bruges linjeafvanding med rist til opsamling af regnvand før anlægget.

Projektforslaget består af disse 9 plancher, der udgør det primære afleveringsmateriale. Hertil hører en bilagsmappe med en samling af relevante baggrundsnotater og et tegningsæt. Der henvises til bilagsmappen med dette mærke: 

Hensigten med plancherne er at give et overblik over projektforslagets dele med mulighed for yderligere detaljer i bilagsmappen, hvor undersøgelser, beregninger og analyser fremgår.

FORMÅL

Lyngby-Taarbæk Forsyning og Lyngby-Taarbæk Kommune har ved at indgå en medfinansierings aftale (bilag 1.1) er gået sammen om at gennemføre et klimatilpasningsprojekt med det formål at håndtere regnvand i Bondebyen. Det gøres fordi:


1. Det forventes, at der over de næste 100 år vil falde 30% mere regn.
2. Kloakkerne i kvarteret har svært ved at følge med den øgede mængde regn, da der er fælleskloakeret, dvs. at regnvand og spildevand løber i samme ledning. Samtidig er renseanlægget, som renser spildevandet fra kloakken overbelastet.

Derfor er det nødvendigt at klimatilpasse Bondebyen, for at Lyngby-Taarbæk Forsyning kan leve op til dets servicemål (se under Definition på planche 2), og der kan blive lavet tiltag, som at fjerne regnvand fra fælleskloakken, og lede både hverdagsregn og skybrudsregn de rette steder hen.

PROJEKTETS VISION

Klimatilpasningsprojekt Bondebyen skal ved hjælp af regnvandsløsninger på terræn håndtere og lede hverdagsregn til et fremtidigt grønt byrum, der teknisk set er et spildevandsteknisk anlæg (kaldet anlægget), som har til formål at rense hverdagsregnen inden det udledes til Mølleåen. Ved skybrud skal vejene i kvarteret kunne styre vandet på overfladen til Mølleåen.

Det grønne byrum i Bondebyen tilpasses den historiske Lyngby Bondeby og skal have et udtryk, der er grønt for at imødekomme nedsivning til opsamlingslag (se planche 5). Beplantningen skal imødekomme de tekniske krav (som uddybes på planche 6) og være let at vedligeholde.


Der er for projektforslaget udarbejdet et målsætningskema vist i . Nedenstående diagram viser, hvilke målsætninger projektet prioriterer.

PROJEKTETS DELE

Klimatilpasningsprojekt Bondebyen er inddelt i fire geografisk placerede deløsninger:

1. VEJE

Vejene omfattet af dette projekt er den nordlige del af Gl. Lundtoftevej, Nørregade, Lyngbystræde og Asylgade (vejene udgør til sammen et vandopland). Der vil blive arbejdet med følgende tiltag:

- Alle vejriste nedlægges, da regnvand fremover skal løbe på vejene. Det har betydning for adfærd - se mere på planche 8.
- Der etableres linjeafvanding på den sydlige del af Nørregade og på strækningen af Gl. Lundtoftevej nord for anlægget. Dette dels for at kunne opsamle regnvandet og lede det til anlægget, som beskrevet i deløsning 2 nedenfor.
- Vejene nord for anlægget vil i en skybrudssituation fungerer som skybrudsveje, der leder regnvand til anlægget. Derfor skal kantstenshøjden på vejene ikke reduceres ved fremtidig vedligehold af vejene.
- Der er udført trafiksikkerhedsrevision og tilgængelighedsrevision på ændringerne af vejene, se 

2. SPILDEVANDSTEKNISK ANLÆG (ANLÆGGET)

Et spildevandsteknisk anlæg udformet som et grønt byrum, der tager afsæt i en moderne fortolkning af et gadekær og en omkringliggende forde. Anlægget opsamler og håndterer regnhændelser op til en 5-års regn, dvs. det der defineres som hverdagsregn (se planche 2). Regnvandet ledes ind i anlægget via linjeafvanding. Indløbspunkt til anlægget placeres, så vandet ledes ind i det våde bassin, der fungerer som et forbassin dvs. et mindre vådt bassin, som opsamler størstedelen af forureningen vha. sedimentation/bundfald, se mere på planche nr. 4 og 5. På græsset i det grønne område (forten) renses regnvandet tilstrækkeligt ved nedsivning gennem vegetation og filterjord før det opsamles og udledes til Mølleåen.

3. TRANSPORT AF REGNVAND

Strækningen på Gl. Lundtoftevej syd for anlægget laves til en skybrudsvej og kantstenen hæves til maks. højde på 12 cm, hvor det er nødvendigt og fortovet tilpasses (se planche 3). På denne strækning vil der også blive nedgravet en ny regnvandsledning, der leder det rensede vejvand fra anlægget til Mølleåen (til udledning af hverdagsregnen).

4. UDLEDNING TIL MØLLEÅEN

Udledning af hverdagsregn til Mølleåen sker via en ledning til Møledammen. Skybrudsvand fra Bondebyen og Gl. Lundtoftevej styres ud i Møledammen ved terræændringer, dvs. fortov sænkes og der afgraves jord ud mod Møledammen for etablering af flade der leder skybrudsvand til Møledammen.

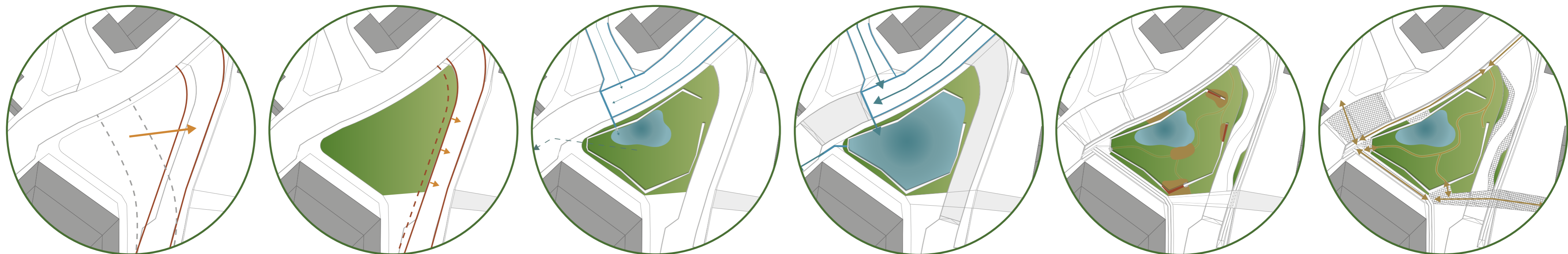
4. SKYBRUDSLØSNING VED MØLEDAMMEN

Situationsplan, tegning nr. 1, 1:1.000

Situationsplan, tegning nr. 1, 1:1.000



KONCEPT FOR ANLÆGGET



2.1 PETER LUNDS VEJ FORLÆGGES
For at skabe plads til et nyt byrum forlægges Peter Lunds Vej og Bondebyen får 2 trebenede kryds fremfor ét 4-benet. Det er trafikikkerhedsmæssigt mere sikkert og skaber plads til et anlæg/byrum.

2.2 ET BYRUM INDPASSERES
Vejens forlægning skaber et friareal og Peter Lunds Vejs bredde tilpasses 30 km/t zonen, så vejen bliver 5,5 m bred for dobbeltrettet trafik. Samtidig fjernes den grønne rabat og det nye byrum får et areal på knap 600 m².

2.3 LINJEAFVANDING OG HVERDAGSREGN
Når det regner løber vandet til linjeafvanding, som indplaceres på de flade vejstrækninger for anlægget. Linjeafvanding leder vandet til det våde bassin og vandet renses i det omkringliggende grønne område med indbygget filtermuld, som renser vandet før det udledes til Mølleddammen via en ny ledning i Gl. Lundtoftevej.

2.4 HÆVEDE FLADER OG SKYBRUD
For at kunne styre regnvandet etableres to hævede flader - de sikrer, at regnen løber i anlægget. De hævede flader får integrerede overgangszoner for fodgængere, og virker som fartdæmpere for trafikken.

2.5 OPHOLD I DET NYE BYRUM
Det nye anlæg omkranses af en multifunktionel kant i beton, som holder vandet inden for anlægget, og som man kan sidde på i sammenhæng med tre områder i det grønne. En lille græssti vil forbinde opholdsstederne i det grønne område.

2.6 BROSTEN TIL BONDEBYEN
På udvalgte flader indarbejdes chaussésten (både klovede (knoldede) og jetbrændte (jævne), der passer til Bondebyens karakter. Chausséstenene har desuden fartnedsættende virkning, da de er mest behagelige at køre over ved lav hastighed, mens jetbrændte sten (dvs. sten med jævn overflade) vil blive anvendt for at øge tilgængeligheden i overgangszonerne for fodgængere.

FORTÆLLING FORTEN OG GADEKÆRET

En 'forte' er en gammel betegnelse for den grønne, åbne og græsbelagte plads midt i landsbyen. Forten var fællesseje og blev benyttet som græsningsareal for kvæget, der blev lukket ind på fortens omfavnelse. Typisk var der sammen med fortens et gadekær, der fremstod som en lille sø.

EN MODERNE FORTOLKNING

I Klimatilpasningsprojekt Bondebyen får historien om gadekæret og fortens nyt liv i en moderne fortolkning. Kvarteret får et spildevandsteknisk anlæg - et regnvandsanlæg til rensning af regnvand - der forklares som en "moderne forte" med gadekær. Løsningen er teknisk, men målet med projektet er også, at det vil fremstå som et grønt byrum, der passer ind i Bondebyens landsbykarakter.

Historisk har der ligget en bygning kaldet Strygejernets på placeringen for det nye spildevandstekniske anlæg. Strygejernets grundplan var trekantet og mellem bygningen og naboerne mod syd (Peter Lunds Vej 7-13) gik en lille sti, som hed Grisestien. Begge disse historiske elementer kan overvejes i senere faser af projektet, hvor der eventuelt kan laves referencer til fortens.

DEFINITIONER

HVERDAGSREGN

Hverdagsregn er defineret som regnhændelser, der statistisk forekommer op til hvert 5. år (teknisk benævnt T5). Det er det niveau, som et kloaksystem skal kunne håndtere, når området er separatkloakeret (se nedenfor). Dette kaldes også for serviceniveau og er bestemt i kommunens spildevandsplan. En hverdagsregn T5 er altså regn, som regnvandskloakerne, eller regnvandsløsninger på overfladen skal kunne håndtere uden, at der sker oversvømmelser til omgivelserne.

Hverdagsregnen er styrende for dimensioneringen af anlæg til regnvand. Ved hverdagsregn må der ikke opleves gener forbundet med regnvandshåndteringen. Et spildevandsteknisk anlæg til regnvand, såsom det våde bassin og det grønne område omkring mv., skal derfor kunne rumme det samlede vandvolumen fra en hverdagsregn.

SKYBRUD

Skybrud er defineret som regnhændelser større end hverdagsregnen. Ved skybrud er det acceptabelt, at regnvand magasineres eller afstrømmer på arealer, hvor regnen i en periode kan være til gene for brugere og beboere (eks. på parkeringsarealer, vejarealer og gangstier). Skybrud må dog ikke kunne medføre skader på bygninger, anlæg og køretøjer mv.

Strømningsveje og magasinering af skybrudsvand er indtænkt i projektet for at sikre, at overfladevandet under skybrud styres, transporteres og magasineres på steder, hvor det skaber færrest gener og ikke forårsager skade på bygninger eller sårbare installationer. Projektet håndterer en skybrudsregn op til en 100-års regnhændelse (teknisk benævnt T100). Når det regner mere er det en beredskabssituation.

FÆLLESKLOAKERET

En fælleskloak er betegnelsen for den kloakledning, der leder både spildevand (det vand der kommer fra køkkenvasken, toiletet, gulvafløbene o.l.), regnvand og overfladevand til det fælles kommunale rensningsanlæg.

SEPARATKLOAKERET

I et separatkloakeret system adskilles spildevand og regnvand. Dette sker, fordi regnvand ikke er forurenset i samme grad som spildevand, og derfor kan vandet efter let rensning ledes til nærmeste sø, vandløb eller hav, mens spildevandet er urent og skal renses i et rensningsanlæg. Separatkloakeringer aflaster kloaksystemet og forhindrer unødige udledninger (overløb) af opblandet regn- og spildevand i forbindelse med regnvejr, der forurenser miljøet.



Plantegning af anlægget i Bondebyen, tegning nr. 3, 1:200



KLIMATILPASNINGSPROJEKT I BONDEBYEN

REVIDERET PROJEKTFORSLAG

TRAFIK, LINJEAFVANDING OG ANLÆG

NR. 4
PLANCHE

TRAFIKALE ÆNDRINGER

Den samlede oversigt over de trafikale ændringer og forudsætninger for trafik er samlet i bilagsmappen. **BILAG 9**

Tiltag med fartdæmpende virkning omkring anlægget:

- Alle nye tiltag dimensioneres til vejledende hastighed på 30 km/t svarende til eksisterende hastighedszone.
- De to hævede flader anlægges til skybrudsstyring og fartdæmper.
- En smallere Peter Lunds Vej (5,5m) på hævet flade og med to forsætninger.
- Kløvede brosten, der passer til Bondebyens karakter, forstærker de hævede fladers virkning og vil visuelt få Peter Lunds Vej til at fremstå smallere.

Linjeafvanding sættes i vejens sider, som vist på tegning 3 (planche 2), og vil have riste, der er skrid- og hælsikre for at øge trafikanternes sikkerhed.

MATERIALEVALG

Belægninger

- Asfalt udføres på vejfladerne.
- Chaussesten (granit i 10x10 cm) udføres på de hævede flader (se tegning på planche 2) i en blanding af forskellige nordisk granit (dvs. sten i grå, blålige og rødlige nuancer som passer til de eksisterende sten på Nørregade). Stenenes overflade vil være kløvet (knoldet/ujævn) med undtagelser af overgangszoner for fordgængere, hvor stenenes overflade er jetbrændt (dvs. jævn og lige) til fordel for fodgængere med køretøjer (barnevogne og kørestole m.fl.)
- Nye fortove laves med københavnertøbet (betonfliser i 62,5x80 cm) og rækker af chaussesten.

Materialer i anlægget

- Kanten på det våde bassin sættes i natursten (kampesten).
- Kanten omkring anlægget støbes i beton (in-situ) og udvalgte steder monteres træ til at sidde på.
- Stierne i anlægget vil fremstå som græsstier.

Ved Mølledammen

- Rampe til skybrudsvand anlægges med rende af chaussesten og græs.

LINJEAFVANDING TIL REGNVAND

Der er behov for linjeafvanding på Gl. Lundtoftevej og Nørregade inden anlægget. Behovet opstår, fordi der på flade vejstrækninger sker en opstuvning af regnvand, som medfører, at regnvandet vil begynde at trække fra vejens sider ind mod midten af vejen. For at kunne overholde kravet om 5,5 m "tør" kørebane ved hverdagsregn (krav fra kommunen) er der behov for linjeafvanding, som kan opsamle og styre regnvandet. Løsningen er vist på tegning 3 (planche 2) og visualiseringerne på denne planche.

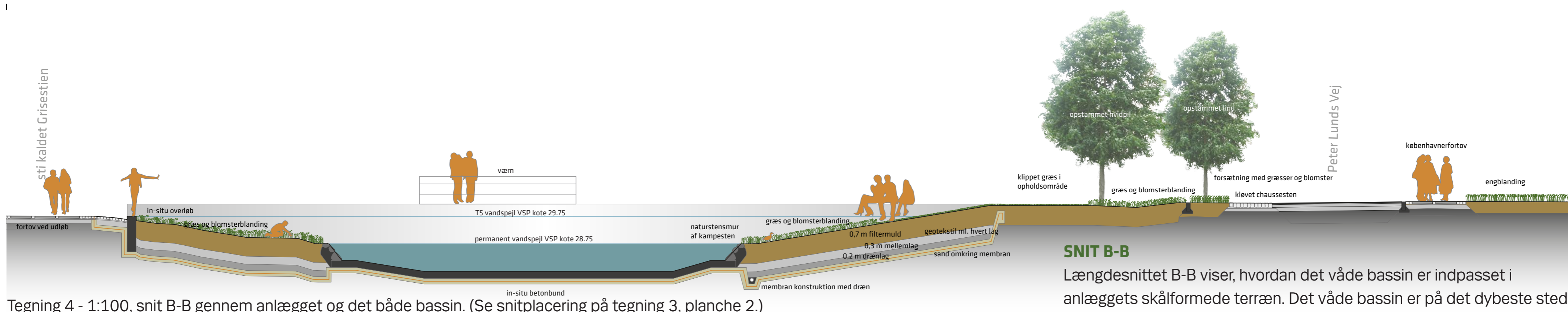
Linjeafvanding leder regnvandet til det våde bassin, som fungerer som forbassin for det forurenede vejvand. Det våde bassin og det grønne område omkring er beskrevet på planche 5.

Metoden og de bagvedliggende beregninger for linjeafvanding er beskrevet i notatet i **BILAG 8**



4.2 Visualisering fra hjørnet af Nørregade med kig mod det nye anlæg. Linjeafvanding ses i forgrunden mens betonkanten omkring anlægget rammer "det grønne byrum" ind. Nye træer skaber rum, mens hævede flader dæmper farten, giver krydsningsmuligheder for fodgængere og styrer regnvandet.

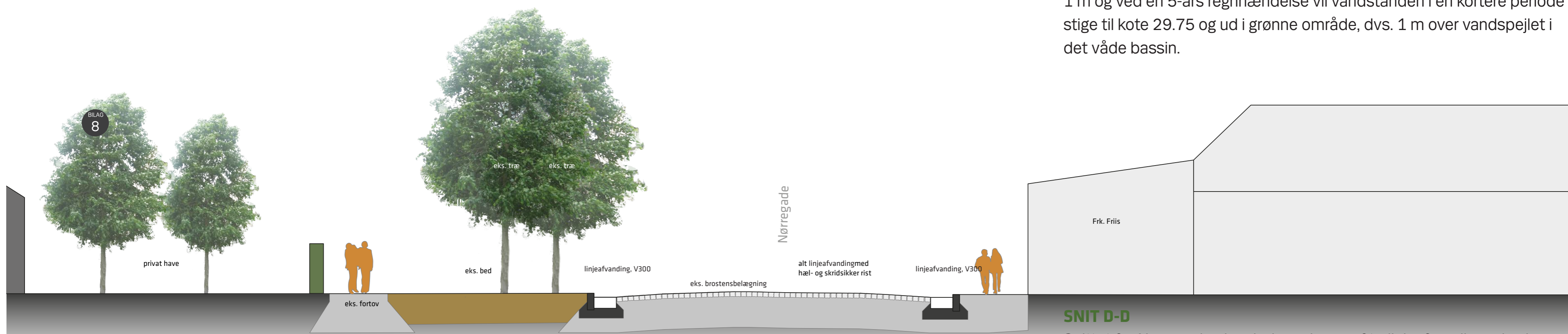
4.1 Visualisering fra Gl. Lundtoftevej af linjeafvanding med hæl- og skridsikker rist.



Tegning 4 - 1:100, snit B-B gennem anlægget og det våde bassin. (Se snitplacering på tegning 3, planche 2.)

SNIT B-B

Længdesnittet B-B viser, hvordan det våde bassin er indpasset i anlæggets skålførmede terræn. Det våde bassin er på det dybeste sted 1 m og ved en 5-års regnhændelse vil vandstanden i en kortere periode stige til kote 29.75 og ud i grønne område, dvs. 1 m over vandspejlet i det våde bassin.



Tegning 4 - 1:100, snit D-D på tværs af Nørregade. (Se snitplacering på tegning 3, planche 2.)

SNIT D-D

Snittet for Nørregade viser indpassningen af to linjeafvanding i vejens sider. Linjeafvanding vil støde op til eksisterende brostensbelægning.

TERRÆN OG LANDSKABELIG BEARBEJDNING

Anlæggets trekantede form er givet ud fra Peter Lunds Vejs forlægning. Det landskabelige greb, der danner et skålformet terræn, er skabt ud fra de vandtekniske forudsætninger. Skålformen har givet anledning til en organisk terrænbearbejdning af det grønne område, der giver forskellige udtryk og oplevelser i anlægget, når det regner afhængig af hvilken regnhændelse, der er tale om. De forskellige regnhændelser er vist i diagramform nedenfor. De bløde terrænformer står i kontrast til betonkanten, der skarpt afgrænser anlæggets område med rette linjer, og samtidig begrænser regnvandets udbredelse ved at holde vandet i anlægget. Regnvand kan stuve op ad kanterne. Betonens overkant står i kote 30 hele vejen rundt. Det får betonen til nogle steder at stå mindst 10 cm over terræn og andre steder op til 50 cm afhængig af omgivende eksisterende terræn. Betonen skaber på denne måde sidde- og opholdsmuligheder, der er indpasset i samspil med klippede græsområder til ophold i og omkring det grønne anlæg.

ANLÆGGET VED HVERDAGSREGN

Når det regner løber vandet på vejene mod linjeafvandingen i vejsiderne, som leder regnvandet til anlæggets våde bassin. Det våde bassin fyldes indtil det går over sine bredder og regnvandet løber ud på det grønne areal, som er anlæggets vigtigste del. Gennem det grønne areal sker der nedsivning gennem rensende filtermuld til et underlæggende drænlag, hvorfra regnvand opsamles i en ledning og ledes til Mølledammen. Se r **5** om filtermuldsammensætning i: Et regnfyldt anlæg vil være tomt for vand i løbet af 1-2 dage.

ANLÆGGET UNDER SKYBRUD

Når anlægget har nået sin maksimale kapacitet ved en 5-års regnhændelse, vil der ske et kontrolleret overløb over betonkanten til linjeafvandning, der leder regnvand ud på Gl. Lundtoftevej syd for den hævede flade. Her vil alt vand, der overstiger anlæggets kapacitet, ledes til Mølledammen på terræn.

DET VÅDE BASSIN

Det våde bassin (forbassin), som samler størstedelen af de forurenende partikler fra vejvandet, får en kant, som vist på snittene nedenfor, der bygges op i natursten (kampesten) og fungerer som en 'børnesikring'. I tilfælde af at en person ved et uheld falder i bassinet, er der en minimum 50 cm bred afsats og en maks. dybde på 60 cm, der muliggør, at man kan kravle op. Bassinet er dybest på midten, op til 1 meter for at undgå, at bassinet gror til i rørskov.

For at sikre at bassinet fremstår pænt i tørre perioder, hvor meget af vandet i bassinet vil fordampe, er det designet med stensætning og fast bund, da bassinet ellers vil fremstå som et mudderhul, når vandet fordampes. Efter regnskyl vil vandet i bassinet fremstå uklart i nogle dage, indtil partiklerne er bundfældet. Se mere på planche 8.

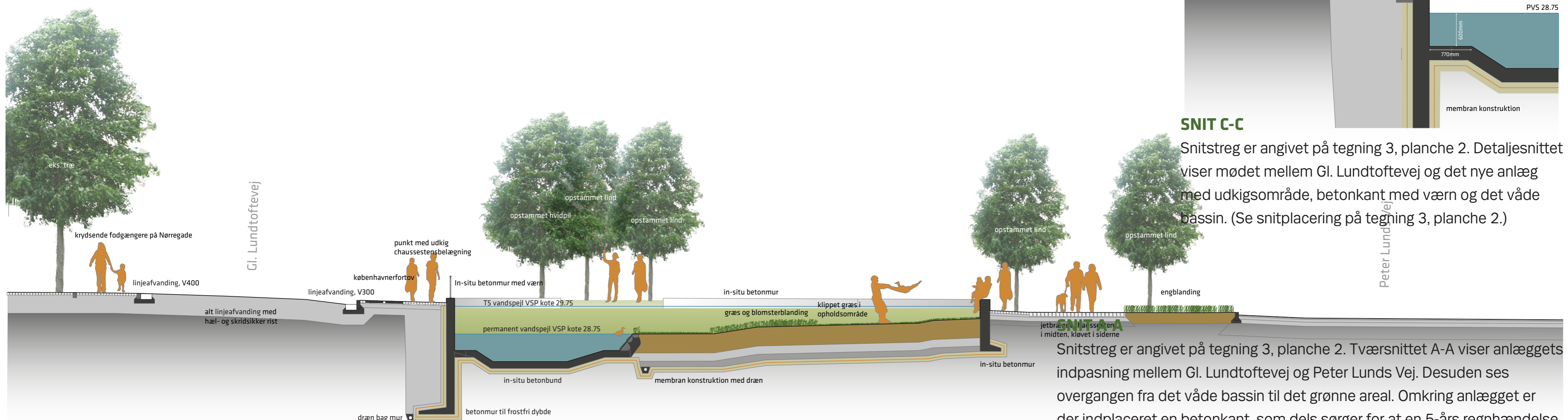


5.7 Visualisering fra hjørnet af Nørregade. Anlægget er her vist ved en 5-års regn, når det er i brug som spildevandsteknisk anlæg.

FACTS FOR ANLÆGGET

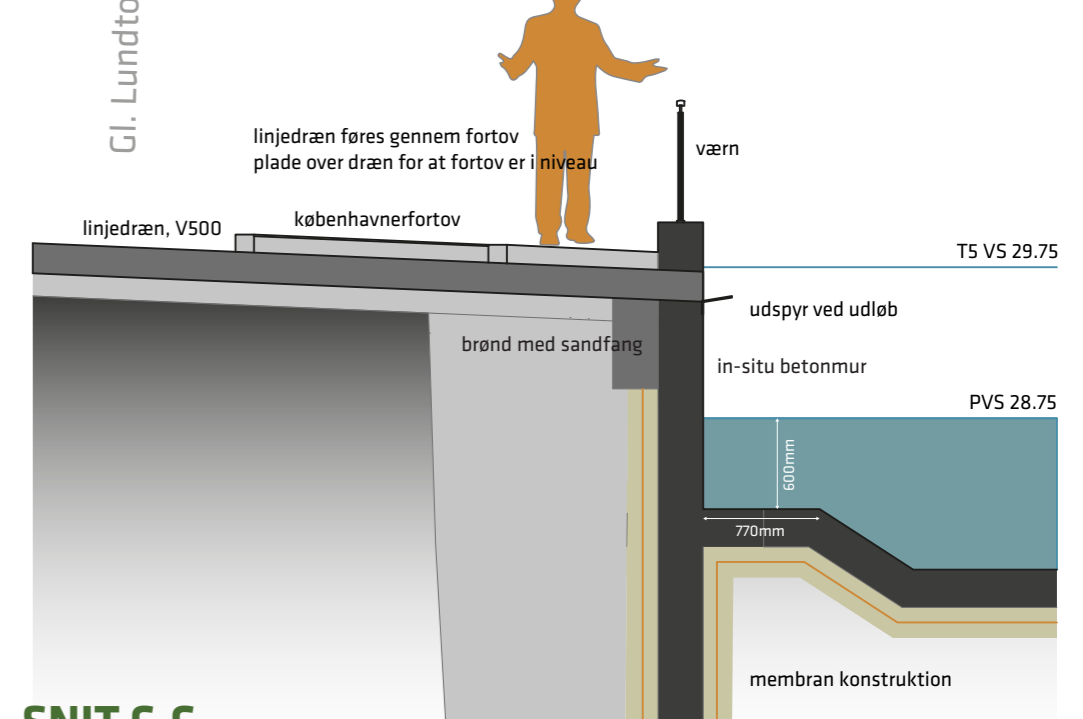
- Opstuvningsvolumenet, eller den mængde regnvand, der kan være i bassinet ved en 5-års regnhændelse er 256 m³.
- Det våde bassin kan rumme op til 73 m³.
- Det våde bassin har en lav bund ved kanten (0,6 m dybde) og 1 meters dybde på midten af bassinet for at undgå tilgroning.
- Det våde bassin fungerer som et forbassin til vejvand, og har derfor en rensende funktion (se mere under drift på planche 8).

- Der er mulighed for at anlægget vil tiltrække padder og andre insekter til gavn for biodiversiteten.
- Membranen under anlægget, som forhindrer nedsivning til grundvandet, udføres som tyk plastmembran, se nedenstående snit for membranplacering.
- Ved en tør sommer vil bassinet tørre ud, da anlægget fødes med regnvand alene.



Tegning 4 - 1:100, snit A-A gennem anlægget og det våde bassin med Gl. Lundtoftevej i venstre side og Peter Lunds Vej i højre side. (Se snitplacering på tegning 3, planche 2.)

Tegning 4 - 1:50, snit C-C. Detalje af det våde bassins møde med Gl. Lundtoftevej.



SNIT C-C

Snitstreg er angivet på tegning 3, planche 2. Detaljesnittet viser mødet mellem Gl. Lundtoftevej og det nye anlæg med udkigsområde, betonkant med værn og det våde bassin. (Se snitplacering på tegning 3, planche 2.)

Snitstreg er angivet på tegning 3, planche 2. Tværsnittet A-A viser anlæggets indpasning mellem Gl. Lundtoftevej og Peter Lunds Vej. Desuden ses overgangen fra det våde bassin til det grønne areal. Omkring anlægget er der indplacering af betonkant, som dels sørger for at en 5-års regnhændelse bliver inden for grænserne af anlæggets udbredelse, og dels kan bruges til at sidde på.

BEPLANTNING

KRAV TIL BEPLANTNINGEN

- Skal skabe rum og ro i området
- Skal virke let afskærmende
- Skal øge biodiversiteten i området
- Skal driftes ekstensivt, dvs. med et begrænset plejeniveau og slåning af græsser 1 gang om året.

BEGRÆNSNINGER FOR BEPLANTNINGEN

- Membranen under det grønne areal skal holdes intakt. Derfor er træer og buske ikke en mulighed, da planterødderne ødelægger membran. Græsser og lav beplantning har ikke dybtgående rødder, og er derfor velegnede.
- Der skal sikres udsyn for bilister fra Peter Lunds Vej, og derfor skal beplantningen være lav i visse områder.
- Anlægget er inddelt i zoner, som vist nedenfor. Den vådeste og tørreste zone har forskellige vækstbetingelser og plantevalg skal tilpasses herefter.

BEPLANTNINGSTYPER

For at styrke biodiversiteten etableres der områder, hvor naturgræs- og blomsterengblandinger vil danne en kontrast til områderne med de ornamentale prydragræsser. De to typer kræver forskellig plejeform; de ornamentale prydragræsser, der sættes som planter og skal plejes uden slåning, og græs- og blomsterblandingerne, der såes, skal slås 1-2 gange om året. Det giver to forskellige plejeformer, og derfor er der på forten lavet områder til hver type. På grund af vejsalt og forskellige fugt/tørkebehov varierer beplantningen i græsser- og blomsterblandinger, som beskrevet på beplantningsplanen nedenfor.

Udenfor betonkanten sættes prydragræsser for at skabe kontrast til betonmuren og øge mængden af beplantet areal. Græsserne vil desuden styrke oplevelsen af udvalgte områder til ophold og være med til at skabe rumlige kvaliteter ved anlægget samt øge trygheden for dem



der opholder sig på opholdsstedet nærmest Peter Lunds Vej. Områder med slået græs vil invitere til ophold for store som små. Driftens variation vil samtidig danne små græsstier, som forbindelser på tværs af anlægget.



TRÆER OG TRÆBALANCEPOLITIK

For at kunne etablere det nye anlæg i Bondebyen har det været nødvendigt at fælde nogle træer. Træerne er blevet erstattet i forholdet 1:1, hvilket følger kommunens træbalancepolitik.

De nye træer er:

- 2 stk lindetræer på Peter Lunds Vej overfor Lindegården, som følger den eksisterende alles linjer.
- 1 stk lindetræ ekstra syd for anlægget.
- 1 stk opstammet, hvidpil, i den nordlige del af anlægget, som vil fremstå som et solitært træ (etablering af rodspærre kræves).
- 2 stk lindetræer har fået plads i den nordligste forsætning.

Der fældes 2 stk piletræer, 1 stk gammel lindetræ, 3 stk nyplantede lindetræer.

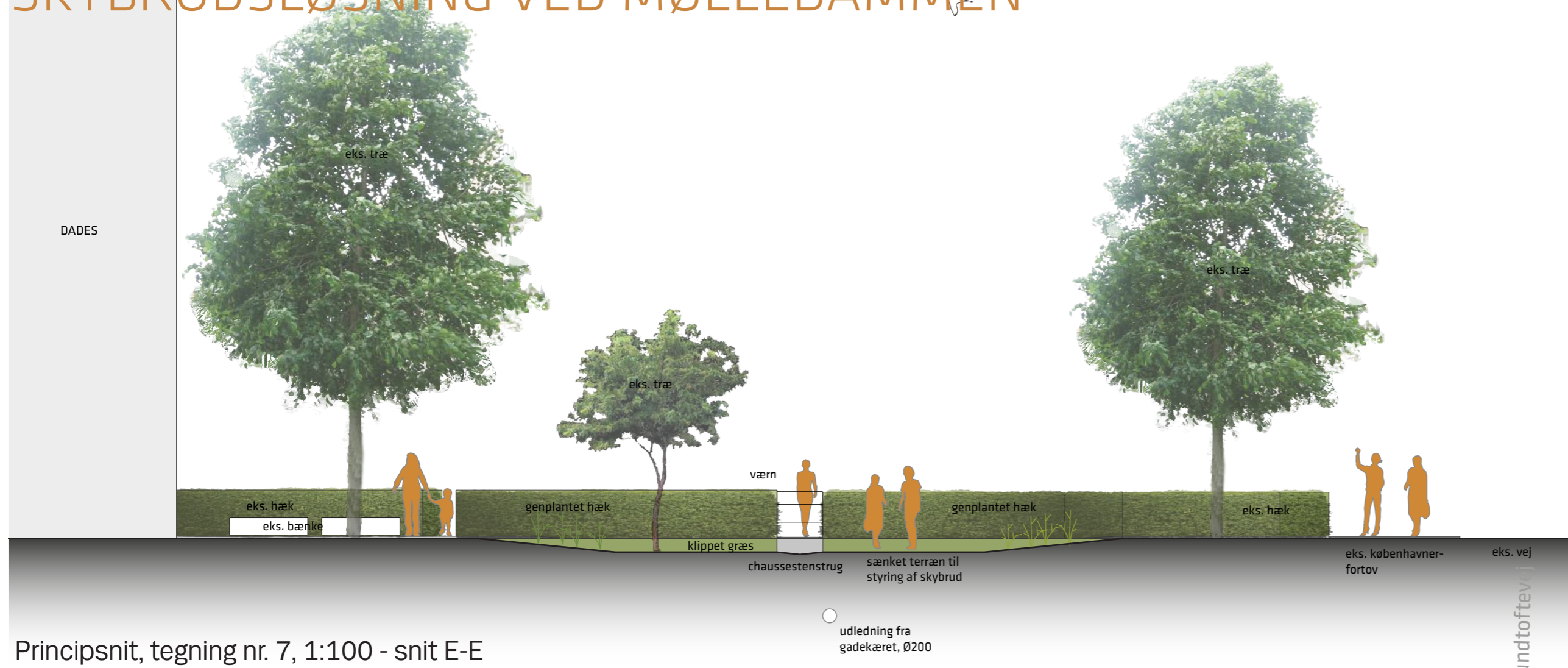
KLIMATILPASNINGSPROJEKT I BONDEBYEN

REVIDERET PROJEKTFORSLAG

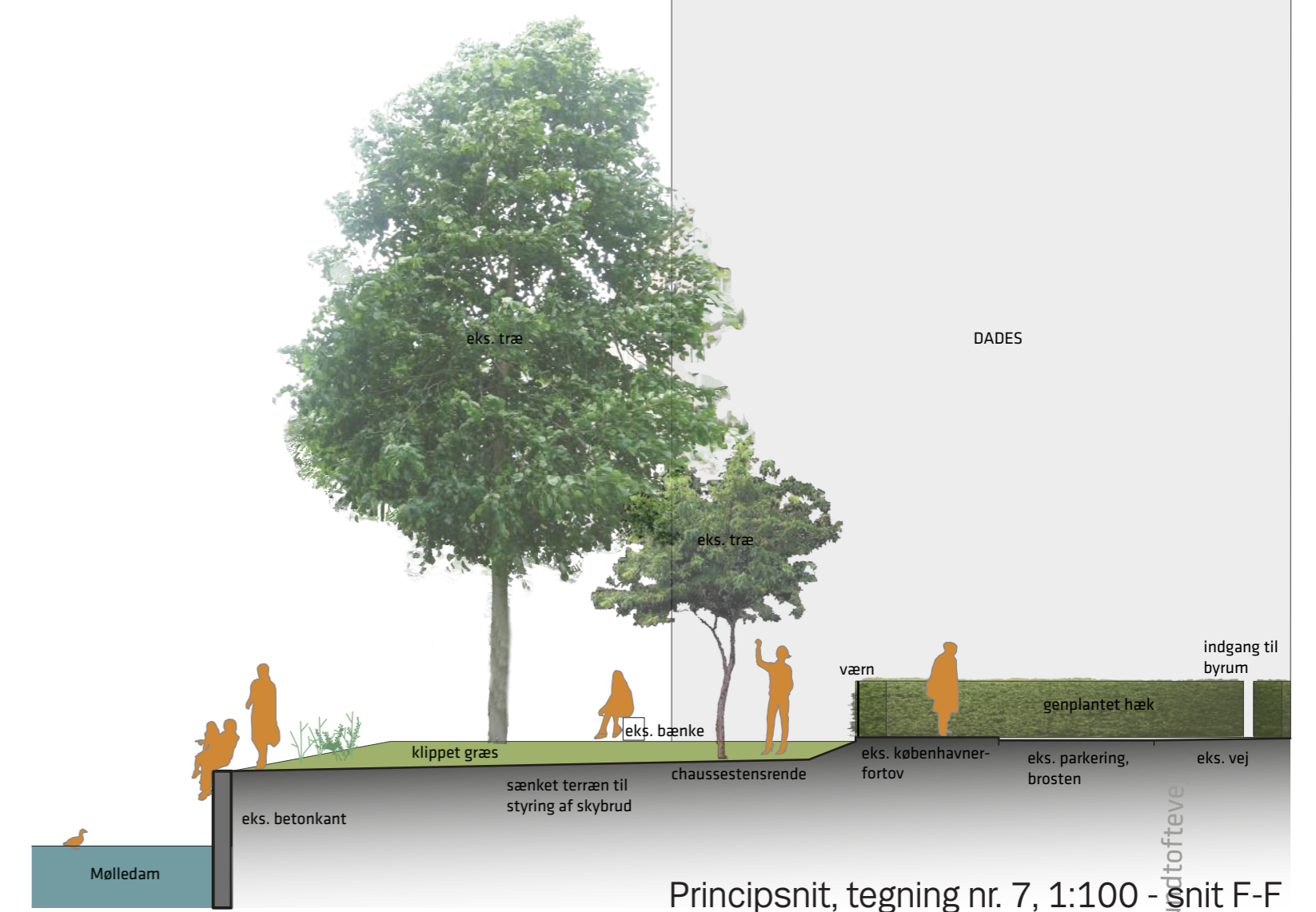
SKYBRUDSLØSNING VED MØLLEDAMMEN

NR. 7

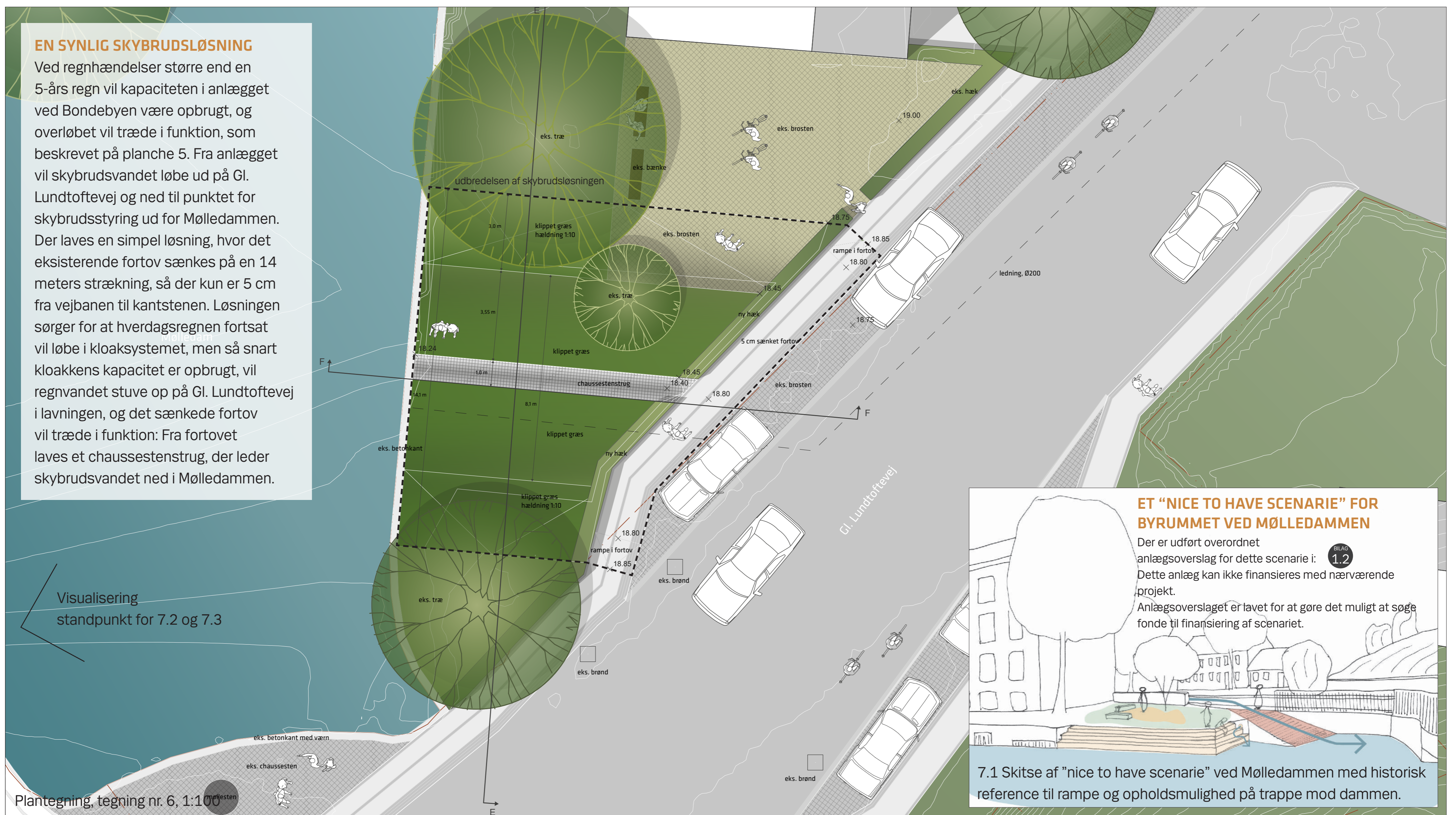
PLANCHE



Principsnit, tegning nr. 7, 1:100 - snit E-E



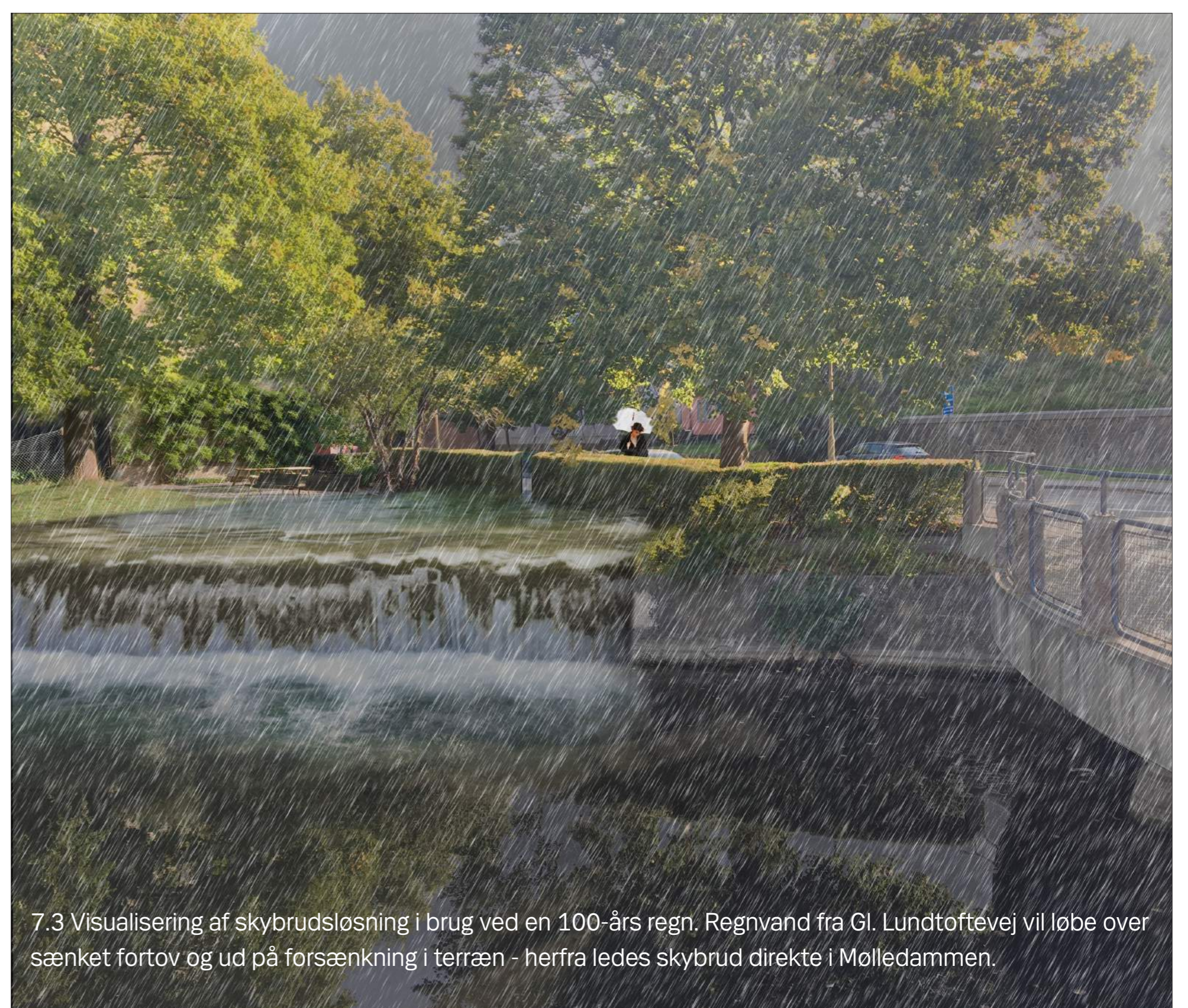
Principsnit, tegning nr. 7, 1:100 - snit F-F



Plantegning, tegning nr. 6, 1:100



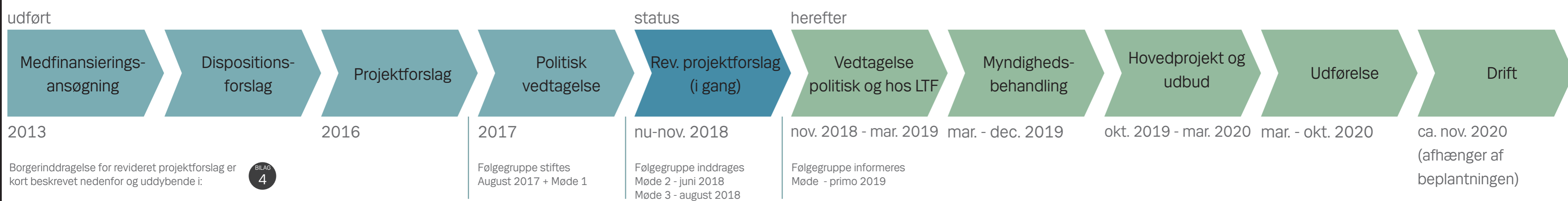
7.2 Visualisering af skybrudsløsning, når den ikke er i brug. Sænket fortov på en 14 m strækning og en 1 meter bred rende i chaussesten viser at der er lavet vandhåndtering.



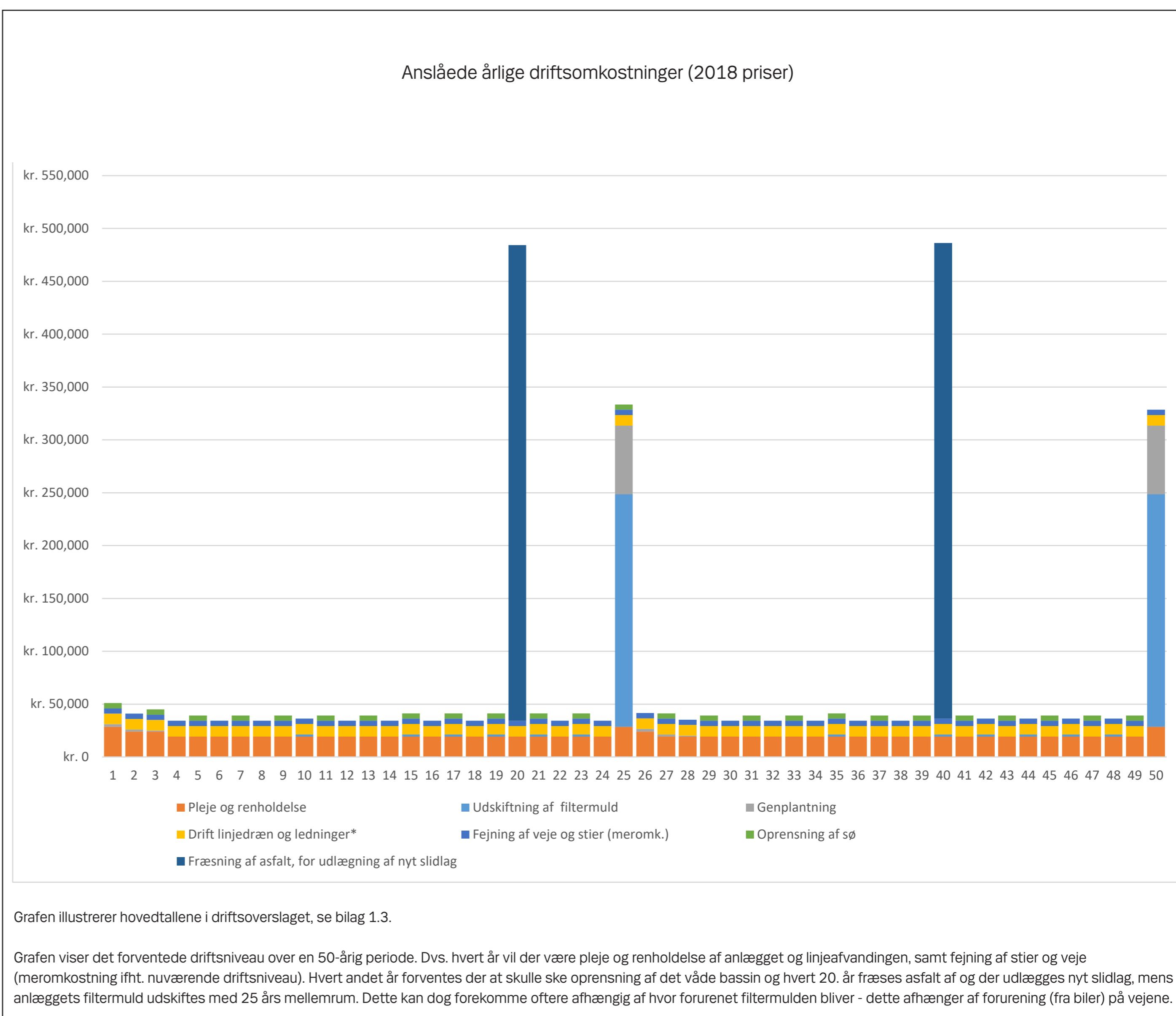
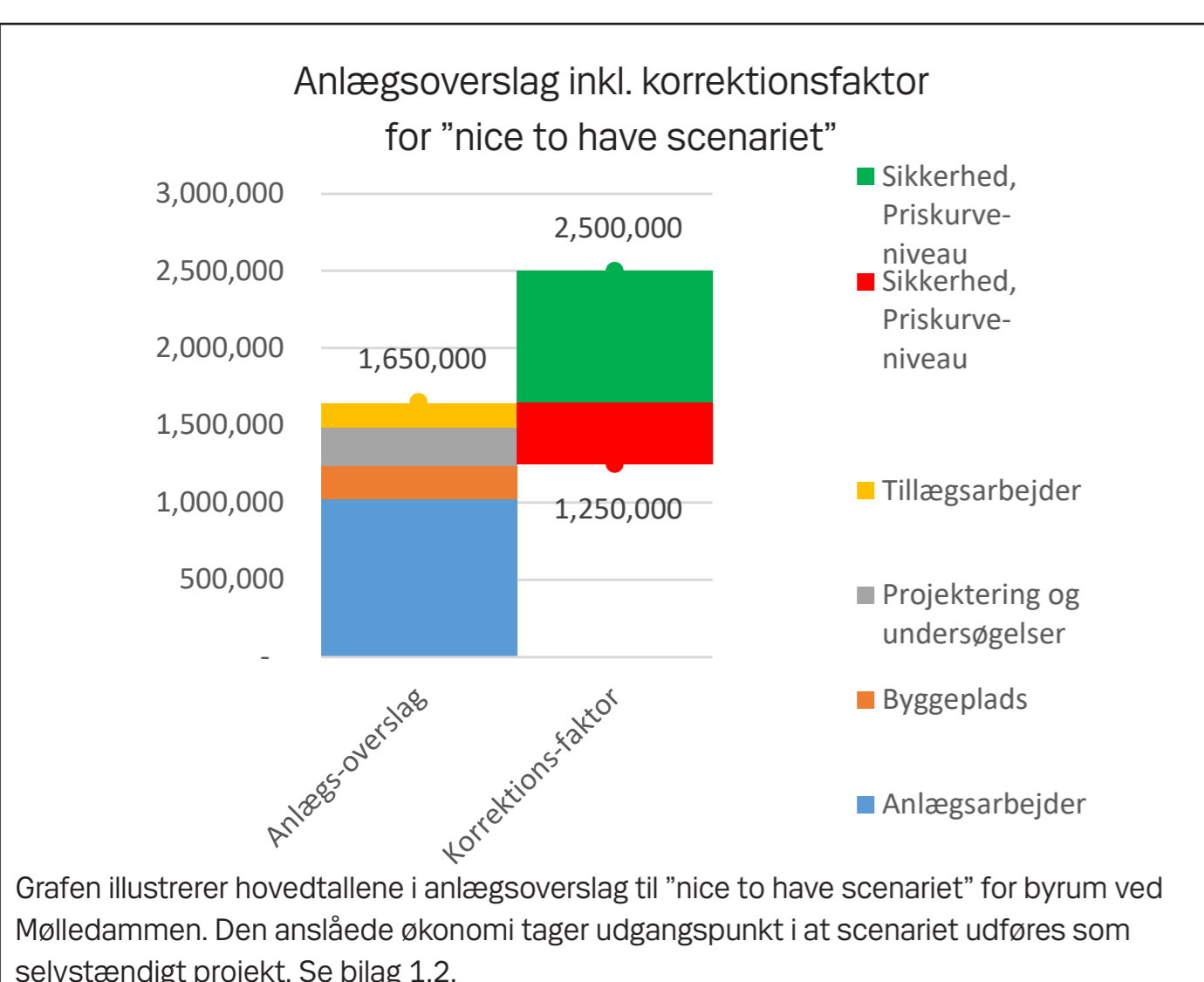
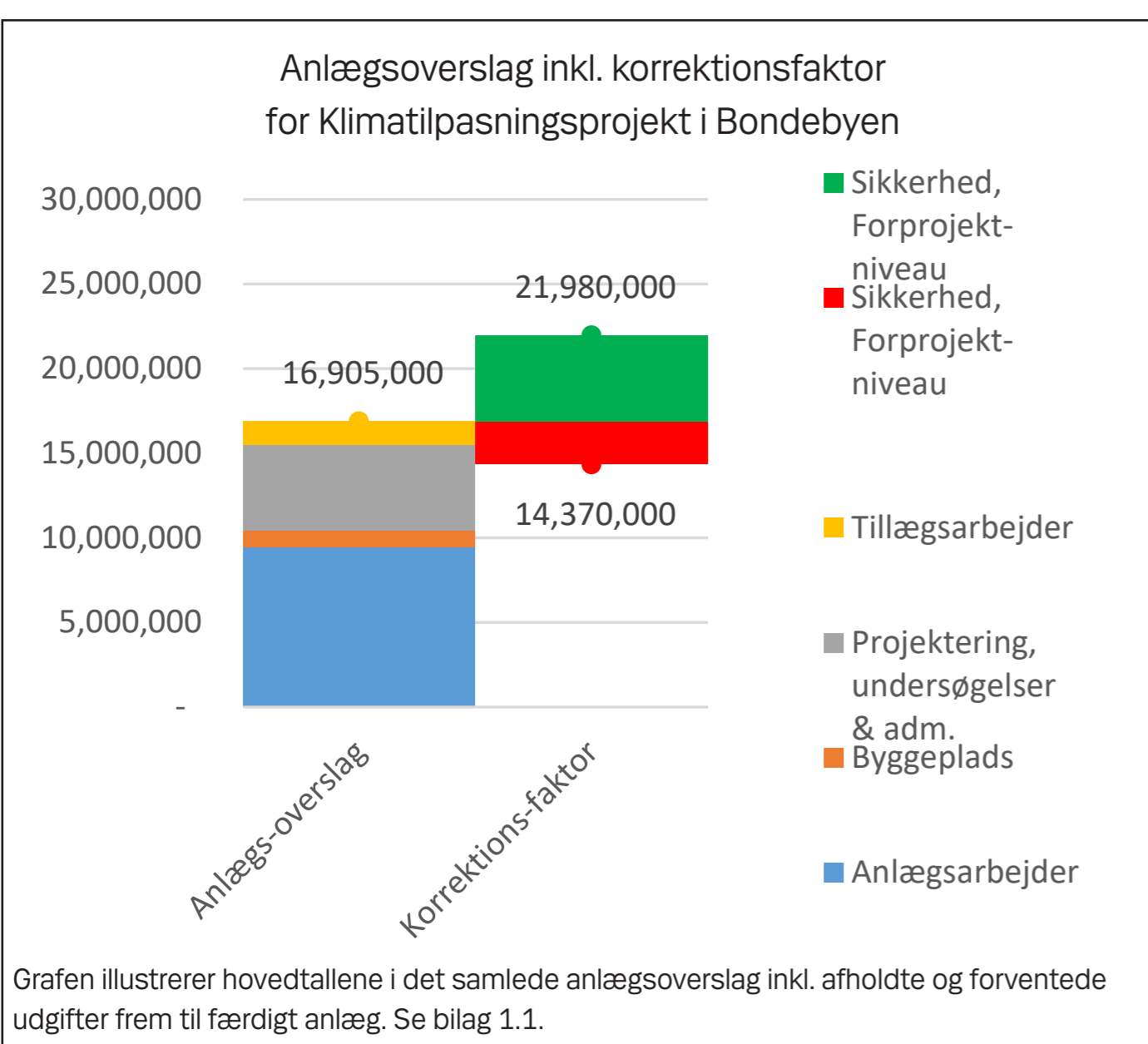
7.3 Visualisering af skybrudsløsning i brug ved en 100-års regn. Regnvand fra Gl. Lundtoftevej vil løbe over sænket fortov og ud på forsænkning i terræn - herfra ledes skybrud direkte i Mølle dammen.

FORELØBIG TIDSPLAN

Detaljeret foreløbig tidsplan forefindes i: **BLAD 2**



Figur 6.1



BORGERINDDRAGELSE

Forud for det reviderede projektforslag har der været afholdt borgermøder i forbindelse med tidligere faser i projektet, og inden vedtagelse af den nye lokalplan var der en høringsperiode. Inden nærværende reviderede projektforslag blev igangsat, blev der nedsat en Følgegruppe med repræsentanter for Bondebyens interesser.

Der er i tidsplanen ovenfor angivet Følgegruppens proces under det reviderede projektforslag. I notat i **BLAD 4** fremgår Følgegruppens formål, medlemsoversigt og gruppens input til og indflydelse på det reviderede projektforslag.

MYNDIGHEDSARBEJDE

I **BLAD 11** er listet de myndighedsarbejder, der må forventes i forbindelse med gennemførelse af projektet.

UDBUDSFORM

Som oplæg til entreprisopdeling og udbudsform anbefales det at for klimatilpasningsprojektet udbydes som en samlet hovedentreprise.

ØKONOMI

I forbindelse med det reviderede projektforslag er der udarbejdet økonomiske overslag, anlægsoverslag, "nice to have scenariets" anlægsoverslag og driftsoverslaget, med afsæt i det aktuelle vidensniveau. Derfor er der for anlægsoverslagene lagt en korrektionsfaktor til, som ses ovenfor med grøn og rød, idet der med nuværende vidensniveau kan ske ændringer som vil påvirke anlæggets pris.

ANLÆGSOVERSLAG

Det samlede anlægsoverslag for Klimatilpasningsprojekt Bondebyen er beregnet til 9.47 mio. DKK (i alt 16.9 mio DKK inkl. rådgivning, projekteringsusikkerheder mv.) inkl. afholdte og forventede fremtidige udgifter indtil driftsættelse. Udgiftsfordelingen fordeler sig i hovedtræk som vist på grafen. Det detaljerede anlægsoverslag findes i: **BLAD 1.1**

ANLÆGSOVERSLAG FOR BYRUM VED MØLLEDAMMEN

Der er beregnet anlægsoverslag for "nice to have scenariet", vist på planche 7. Overslaget er beregnet med afsæt i et selvstændigt projekt. Der vil være en reduktion i anlægsoverslaget, såfremt scenariet kommer med under samme projektforslag, som her præsenteret. Se **BLAD 1.2**

DRIFTSOVERSLAG **BLAD 1.3**

Det samlede driftsoverslag for Klimatilpasningsprojekt Bondebyen er beregnet til 3.38 mio. DKK samlet over en levetid på 50 år. Udgiftsfordelingen fordeler sig i hovedtræk som vist på grafen. Gennemsnitlige årsomkostninger for drift kr. 67.690 Gennemsnitlige årsomkostninger for drift u. asfalt kr. 49.690

INFORMATION OG SKILTNING

Information om anlægget

Kort om anlæggets funktion...

Adfærd og drift...

Anlægget under forskellige regnhændelser...

5 års regn _____ Optegnes på
3 års regn _____ betonvæg ved
1 års regn _____ forbassin
0,5 års regn _____
0,2 års regn _____

Projektforslaget indeholder et informationskilt til beboere i Bondebyen og forbi passerende med interesse i anlægget.

Skiltet står i det sydlige hjørne af anlægget og har til formål at informere om anlægget funktion, som et spildevandsteknisk anlæg, der håndterer Bondebyens regnvand. Herudover vil der være information omkring, hvordan borgerne kan hjælpe med at holde anlægget flot, og illustrationer vil vise, hvordan de kan se, hvor meget det regner.

Ved det våde bassin optegnes markering af vanddybde, for at vise hvor langt vandet vil nå op. Der skal tages stilling til, hvor stor klimafaktor, der skal tillægges.

KLIMATILPASNINGSPROJEKT I BONDEBYEN

REVIDERET PROJEKTFORSLAG

VISUALISERING - ANLÆGGET FØR OG EFTER

NR. 9

PLANCHE



NOTAT

Projekt	Klimatilpasningsprojekt i Bondebyen
Projektnummer	3691800059
Kundenavn	Lyngby-Taarbæk Forsyning og Kommune
Emne	Bilag 7 - Sikkerhedsfaktorer for dimensionering i Bondebyen
Til	Camilla Ferguson og Peer Skaarup
Fra	Jørn Torp Pedersen
Projektleder	Lars Wiboe Pilmann
Kvalitetssikring	Jens Toke
Revisionsnr.	2
Godkendt af	CORP
Udgivet	20-12-2018

Oplæg til anvendelse af sikkerhedsfaktorer i forbindelse med dimensionering af Bondebyen

Nedenstående forslag tager udgangspunkt i dels Lyngby-Taarbæk Kommune - Spildevandsplan 2014-2018 og dels i Spildevandskomiteens skrifter. Anlæggene der etableres er overfladeanlæg, der placeres i eller vejarealerne. Der antages en levetid på anlæggene for 50 år, ud fra en forventning om, at på det tidspunkt vil vejarealerne gennemgå en omlægning/fuld renovering.

Hverdagsregn, T=5

Render i veje og bassiner(gadekær/forte-område) håndterer alene regnvand, som et separatsystem, og dimensioneres jf. Spildevandsplanen til T=5 (en regnhændelse, som statistisk set forekommer hvert. 5. år).

Parameter	Sikkerhedsfaktor
Modelusikkerhed	1,2
Klimaforandring (øget nedbør)	1,3
Fortætning	1,1

Tabel 1. beregningsforudsætninger for anlæg med forventet levetid på 100 år.

For render anvendes CDS regn svarende til beregningsniveau 2 med en ukalibreret model, mens bassiner dimensioneres med Spildevandskomiteens Bassindimensioneringsregneark Regionalregnrække_ver_4_1.xls.

Ifølge Spildevandsplanen lægges op til følgende beregningsforudsætninger for anlæg med forventet levetid på 100 år, jf. tabel 1.

Da levetiden forventes at være 50 år, anvendes en lineær tilbageskrivning af klimafaktoren, jf. Spildevandskomiteens Skrift 30, se tabel 2.

Tabel 2 Anbefalede klimafaktorer for planlægningsperioder på 50 år udregnet ved lineær nedgradering af estimaterne i Tabel 1.

	50 års horisont	
	Standard	Høj
2-års hændelse	1,10	1,23
10-års hændelse	1,15	1,35
100-års hændelse	1,20	1,50

IDA Spildevandskomiteen

I tabel 2 er ikke angivet en klimafaktor for 5 års (regn)hændelser, så det antages konservativt, at de 1,15 der gælder for T10 om 50 år også er gældende for T5. Endelig antages vejene fuldt udbyggede pt., og der anvendes derfor en fortætningsfaktor på 1,0.

Udløb til Mølleåen, efter bassinets filtermuld, har et recipientbestemt fast afløbstal, som rørføringen hertil dimensioneres efter. Dette korrigeres ikke med sikkerhedsfaktor.

Der dimensioneres herudover ikke rør i projektet.

Skybrud, T=100

Til dimensionering af skybrudsløsninger anvendes en ekstremregn. Her er der ikke på samme måde som for mindre regnhændelser nogen egentlige krav eller norm til dimensionering – Spildevandskomiteen lægger i Skrift 31 op til, at det optimale serviceniveau for vand på terræn findes ved en samfundsøkonomisk analyse, der opvejer omkostningerne ved skybrudsløsninger mod reduktionen i skadesomkostninger, for derved at bestemme netop det sikringsniveau, der er mest lønsomt. Der er ikke foretaget en sådan analyse for Lyngby-Taarbæk Kommune, men den er på vej, og der foreslås derfor i mangel af bedre at læne sig op ad det serviceniveau, der er besluttet i Københavns Kommune; en 100 års (regn)hændelse om 100 år. Til dette formål anvendes den samme modelusikkerhed og fortætningsfaktor som beskrevet overfor, mens klimafaktoren jf. Spildevandskomiteens Skrift 30 sættes til 1,4.

Opsummering

I nedenstående tabel summeres de foreslåede sikkerhedsfaktorer for anvendelse til dimensionering til T5 for såvel render i vej som bassiner, samt for T100 til verifikation mod skybrud.

Gentagelsesperiode	Konstruktion	Levetid	Klimafaktor	Modelusikkerhedsfaktor	Fortætningsfaktor	Samlet Sikkerhedsfaktor
5 år	Render i vej	50 år	1,15	1,2	1,0	1,38
5 år	Gadekær/forte	50 år	1,15	1,2	1,0	1,38
100 år	Kantstene	100 år	1,4	1,2	1,0	1,68
100 år	Anlæg til skybrudsudledning	100 år	1,4	1,2	1,0	1,68

NOTAT

Projekt	Klimatilpasningsprojekt i Bondebyen
Projektnummer	3691800059
Kundenavn	Lyngby-Taarbæk Forsyning og Lyngby-Taarbæk Kommune
Emne	Bilag 8 - Modeldokumentation for regnvandshåndtering til T=5 og T=100 i Bondebyen
Til	Camilla Ferguson og Peer Skaarup
Fra	Jens Toke
Projektleder	Lars Wiboe Pilmann
Kvalitetssikring	Michael Juul Lønborg
Revisionsnr.	4
Godkendt af	Carsten Rosted Petersen
Udgivet	20-12-2018

Indhold

1	Indledning.....	3
1.1	Metode.....	3
1.2	Forudsætninger	3
1.3	Opsætning af MIKE 21 FM model.....	3
1.4	Ruhed, nedsivning og nedbør	5
2	Analyse af Render i terrænmodellerne	9
2.1	Krav	9
2.2	Geografisk placering af render	9
3	Resultater til T=5.....	12
3.1	Scenarie 1 – Status model, med fuldt funktionsdygtig kloak.....	13
3.2	Scenarie 2 – statusmodel, hvor kloakken er afproppet.....	13
3.3	Scenarie 3-5	14
3.4	Snit.....	16
3.4.1	Gl. Lundtoftevej	17
3.4.2	Snit - Nørregade	18
4	Dimensionering af tiltag.....	19
4.1	Dimensionering af render til T5 og T100.....	19
4.1.1	Udløb fra bassin til T=100	20
4.2	Dimensionering af bassin	20
4.2.1	Boks model.....	21
5	Modificering af model til simulering af skybrud	23
5.1	Generering af nyt mesh	23
5.2	Ruhed, nedbør og nedsivning	25
5.3	Randbetingelser i model.....	30
5.4	Tilpasninger i terrænmodel til plansimuleringer	30
5.5	Tilpasninger i terrænmodel til plan for en 100-års hændelse.....	31
6	Resultater til T=100	32
6.1.1	Udløb til Mølleåen ved T=100	35

1 INDLEDNING

Formålet med dette notat er at finde en løsning for håndtering af en 5-års (regn)hændelse på vejene (T5). Regnvandet skal håndteres i render i vejen, der hvor der er behov herfor. Der er opsat en model til at beskrive overfladevandet på vejene i Bondebyen. Notatet beskriver metoden, forudsætningerne og resultaterne mht. rendebehovet.

Modelopsætningen samt resultaterne for 5-års hændelsen fremgår af Afsnit 1-3.

I Afsnit 4 beskrives det hvordan renderne langs vejen, samt ved ind- og udløb fra bassiner er dimensioneret. Det beskrives ligeledes hvordan bassinet er dimensioneret.

I Afsnit 5-6 beskrives det hvordan modellen modificeres til også at kunne beskrive skybrud ved en 100-års hændelse (T100). Der simuleres på status, og tilpasningerne fra 5-års hændelsen lægges også ind i modellen. Herefter laves yderligere tiltag for at sikre at tiltagene til 5-års hændelsen ikke forværrer situationen ved en 100-års hændelse. Både render og bassin er lagt ind i modellen.

1.1 Metode

Der beregnes på de eksisterende forhold for en 5-års hændelse, for at se hvordan regnvandet opfører sig på det nuværende terræn på vejene. Der regnes både på status med et kloaksystem, der kan modtage vejvand, samt på status hvor kloakken er afproppet på vejene og vandet flyder på vejene.

Dernæst regnes på tre scenarier, hvor der laves render i siden af vejen på de strækninger hvor det er nødvendigt. Der regnes på render med dybderne 5, 10 og 20 cm.

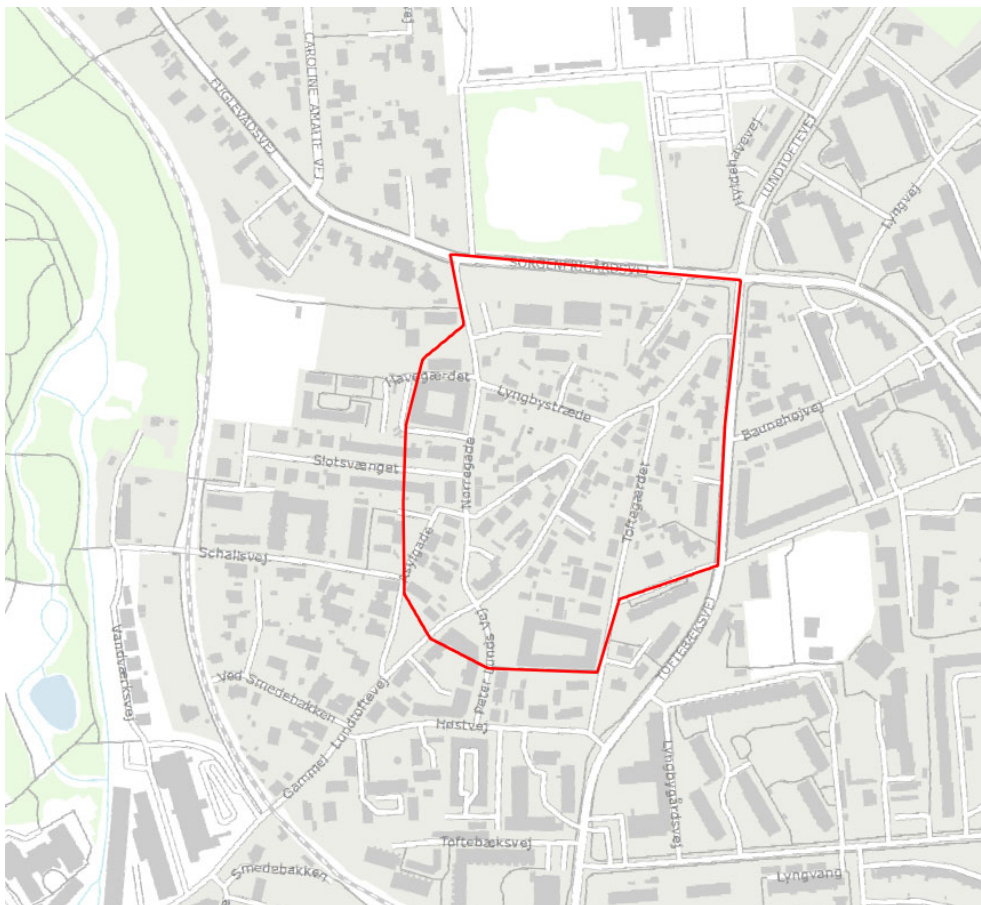
1.2 Forudsætninger

Modellen er en MIKE 21 model, der er sat op i flexible mesh. Modellen regner ikke direkte på kloaksystemet, dvs. der er ikke koblet en MIKE URBAN model på.

1.3 Opsætning af MIKE 21 FM model

Afgrænsningen af området (se Figur 1) er lidt større end det hydrologiske opland, hvilket er fundet vha. Scalgo¹. Der er således downloadet en højdemodel svarende til det markerede område. Denne højdemodel er fra 2015 og er i 40x40 cm grid. Modellen er hydrologisk tilpasset, således at vand kan strømme eksempelvis i rør under veje. Ydermere er alle bygninger rejst til at have en højde på 10 meter.

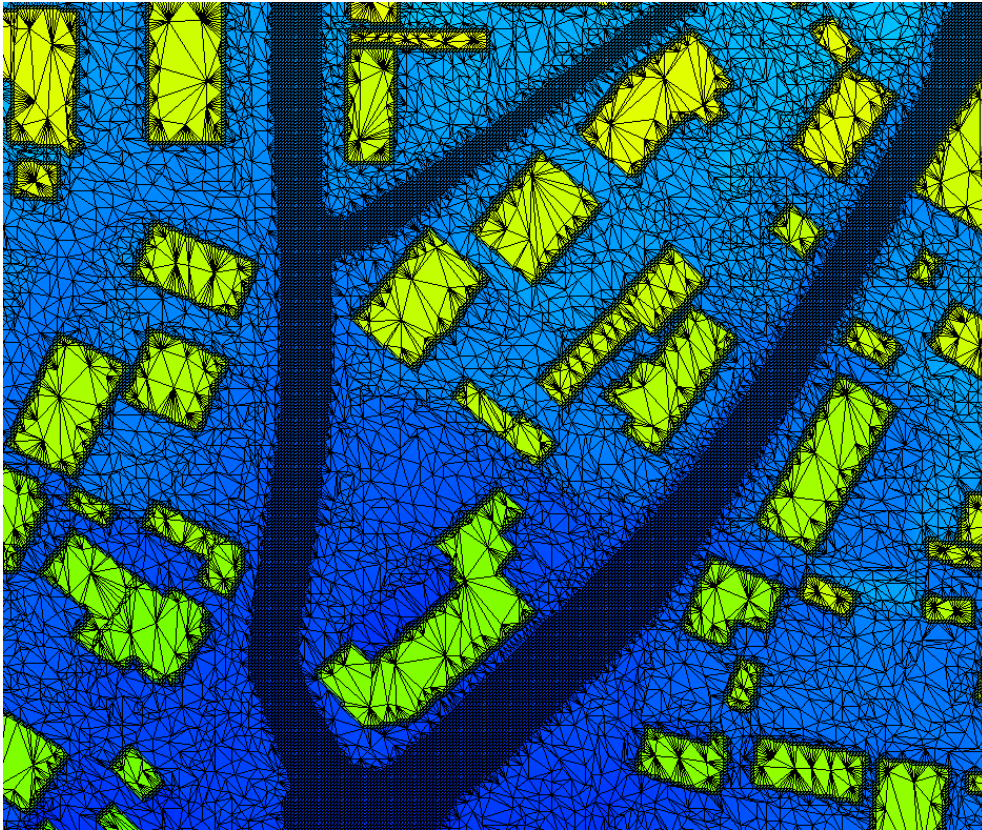
¹ Scalgo er et GIS-baseret online-værktøj til bl.a. beregning af terrænanalyser, strømningssveje og skybrudsanalyser.



Figur 1: Afgrænsning af projektområdet i Bondebyen er markeret med rødt.

MIKE 21 modellen er sat op som en såkaldt flexible mesh model. Det betyder at overfladen beskrives med trekanter i stedet for firkanter, som benyttes ved en traditionel MIKE 21 model. Fordelen ved denne metode er, at trekanternes størrelse kan varieres (flexible) i forhold til behov for undersøgelse. Dvs. områder der kræver en fin opløsning benytter små trekanter, mens mindre vigtige områder benytter større trekanter. Dermed bliver der færre beregningspunkter og modellen kan køre hurtigere. En yderligere fordel er, at beregningsmotoren for flexible mesh er hurtigere end den traditionelle MIKE 21 motor. Så generelt er det hurtigere at køre flere forskellige scenarier.

På vejene er modellen sat op i et fint mesh (fintmasket), for at kunne beskrive alle detaljer. På matriklerne er terrænet simplificeret en smule, og hustage (hvilke er flade i modellen) er simplificeret meget. Denne prioritering fremgår af Figur 2.



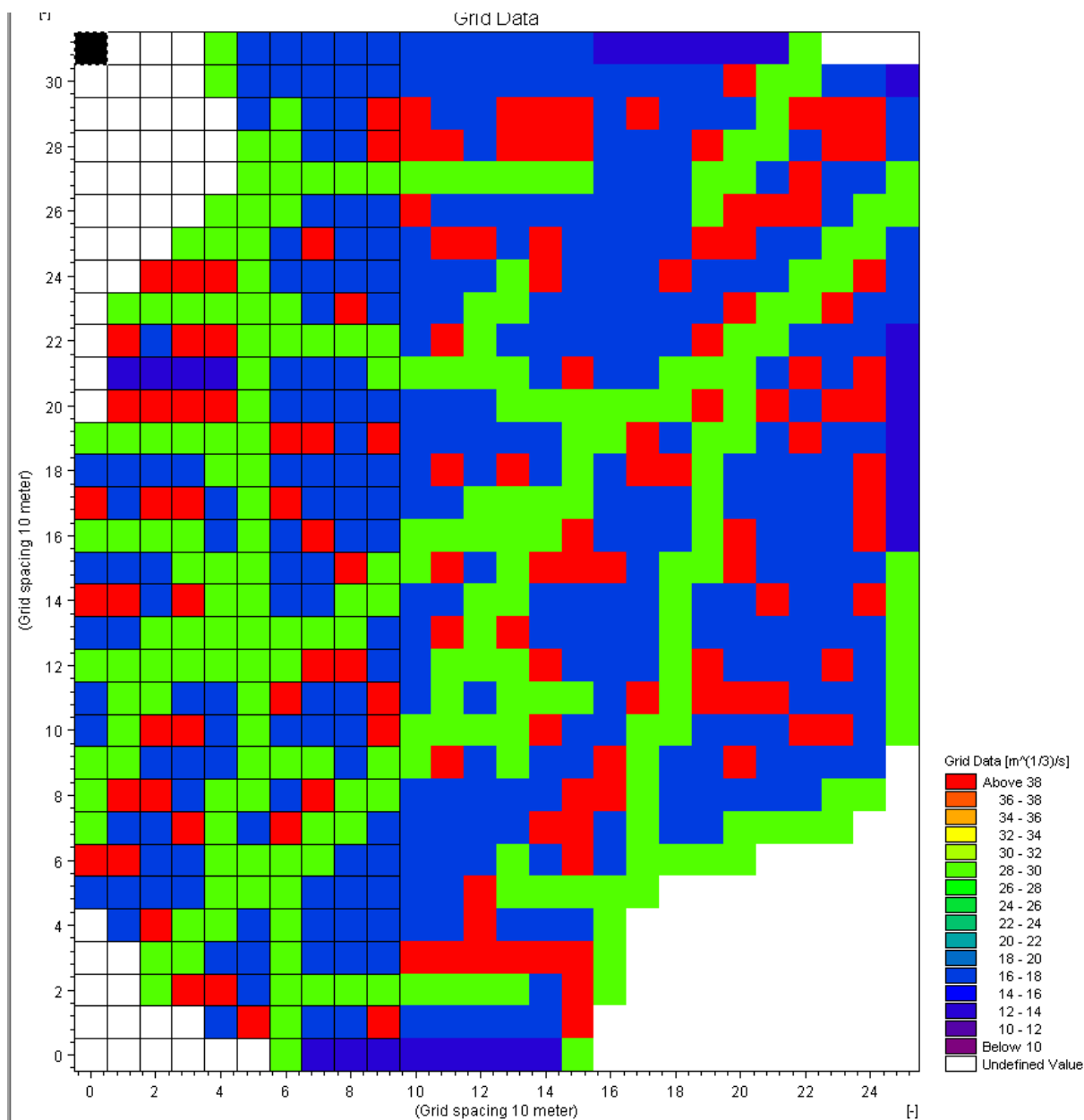
Figur 2: Eksempel fra MIKE 21, hvor mesh størrelsen er varieret.

1.4 Ruhed, nedsivning og nedbør

Nedbøren i modellen varierer både i tid og i sted, og nedsivning samt ruhed varierer kun geografisk. Dette lægges ind i modellen ved at benytte grids til at beskrive de tre variable.

Den stedlige variation beskrives med udgangspunkt i de forskellige områders varierende befæstelsesgrader. Befæstelsesgraderne varieres med udgangspunkt i Styrelsen for Dataforsyning og Effektiviserings GIS lag for befæstelsesgrader. Dette lag har en opløsning på 10x10 m.

Befæstelsesgraderne er benyttet til at lave et Manninggrid, der beskriver ruheden på overfladen. Manningtallet varieres mellem $5 \text{ m}^{(1/3)}/\text{s}$ ved ubefæstede områder og $40 \text{ m}^{(1/3)}/\text{s}$ ved 100 % befæstede områder. Det resulterende Manninggrid ses på Figur 3.

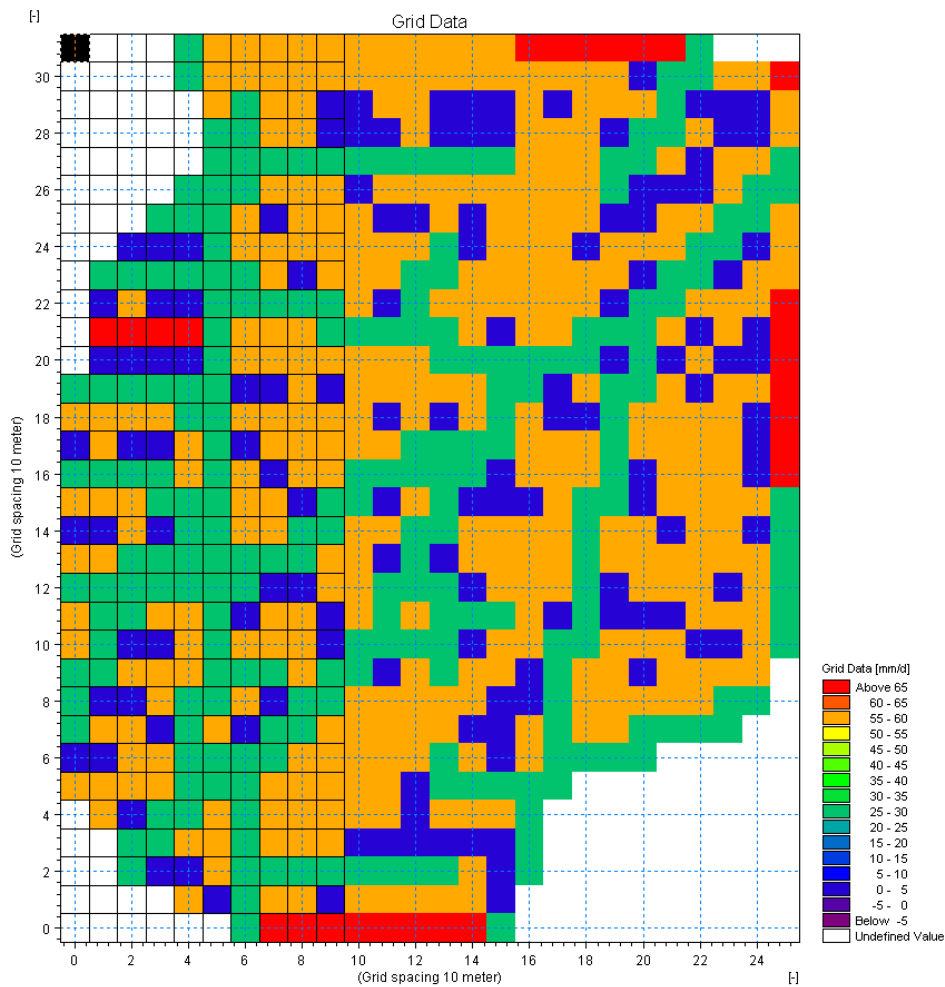


Figur 3: Manninggrid der beskriver ruheden på overfladen ud fra varierende befæstelsesgrader.

Befæstelsesgraderne er ligeledes benyttet til at lave et nedsivningsgrid, baseret på antagelsen om at grønne områder har 100 % nedsivningsevne og befæstede områder har 0 % nedsivningsevne.

Nedsivningsevnen varierer ikke i løbet af regnhændelsen. Opfugtning af jorden i begyndelsen af regnhændelsen er beskrevet vha. initialtabet, der er indregnet i nedbøren hvilket beskrives nedenfor.

Undergrunden består primært af moræneler, så den hydrauliske ledningsevne er sat til 86 mm/døgn. Dette passer også med Styrelsen for Dataforsyning og Effektiviserings GIS-lag for hydraulisk ledningsevne. Ledningsevnen varieres i forhold til befæstelsesgraden, så et område der er 0 % befæstet udnytter den fulde ledningsevne og et fuldt befæstet område (100 %) ikke kan nedsive noget nedbør.



Figur 4: Nedsivningsgrid der beskriver nedsivningen i projektområdet ud fra varierende befæstelsesgrader.

Nedbørsgriddet er lavet på baggrund af vejene. På denne måde regnes der kun på det vand, der falder på vejene (se Figur 5). Griddet varierer i tid hen over regnhændelsen.



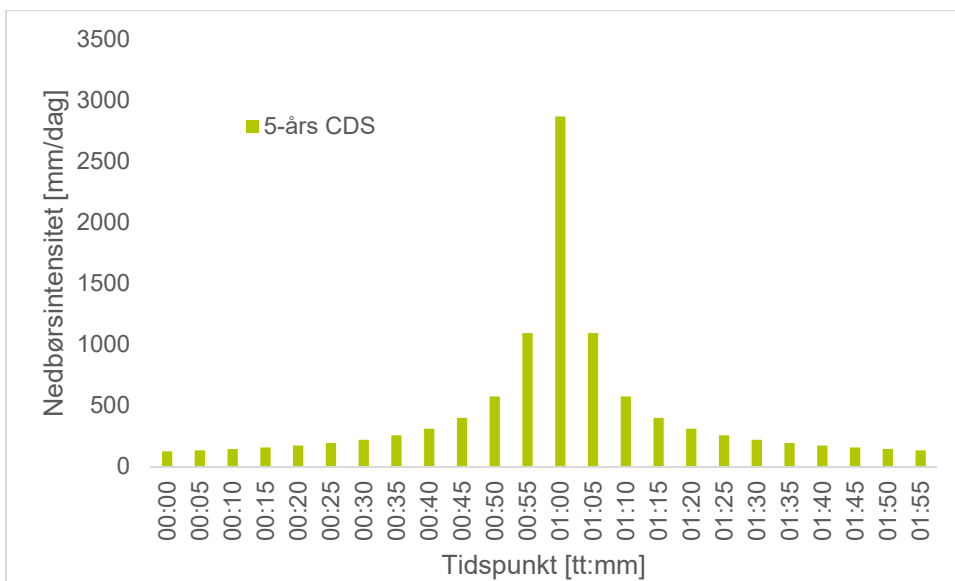
Figur 5: Veje i projektområdet. På disse områder tilføres nedbør.

Spildevandskomiteens regneark "Regionalregnrække_ver_4_1" er benyttet til at lave en nedbørshændelse for en 5-års regn med en varighed på 2 timer. Beregningsusikkerhed, klimafaktor og fortætning er beskrevet i et kort notat, der er fremsendt d. 30-05-2018. Der benyttes følgende faktorer (se Tabel 1).

Tabel 1: Modelfaktorer

Gentagelsesperiode	Konstruktion	Levetid på anlægget	Klimafaktor	Modelusikkerhedsfaktor	Fortætningsfaktor	Samlet sikkerhedsfaktor
5 år	Render i vej	50 år	1,15	1,2	1,0	1,38
5 år	Vådt bassin	50 år	1,15	1,2	1,0	1,38

Figur 6 viser den nedbørshændelse, der benyttes i modellen.



Figur 6: CDS nedbørshændelse med en gentagelsesperiode på 5 år.

2 ANALYSE AF RENDER I TERRÆNMODELLERNE

2.1 Krav

Lyngby-Taarbæk Kommune stiller krav om, at der skal være 5,5 m 'tør' kørebane ved en 5-års regnhændelse, således at trafikken kan afvikles normalt ved en hverdagsregn. Modelresultaterne søger at opnå overholdelse af dette krav. For at opnå 5,5 m 'tør' kørebane laves der forskellige iterationer med forskellige rendedybder, for at teste hvilken type rendestørrelse, der lever op til kravet. Der arbejdes med render med rist, da disse ikke forringer tilgængeligheden og trafiksikkerheden. Trug eller åbne rendesten ville vanskeliggøre fodgængerovergang og parkering, mens ledninger i vejen ikke er hensigtsmæssige for indløb til det spildevandstekniske anlæg i Bondebyen. Derfor er render med rist den løsning Lyngby-Taarbæk Kommune, Lyngby-Taarbæk Forsyning og Orbicon arbejder videre med.

2.2 Geografisk placering af render

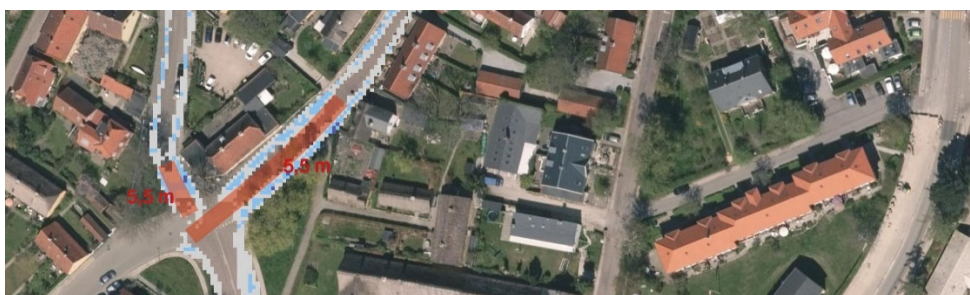
Der er i alt lavet fem modeller, der beskriver regnvandets opførsel på vejene. Modellerne er:

1. Model med kloakafløb (dvs. en koblet model, MIKE 21 og MIKE URBAN)
2. Statusmodellen uden render eller kloakafløb.
3. Model med 5 cm dybe render (se render med blå på figur nedenfor).
4. Model med 10 cm dybe render (se render med blå på figur nedenfor).
5. Model med 20 cm dybe render (se render med blå på figur nedenfor).

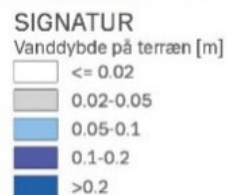
Statusmodellen (2) har været udgangspunktet for placering af renderne, idet statusmodellen viser scenariet for, hvordan regnvandet løber på vejene, når brøndene er lukket (se figur 7). Renderne er placeret i den sydlige del af Nørregade og Gl.

Lundtoftevej, da statusmodellen viser, at der ikke er problemer med vand på vejene opstrøms renderne, hvor der på et hvert givent tidspunkt i nævnte modelkørsel er en min 5,5 m tør kørebane. Dette skyldes vejenes fald.

Hertil kommer at der for situationen med hverdagsregn er fornuftige resultater, idet regnvandet ikke stikker af til matrikler, men generelt løber pænt på vejene (i siderne af vejen). Sammenlignet med andre projekter med vand på vejen, er det højst usædvanligt med et udgangspunkt, der er så godt.



Figur 7 Krydset ved Gl. Lundtoftevej, Peter Lunds Vej, Nørregade. Statusmodellen (2) viser hvordan regnvandet lægger sig på vejene ved en T5 hændelse uden kloak og render. De områder med større vandmængder der er mest kritiske er markeret med en rød 5,5 m bred markering. Langs med markeringen indsættes render i modellen. På Nørregade ligger der vand markeret med gråt over markeringen. Dette er dog ikke kritisk, da vandet er lavtstående op til 5 cm. Det antages at vandet hurtigt løber af og vil løbe i render i scenarie 3-5.



På de kritiske strækninger i den sydlige del af vejene (inden for projektområdet – dvs. ved krydset Gl. Lundtoftevej, Peter Lunds Vej, Nørregade) er der lagt render ind i modellerne. Disse er simuleret ved at sænke terrænet i kanten af vejen direkte i terrænmodellen. Der laves kun render i de områder, hvor statussimuleringen viser, at der potentielt vil ligge vand på vejen ved en 5-års hændelse, og hvor vandmængderne er betydelige (5-20 cm), og hvor der ikke kan opnås en kørebane på min 5,5 m ved normal regn (op til T5). De udvalgte områder, hvor der laves render, er vist med blå på Figur 8.



Figur 8: Krydset ved Gl. Lundtoftevej, Peter Lunds Vej, Nørregade. De blå markeringer viser, hvor der laves render i modellerne. Rendernes placering er valgt ud fra statusmodellens resultater, og strækningerne med render dækker de kritiske områder, hvor statusmodellen ikke lever op til kravet om en 5,5 m bred tør kørebane.

3 RESULTATER TIL T=5

Det opstilles fem scenarier baseret på de fire terrænmodeller, som nævnt ovenfor. Alle er kørt med den samme 5-års hændelse og gennemgås i nedenstående, se

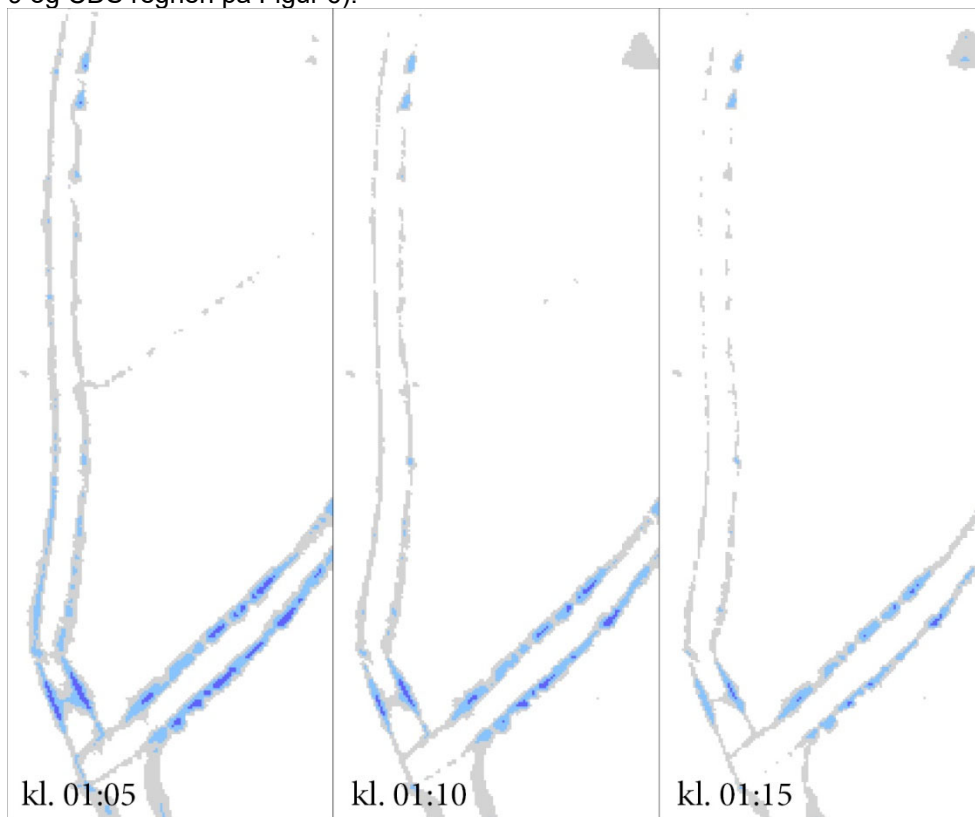
Tabel 2.

Tabel 2 Oversigt over antallet af scenarier.

Scenarie	Nedbør	Render	Kloak
1	CDS 5	Ingen	Fuldt funktionsdygtig
2	CDS 5	Ingen	Afproppet
3	CDS 5	5 cm dybe	Afproppet
4	CDS 5	10 cm dybe	Afproppet
5	CDS 5	20 cm dybe	Afproppet

De viste resultater i dette afsnit afspejler det tidspunkt i den 2-timers CDS regn, hvor vandstanden på vejene er højest. Dvs. kl. 01:05 og dermed lidt over en time inde i modelregnen.

Blot 5 og 10 min senere ser vandstanden helt anderledes ud da vandet på dette tidspunkt er løbet videre ned ad vejene og intensiteten i regnen er mindre (se Figur 9 og CDS regnen på Figur 6).



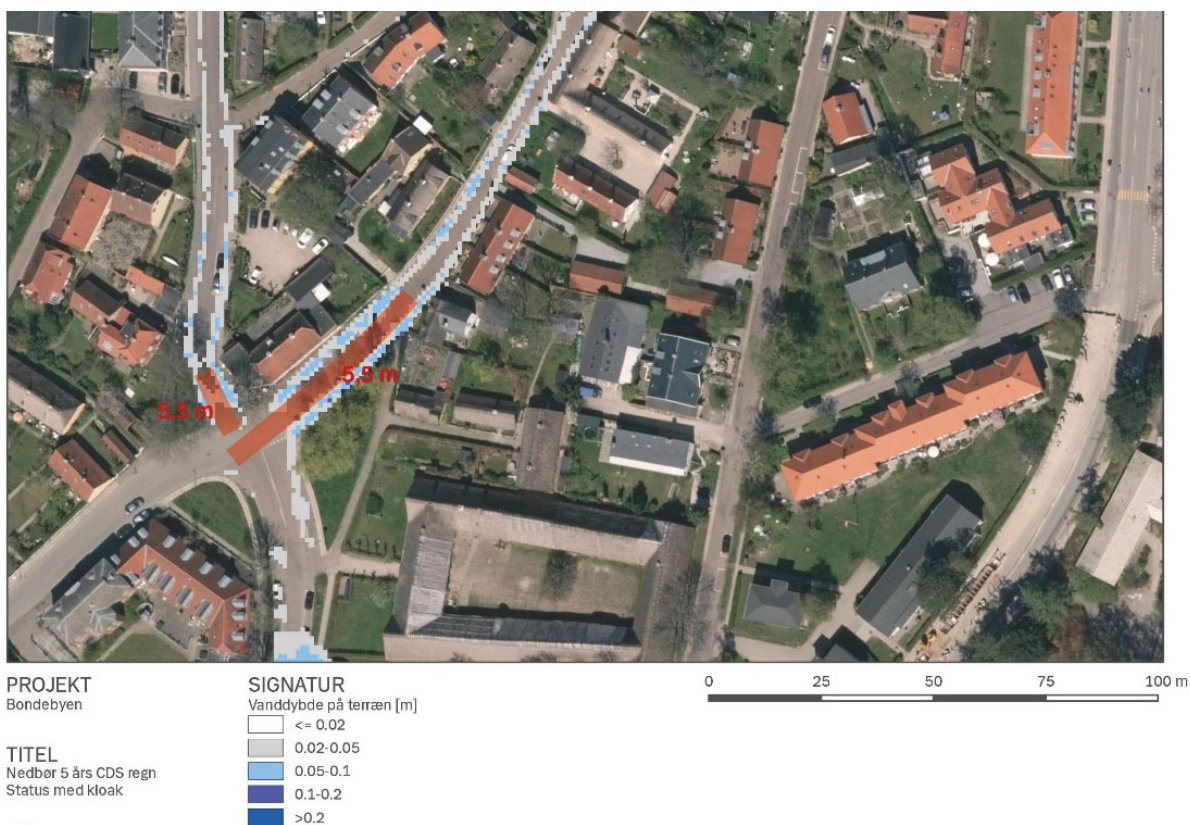
Figur 9 Krydset ved Gl. Lundtoftevej, Peter Lunds Vej, Nørregade. Sammenhæng mellem tidsintervallerne for et vilkårligt udvalgt rendescenarie. Kl. 01:05 er der maksimal vandstand i løbet af 2-timers CDS regn for en 5-års hændelse. Allerede 5 min. Senere er der væsentligt mindre regnvand på vejene og igen 5 min. Senere kl. 01:15 er der endnu mindre vand.

Der beregnes med udgangspunkt i modelregnen kl. 01:05, da det er et krav at løsningen på vejene, skal kunne holde 5,5 m kørebane 'tør'.

3.1 Scenarie 1 – Status model, med fuldt funktionsdygtig kloak

I dette scenarie regnes på statussituationen, hvor kloakken stadig er i brug. Der er ikke inkluderet en korrekt kloakmodel (da denne ikke har været tilgængelig), så det er antaget, at hvis vandet løber hen til en vejrist, så er der plads i kloakken. Dette er derfor et optimistisk bud på status, hvor alt fungerer korrekt.

Resultatet viser, at vandet løber langs med kanten af vejene, og der løber stort set ikke noget vand væk fra vejene (se Figur 10). På størstedelen af strækningen er vanddybden under 10 cm, og kun i enkelte vandpytter er dybden over 10 cm. I den sydlige del af projektområdet ligger der dog lidt vand på vejen ved maks-situationen.



Figur 10 Krydset ved Gl. Lundtoftevej, Peter Lunds Vej, Nørregade. Status med et velfungerende kloaksystem. Maksimal oversvømmelse på terræn ved en 5-års hændelse. (Se fuld størrelse af illustration i bilag). Den røde markering angiver 5,5 m kørebane.

3.2 Scenarie 2 – statusmodel, hvor kloakken er afproppet

Dette scenarie afspejler situationen, hvor man afpropper kloakken, men ikke styrer vandet med render. Den maksimale vanddybde vises på Figur 11. Figuren viser

maksimal vanddybde, men den høje vandstand ligger kun på vejen i kort tid (5-10 min), hvorefter det strømmer ned til det område, der tiltænkes at indrettes som spildevandsteknisk anlæg. Der er lidt mere vand på vejen end ved scenarie 1. Det konkluderes, at der er behov for render i den sydlige del af projektområdet, for at undgå for meget vand på vejen.



Figur 11 Krydset ved Gl. Lundtoftevej, Peter Lunds Vej, Nørregade. Statusmodel, hvor vejriste er afproppet. Maksimal oversvømmelse på terræn ved en 5-års hændelse. (Se fuld størrelse af illustration i bilag). Den røde markering angiver 5,5 m kørebane.

3.3 Scenarie 3-5

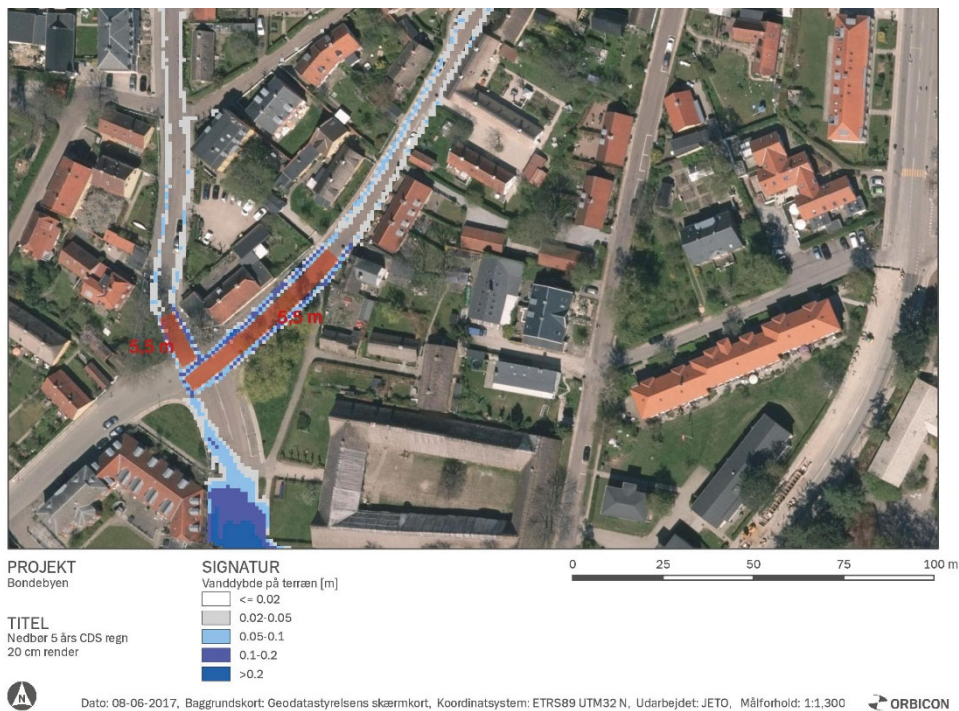
I disse scenarier (Se Figur 12-Figur 14) er der lavet render i terrænmodellerne. De er lavet med dybder på hhv. 5, 10 og 20 cm i den sydlige del af projektområdet, som beskrevet tidligere. Render på 5 cm forbedrer situationen, men det er ikke helt nok til, at vandet kan holdes nede i renderne. Derfor er det vist, hvordan vandet lægger sig på vejen i de tre scenarier.



Figur 12: Krydset ved Gl. Lundtoftevej, Peter Lunds Vej, Nørregade. Maksimal vanddybde på terræn ved en 5-års hændelse. Render med en dybde på 5 cm. (Se fuld størrelse af illustration i bilag). Den røde markering angiver 5,5 m kørebane.



Figur 13: Krydset ved Gl. Lundtoftevej, Peter Lunds Vej, Nørregade. Maksimal vanddybde på terræn ved en 5-års hændelse. Render med en dybde på 10 cm. (Se fuld størrelse af illustration i bilag). Den røde markering angiver 5,5 m kørebane.

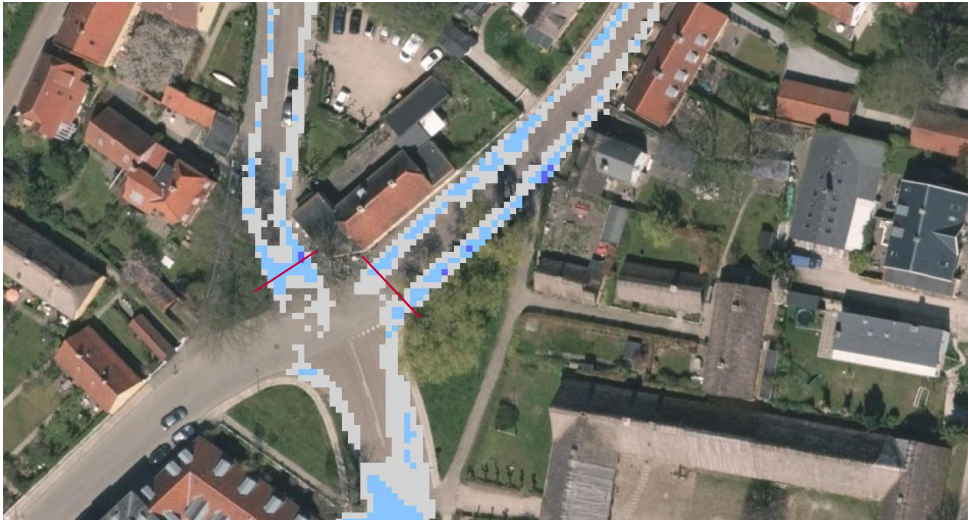


Figur 14: Krydset ved Gl. Lundtoftevej, Peter Lunds Vej, Nørregade. Maksimal vanddybde på terræn ved en 5-års hændelse. Render med en dybde på 20 cm. (Se fuld størrelse af illustration i bilag). Den røde markering angiver 5,5 m kørebane.

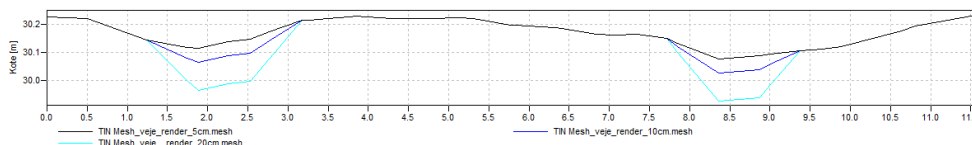
De tre terrænmodeller, vist ovenfor i Figur 12Figur 14, angiver hvordan regnvandet fordeler sig på vejene med de forskellige rendedybder. Det kan dog være svært at afgøre rendernes effekt, da de alle tre håndterer vandet pænt, idet der ligger ganske lidt vand ude i det viste kørebaneareal. Render på 10-20 cm dybde vurderes at være tilstrækkelige, dog kvalificeres dette med snit i næste afsnit.

3.4 Snit

For at kvalificere undersøgelserne yderligere er der nedenfor vist, hvordan regnvandet fordeler sig i renderne set på snit. For både Gl. Lundtoftevej og Nørregade er det mest vanskelige sted udvalgt til visning i snit, dvs. det sted, hvor der ligger mest vand på vejen kl. 01:05.

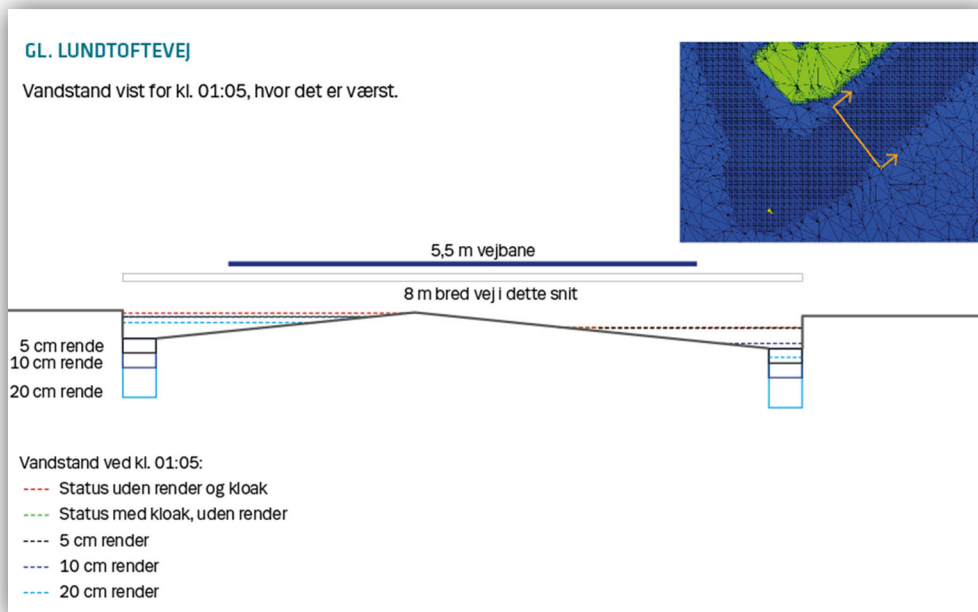


Figur 15 Krydset ved Gl. Lundtoftevej, Peter Lunds Vej, Nørregade. Statusmodellen med markering af de to steder, der er udvalgt til snitvisning nedenfor.

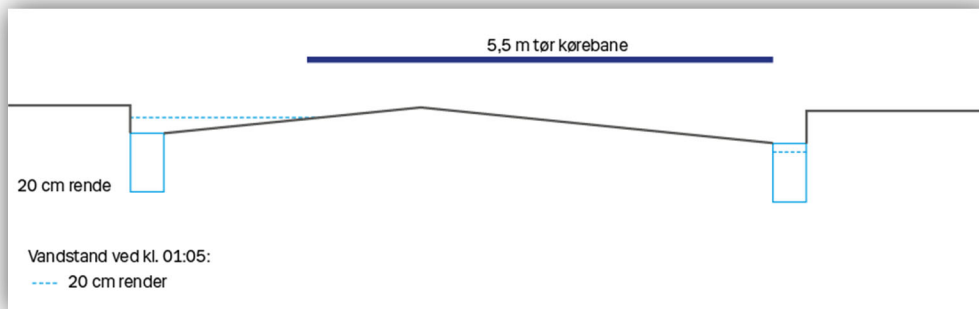


Figur 16 Snit gennem modellen, ser uden bearbejdning således ud. Dette snit siger derfor noget om modellens præcision med 40x40 cm grid størrelser på vejene. Denne type snit er lagt sammen med den korrekte optegning af vejene nedenfor i Figur 17 og Figur 19.

3.4.1 Gl. Lundtoftevej

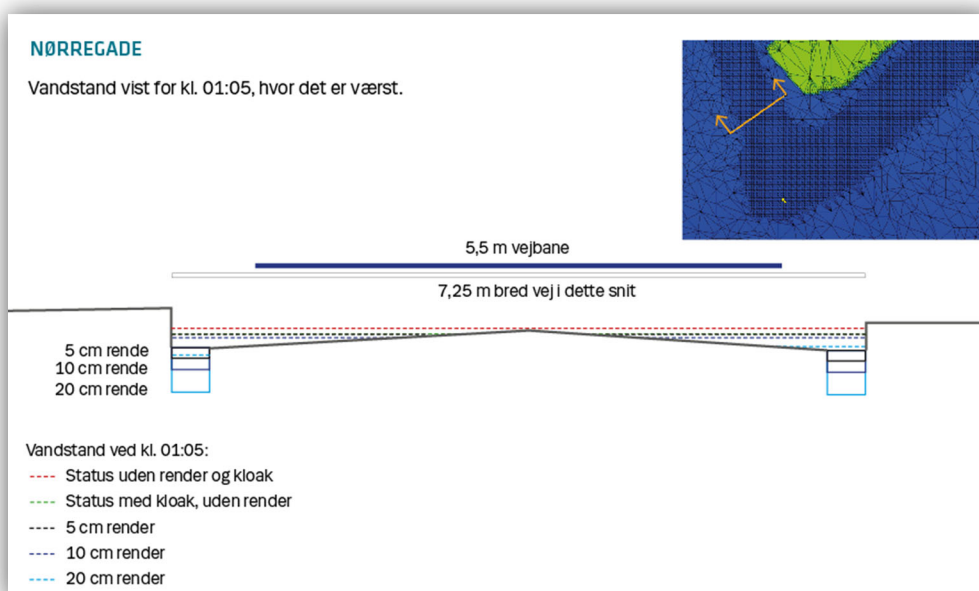


Figur 17 Illustrationen viser vandstanden på Gl. Lundtoftevej for de 5 forskellige scenarier. Dette er et udtryk for vandstanden i det viste snit og det er et øjebliksbillede fra kl. 01:05, hvor 5-års regnen fylder mest. Bare 5-10 min senere er der mindre vand på terræn, da det løber videre ned ad vejen.

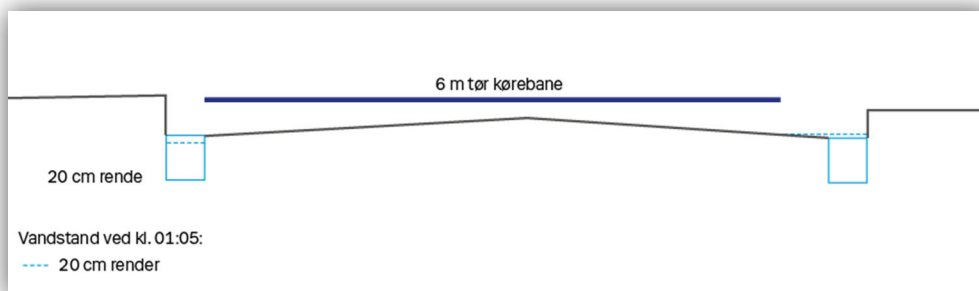


Figur 18 Render, der er 20 cm dybe, sikrer 5,5 tør kørebane.

3.4.2 Snit - Nørregade



Figur 19 Illustrationen viser vandstanden på Nørregade for de 5 forskellige scenarier. Dette er et udtryk for vandstanden i det viste snit, og det er et øjebliksbillede fra kl. 01:05, hvor 5-års regnen fylder mest. Bare 5-10 min senere er der mindre vand på terræn, da det løber videre ned ad vejen.



Figur 20. Snit ved Nørregade. Maksimal vandstand med 20 cm render.

4 DIMENSIONERING AF TILTAG

Efter placeringen og den omtrentlige dimension af renderne er bestemt i MIKE 21, kvalificeres rendernes dimensioner i de følgende afsnit. Volumen af bassinet dimensioneres også, og kvalificeres med en boks-model.

4.1 Dimensionering af render til T5 og T100

Renderne dimensioneres ud fra maksimal 10-minutters intensitet i en 5-års hændelse med sikkerhedsfaktor 1,38, hvilket er $2,43 \cdot 10^{-5}$ m/s. Denne intensitet ganges med oplandsarealet til de forskellige render for at bestemme den maksimale vandføring.

$$Q_{GI_Lundtoftevej} = 3530 \text{ m}^2 \cdot 2,43 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} = \mathbf{0,086 \text{ m}^3/\text{s}}$$

~86 l/s

$$Q_{Nørregade} = 2679 \text{ m}^2 \cdot 2,43 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} = \mathbf{0,065 \text{ m}^3/\text{s}}$$

~ 65 l/s

$$Q_{bassin_indløb} = Q_{GI_Lundtoftevej} + Q_{Nørregade} = 86 + 65 = \mathbf{151 \text{ l/s}}$$

For hver rende findes længden og højdeforskellen fra top til bund, hvorefter faldet kan bestemmes. Der benyttes et Manningtal på $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ i renderne og vandføringen (Q) fordeles ligeligt mellem begge sider af vejen. Vha. Manningformlen bestemmes tværsnitsarealet på renden, hvilket, sammen med fald og vandføring, kan omsættes til en specifik rendestørrelse.

GI Lundtofte nord

Fald 11 ‰

Q=43 l/s

Rendebredde = **300 mm**

GI Lundtofte syd

Fald 10 ‰

Q= 43 l/s

Rendebredde = **300 mm**

Nørregade vest

Fald 9 ‰

Q=32,5 l/s

Rendebredde = **300 mm**

Nørregade øst

Fald 9 ‰

Q=32,5 l/s

Rendebredde = **300 mm**

Nørregade til bassin

Indbygget fald på 5 ‰

Fald 5 ‰

Q=151 l/s

Rendebredde = **400 og 500 mm**

4.1.1 Udløb fra bassin til T=100 (skybrudssituationen)

Udløbet dimensioneres til en maksimal vandføring ved en 100-års hændelse, da bassinet er fyldt mens 100-års hændelsen peaket.

Maksimal 10 min intensitet: **60,2 µm/s**

~ 6,02 *10⁻⁵ m/s

Indbygget fald på 5 ‰

Q= 6,02 *10⁻⁵ m/s *6209 m² = **0,37 m³/s**

Rendebredde = **500 mm**

Det vil sige at hvis der benyttes rende (linjedræn med indbygget fald) til afledning fra bassinet, skal denne have en bredde på 500 mm. Alternativt kan dette udføres som en sænket chausséstensrende.

4.2 Dimensionering af bassin

Bassinet dimensioneres med Spildevandskomiteens Bassindimensioneringsregneark. Der benyttes følgende input parametre:

- Bidragende areal = 0,62 ha
- Total grønt område (areal af bassinområde) = 500 m², heraf:
 - Nedsivningsareal til udledning= 400 m²
 - Vådt bassinareal = 100 m².
- Ledningsevne i filtermuld K = 1x10⁻⁵ m/s

Ud fra ovenstående kan nedsivningen beregnes:

Samlet nedsivning = 400 m² * 1*10⁻⁵ m/s = 4 l/s

Herved kan bassinet dimensioneres til **256 m³**, hvilket fremgår af Figur 21.

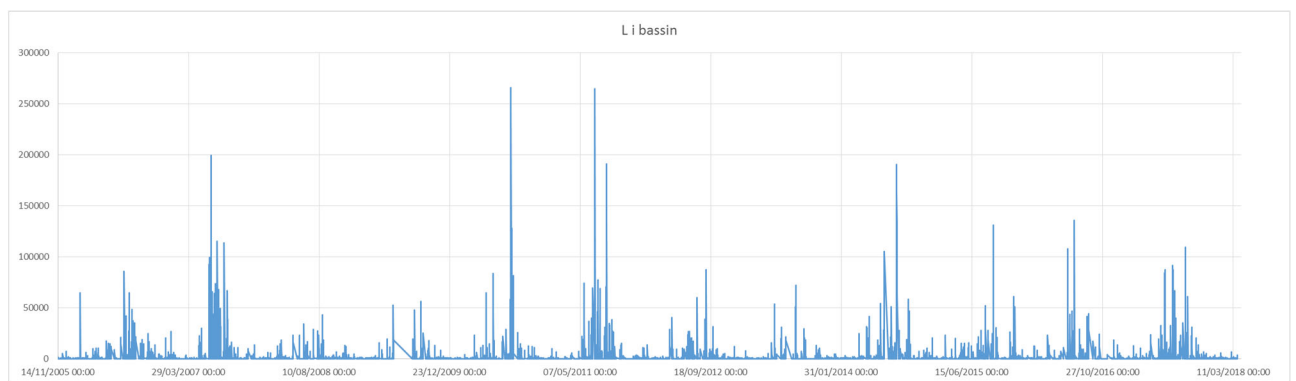
Regnkurve karakteristika		Ledningsdimensionering		Bassindimensionering opstrøms udlob			
		CDS karakteristika		Oplandskarakteristika			
Northing (WGS84 ZONE 32)	6186850	CDS-regn varighed (min)	360	Befæstet areal (ha)	0.618		
Easting (WGS84 ZONE 32)	719800	Tidsskridt (min)	10	Hydrologisk reduktionsfaktor (-)	1		
Årsmiddelnedbør (mm)	671 <i>Beregnes ud fra N og E koordinater</i>	Asymmetri koefficient	0.5	Afskærende lednings kapacitet (l/s)	4		
Middelværdi ekstrem døgnedbør							
DMI Klimagrid (mm/dag)	27.6 <i>Beregnes ud fra N og E koordinater</i>						
Gentageelsesperiode (år)	5						
Sikkerhedsfaktor (Fra Skrift 27)	1.38 <i>Defineret i Skrift 27, Faktor til beskrivelse af usikkerhed, klima, mv. Typisk 1.0 - 1.8</i>						
Varighed (min)	Intensitet givet ovenstående input (µm/s)						
	1 49.79						
Design regnkurve		CDS regn		Volumen af bassin			
Varighed (min)	z _r (µm/s)	S(z _r) (µm/s)	f ² z _r (µm/s)	Regression (µm/s)	Tid (min)	Intensitet (µm/s)	256 m3
1	36.00	3.25	49.68	49.79	0	0.608556066	Effekten af koblede regn ER inkluderet (20 % ekstra volumen)
2	31.87	2.68	43.97	43.98	10	0.635680306	
5	24.16	1.62	33.33	33.20	20	0.665829033	
10	17.76	1.35	24.50	24.28	30	0.699568876	
30	9.18	0.86	12.67	12.79	40	0.737621735	
60	5.66	0.63	7.81	8.06	50	0.780922866	
180	2.72	0.26	3.75	3.71	60	0.830707469	
360	1.67	0.12	2.30	2.24	70	0.888643732	
720	0.99	0.08	1.37	1.35	80	0.957044493	
1440	0.60	0.05	0.82	0.81	90	1.039218236	
2880	0.34	0.03	0.47	0.49	100	1.140080625	
						Mellemresultater svarende til Skrift 16	
						Dvs. at effekt af koblede regn IKKE er inkluderet i mellemresultaterne.	
						Reduceret areal (ha)	0.62
						Afløbstal (mu-m/s)	0.65
						Varighed (h)	5.38
						Vr.k (mm)	34.53

Figur 21: Dimensionering af bassin med Spildevandskomiteens Bassindimensioneringsregneark.

4.2.1 Boks-model

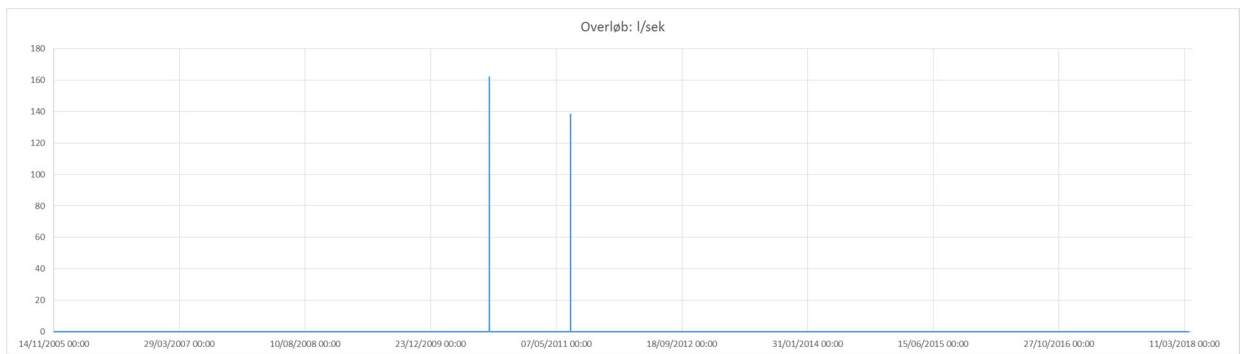
Der laves en boks-model i Excel, for at sikre at bassinet er dimensioneret korrekt. Boks-modellen indeholder nedbør på 1 minut tidsskridt i perioden 14/11-2005 til 27/3-2018 (12,3 år) for nærmeste regnmåler.

Modellen holder styr på flow ind i (opland x nedbørsintensitet) og ud af bassinet (ved nedsivning=4 l/s, eller ved overløb) og beregner på denne måde volumen i bassinet til hvert tidsskridt. Volumen i bassinet fremgår af Figur 22.



Figur 22: Volumen i bassinet fra 2005 til 2018 ifølge boks-modellen.

Modellen viser 2 overløb i løbet af de 12 år – hvilket passer fint med at det er dimensioneret til en 5 års hændelse (Se Figur 23). I gennemsnit løber 0,5% af årsnedbøren i overløb, og bliver altså ikke rensat gennem filtermulden.



Figur 23: Overløb fra bassinet fra 2005 til 2018 ifølge boks-modellen.

Endvidere er der i gennemsnit 2 koblede regnhændelser per år, hvor bassinet ikke når at tømme ud inden den næste regn kommer. Tømmetiden på bassinet er 0,75 dag.

5 MODIFICERING AF MODEL TIL SIMULERING AF SKYBRUD

For at simulere skybrud skal modelområdet udvides og input skal modificeres. Modellen sættes op med de samme forudsætninger som i Afsnit 1, men der laves nogle ændringer, hvilke beskrives i dette afsnit. Afgrænsningen af det nye modelområde ses på Figur 24, hvor Mølledammen – hvortil skybrudsvandet skal ledes på terræn - er vist med blå.



Figur 24: Afgrænsning af modelområde (vist med rødt), for udvidet model til simulering af skybrud. Mølledammen er vist med blå.

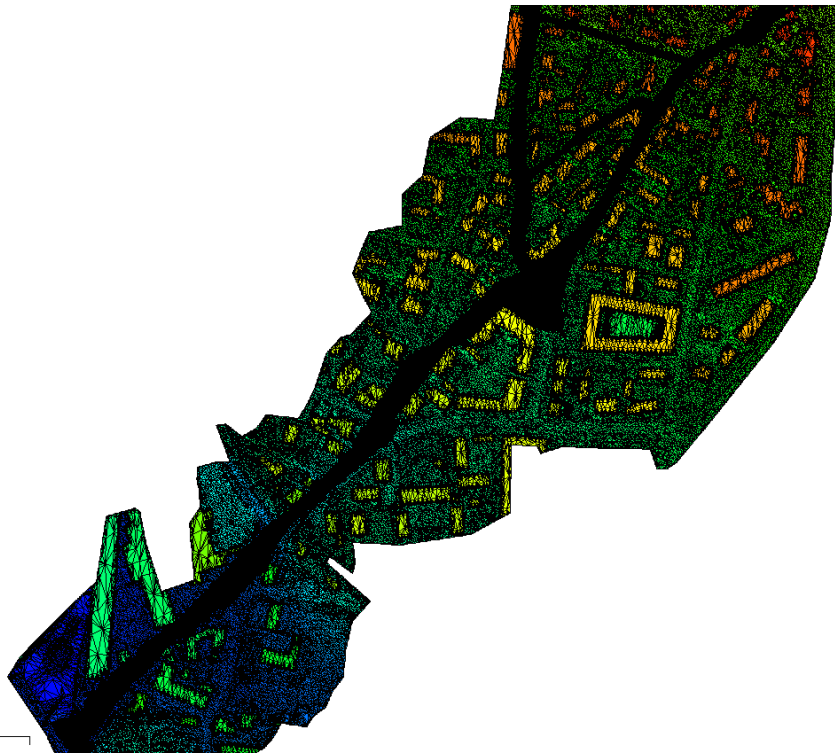
5.1 Generering af nyt mesh

Da modelområdet er udvidet, skal der også genereres et nyt mesh. Der benyttes samme regler og samme algoritme som tidligere, men nu fastholdes det fine mesh på hele vejstrækningen ned mod Mølleåen. De områder hvor der fastholdes et fint mesh fremgår af Figur 25.



Figur 25: Vejstrækninger hvor der fastholdes et fint mesh til simulering af skybrud.

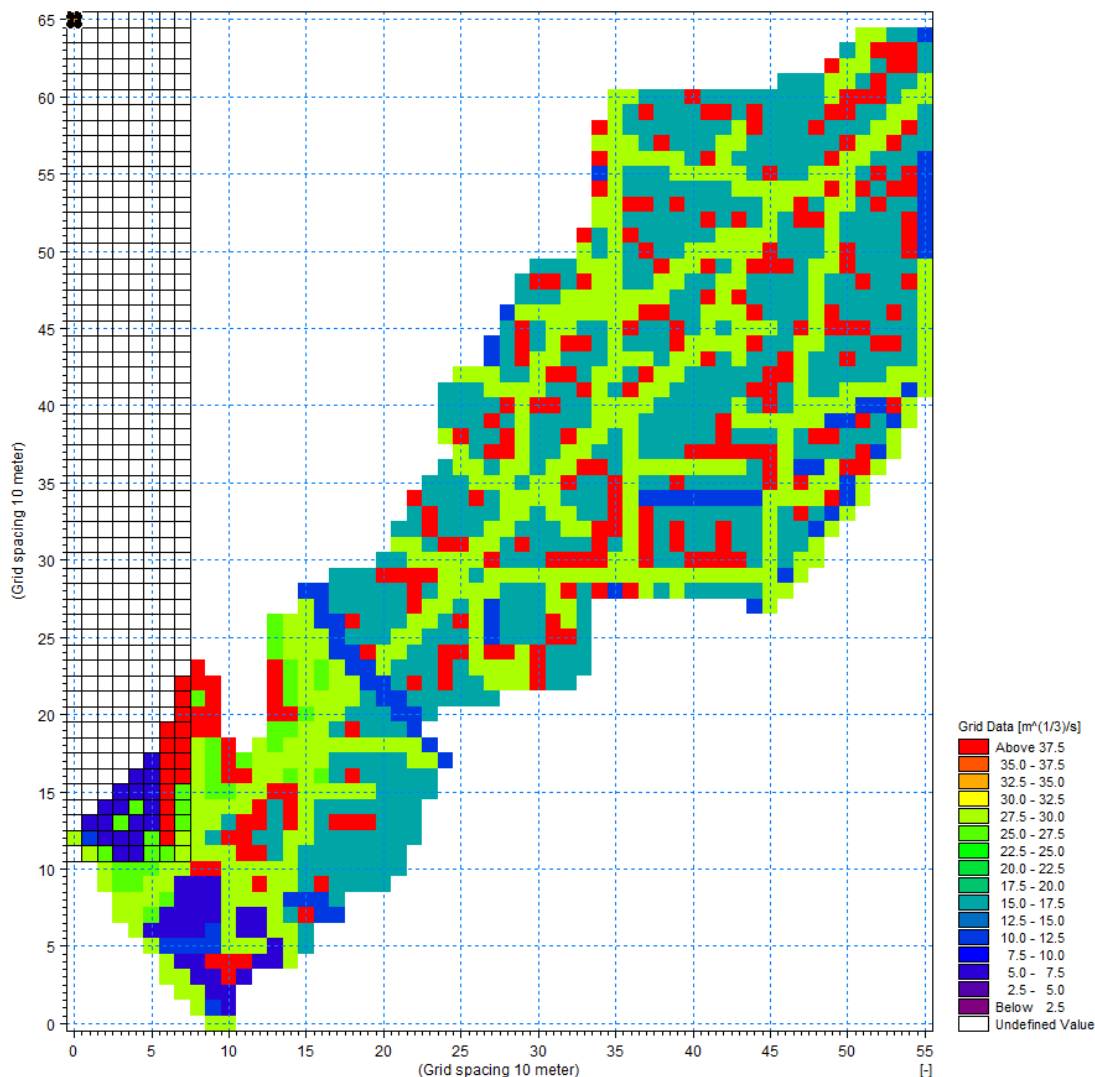
De udvidede mesh ses på Figur 26, hvor sorte områder består af trekanter der er så små, at de ikke kan ses på det viste zoom-niveau.



Figur 26: Udvidet mesh til simulering af skybrud.

5.2 Ruhed, nedbør og nedsvivning

Manningtalsgriddet er lavet som beskrevet i Afsnit 1, men blot udvidet. Det udvidede Manningtalsgrid fremgår af Figur 27.



Figur 27: Udvidet Manningtalsgrid til simulering af skybrud.

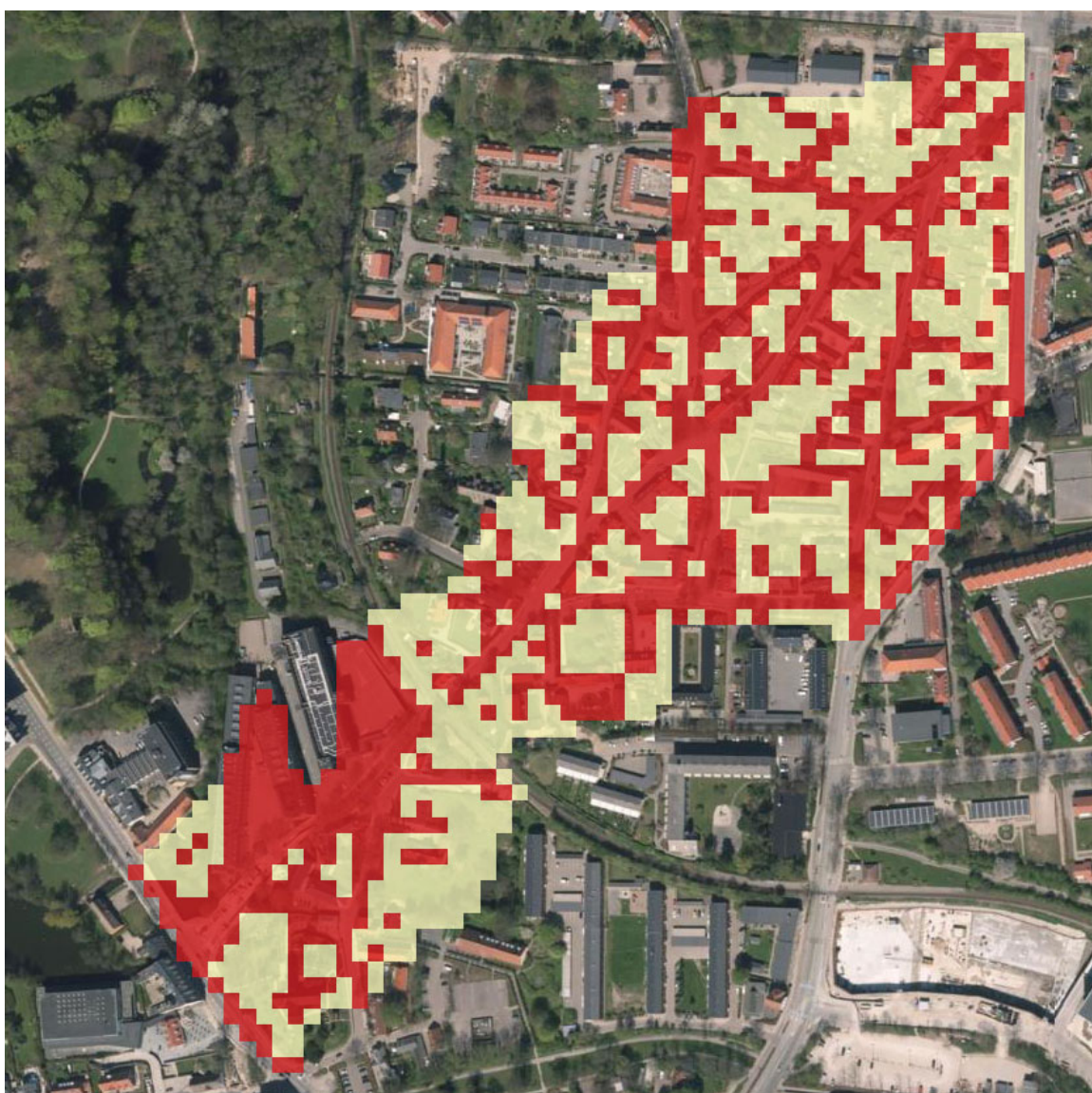
Spildevandskomiteens regneark "Regionalregnrække_ver_4_1" er benyttet til at lave en nedbørshændelse for en 100-års regn med en varighed på 2 timer. Beregningsusikkerhed, klimafaktor og fortætning er beskrevet i et kort notat, der er fremsendt d. 30-05-2018. Der benyttes følgende faktorer (se Tabel 3).

Tabel 3: Modelfaktorer

Gentagelsesperiode	Konstruktion	Levetid på anlægget	Klimafaktor	Modelusikkerhedsfaktor	Fortætningsfaktor	Samlet sikkerhedsfaktor
100 år	Kantstene	100 år	1,4	1,2	1,0	1,68
100 år	Udledningsarrangement for udledning af skybrudsvand	100 år	1,4	1,2	1,0	1,68

Ud fra SDFEs befæstelseslag defineres områder, der er over 50 % befæstede, som fuldt befæstede, og områder under 50 % befæstelsesgrad defineres som ubefæstede.

På områder hvor befæstelsesgraden er over 50 % (markeret med rødt på Figur 28) lægges den fulde nedbør. Alle andre områder (markeret med gult) antages at være "grønne", og der fjernes derfor et initialtab på 40 mm fra nedbøren, hvorefter arealet er at betragte som fuldt befæstet idet skybrudsvandet strømmer af på overfladen og arealerne er vandmættede.



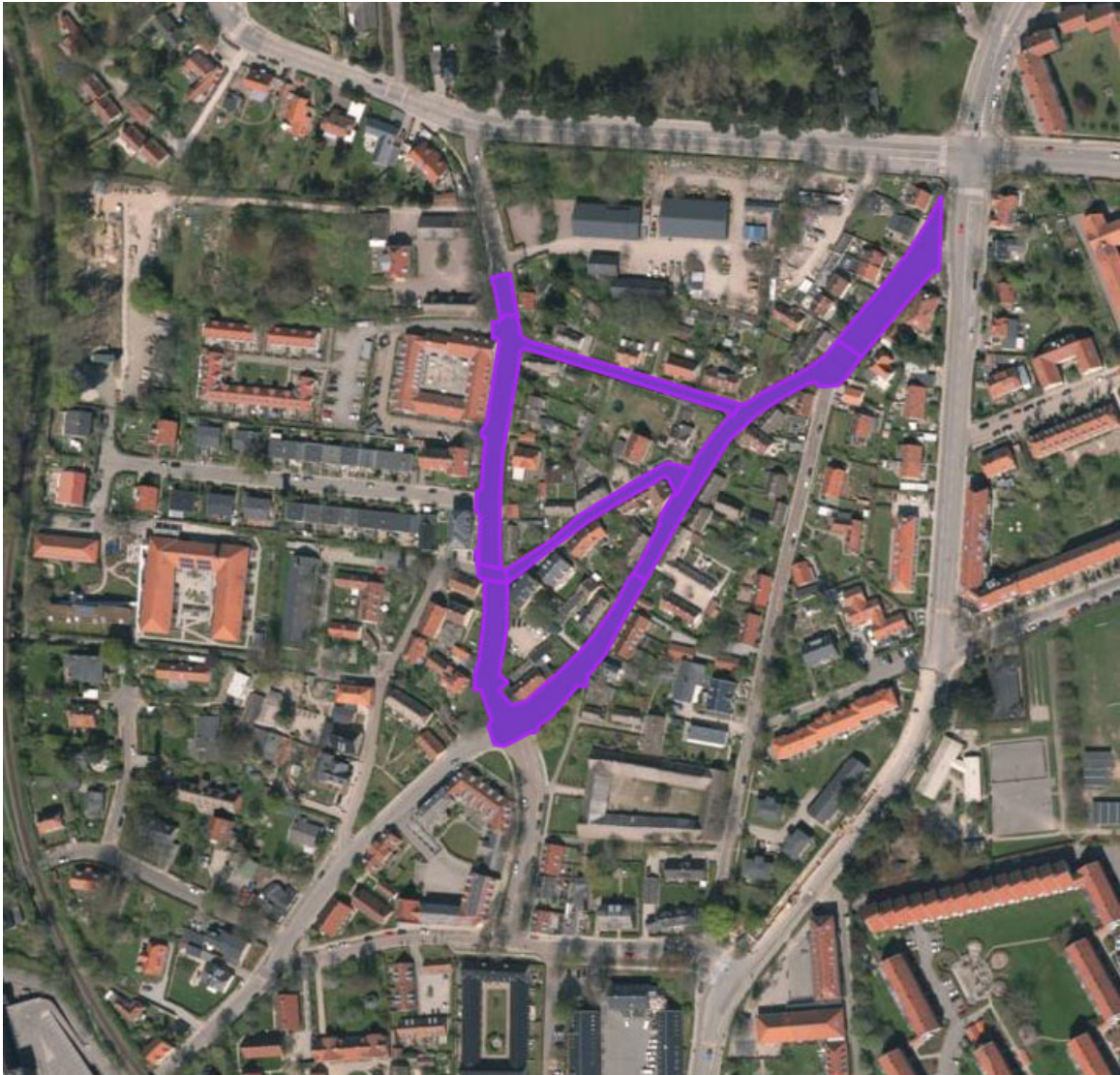
Figur 28: Områder der defineres som fuldt befæstede (rød) og ubefæstede (gul). Lavet med udgangspunkt i SDFEs GIS-lag med befæstelsesgrader.

Nedsivningen håndterer både reel nedsivning samt tab til kloak på befæstede områder. I nedsivningsgriddet fjernes 140 l/s (1210 mm/dag) af de befæstede områder (rødt) for at simulere at der er kloak i disse områder. Det resulterende nedsivningsgrid fremgår af Figur 29, hvor rød er 86 mm/dag og blå er 1210 mm/dag. Dette nedsivningsgrid benyttes til statusberegning af 100-års hændelsen.



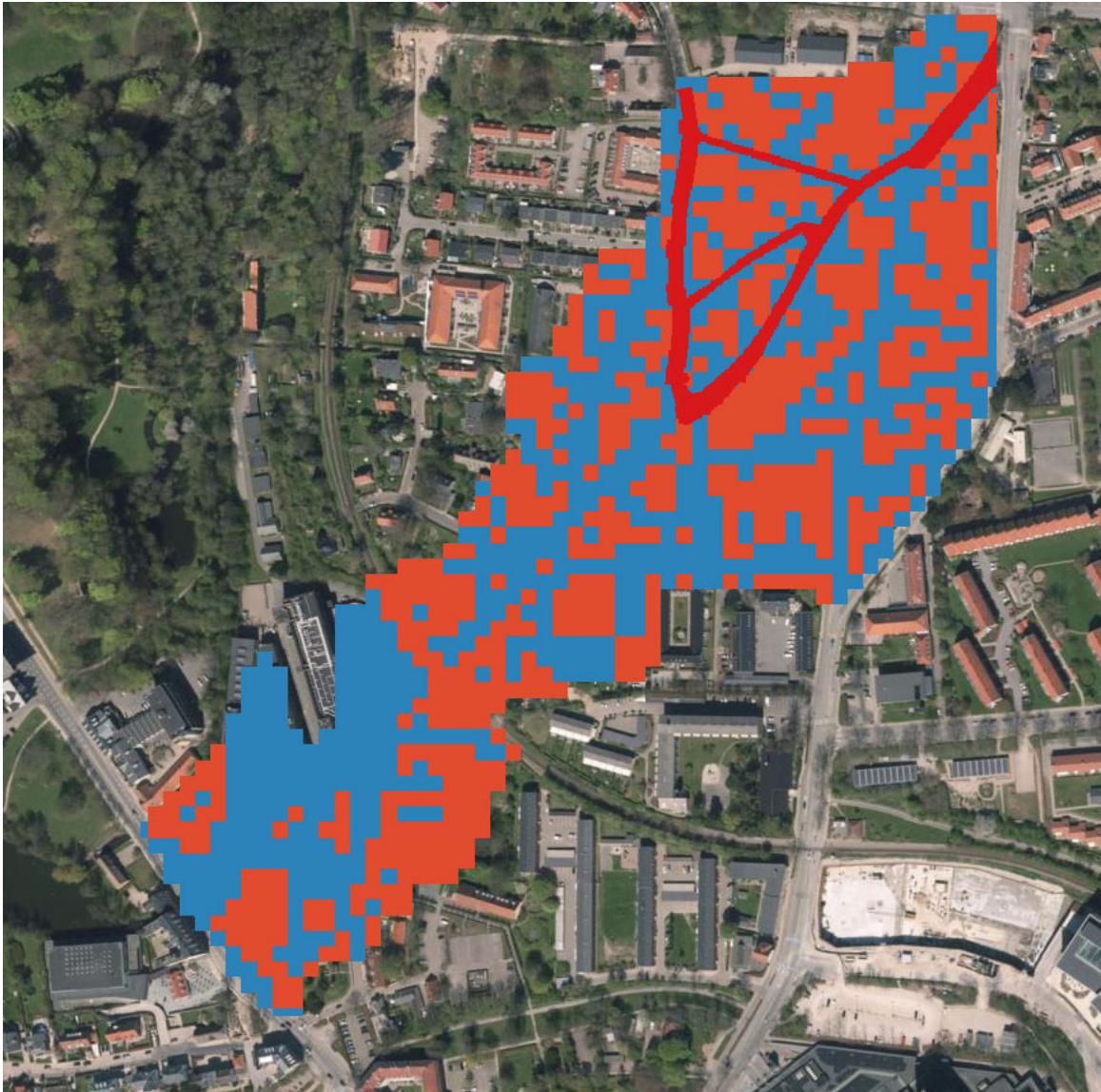
Figur 29: Udvidet nedsivningsgrid til simulering af statusmodel for skybrud. Dette simulerer både reel nedsivning, samt tab til kloak.

Ved planberegningen fjernes der IKKE 140 l/s på vejene i projektområdet (markeret med lilla på Figur 30), da kloakken afproppes (vejristene sløjfes). Her sættes nedsivningen til 0.



Figur 30: Veje i projektområdet hvor kloakken afproppes, og hvor der derfor ikke fjernes 140 l/s.

Det resulterende nedslivningsgrid der benyttes til planberegninger ses på Figur 31, hvor mørkerød er 0 mm/dag, lysere rød er 86 mm/dag og blå er 1210 mm/dag



Figur 31: Udvidet nedslivningsgrid til simulering af planmodeller for skybrud. Dette simulerer både reel nedslivning, samt tab til kloak.

5.3 Randbetingelser i model

I den sydlige del af Gammel Lundtoftevej løber skybrudsvandet ned i Mølleåen. Det antages, at der vil være plads til vandet, og at der ikke vil være tilbagestuvning fra åen op på Gammel Lundtoftevej. Derfor laves randbetingelsen i MIKE 21, således at skybrudsvandet forsvinder ud af modellen, når det ender i åen. Modelteknisk laves dette ved at sætte en vandstandsrand (water level boundary) med en kote der ligger lige over vandspejlet i åen.

5.4 Tilpasninger i terrænmodel til plansimuleringer

De render der blev dimensioneret i Scenarie 4 (se Afsnit 3.3) lægges ind i terrænmodellen. Således regnes der videre på det scenarie hvor renderne på Nørregade

og Gammel Lundtoftevej har en dybde på 10 cm. Bassinet i krydset mellem Nørregade, Gammel Lundtoftevej og Peter Lunds Vej, der er dimensioneret til en 5-års hændelse, lægges ligeledes ind i terrænmodellen. Denne simulering benyttes som udgangspunkt for planberegningerne. Herefter tilrettes terrænmodellen løbende indtil der opnås et scenarie, hvor der ikke længere kommer skader på bygninger nedstrøms det etablerede bassin.

5.5 Tilpasninger i terrænmodel til plan for en 100-års hændelse mellem det våde bassin og Mølledammen

I området nord for det våde bassin er der ikke behov for tiltag, såsom forhøjede kantsten, i forbindelse med skybrud. I hele projektområdet er det dog vigtigt, at der ved fremtidig drift af vejene, ikke lægger ny asfalt på, der betyder at kantstenene bliver lavere.

Mellem det våde bassin og Mølledammen er der behov for at lave tiltag i forbindelse med skybrud. De tiltag der skal laves, for at opnå et scenarie uden skader i områder hvortil der ledes skybrudsvand, er vist på Figur 32. Røde streger betyder at terrænet hæves, f.eks. som forhøjet kantsten, blomsterkummer, hævet kant langs kælderskakter/vinduer. Blå streger betyder, at terrænet sænkes, enten som rende eller som sænket gangsti.



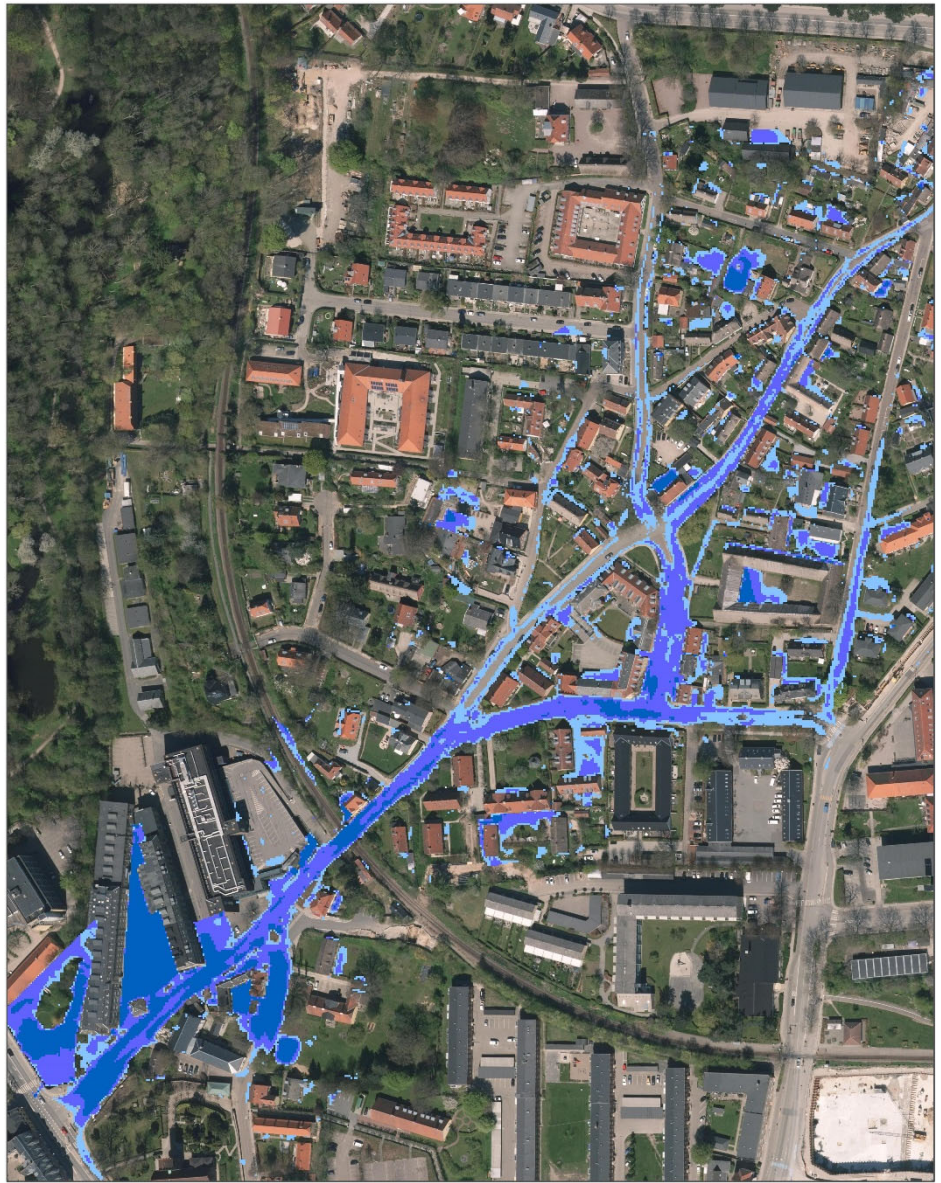
Figur 32: Tiltag der skal laves, for at skybrudsvand ikke giver anledning til skader på bygninger nedstrøms bassinet ved en 100-års hændelse. Røde streger betyder hævnning af terræn og blå streger betyder sænkning af terræn.

6 RESULTATER TIL T=100

Resultatet af statusberegningen ses på Figur 33 og resultatet af planberegningen fremgår af Figur 34.

På Figur 35 er statusberegningen ændret til rød, og lagt ind som baggrund under planberegningen, der stadig vises i blå nuancer. Denne figur kan benyttes til at sammenligne de to scenarier.

Figureerne viser at skybrudsvandet omdirigeres fra, ved status, primært at løbe ned ad Nørregade, og ved plan, primært at løbe ned ad Gammel Lundtoftevej. Derudover ses det, at vandet i langt højere grad holdes inde på vejene ved planberegningen i forhold til status. De steder hvor der stadig ligger vand ved bygninger i planberegningen, stammer dette vand ikke fra skybrudsvejen.



PROJEKT
Bondebyen

SIGNATUR
Vanddybde på terræn [m]

TITEL
Statusberegning for 100-års
hændelse

<= 0.05
0.05-0.1
0.1-0.2
>0.2

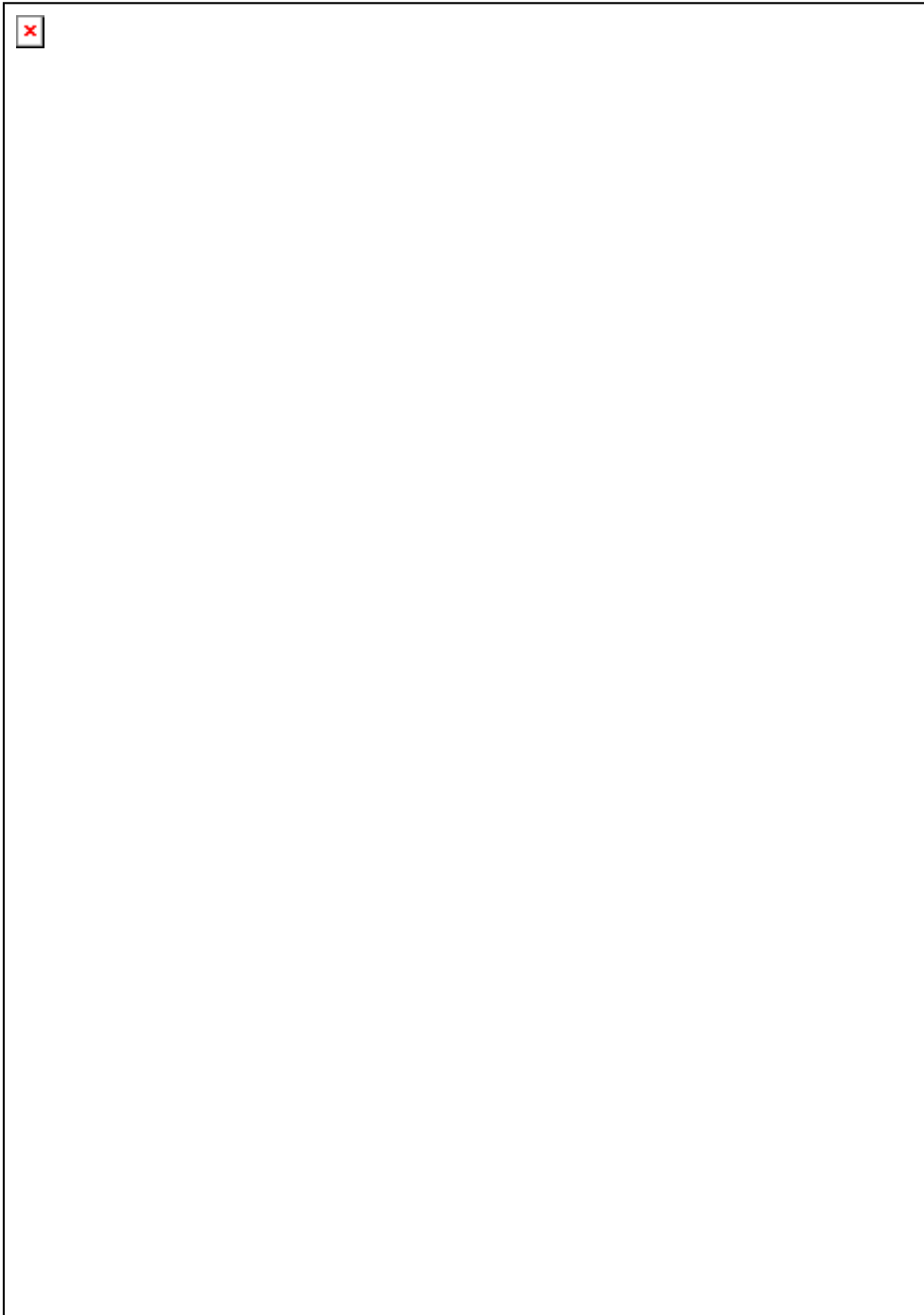
0 50 100 150 200 m



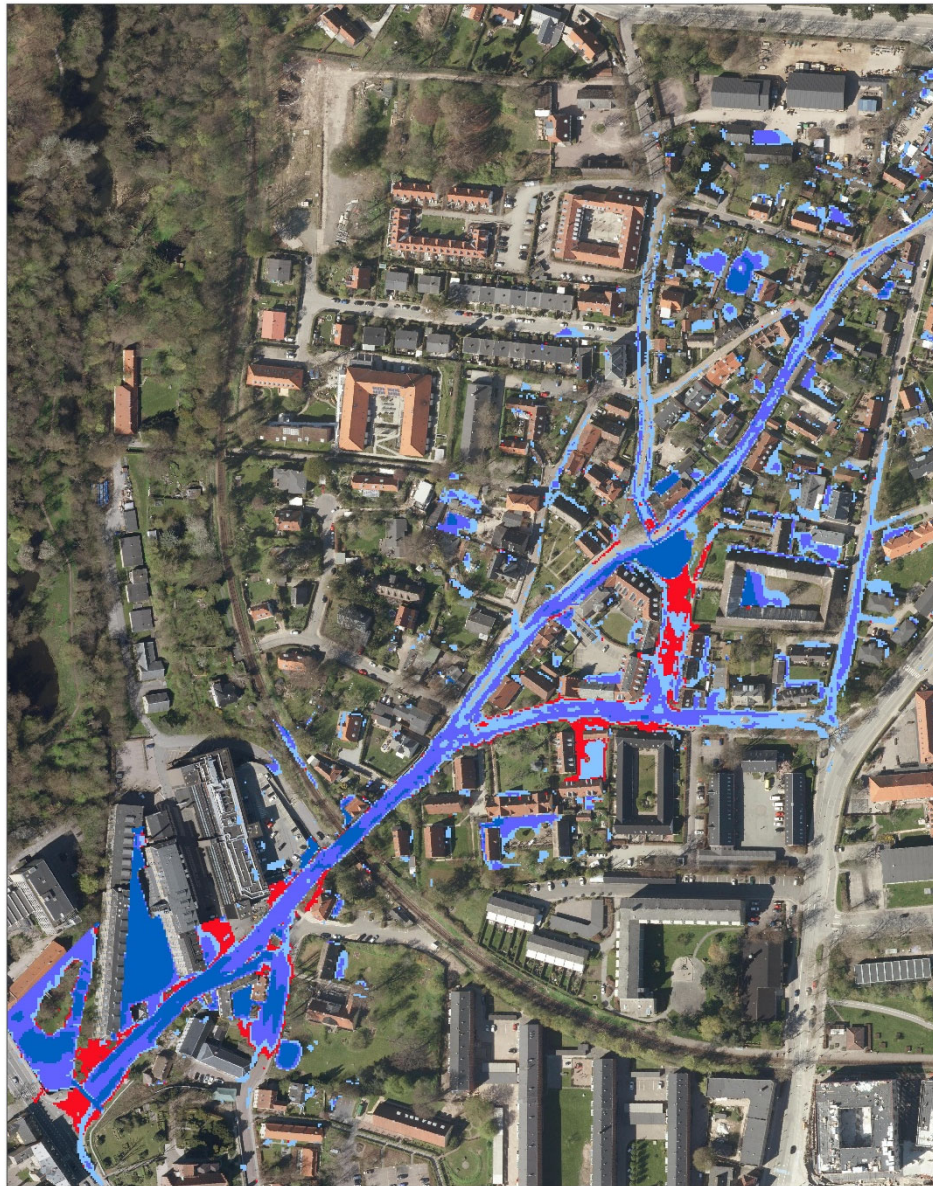
Dato: 17-09-2018, Baggrundskort: Geodatastyrelsens skærmkort, Koordinatsystem: ETRS89 UTM32 N, Udarbejdet: JETO, Målførhold: 1:2500



Figur 33: Vanddybde på terræn en statusberegning for en 100-års hændelse.



Figur 34: Vanddybde på terræn en planberegning for en 100-års hændelse.



Dato: 02-11-2018, Baggrundskort: Geodatastyrelsens skærmkort, Koordinatsystem: ETRS89 UTM32 N, Udarbejdet: JETO, Målforshold: 1:2494



Figur 35: Vanddybde på terræn. Sammenligning mellem status og plan for en 100-års hændelse. Blå nuancer viser resultatet fra planberegningen og den røde farve viser statusberegningen.

6.1.1 Udløb til Mølleåen ved T=100

Tilvæksten af vand i Mølleåen efter tiltag beregnes ved at lave en lukket rand rundt om mølleåen, og køre modellen med en 100-års hændelse.

Herved kan volumen i Mølleedammen beregnes per tidsskridt, og det kan omregnes til m^3/s .

Herved bestemmes det maksimale udløb til Mølleedammen til $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Det maksimale fald på strækningen er 28 ‰.

Vha. Manningformlen dimensioneres en kanal med en maksimal dybde på 30 cm, en bundbredde på 8 m, en topbredde på 14 m og et anlæg på 1:10. Dette kan udføres som en meget bred græsrende (Manningtal = $8 \text{ m}^{(1/3)}/\text{s}$), der ikke er særlig dyb. Evt. med en fordybning i chaussesten i midten.

NOTAT

Projekt	Klimatilpasningsprojekt i Bondebyen
Projektnummer	3691800059
Kundenavn	Lyngby Taarbæk Forsyning
Emne	Bilag 5 - Sammensætning af filtermuld
Til	Camilla Ferguson og Peer Skaarup
Fra	Thomas Hauerberg Larsen
Projektleder	Lars Wiboe Pilmann
Kvalitetssikring	Louise Meier
Revisionsnr.	2 (20/12 2018)
Godkendt af	Carsten Rosted
Udgivet	09-11-2018

Som et led i udarbejdelsen af materialet til det reviderede projektforslag "Klimatilpasningsprojekt Bondebyen" skal der specificeres et filtermateriale til bedet, der skal anvendes til rensning af vejvandet forud for udledningen til Mølleåen. Dette notat indeholder en beskrivelse af sammensætningen af filtermulden.

I Danmark er der flere leverandører af såkaldt filtermuld. Typisk fremstilles de ud fra bakkesand (smeltevandssand) fra grusgrave, hvori der iblandes mindre mængder moræneler og typisk beriget kompost for at øge det organiske indhold og øge evnen for spiring af planter. Sammensætningen er typisk med et ler og siltindhold på 5-10%, et humusindhold (målt som organisk C) på 1-3%, pH 6-8, og en sammensætning af sandfraktionen, der giver en hydraulisk ledningsevne omkring $1 \cdot 10^{-5}$ m/s, se fx /1/. Der anbefales normalt en minimumstykkelse på ca. 50cm¹ og helst ikke et tilkøbet areal, der overstiger 20 gange arealet på filteret /5/.

Den typiske anvendelse af filtermuld har været i forhold til nedsivning til efterfølgende grundvand efter gennemstrømning af filteret. Her vil vandet møde forskellige

mineraller og mikroorganismer inden det ultimativt enten bliver pumpet op til vandforsyning eller afstrømmer til recipienter.

Målinger på vand, der strømmer igennem "traditionel" filtermuld, er udført for Novafos /2/ på to anlæg i Storkøbenhavn over en længere periode (4 år). Ved det ene anlæg ledes vandet til en recipient efter gennemstrømningen af filtermediet (40 cm højde). Ved både dette filter og det andet filtermuldsprojekt er der konstateret høje indhold af fosfor i afløbsvandet. Den aritmetiske middelkoncentrationen for fosfor i afløbet på anlægget ved Søborghusrenden har været 1,1 mg tot-P/l og indløbet på 0,5 mg tot-P/l. Hvis man antager en log-normalfordelingen er middelværdien for både ind og udløb 0,35 mg Tot-P/l. Sammenlignet med krav om 0,05 mg P/l i recipienten eller mindre, hvis god økologisk tilstand skal opretholdes er indholdet i udløbet derfor relativt højt.

Der anvendes almindelig traditionel saltning på de to arealer, der måles på for Novafos. Der ses regelmæssigt pulser af chlorid i vandet, når der måles umiddelbart efter saltning. Chloriden udvaskes relativt hurtigt, hvorimod natrium i større omfang tilbageholdes i filtermulden. Natrium bytter plads med en række divalente ioner på lerminerallerne, typisk calcium og magnesium, hvad der kan få lermineralstrukturen til at kollapse og hermed reducere den hydrauliske ledningsevne. Ledningsevnen er desværre ikke fulgt som en del af måleprogrammet på de to anlæg. Det er kendt at salt påvirker den hydrauliske ledningsevne negativt, se fx /4/. På lerede jorde kan effekten være dramatisk med ændringer på en størrelsesorden eller mere. Udgangspunktet i hydraulisk ledningsevne for de jorde, hvor effekten af salt er størst er typisk i niveauet 10^{-7} m/s eller lavere, hvad der indikerer silt/lerindhold på noget mere end 10%. Filtermuldens relativt høje indhold af finsand og grovsand gør sandsynligvis, at påvirkningen af den hydrauliske ledningsevne er relativt beskednen, men vidensniveauet er relativt begrænset ift. en langsigtet påvirkning.

Renseeffektiviteten overfor olie og PAH har i det traditionelle filter vist sig at være rimelig, typisk omkring 90% ligesom indholdet af metaller i afløbet afspejler normalkoncentrationen i dansk jord. Dette er dog ikke helt tilstrækkeligt for at rense alle PAH-forbindelserne ift. recipientkvalitetsmålene.

På denne baggrund foreslås det derfor at gøre følgende for at øge renseseffektiviteten på filterbedet ift. at vandet efter nedsivning gennem bedet skal udledes til Mølleåen:

- Øge højden til 70 cm af filtermulden så opholdstiden i filteret forlænges og der dermed opnås bedre reduktion af organiske stoffer.
- Anvende organisk tilsætning, der ikke er beriget med gødning og herudover er så stabilt som muligt. Der anbefales at bruge ikke beriget sphagnum. Vi anbefaler at bruge Sphagnum, som er forholdsvis stabilt som C kilde sammenlignet med fx frisk kompost. Sphagnum omsættes dog også langsomt over tid, så man bør efterlade noget af den plantemasse der dannes i bedet så det organiske stofindhold ikke udpines over tid.
- Tilsætning af jernpulver til bunden af jordblandingen, der yderligere binder fosfor /3/. Det er vigtigt, at filterbedet drænes effektivt, så der ikke opstår anaerobe forhold i selve filtermulden og det underliggende sand ved denne tilsætning.

På denne baggrund foreslås sammensætning af filteret som vist i Tabel 1. Arealet af filteret bør normalt ikke være mindre end 1/20 af det afvandede areal. I Bondebyen er dette overholdt. Mellem hver lag udlægges geotekstil.

Tabel 1 Indretning af filter.

Lag	Tykkelse (m)	Beskrivelse
Toplag	0,7	Total organisk kulstof 3%, uberiget sphagnum Silt/ler indhold 5-10% pH 6-8 Ca. 80% grov og finsand Hydraulisk ledningsevne ca. $1 \cdot 10^{-5}$ m/s
Mellemlag	0,3	Sand med 5% (W/W) jerngranulat (ca. 100

		<p>µm i median kornstørrelse)</p> <p>Hydraulisk lednings- evne $1-10 \cdot 10^{-5}$ m/s</p>
Drænlag	0,2	<p>Grus med drænrør</p> <p>Hydraulisk lednings- evne $> 1 \cdot 10^{-4}$ m/s</p>

Referencer

/1/ Skov & Landskab (2015): Sammensætning og brug af Filterjord. Vidensblade Park og Landskab, Bladnr. 7.03.06. Institut for Geovidenskab og naturforvaltning, Københavns Universitet.

/2/ Novafos (2018): Ikke publicerede data fra overvågning af anlæggene ved Søborghusrenden, Marielyst og Solnavej.

/3/ Erickson, A.J., J.S. Gulliver, and P.T. Weiss (2012): Capturing phosphates with iron enhanced sand filtration. Water Research. 46(9): 3032–3042.

/4/ Krapf, R.W. (1969): The influence of sodium chloride on the hydraulic conductivity of some Arizona soils. Ms. Sc. Thesis, University of Arizona, USA.

/5/ Virginia Department of Environmental Quality (2011): Stormwater Design Specification No.9. Bioretention. Level2 Design.

ⁱ Der findes ingen Dansk Standard for hverken arealkoblingen eller tykkelsen. For at opnå tilstrækkelige rensegrader for både de miljøfremmede organiske stoffer og fosfor er det nødvendigt at skærpe kravene sammenlignet med almindelig nedsvivning til jordmiljøet. Hvis tykkelsen af renselaget er for lille vil den almindelige underjord typisk tage det der løber igennem inden for en meget begrænset dybde, det vil ikke ske her hvor vandet udledes.

NOTAT

Projekt	Klimatilpasning i Bondebyen
Projektnummer	3691800059
Kundenavn	LT Forsyning og LTK
Emne	Stofkoncentrationer og udledning til Mølleåen
Til	Peer Skaarup og Camilla Ferguson
Fra	JKJE
Projektleder	LWPI
Kvalitetssikring	THLA
Revisionsnr.	2 (20/12 2018)
Godkendt af	Carsten Rosted Petersen
Udgivet	06-06-2018

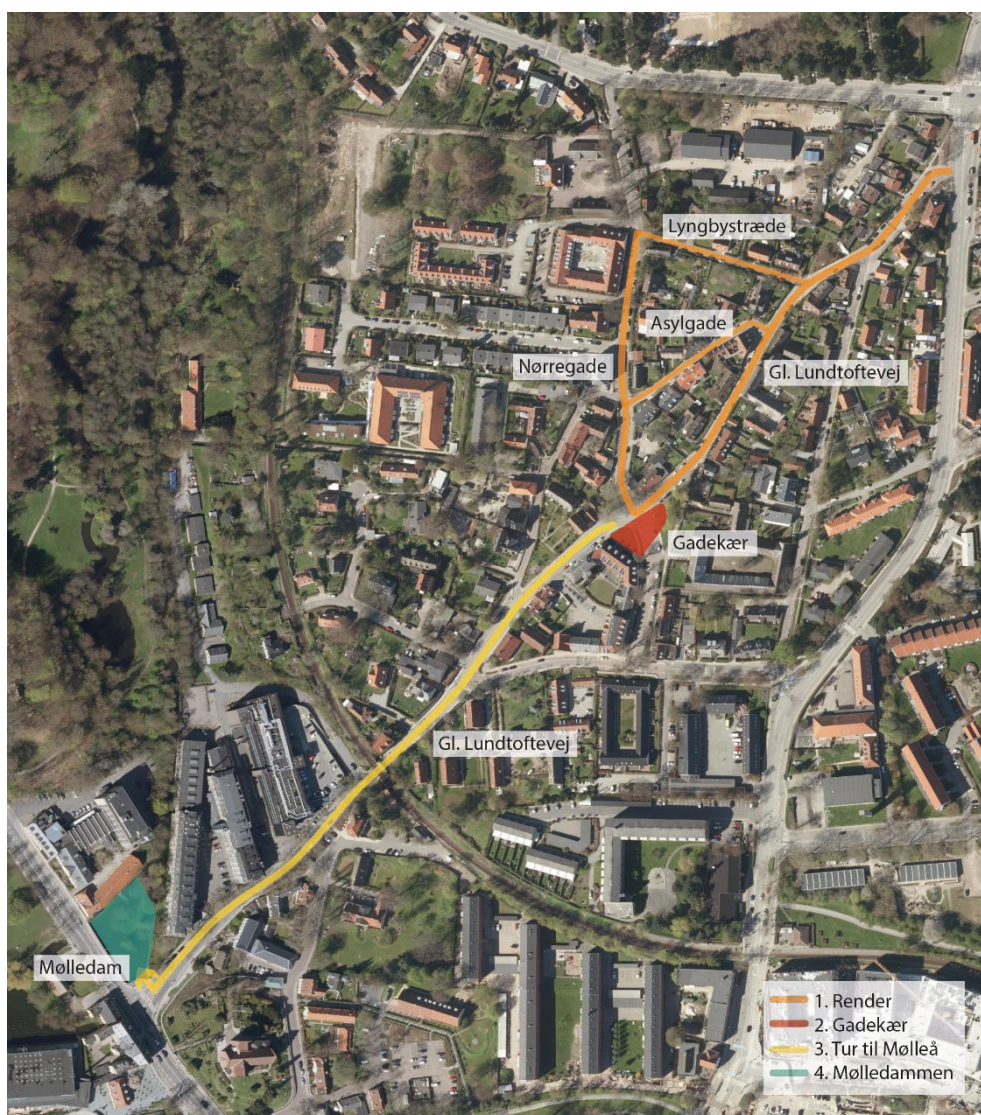
INDHOLDSFORTEGNELSE

Indhold

1	Stofkoncentrationer og mængder.....	4
1.1	Salt.....	4
1.2	Stof fra veje	7
1.3	Delkonklusion	7
2	Udledning til Mølleåen.....	9
2.1	Salt.....	9
2.2	Miljøfremmede stoffer og metaller.....	11
2.3	Næringsstoffer	13
2.4	Overløbshændelser	14
2.5	Hydraulik.....	14
3	Anbefaling.....	14

INTRODUKTION

Orbicon er i forbindelse med udarbejdelse af revideret projektforslag til en afkobling af overfladevand fra vejarealerne i Bondebyen i Lyngby-Taarbæk Kommune blevet anmodet om en evaluering af mulighederne for nedsivning af dette vand, alternativt at udlede vandet til Mølleåen, efter ophold og gennemsivning af filterbed ved "gadekæret" (se nedenstående illustration, hvor gadekæret er vist med rød). Dette notat indeholder overvejelserne omkring disse forhold.



1 Projektområdets delelementer er vist med de optegnede farver.

1 STOFKONCENTRATIONER OG MÆNGDER

1.1 Salt

Der er vurderet på salt som den primære risikofaktor, da den oprindelige forudsætning for opgaveløsningen var, at Lyngby-Taarbæk Kommune ønskede at arbejde videre med den traditionelle vinterbekæmpelse. I den kontekst er salt, som beskrevet i de næste afsnit, helt klart den største risiko i forhold til nedsivning af vejvand. Hvis der overgås til eksempelvis grusning i stedet kan det være relevant at vurdere på indholdet af miljøfremmede stoffer.

Miljøfremmede stoffer er vurderet ift. nedsivningen i dette notat.

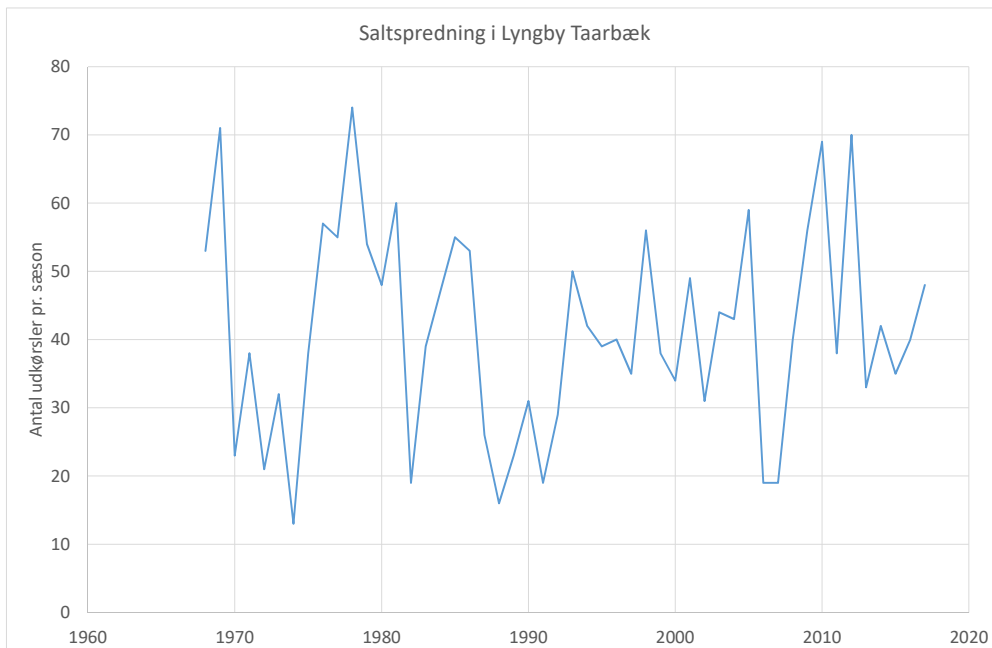
Det samlede opland, der bidrager til nedsivning og dannelse af grundvand i området der afkobles, er omkring 3,2 ha. Befæstelsesgraden er tidligere opgjort til 0,48, svarende til at det grønne areal udgør omkring 1,7 ha.

Vejarealet, der saltes, er ca. 0,6 ha totalt svarende til ca. 0,56 red ha ($\alpha=0,9$).

Årsnedbørsmængden antages at være ca. 740 mm korrigeret i gennemsnit, baseret på nærmeste SVK station og årsnettonedbøren (grundvandsdannelsen) omkring 250 mm på de grønne arealer. Dette betyder, at der dannes omkring 4.100 m³ grundvand på de grønne arealer, og der potentielt ligeledes kan nedsives omkring 4.100 m³/år fra vejfladerne via gadekærets anlæg.

LTK har udleveret statistik på udbredte saltmængder. Normalt udbringes 20-25 g salt/m² afhængig af temperatur- og fugtforholdene under den enkelte udkørsel. I beregningen er der antaget middelværdien af dette, dvs. 22,5 g/m² udbringning.

LTKs udkørselsstatistik går tilbage til 1968. Som det fremgår af figur 1-1 varierer antallet af udkørsler mellem ca. 15 og ca. 70 afhængig af sæsonen. Gennemsnittet er 41 udbringninger, hvilket er antaget i beregningen af de årlige mængder.



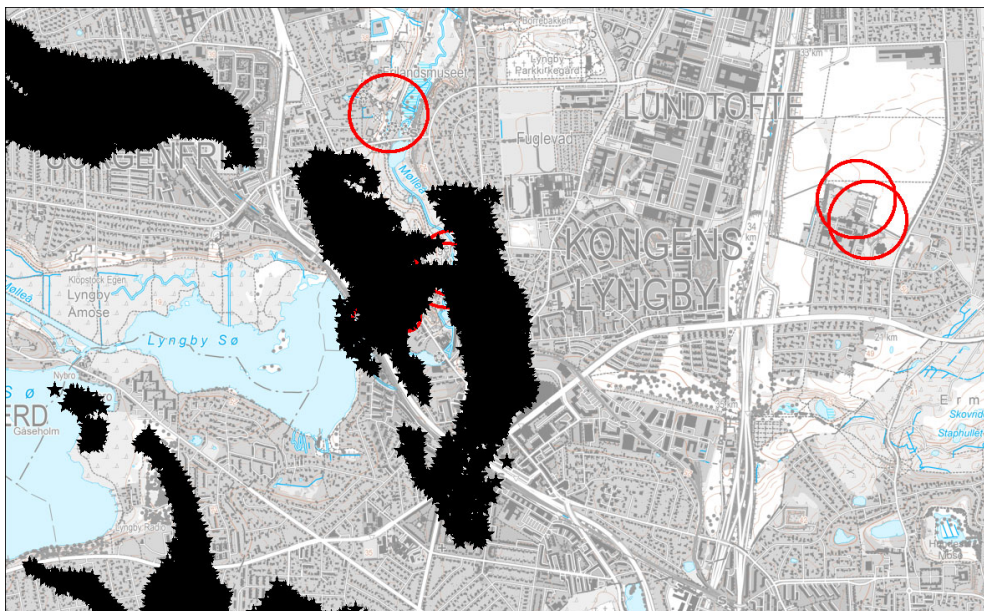
Figur 1-1 Antal saltudkørsler pr. sæson.

41 udbringninger giver en årlig udbringning på 0,92 kg salt/m² år. Dette svarer til, at der i oplandet til anlægget bruges omkring 5,7 ton salt årligt i gennemsnit.

I forhold til vandmængden, der kan nedsives via anlægget i Gadekæret giver dette en gennemsnitlig årlig potentiel koncentration på omkring 800 mg Cl/l, hvis saltet opblandes i alt tilstrømmende vand. Medtages den generelle grundvandsdannelse i området svarer mængden til et gennemsnitligt koncentrationsbidrag på omkring 410 mg Cl/l, hvis vejvandet nedsives.

Lyngby Kildeplads ligger relativt tæt på området, hvor anlægget skal etableres.

Rambøll har for LT Forsyning beregnet de grundvandsdannende oplande til forsyningens kildepladser og de boringsnære beskyttelsesområder (BNBO). På figur 1-2 er disse vist.



Figur 1-2 Grundvandsdannede oplande med stjerner og BNBO med røde cirkler.

Det ses af figur 1-2, at placeringen af anlægget ligger indenfor det grundvandsdannende opland til Lyngby Kildeplads (men udenfor BNBO baseret på den eksisterende pumpestrategi). Nedsivende vand og opløste komponenter vil derfor kunne ende i kildepladsen. Klorid er et konservativt stof i forbindelse med vandtransport igennem jorden, dvs. det transporteres med stort set samme hastighed som vandet og reagerer ikke undervejs.

Der indvindes p.t. omkring 700.000 m³ årligt på kildepladsen. Antages det, at al det nedsivende vand fra anlægget ender i forsyningens kildeplads, giver det et ekstra bidrag på omkring 5 mg Cl/l, hvilket er en niveaustigning af baggrundskoncentrationen, som er konstant. Koncentrationen ligger p.t. omkring 60 mg/l i gennemsnit afhængig af, hvilke borer der pumpes fra, svarende til at et bidrag fra anlægget i Bondebyen alene vil give knap 10% forøgelse. Boringerne med mindst kloridindhold på kildepladsen i dag er dem, der ligger mod øst tæt på Bondebyen, hvor de vestlige borer allerede er påvirket af vejsalt. Forsyningen har derfor et stort ønske om at beskytte de østlige borer mod yderligere saltpåvirkning.

På denne baggrund kan det ikke anbefales at øge saltmængden i grundvandet umiddelbart.

1.2 Stof fra veje

Erfaringer fra undersøgelser af indholdet af miljøfremmede stoffer i vejvand, samt den renseseffektivitet, der er knyttet til gennemsivning i jordbede indikerer at indholdet af de miljøfremmede stoffer generelt er af mindre betydning i forhold til grundvandet. Hovedparten af metalindholdet tilbageholdes pga. sorption af den opløste fraktion i de øvre dele af jorden og stof bundet partikulært filtreres fra under gennemstrømning af jordens porer. Mindre opløselige organiske stoffer som PAH, en række blødgørere og de tunge olieprodukter tilbageholdes ved de samme mekanismer. Mere opløselige fraktioner af de organiske stoffer (typisk oliekomponenter) mineraliseres mikrobiologisk i enten filteret eller under transporten gennem den delvist umættede zone under anlægget, hvor der i hovedparten af tiden vil eksistere aerobe forhold.

I forhold til de miljøfremmede stoffer ligger der en række målinger fra bl.a. Gentofte/Gladsaxe i vejvand over en treårig måleperiode fra områder, der minder om Bondebyen rent oplandsmæssigt. Der er her fundet moderate indhold af oliekomponenter i vejvandet (230 ug/l) i gennemsnit, PAH'er (0,75 ug/l) i gennemsnit og lave indhold af opløste metaller (under eller omkring grundvandskvalitetskriteriet). Blødgørere og mere "eksotiske" organiske stoffer er tidligere konstateret i meget lave koncentrationer, men er efter aftale med kommunerne og NOVAFOS udtaget af analyseprogrammet, pga. af de lave indhold. Efter gennemløb af et filterbed er koncentrationen i gennemsnit omkring 30 ug/l for oliekomponenterne (benzen under detektionsgrænsen) med nogenlunde lige meget i diesel og smøreoliefraktionen og omkring 0,2 ug PAH/l. Den højeste koncentration af en enkeltkomponent ud af de 16 PAH, der er medtaget i analysen, er godt 0,04 ug/l, der findes for stoffet pyren. Grundvandskvalitetskriteriet er til sammenligning 9 ug/l for oliekomponenterne og 0,1 ug/l for PAH. Koncentrationen af olie og PAH overskrider dermed kriterierne med ca. en faktor 2-3, når de forlader filterbedet. I beregningen af gennemsnittet er alle målinger under detektionsgrænsen medtaget til et indhold, der svarer til 1/2 delen af detektionsgrænsen.

I Bondebyen er der ca. 10 m ned til det regionale magasin i sandformationen. Det vurderes, at nedsivende vand i stort omfang vil være aerobt og de opløste oliestoffer/PAH derfor vil være udsat for en relativt hurtig mikrobiologisk omsætning. Vandet indeholder næringsstoffer i form af mindre mængder af N og P, er tilstrækkeligt til at understøtte omsætningen. Det vurderes derfor, at indholdet, der når sandmagasinet vil være kraftigt reduceret og sandsynligvis allerede inden opblandingen i det underliggende vand overholde grundvandskriterierne.

1.3 Delkonklusion

På denne baggrund (afsnit 1.1 og 1.2) vurderes salt derfor at være den helt overskyggende risikofaktor, hvis der fortsættes med traditionel vinterbekæmpelse. Hvis man vil undgå salt, er der et par alternativer:

1. Omkobling med nedsivning af vejvandet i sommerperioden er en mulighed, men har en række ulemper. Dels er det kun en begrænset mængde af

nedbøren, der i givet fald nedsives, og der er dermed stadig kapacitetskrav til kloakken, dels er der en risiko for at omkoblingen ikke sker korrekt. Dette gør at løsningen ikke er særlig robust, og derfor ikke kan anbefales.

2. **Alternative tømidler.** Det kan være grus eller et af de tømidler, der er baseret på acetat eller formiat. Grus har en uomtvistelig fordel i forhold til nedsivning, da det ikke transporteres ned i jorden. Det spiller dog ikke hensigtsmæssigt sammen med ift. drift af anlæggene, der skal renses hyppigere op, men det er godt ift. grundvand. Ift. formiat/acetat saltene har de et højt iLT Forsyningorbrug, men er ellers hurtigt omsatte, særligt under aerobe forhold. Forsøg i Finland med udspreddning af 3,4 kg kaliumformiat/m² på en sandet jord viste, at ca. 98% blev omsat ved strømning igennem 1,7 m jordsøjle (lysimetrenes højde). Umiddelbart kunne det indikere, at alternative tømidler ikke er et problem ved nedsivning, men da Bondebyen er indenfor BNBO, vil det være formålstjenligt med en lidt dybere analyse, hvis de organiske salte skal overvejes som alternativ. Endvidere er vi ikke langt fra Mølleåen, og det er derved ikke usandsynligt, at hvis formiat blev spredt ud i Bondebyen, kunne noget af det havne i Mølleåen, hvilket vil være meget uhensigtsmæssigt pga. iLT Forsyningorbruget.

Som ovenstående angiver er der flere lag i vurderingen, men under forudsætningen af, at der fortsættes med traditionel saltning i oplandet, er vejsaltet klart stoffet med størst risiko tilknyttet ift. nedsivning. Hvis denne forudsætning ændres, kan der være en mulighed for nedsivning af vandet, dog under iagttagelse af de anførte risici ved løsningens robusthed.

2 UDLEDNING TIL MØLLEÅEN

Dette kapital tager udgangspunkt i at spildevandsanlægget i Bondebyen anlægges med membran grundet de i kapitel 1 nævnte anbefalinger. Dermed vil anlægget ikke kunne nedsive og der er derfor behov for udledning af hverdagsregn til Mølleåen, som er den nærmeste recipient.

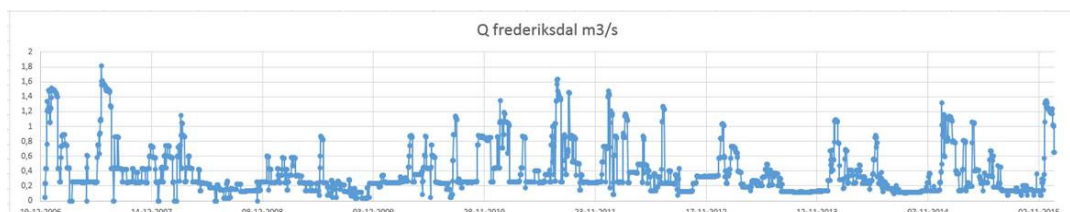
I nedenstående vurdering af koncentration i Mølleåen er udledning fra bassin ved Bondebyen vurderet særskilt. Dvs. der er ikke taget højde for bidrag nu eller i fremtiden fra andre udledninger. Der er i vurderinger af, om vandkvalitetskriterier kan overholdes, taget højde for de generelle niveauer, der vil kunne forventes i et vandområde som Mølleåen af relevante stoffer.

Der er primært foretaget en vurdering for udledningen af vand fra drænet under filtermulden i bunden af bassinet, der planlægges ved Bondebyen. Dette er efterfulgt af et afsnit, der adresserer sjældnere forekommende overløbshændelser fra bassinet under skybrudssituationer.

Udledningen er screenet hos LTK udledningspers (+ rådgiver fra SWECO). De har sagt ok til, at der kan arbejdes videre med en udledning i projektet og sendt bemærkninger til Orbicon mfl. hvad en udledningsansøgning skal indeholde (feb. og supplerende bemærkninger okt. 2018).

2.1 Salt

For vurdering af potentielle saltkoncentrationer i Mølleåen ved udledningsspunktet fra Bondebyen er benyttet en vandføring svarende til afstrømning fra Furesøen som overslag for vandføring i Mølleåen på lokaliteten. Den reelle vandføring vil dog være lidt større, da der også sker yderligere tilstrømning til systemet fra Bagsværd Sø og fra det direkte opland til Lyngby Sø. For at give et overslag over fortyndingen vil afstrømningen fra Furesøen tilnærmelsesvis kunne benyttes, og en vurdering på baggrund af afstrømning fra Furesøen vil således være på den konservative side.



Figur 2-1 Afstrømning fra Furesøen (v. Frederiksdal) 2006-2015

I vinterperioden 15. november til 15 marts 2006-15 strømede der som gennemsnit ca. 520 l/s fra Furesøen. Afstrømningen varierede i perioden fra december 2006 til december 2015 mellem 1800 l/s og 0 l/s. 0 l/s forekom dog kun ganske

enkelt gange og i korte perioder, hvor slusen ved Frederiksdal blev lukket. I sådanne perioder vil afstrømning i Mølleåen ved udledningsspunktet dog være større end nul pga. buffereffekt i Bagsværd Sø og Lyngby Sø samt tilstrømning til disse. Situationer med 0 l/s eller tæt herved forventes alene at forekomme på tidspunkter, hvor der ikke forekommer nedbør eller afsmeltningshændelser og dermed heller ikke afstrømning af vejvand med salt. Der forekom i perioden 2007-15 flere perioder, hvor afstrømningen lå omkring 130 l/s. Dette kan betragtes som minimumafstrømning på tidspunkter, hvor der kan forekomme afstrømning af saltholdigt vejvand fra Bondebyen. Sådanne perioder kan betragtes som de mest kritiske for effekter af saltning.

Som nævnt ovenfor udbringes der omkring 925 g salt/m² pr. sæson i gennemsnit. Dette svarer til 5,7 ton salt i oplandet eller 3,4 ton Cl⁻ (klorid) på vejarealet. Med et gennemsnit på 41 udbringninger pr. år kan beregnes, at der i gennemsnit udbringes 139 kg salt eller 83 kg Cl⁻ per saltning.

Hvis det antages, at en saltningshændelse (83 kg Cl⁻) afstrømmer over 2 timer (som vurderes at være meget på den sikre side) og fortyndes i en kritisk lav afstrømning på 130 l/s, kan der beregnes en maksimal forøgelse af kloridindhold i Mølleåen på ca. 90 mg/l eller 0,09 ‰ klorid. Ved afstrømning over 24 timer beregnes salinitetsforøgelsen på 0,02 ‰ klorid. Oftest vil afstrømning i Mølleåen ved udstrømning fra bassinet ved Bondebyen være betydelig større end de 130 l/s. I tabel 2-1 er den beregnede salinitet ved såvel den lave afstrømning på 130 l/s og ved vinter middel afstrømning på 520 l/s vist.

Tabel 2-1 Beregnede forøgelser af klorid indhold i vandet i Mølleåen ved udledning fra bassin ved Bondebyen ved udledning over hhv. 2 og 24 timer efter saltning med 139 kg salt svarende 83 kg klorid.

Afstrømning i Mølleåen 520 l/s (vinter middel)		
	udløb over 2 timer	udløb over 24 timer
Cl ⁻ (mg/l)	22,2	1,8
promille klorid	0,02	0,002
Afstrømning i Mølleåen 130 l/s (minimum afstrømning)		
	udløb over 2 timer	udløb over 24 timer
Cl ⁻ (mg/l)	88,7	7,4
promille klorid	0,09	0,007

Det skønnes, at de beregnede resulterende forøgelser af saliniteter er betydeligt lavere end kritiske salinitet for dyre- og planteliv i Mølleåen. På denne baggrund skønnes saltudledning fra Bondebyen ikke at ville have væsentlige negative effekter i Mølleåen.

2.2 Miljøfremmede stoffer og metaller

Vurdering for miljøfremmede organiske stoffer og for metaller er begrænset til stoffer, som der erfaringsmæssigt forekommer i kritiske koncentration i separat kloakeret regnvand i forhold til de kravværdier, som fremgår af Bek. 1625, Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand.

Der er her taget udgangspunkt i bekendtgørelsens generelle krav som gælder for udledninger af mere end 24 timer varighed, eller som forekommer med hyppighed større end 12 gange om året. Der er derfor fokuseret på Bisphenol A, blødgøreren DEHP, udvalgte PAH'er samt på kobber og zink. Ved udvælgelse af disse stoffer er specielt taget udgangspunkt i undersøgelser gennemført i boligoplande i Gladsaxe og Gentofte Kommuner, som vurderes at være repræsentativ for sammensætningen af vandet i Bondebyen.

Ved vurdering af udløbskoncentration fra bassinet ved Bondebyen er det antaget, at der ved filtrering gennem filtermulden i bunden af bassinet vil blive fjernet ca. 90 % af de kritiske organiske miljøfremmede stoffer. For kobber og zink regnes der med, at der vil indstille sig en ligevægt med filterjorden, således at afløbskoncentrationen for disse vil ligge på hhv. 10 µg Cu /l og 20 µg Zn /l.

I vurderinger af om kravværdier til vandkvalitet kan overholdes efter udledning, skal der tages højde for i forvejen forekomne koncentrationer.

Der forligger imidlertid ikke relevante målinger for de organiske miljøfremmede stoffer, der kan benyttes til vurdering af konkrete koncentrationer i Mølleåen på udledningslokaliteten. Der er derfor taget udgangspunkt i værdier, som er fundet i det nationale overvågningsprogram fra vandløb i Danmark 2004-12. Da vi i det konkrete tilfælde har at gøre med et opland, der er intensivt urbaniseret, skønnes det mest relevant at sammenligne med 90 % fraktilen af data fra overvågningsprogrammet. I nedenstående Tabel 2-2 er dog angivet såvel middelværdi som 90 % fraktil fra disse målinger.

Af Tabel 2-2 fremgår det, at hvis bidraget fra bassin ved Bondebyen er det eneste bidrag til forurening med organiske miljøfremmede stoffer, er der behov for en fortynding på op til 88 gange, for at kunne overholde krav til Benzo(b+j+k)fluoranthren. For øvrige stoffer kræves fortynding på ca. 40 gange. Da årsmiddelafløbsstrømningen i Mølleåen 2007-12 ligger på ca. 380 l/s betyder det, at der vil kunne accepteres en afløbsstrømning fra bassinet i ved Bondebyen på op til 4,3 l/s for at krav til Benzo(b+j+k)fluoranthren kan overholdes mens, der kan accepteres ca. 10 l/s før krav til nogle af øvrige stoffer overskrides. Disse afløbsværdier er selvfølgelig meget afhængige af den aktuelle koncentration i vandet fra Bondebyen. Koncentrationerne af disse miljøfremmede stoffer varierer en del over såvel tid såvel som fra sted til sted.

Tabel 2-2 Organiske miljøfremmede stoffer i regnvand, efter gennemstrømning af filtermuld, baggrunds-værdier fra danske vandløb og miljømålskrav.

Koncentrationer i ug/l	Middel alle data Gen-tofte/Gladsaxe	BEK 1625 generelt indlands-vand	BEK 1625 maksimal indlands-vand	Middel-værdi efter 90% reduktion i filter-muld	Fortyn-dingskrav efter fil-termuld (gange) i hht. de generelle krav	Middel. Overvåg-ningsdata vandløb 2004-12	90 % fraktil. Overvåg-ningsdata vandløb 2004-12
PAH-forbindelser							
Fluoranthen	0,12	0,0063	0,12	0,012	2	0,036	0,19
Pyren	0,12	0,0046	0,023	0,012	3	0,034	0,18
Benzo(a)anthracen	0,09	0,012	0,018	0,009	1	0,015	0,079
Chrysen/ Triphenylen	0,13	0,014	0,014	0,013	1	0,024	0,11
Benzo(b+j+k)fluoranthen	0,15	0,00017	0,017	0,015	88	0,03	0,14
Benzo(a)pyren	0,07	0,00017	0,27	0,007	41	0,016	0,076
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,07	0,00017	anvendes ikke	0,007	41	<0,01	0,046
Dibenzo(a,h)anthracen	0,04	0,0014	0,018	0,004	3	0,015	0,079
Benzo(g,h,i)perylen	0,07	0,00017	0,0082	0,007	41	0,013	0,059
Blødgørere							
Di-n-butylphthalat (DBP)	0,19	2,3	35	0,019	-	0,017	0,02
Diethylhexylphthalat (DEHP)	1,6	1,3	anvendes ikke	0,16	0,1	0,19	0,74
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	0,34	0,7	6,6	0,034	-	0,12	0,19
Phenoler							
Bisphenol A	2,95	0,1	10	0,295	3,0		

Det fremgår endvidere af Tabel 2-2, at koncentrationer, der ud fra overvågnings-data fra danske vandløb eventuelt kan forventes i Mølleåen, allerede overskrider miljøkvalitetskriterierne. Hvis disse er retvisende for Mølleåen, er der således ikke

plads til en merudledning. Imidlertid forventes koncentrationerne i vandet fra bassinet ved Bondebyen efter passage af filtermulden i bunden af dette bassin generelt at ligge under såvel 90% fraktilen som middelværdi af overvågningsdata fra danske vandløb 2004-12.

Det fremgår af Tabel 2-2 og Tabel 2-3, at fortyndingskrav i relation til metallerne ligger betydeligt lavere end krav til fortynding i relation til de mest kritiske organiske miljøfremmede stoffer (PAH'erne). Opfyldes vandkvalitetskriterie for de organiske miljøfremmede stoffer, vil det derfor også kunne opfyldes for metallerne.

Tabel 2-3 Metaller i regnvand, efter gennemstrømning af filtermuld, baggrundsværdier fra Furesø og miljømålskrav.

Koncentrationer i ug/l (opløst / filterret)	Middel alle data Gensø/Gladsø	Forventet afløbs-konc. efter ligevægt med filtermuld	BEK 1625 generelt indlands-vand	BEK 1625 maksimal indlands-vand	Fortyndingskrav efter filtermuld (gange) i hht. de generelle krav	Furesø 2001	Naturlig baggrundsværdi (vandløb)
Metaller							
Cu (over naturlig baggrund)	18	10	1	2	6,0	0,08	0,66
Cu (max incl. Baggrundkonc. / i forvejen forekommen konc.)	18	10	4,9	4,9	1,8	0,08	0,66
Zn (over naturlig baggrundkonc.)	7,5	20	7,8	8,4	2,2	3	1,5

2.3 Næringsstoffer

Udledning af fosfor kan potentielt få betydning for planteproduktion og plantebiomasser i Mølleåen og specielt i Mølledammene.

Fosforkoncentrationen i separat regnvand varierer typisk mellem 0,2 og 0,5 mg P/l med middel omkring 0,3 mg P/l. Imidlertid vil dette niveau i almindelig vådbassin dimensioneret efter BAT kunne reduceret med 60-80 %. Med passende krav til filtermuldens sammensætning skønnes det, at der i bassinet ved Bondebyen vil kunne opnås en reduktion på omkring 90 % i fosforkoncentrationen. Det kræver

dog, at det sikres, at der i filtermulden ikke har overskud af fosfor, som kan udvaskes. Udvaskning af et fosforoverskud vil kunne give anledning til betydeligt højere koncentrationer i afløbet til Mølleåen end nævnt ovenfor.

Ved opfyldelse af målsætning for Lyngby Sø forventes en koncentration her på omkring 0,070 mg/l. Med 90 % reduktion i Gadekæret og gennemstrømning af filtermulden ved Bondebyen vil udløbskoncentrationen i vandet ligge omkring 0,03 mg P/l. Da dette er lavere end i vandet, der i en fremtidig situation vil strømme fra Lyngby Sø, vurderes fosforbidraget fra Bondebyens bassin ikke at give anledning til problemer i Mølleåen eller være til hinder for, at der opnås målopfyldelse for Mølleåen.

2.4 Overløbshændelser

Overløb fra bassinet ved Bondebyen vil forekomme i kraftige nedbør situation hvor også vandføring i Mølleåen vil være høj (1000 – 1600 l/s). Samtidigt forventes det, at koncentrationer i separat kloakeret regn vand i sådanne situation vil være betydeligt lavere end de koncentrationer der fremgår af Tabel 2-2 og Tabel 2-3.

Endelig vil der være tale om sjældne (gentagelse hyppighed lig med eller sjældnere end 1 gang hvert 5. år) og kortvarige (<24 timers) overløb til Mølleåen. For sådanne situationer er vandkvalitetskriteriet desuden mindre restriktivt (dvs. højere koncentrationer jf. Tabel 2-2). For de mest kritiske stoffer er der tale om kravværdier, der er ca. 100 gange højere. Det skønnes på denne baggrund ikke at overløbshændelserne af regnvand vil påvirke miljøkvaliteten i Mølleåen væsentligt.

2.5 Hydraulik

Der er ikke gennemført detaljeret vurdering af hydraulisk kapacitet i Mølleåen, og der er ikke foretaget analyse af hvorledes afstrømningen fra Bondebyen under skybrud sammen udledninger fra andre separat kloakerede områder samlet påvirker de hydrauliske forhold i åen.

Betragtes variationer i vandføring over periode 2007-15 (Figur 2-1) fremgår at der jævnlige i vinterhalvåret forekommer over 1000 l/s med maksimal afstrømninger på over 1500 l/s. Afstrømninger af størrelse 1000-1500 l/s giver ikke pt. anledning til hydrauliske problemer. Det vurderes på denne baggrund at afstrømningen på 4-5 l/s fra bassin ved Bondebyen under hverdagsregn i sig selv ikke vil give anledning til hydrauliske problemer i Mølleåen.

3 ANBEFALING

Da det ikke anbefales at øge saltmængden i grundvandet bør nedsivning undgås. Vandet anbefales derfor ledt til Mølleåen.

Det vurderes at udledning fra Bondebyen gennem det foreslåede bassin i sig selv kun vil resultere i meget begrænsede effekter på saltkoncentrationer i Mølleåen. Det skønnes derfor ikke nødvendigt at etablere en vinteromkobling for at undgå afstrømning i perioder med saltning af vejen. Det anbefales imidlertid, at der foretages en samlet vurdering for Mølleåen, hvor alle planlagte udledninger af separat-kloakeret regnvand indgår.

Såfremt afløbet fra bassin ved Bondebyen ikke overskrider ca. 4,3 l/s vurderes det, at udledningen fra bassinet ikke i sig selv vil være årsag til at vandkvalitetskriterierne for Mølleåen (jf. Bek 1625) overskrides.

Næringsstofudledning fra det planlagte bassin skønnes ikke at ville få mærkbar effekt i Mølleåen eller i Øresund.

Udledning fra bassin ved Bondebyen under hverdagsregn med op til 4-5 l/s skønnes ikke at give anledning til hydrauliske problemer i Mølleåen.

NOTAT

Projekt	LTF, Klimaprojekt - LAR i Bondebyen
Projektnummer	3631400029
Kundenavn	Lyngby Taarbæk Forsyning
Emne	Overslag over jordhåndtering og resterende forklassifikation
Til	Lars Wiboe Pilmann
Fra	Benedicte Rosenborg
Projektleder	Lars Wiboe Pilmann
Kvalitetssikring	Ulrik Muushardt
Udgivet	05-10-2015 (rev2 20/12 2018)

Indledning

Nærværende bilag afspejler det oprindelige projektforslag, hvor planen for det spildevandstekniske anlæg var at etablere nedsivning (i forten ved gadekæret), hvilket ikke længere er gældende. Der skal dog stadig graves ud til regnvandsbassin, hvorfor prisoverslag for jordhåndteringen stadig er aktuelt.

I forbindelse med etableringen af et planlagte gadekær og en underliggende faskine på vejarealet ud for Peter Lunds Vej 7-13 på matr. nr. 7000h Kgs. Lyngby By, Kgs. Lyngby, er Orbicon, Forurennet jord og Grundvand blevet bedt om at lave et overslag over omkostningerne til jordhåndteringen og den resterende del af forklassifikationen.

Baggrund

Det er oplyst, at arealet er på ca. 600 m² og at der skal bortskaffes jord til kote 25,5. Den nuværende terrænkote vurderes at være ca. kote 30.

I september 2015 blev udført en delvis forklassifikation af vejarealet ud for Peter Lunds Vej 7-13. Der blev konstateret forurennet, lettere forurennet jord og ren jord, svarende til klasse 0-4, i den øverste meter. Fra 1,0 til 3,0 m u.t. er der kun truffet ren jord svarende til klasse 0-1. De intakte aflejringer blev truffet ca. 1,5-2,5 m u.t.

Forklassifikation

Det antages, at den resterende del af forklassifikationen udføres efter at vejareal og ledninger er omlagt, så der ikke skal gennembøres asfaltbelægninger og der ikke er risiko for at anbore ledninger ved undersøgelsen.

Følgende antagelser er taget i forbindelse med overslaget: Arealet er ca. 600 m² og dybden er 4,5 m. Til forklassifikation opdeles arealet i 19 felter. I hvert felt udføres 1 boring svarende til i alt 19 boringer.

Der er ved den delvise forklassifikation udført 7 boringer til 3 m u.t. Der skal derfor kun udføres 12 boringer ved den supplerende forklassifikation. Fra hver boring udtages jordprøver for hver halve meter af fyldjorden og en prøve af den øverste intakte jord. Hvis det antages at intaktjorden starter i 2,5 m u.t. føres alle boringerne til 3 m u.t. svarende til at der skal bores 36 m og udtages 72 jordprøver. Jordprøverne analyseres for kulbrinter, tjærestoffer og 6 metaller. Overfladejorden er tidligere analyseret for arsen og kviksølv, men da dette kun er påvist på klasse 0 og 1 niveau vurderes det ikke nødvendigt at analysere for disse parametre ved den supplerende forklassifikation.

Fyldjorden skal forklassificeres med 1 prøve pr. 30 ton. Mens den intakte jord kan bortkøres på baggrund af en ren prøve af det øverste intakte jord.

Overslag over resterende forklassifikation (overslaget er angivet i kr. ekskl. moms):

Aktivitet	Honorar	Udlæg	I alt
Forberedelse	3500	250	3750
Afsætning med GPS	2400	1500	3900
Borearbejde	4200	9000	13.200
Jordanalyser (72 stk.)	-	23.760	23.760
Graveplaner og afrapportering	5200	-	5200
SUM	15.300	34.510	49.810

Kørsel faktureres efter statens takster

Jordhåndtering

Følgende antagelser er taget i forbindelse med overslaget; Arealet er ca. 600 m² og dybden er 4,5 m. Dette giver en samlet jordmængde på 2700 m³ svarende til 4860 ton.

I forbindelse med den delvise forklassifikation blev der konstateret forurenede, lettere forurenede jord og ren jord, svarende til klasse 0-4, i den øverste meter. Fra 1,0 til 3,0 m u.t. er der kun truffet ren jord svarende til klasse 0-1.

Fordelingen af jorden på de forskellige klasser er estimeret ud fra den delvise forklassifikation.

Den samlede jordmængde i den øverste meter (kote 29-30) er 600 m³ svarende til 1080 ton.

Kote 29-30

Jordklasse	Procentfordeling	Jordmængde (ton)
Klasse 0-1	45	486
Klasse 2-3	35	378
Klasse 4	20	216

Jordmængden fra kote 25,5-29 er 2100 m³ svarende til 3780 ton

Kote 25,5-29

Jordklasse	Procentfordeling	Jordmængde (ton)
Klasse 0-1	100	3780

Samlet jordmængde fordelt på klasser:

Jordklasse	Jordmængde (ton)
Klasse 0-1	4266
Klasse 2-3	378
Klasse 4	216
Samlet	4860

Det skal bemærkes at fordelingen af jorden på de forskellige klasser er et estimat baseret på den delvise forklassifikation. Den endelige fordeling vides, når den resterende del af forklassifikationen er udført.

	Mængde (t)	Pris/ton	Sum
Opgravning, læsning, transport	4860	100	486.000
Deponering kl 0/1	4266	40	170.640
Deponering kl 2/3	378	68	25.704
Deponering kl 4	216	400	86.400
SUM			768.744

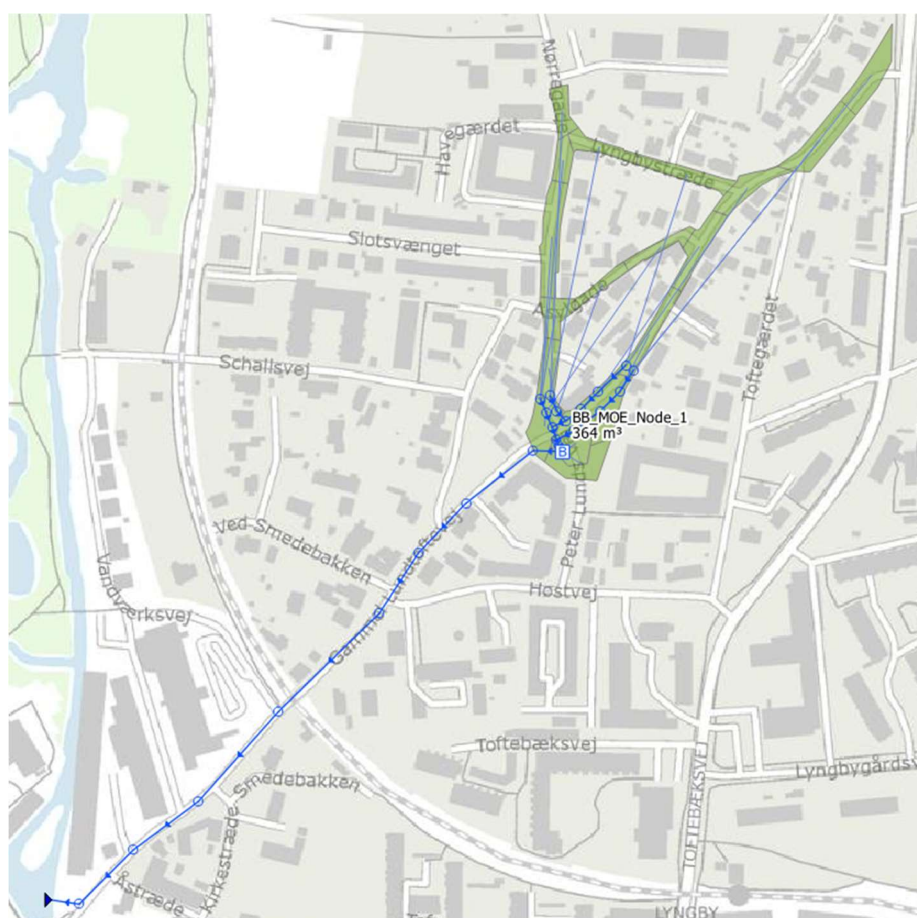
Overslaget er baseret på erfaringspriser. Det skal bemærkes, at når forklassificeringen er udført er der mulighed for at indhente mere favorable tilbud fra jordmodtagerne og fra transportører.

Der er påvist indhold på klasse 4 niveau i 3 af jordprøverne fra den delvise forklassifikation. I to af jordprøverne er det indholdet af tjærestoffer, der resulterer i klasse 4 jorden. Denne jord vil kunne køres til KMC, Norhavn til samme pris som klasse 2/3 jorden. Prisen til deponering af klasse 4 jord vil derfor sandsynligvis blive lavere end beskrevet ovenstående.

PrøveID	Dybde	Bly	Cadmium	Chrom	Kobber	Nikkel	Zink	Arsen	Kviksølv	C6H6-C10	C10-C15	C15-C20	C20-C35	Sum (C6H6)	Fluorant	Benzo(b+j)	Benzo(a)py	Indeno(1,2)	Dibenzo(a)	Sum af 7 P	"Klasse"
OFL1	0-0,5	80	0,27	9,2	21	7,3	120	3,3	0,64	<2,5	<5,0	21	450	470	i.a.	i.a.	0,84	i.a.	0,11	4,0	Klasse 4
OFL2	0-0,5	39	0,19	9,9	34	8,3	61	2,9	0,21	<2,5	<5,0	<5,0	21	21	i.a.	i.a.	0,96	i.a.	0,097	4,6	Klasse 2
OFL3	0-0,5	84	0,34	8,1	24	6,6	180	3,3	0,43	<2,5	<5,0	<5,0	35	35	i.a.	i.a.	5,5	i.a.	0,69	26	Klasse 4
OFL4	0-0,5	81	0,32	14	25	11	110	5,5	0,55	<2,5	<5,0	10	110	120	i.a.	i.a.	5,6	i.a.	0,72	27	Klasse 4
OFL5	0-0,5	71	0,28	14	33	14	120	6,4	0,37	<2,5	<5,0	<5,0	45	45	i.a.	i.a.	1,2	i.a.	0,16	6,5	Klasse 3
OFL6	0-0,5	79	0,29	11	29	8,9	120	8,2	0,47	<2,5	<5,0	<5,0	21	21	i.a.	i.a.	0,74	i.a.	0,093	4,1	Klasse 2
OFL7	0-0,5	25	0,24	9,5	13	6,7	61	2,7	0,094	<2,5	<5,0	<5,0	<20	i.p.	i.a.	i.a.	0,19	i.a.	0,026	1,2	Klasse 1
F1	0,5-1,0	12	0,059	9,6	9,2	7,6	27	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,071	0,095	0,047	0,041	0,006	0,26	Klasse 0
F1	1,0-1,5	11	0,084	7,1	9,8	5,8	26	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	i.p.	Klasse 0
F1	1,5-2,0	14	0,11	15	13	12	42	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	i.p.	Klasse 0
F1	2,0-2,5	10	0,099	11	9,0	8,7	32	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	i.p.	Klasse 0
F1	2,5-3,0	5,7	0,15	11	7,4	8,5	28	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	i.p.	Klasse 0
F2	0,5-1,0	16	0,19	11	11	7,0	47	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,058	0,063	0,030	0,022	< 0,005	0,17	Klasse 0
F2	1,0-1,5	9,3	0,12	13	9,5	11	37	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	i.p.	Klasse 0
F2	1,5-2,0	7,2	0,056	9,6	7,3	7,0	28	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	i.p.	Klasse 0
F2	2,0-2,5	9,2	0,11	13	9,3	10,0	37	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	0,006	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,006	Klasse 0
F2	2,5-3,0	5,1	< 0,02	10	8,6	8,6	27	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	i.p.	Klasse 0
F3	0,5-1,0	34	0,16	12	16	11	62	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,31	0,34	0,17	0,13	0,022	0,97	Klasse 1
F3	1,0-1,5	11	0,051	15	7,6	11	33	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,014	0,023	0,009	0,008	< 0,005	0,054	Klasse 0
F3	1,5-2,0	10	0,17	19	13	17	46	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	Klasse 1
F3	2,0-2,5	7,1	0,060	13	10	12	30	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	i.p.	Klasse 0
F3	2,5-3,0	6,8	0,064	12	11	11	30	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,011	0,011	0,006	< 0,005	< 0,005	0,027	Klasse 0
F4	0,5-1,0	12	0,071	12	11	9,4	44	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,045	0,049	0,023	0,015	< 0,005	0,13	Klasse 0
F4	1,0-1,5	12	0,074	18	13	14	43	i.a.	i.a.	< 4	< 10	< 10	< 40	i.p.	0,009	0,009	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,018	Klasse 0
F4	1,5-2,0	6,5	0,053	13	9,9	12	30	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	i.p.	Klasse 0
F4	2,0-2,5	7,0	0,064	12	9,5	11	31	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,18	0,18	0,087	0,053	0,009	0,51	Klasse 0
F4	2,5-3,0	7,0	0,030	13	11	12	32	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,020	0,021	0,010	0,006	< 0,005	0,056	Klasse 0
F5	0,5-1,0	10	< 0,02	17	7,8	13	29	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,005	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,010	Klasse 0
F5	1,0-1,5	11	0,021	20	16	19	45	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	i.p.	Klasse 1
F5	1,5-2,0	8,2	0,043	15	12	13	33	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	i.p.	Klasse 0
F5	2,0-2,5	7,7	0,057	12	10	11	32	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	0,006	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,006	Klasse 0
F5	2,5-3,0	6,5	0,040	11	9,1	10	28	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	i.p.	Klasse 0
F6	0,5-1,0	22	0,099	12	13	9,4	50	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	31	31	1,6	2,0	1,2	0,80	0,11	5,8	Klasse 3
F6	1,0-1,5	19	0,088	11	9,7	8,7	45	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,30	0,39	0,23	0,14	0,019	1,1	Klasse 1
F6	1,5-2,0	11	0,12	12	9,1	11	32	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,084	0,12	0,065	0,039	0,006	0,31	Klasse 0
F6	2,0-2,5	7,2	0,076	13	11	12	31	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,042	0,044	0,024	0,013	< 0,005	0,12	Klasse 0
F6	2,5-3,0	8,1	0,15	13	11	13	32	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,011	0,017	0,009	0,005	< 0,005	0,041	Klasse 0
F7	0,5-1,0	8,6	0,055	13	19	12	35	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	2,3	1,4	0,83	0,47	0,066	5,1	Klasse 2
F7	1,0-1,5	7,7	0,068	13	11	13	31	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,10	0,085	0,047	0,026	< 0,005	0,26	Klasse 0
F7	1,5-2,0	7,4	0,069	13	11	13	32	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,015	0,021	0,011	0,005	< 0,005	0,052	Klasse 0
F7	2,0-2,5	6,6	0,038	12	10	12	30	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,012	0,012	0,006	< 0,005	< 0,005	0,030	Klasse 0
F7	2,5-3,0	7,3	0,054	13	11	12	33	i.a.	i.a.	< 2	< 5	< 5	< 20	i.p.	0,36	0,24	0,13	0,070	0,010	0,81	Klasse 1
Klasse 0	<=	40	0,5	50	30	15	100	10	0,1	25	40	55	100	100	-	-	0,1	-	0,1	1	Klasse 0
Klasse 1	<=	40	0,5	500	500	30	500	20	1	25	40	55	100	100	-	-	0,3	-	0,3	4	Klasse 1
Klasse 2	<=	120	1	500	500	40	500	20	1	35	60	83	200	200	-	-	1	-	1	15	Klasse 2
Klasse 3	<=	400	5	750	750	100	1500	50	5*	50	80	110	300	300	-	-	5	-	5	75	Klasse 3
Klasse 4	>	400	5	750	750	100	1500	> 50	> 5*	50	80	110	300	300	-	-	5	-	5	75	Klasse 4

Påvirkning af vandkredsløb ved afskæring af vejvand ved Bondebyen

-fokus på reduktion i overløb fra bassin ved Slotsvænget, årlig belastning af Mølleåen samt reduktion i opstuvning



Indholdsfortegnelse

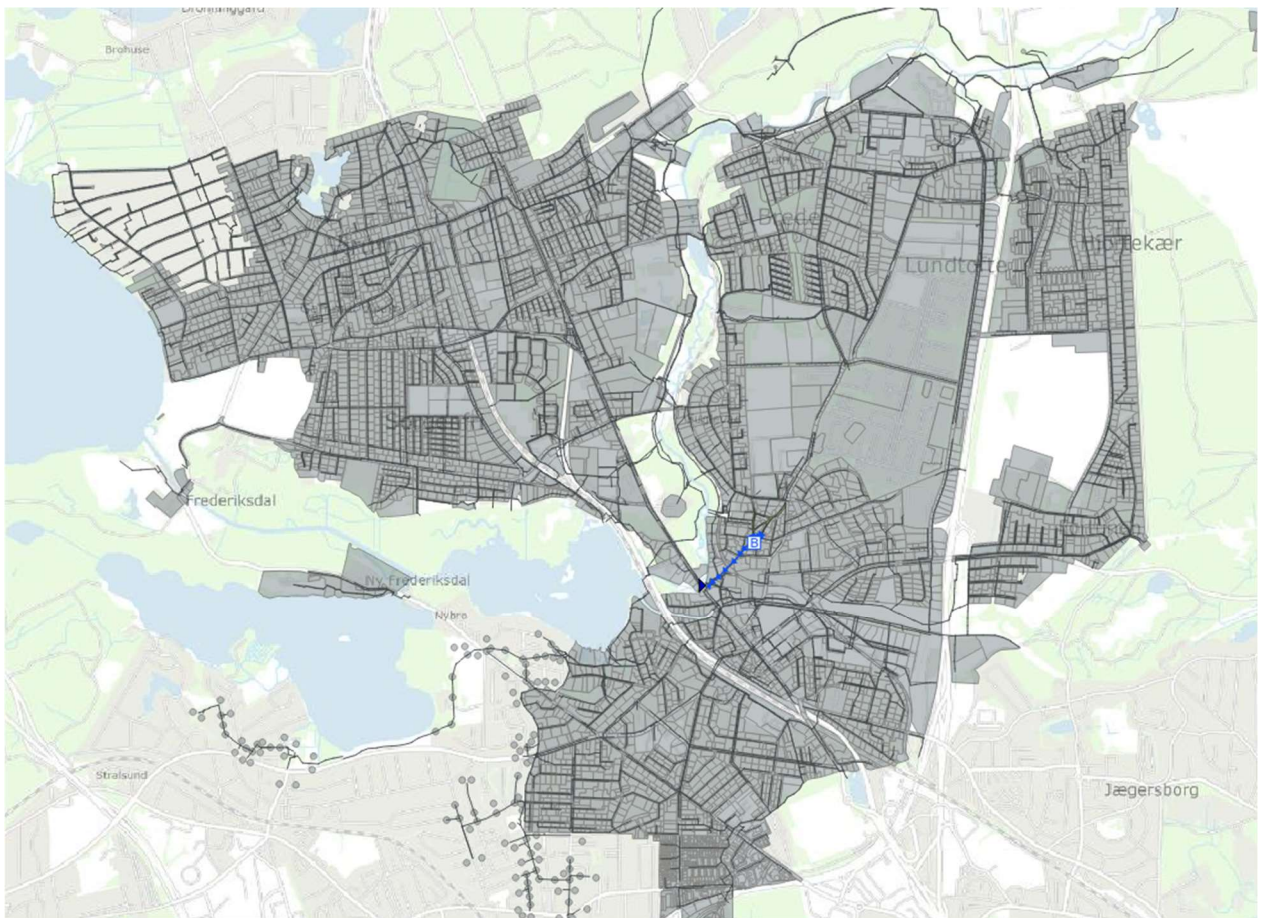
1	Indledning.....	2
2	Beregningsforudsætninger	4
3	Resultater	6
4	Konklusion	8

1 Indledning

I forbindelse med ansøgning om udledningstilladelse til Mølleåen fra et nye bassin, som skal forsinke og rense vejvand ved afskæring af vand fra fællessystemet omkring Bondebyen, har myndigheden udbedt sig en redegørelse for den vandmængde der afskæres og det totale vandkredsløb som påvirkes i både hverdagsregn og skybrudsregn. Der er en forventning om, at der ved afskæring af vejvand sker en reduktion i det samlede antal samt mængde af overløb fra de påvirkede oplande.

Derudover skal eftervises at der ved større regn sker en reduktion i opstuvning i fællesystemet.

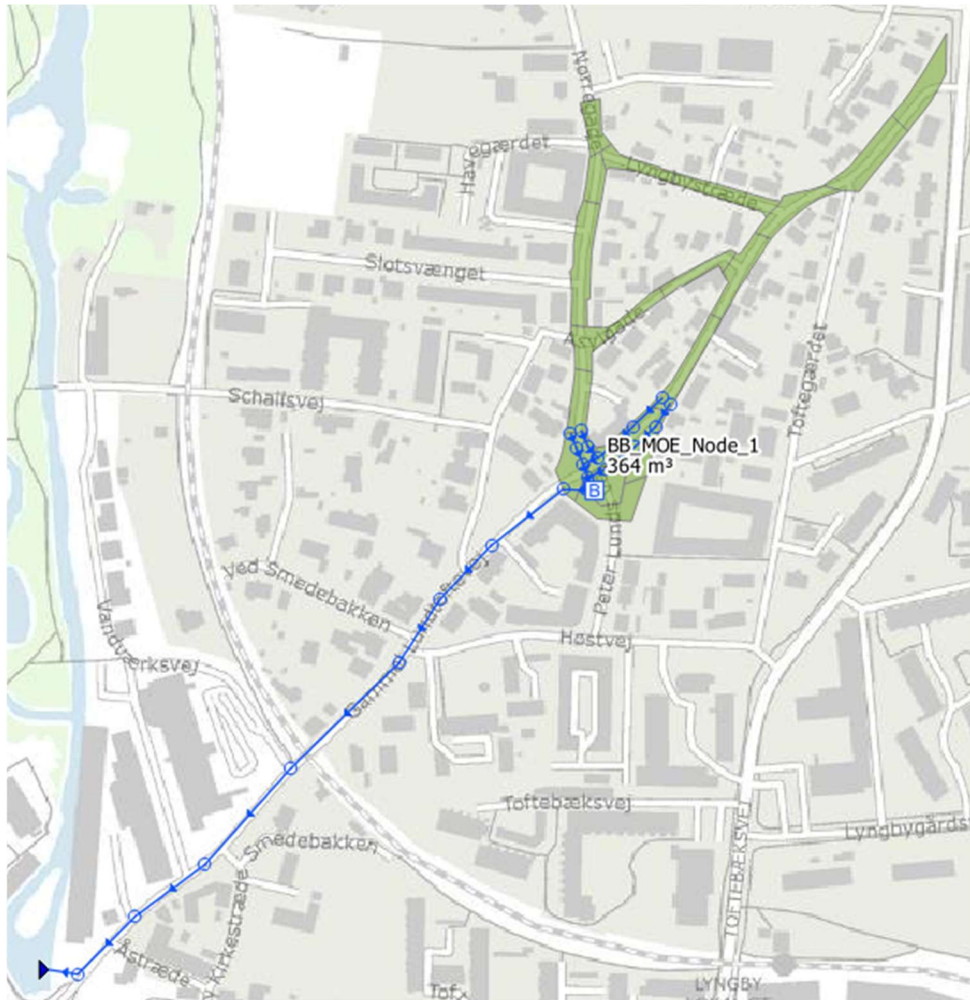
Ca. placering af det nye bassin er vist i figur 1.



Figur 1: Ca. placering af nyt bassin til afvanding af vejvand fra Bondebyen.

I dag ledes spildevand og regnvand fra området til rensning på Mølleåværket. Inden tilledning til afskærende ledning til rensenanlægget ledes vandet gennem fællesbassin (00LYG04, Slotsvænget, ca. 870 m³). Når bassinet er fyldt, aflastes opspædet spildevand til Mølleåen. Der er et samlet opland på ca. 40,7 ha/17,8 red. ha til bassinet.

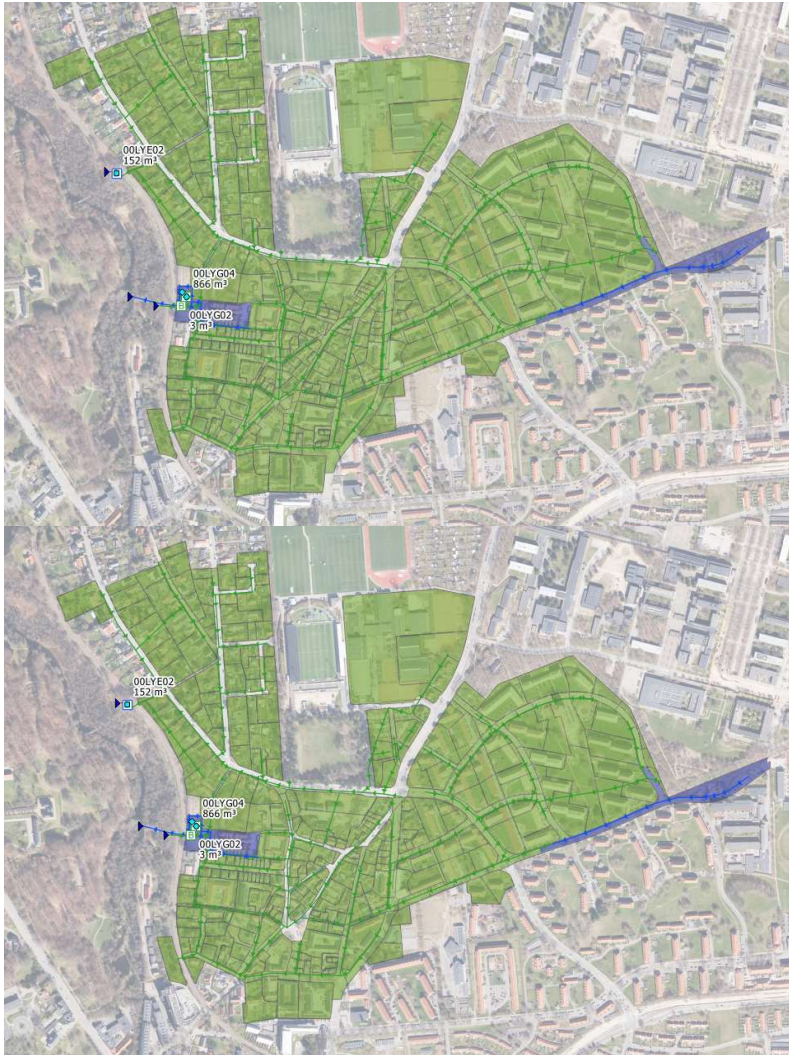
Det totale areal der afskæres, er vist i figur 2, svarende til ca. 0,54 red. ha.



Figur 2: Oplande der ledes til forsinkelse og rensning i nyt bassin, svarende til ca. 0,83 ha/0,54 red. Ha.

2 Beregningsforudsætninger

Der er indlagt en hydraulisk model af projektet i Lyngby Taarbæks MOPS (ModelOPbygningssystem) database. Statusmodellen er baseret på et ledningsudstræk fra 30. september 2022. Planmodel er udarbejdet af Artilia. En oversigt af status (øverst) samt statusmodel uden de aktuelle vejarealer i planmodel (nederst) er vist i figur 3.



Figur 3: Statusmodel (øverst) og planmodel (nederst) som er anvendt til beregninger.

Til beregning af effekten på overløb fra fællesbassin ved Slotsvænget er der anvendt regn fra SVK måler ved Vedbæk Renseanlæg. Der er opstillet en jobliste for de sidste 10 år (2013-2022) indeholdende regn med en regndybde over 4 mm. Alle regn med en afstand under 3 timer regnes som en regnhændelse og regn kobles, hvis der er mindre end 8 timer mellem. Der er i alt 380 job i perioden over 10 år. Der er anvendt et initialtab på 0,6 mm pr. regnhændelse. Dette anses for tilstrækkeligt til beregning af effekt på overløb.

Til beregning af opstuvning er der opstillet en jobliste baseret regn fra 1979 og frem til i dag. Der er medtaget regn med en regndybde over 10 mm og hvor I_{10} er over $10 \mu\text{m/s}$. Dette giver 42 hændelser i perioden med en korrigeret observationsperiode på 43,1 år (modregnet nedbrudsperioder). Dette er tilstrækkeligt til en vurdering af opstuvninger med gentagelsesperioder mellem 2-10 år.

Der anvendes en hydrologisk reduktionsfaktor på 1 og der anvendes ikke sikkerheds- eller klimafaktor til vurdering af ændringer på statussituationen i dag.

3 Resultater

Den beregnede overløbsfrekvens samt overløbsmængde for perioden for status samt ved afskæring af vejvandet er vist i tabel 1.

Bassin	Status		Plan	
	Antal [n]	Volumen [m ³ /år]	Antal [n]	Volumen [m ³ /år]
Slotsvænget (00LYG04)	7	6100	6	5600

Tabel 1: Aflastninger fra bassin ved Slotsvænget i status og efter skæring af vejvand.

Der beregnes gennemsnitlig et fald på én aflastning om året, samt en reduktion i årligt aflastet mængde på ca. 500 m³, svarende til ca. 9%.

Vejvand ledes til rensning i nyt bassin og den totale afledning fra bassinet til Mølleråen beregnes til ca. 2790 m³/år i samme periode (2013-2022). Der er medtaget et initialtab på 0,6 mm, hvilken giver en årlig regnmængde på 516,8 mm.

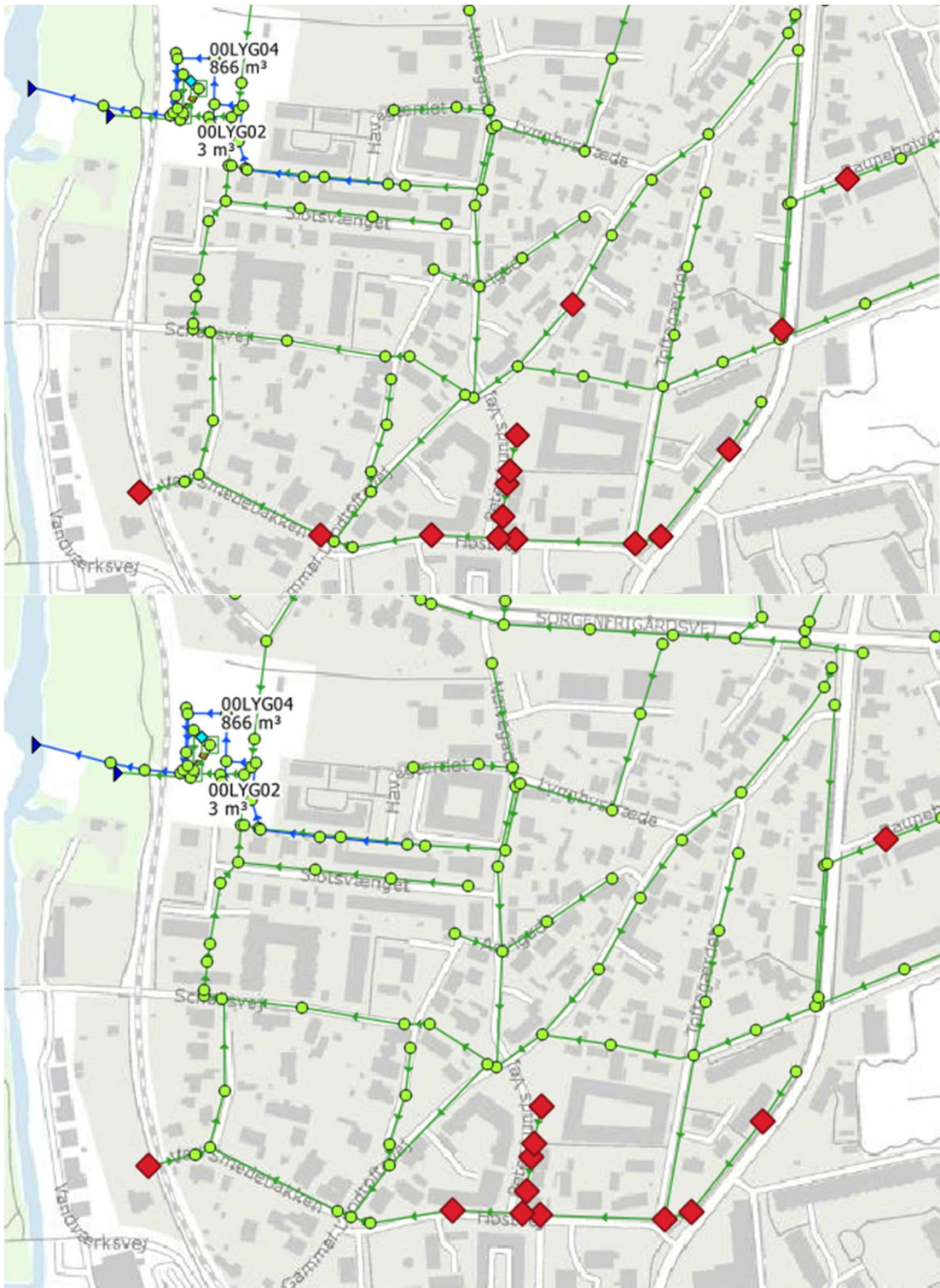
Reduktion i opstuvning for en 10 årshændelse er vist i figur 4. Lokalt reduceres vandstanden med over 50 cm med gentagelsesperioder på 10 år.



Figur 4: Beregnet reduktion i vandstand i fællesystemet for gentagelsesperioder på 10 år ved status og efter afskæring af vejvand. Med grønt er vist de arealer der afskæres og ledes i nyt system til bassin og videre til Mølleåen.

Der er foretaget en beregning af opstuvning til terræn for en 10 års gentagelsesperioder før og efter afskæring af vejvand i fællesystemet. I figur 5 vises de brønde, hvor der beregnes opstuvning til

terræn for T=10 år (rødt). Øverst er vist status og nederst er vist vandstand efter afskæring af vejvand. I plan beregnes der ikke længere vand på terræn i brønde i Gammel Lundtoftevej. Bemærk at beregninger er foretaget uden klimafaktor og altså ikke kan bruges til vurdering af opstuvninger i fremtiden.



Figur 5: Opstuvning til terræn for T=10 år er vist med rødt. Øverst er vist status og nederst plan.

4 Konklusion

Der er foretaget beregninger i konsekvens på vandkredsløbet ved skæring af vejvand fra Bondebyen. Vejvandet skal ledes til bassin inden afledning til Mølleåen og afskæres herved fra fællessystemet. Der beregnes et fald i aflastet opspædet spildevand til Mølleåen på 9%, svarende til ca. 500 m³. Den årlige udledte vandmængde fra det nye bassin til Mølleåen beregnes til gennemsnitlig 2790 m³.

Der beregnes et fald i stuvningsniveau i fællessystemet, hvor vandstanden for en 10 års hændelse falder med over 50 cm lokalt.

Forenklet beregning af blandingszonens udbredelse i vandløb ved forskellige grader af fortynding

Værdier i gule felter kan ændres

b	12 m	Vandløbets bredde			
u	0,0305 m/s	Vandløbets middelstrømhastighed			
Q	0,38 m ³ /s	Vandløbets basisvandføring			
Dy	0,05 m ² /s	Tværgående dispersionskoefficient (varierer typisk mellem 0,05 og 0,3 m ² /s)			
Qs	0,0043 m ³ /s	Udledt spildevandsmængde	C ₀	2E-06	Den totalt opblandede koncentration (Qs*Cs/Q+Qs)
Cs	0,00015	Stofkoncentration i spildevand	F _{max}	89,372	Fortynding ved fuld opblanding (C _s /C ₀) 88 gange F _{max} (øvre vist resultat)
S _{au}	5 m	Spring i afstand fra udledningen	S _{ab}	0,6 m	Spring i afstand fra bredden 20 'del af vandløbsbredden

Fortynding	Afstand fra bredden (m)	Afstand nedstrøms udledningen (m)																									
		2,5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
< 10	0,60	27,3	38,2	53,7	65,3	73,9	79,9	83,7	86,0	87,4	88,3	88,7	89,0	89,2	89,3	89,3	89,3	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4
	1,20	29,2	39,5	54,6	66,0	74,4	80,2	83,9	86,2	87,5	88,3	88,8	89,0	89,2	89,3	89,3	89,3	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4
	1,80	32,6	41,7	56,1	67,1	75,2	80,7	84,2	86,4	87,6	88,4	88,8	89,0	89,2	89,3	89,3	89,3	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4
	2,40	38,0	45,1	58,3	68,7	76,3	81,4	84,7	86,6	87,8	88,5	88,8	89,1	89,2	89,3	89,3	89,3	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4
	3,00	46,3	49,7	61,2	70,8	77,8	82,4	85,2	87,0	88,0	88,6	88,9	89,1	89,2	89,3	89,3	89,3	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4
10 - 20	3,60	58,9	56,1	65,0	73,4	79,5	83,5	85,9	87,4	88,2	88,7	89,0	89,2	89,2	89,3	89,3	89,3	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	
	4,20	78,4	64,7	69,7	76,6	81,6	84,7	86,7	87,8	88,5	88,9	89,1	89,2	89,3	89,3	89,3	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	
	4,80	109,0	76,3	75,6	80,3	83,9	86,2	87,5	88,3	88,8	89,0	89,2	89,3	89,3	89,3	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	
	5,40	158,3	92,0	82,7	84,7	86,5	87,7	88,4	88,8	89,1	89,2	89,3	89,3	89,3	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	
	6,00	240,2	113,3	91,4	89,6	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	
20 - 50	6,60	381,0	142,6	101,9	95,1	92,5	91,1	90,3	89,9	89,7	89,6	89,5	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	
	7,20	631,3	183,5	114,4	101,2	95,6	92,8	91,3	90,5	90,0	89,7	89,6	89,5	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	
	7,80	1093,1	241,2	129,2	107,6	98,9	94,5	92,3	91,0	90,3	89,9	89,7	89,5	89,5	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	
	8,40	1977,7	323,5	146,3	114,4	102,1	96,2	93,1	91,5	90,6	90,0	89,8	89,6	89,5	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	
	9,00	3738,4	441,6	165,4	121,1	105,1	97,7	93,9	91,9	90,8	90,2	89,8	89,6	89,5	89,5	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	
> 50	9,60	7379,3	610,1	185,8	127,5	107,8	99,0	94,6	92,3	91,0	90,3	89,9	89,7	89,5	89,5	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4		
	10,20		842,3	206,0	133,2	110,1	100,1	95,2	92,6	91,2	90,4	90,0	89,7	89,6	89,5	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4		
	10,80		1130,5	223,6	137,6	111,8	100,9	95,6	92,8	91,3	90,5	90,0	89,7	89,6	89,5	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4		
	11,40		1405,9	235,8	140,5	112,9	101,4	95,9	93,0	91,4	90,5	90,0	89,7	89,6	89,5	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4		
	12,00		1526,9	240,2	141,5	113,3	101,6	96,0	93,0	91,4	90,5	90,0	89,7	89,6	89,5	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4		

Beregning af fortynding er sket efter løsningsmetoden anvist i "Lærebog i Vandforurening" af Poul Harremoes og Anders Malmgren, side 106-108, jf. endvidere Miljøprojekt nr. 690, 2002, afsnit 3.

Regnearket er lavet af Christina Ellegaard og Paul Chr. Erichsen, Århus Amt. Brug af regnearkets resultater sker på eget ansvar.