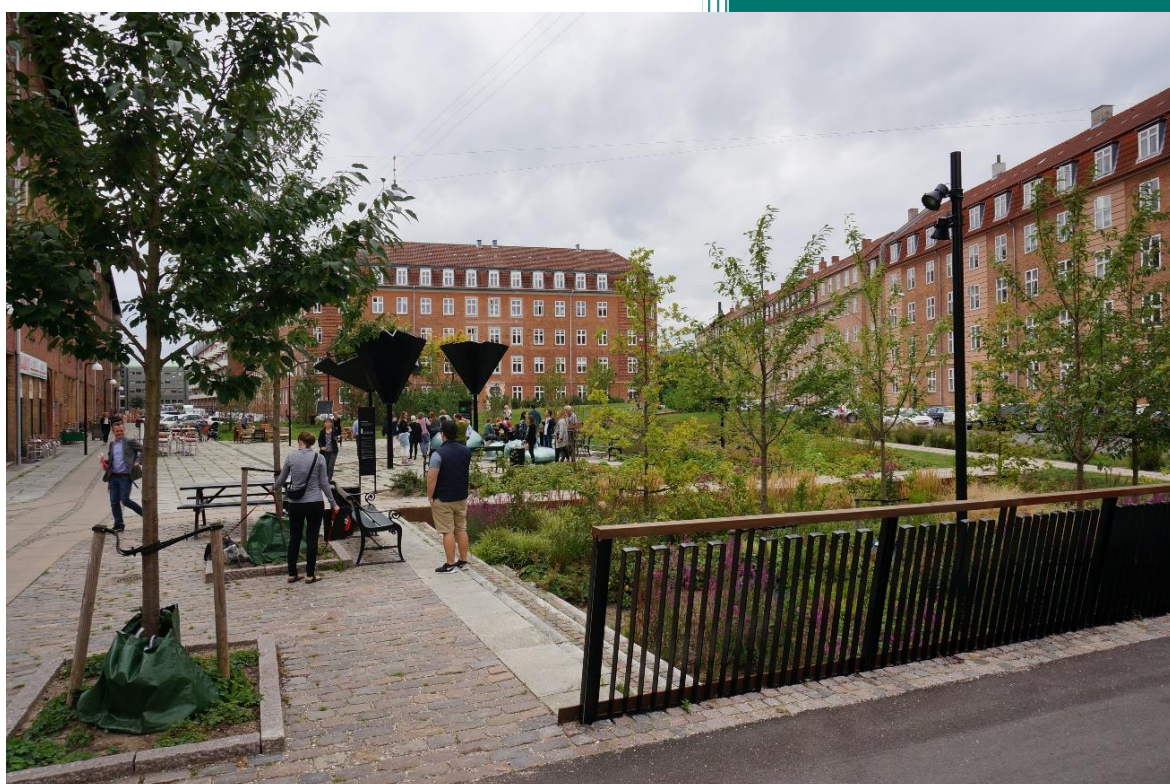




Oslo kommune  
Vann- og avløpsetaten

## Studietur til København og Malmø Aktuelle tiltak for håndtering av overvann i Oslo



**Forsidebilde**

Tåsinge Plads i Skt. Kjelds Klimakvarter i København har regnbed som mottar vann fra tak og vei. Foto: Oslo kommune, VAV

**360 arkivnummer**

Sak: 16/10299



# Aktuelle tiltak for håndtering av overvann i Oslo

---

## Forord

Oslo er i endring. Byens folketall øker med ca. 10.000 personer årlig. Det betyr at flere trenger tak over hodet. Tradisjonelt medfører boligbygging at grønne flater fortrenses av tette flater som tak og asfalt, som ikke lar regnvannet sige ned i grunnen. Parallelt opplever vi klimaendringer med økt hyppighet av kraftige regnbyger.

Med mer tette flater og mer styrtregn vil Oslo oppleve flere oversvømmelser og skader på bygninger, helse, miljø, kulturarv og økonomisk aktivitet. Avløpsrørene er ikke dimensjonert for å håndtere så store vannmengder.

Å legge større rør under bakken, er ikke alltid en god eller ønsket løsning. Hvis vi sørger for mer grønne flater og legger til rette for at flomvannet kan bevege seg på overflaten på en måte som gjør minst mulig skade, kan dette være en rimeligere og mer effektiv måte å forebygge skader på. I tillegg vil det kunne være til berikelse for bymiljøet.

I *Strategi for overvannshåndtering i Oslo, 2013-2030* beskrives hvordan byen kan møte utfordringene nevnt over samtidig som overvannet brukes som en ressurs i bylandskapet.

I Oslos kommuneplan *Smart, trygg og grønn*, som ble vedtatt høsten 2015, kreves det at nye bygg fortrinnsvis skal håndtere overvannet åpent og lokalt. Flerfunksjonelle løsninger skal etterstrebes, og bygninger og anlegg skal plasseres slik at de sikres mot flomskader (§4.2). Det skal være tilstrekkelig areal for åpen lokal overvannshåndtering (§6.2).

Hvordan gjøres dette i praksis? «Overvannsstrategien» er fulgt opp av en *Handlingsplan for overvannshåndtering i Oslo*. 18 handlinger skal følges opp de nærmeste årene.

Klimatilpasning er nybrottsarbeid. Løsningene krever omlegging av etablerte metoder og må utvikles og tilpasses lokale forhold. Det kan være mye å lære av byer som har opplevd store nedbørhendelser, og som har kommet godt i gang med arbeidet med å forebygge. Håndtering av overvann er etatsovergripende arbeid. Medarbeidere fra vår etat (VAV) har sammen med ansatte fra Bymiljøetaten (BYM) og Plan- og bygningsetaten (PBE) reist til København og Malmø for å se hvilke grep de har gjort, og planlegger å gjøre. De viktigste resultatene er presentert i denne rapporten, som oppsummerer det hele med en vurdering av mulige løsninger for vår by.

Vi er meget takknemlige for den gode mottakelsen våre medarbeidere opplevde ved Københavns universitet, hos København og Malmø kommuner og i Augustenborg.

Erik Aulie  
Avdelingsdirektør



## Sammendrag – Hvordan gjøre plass til overvann i byen

**Oslo kommune har gjennom flere politiske planer og strategier vedtatt at overvannet skal håndteres åpent og lokalt. For å få til en omlegging av dagens rådende praksis trengs det satsing på to viktige områder: ny kunnskap og økt samhandling.**

I september 2016 dro derfor en gruppe ansatte fra Vann- og avløpsetaten, Bymiljøetaten og Plan- og bygningsetaten på studietur til København og Malmö for å lære av erfaringer disse byene har gjort. Gruppen fikk høre erfaringer med planlegging og gjennomføring og fikk se både anlagte tiltak og tiltak på idestadiet, med omvisning av ansatte ved Københavns universitet og København og Malmö kommuner i tillegg til kompetansesenteret i Augustenborg. Rapporten viser tiltak vi så som en billedkavalkade med over 100 foto og illustrasjoner, og kommer med anbefalinger på tiltak Oslo kan gjøre.

### **København: Monsterregn satte fart i klimatilpasningen**

København kommune var allerede godt i gang med en klimatilpasningsstrategi da byen ble rammet av et voldsomt regnvær den 2. juli 2011. Enkelte steder kom det 150 mm regn i løpet av to timer. Det tilsvarer 150 liter per m<sup>2</sup>. Vannmassene medførte skader for rundt 10 milliarder norske kroner og førte til at kommunen i løpet av rekordtid utarbeidet en Skybruddsplan med tiltak for å sikre byen mot nye oversvømmelser. Kommunen vedtok å gjøre store investeringer for å forebygge nye oversvømmelser framfor å reparere når skaden har skjedd.

Skybruddsplanen konkluderer blant annet med at blå-grønne løsninger på overflaten skal brukes der det er plass og mulighet, fordi dette er enklere og billigere enn tradisjonelle «grå» løsninger med rør under bakken. De gir dessuten en tilleggsverdi for byens innbyggere. 11 milliarder skal investeres over de neste 20 år. Det er planlagt 300 prosjekter, blant annet for bedre håndtering av overvann fra bygninger og veier. Sikring mot stormflo og tiltak mot forurensing av havnebassenget har også vært viktige prioriteringer.

### **Malmö: Framsynt satsing ga resultater**

Malmö by er naturmessig svært utsatt for oversvømmelser og har jobbet med problemstillingen i en årrekke. Da boligblokkområdet Augustenborg ble rehabilitert i 1998, ble alt overvannet lagt om fra rør i bakken til åpne kanaler, grøfter og dammer i grøntområder mellom blokkene. Som resultat ble de hyppige kjelleroversvømmelsene de hadde vært plaget med, så å si borte. Da Malmö fikk sitt «monsterregn» den 31. august 2014, hadde Augustenborg få problemer sammenlignet med bydelene rundt.

### **Når får Oslo sitt «monsterregn» og hva blir konsekvensene?**

Å komme tett på de dramatiske regnhendelsene i København og Malmö gjør inntrykk. Spørsmålene melder seg raskt: Hvis dette skjer i Oslo, hvordan vil vannmassene bevege seg igjennom byen vår? Skal vi vente på vårt «monsterregn» før vi får fart på satsingen på klimatilpasning og bedre overvannshåndtering?

Fremfor å vente kan vi starte arbeidet med å forebygge. Det meste av byen er bygd, men den er i stadig endring. Testing av pilotanlegg og bygging av demonstrasjonsanlegg er en viktig del av byutviklingen: Ny kunnskap finnes, og erfaringer rundt drift og publikums reaksjon vinnes. Å lage skybruddsplaner for bydelene kan være en måte å iverksette *Handlingsplanen for overvann* i praksis. Det er mulig å komme de store skybruddene i forkjøpet, og samtidig skape trivelige byrom med bedre plass for vann, folk, planter og dyr. Det krever en storstilt satsing, politisk vilje, grundig planlegging og helhetlig tenkning. Men har vi råd til å la være?

Aktuelle tiltak for håndtering av overvann i Oslo  
Rapport fra studietur i 2016



Studieturdeltakerne er også forfattere av denne rapporten.



Denne rapporten er utarbeidet av ansatte ved VAV, BYM og PBE, og kan refereres på følgende måte:

B.C. Braskerud, E. Andersson, M.A. Anker-Nilssen, S.T. Asp, C. Bernhus, A.K. Devik, T.Å. Fergus, B.M. Geleta, B. Haneberg, A. Høifødt, J. Kvitsjøen, M. Nyrnes, Å. Rasmussen, A. Røttorp, S. Stenerud, O. Trubacheva, V. Veierød, K. Young, U. Zühlke og A.E. Aasgaard (2017). *Studietur til København og Malmø. Aktuelle tiltak for håndtering av overvann i Oslo.* Rapport nr. 1/2017, Oslo kommune, Vann- og avløpsetaten.



## Innhold

<b>1 Innledning</b> .....	1
1.1 Styrregn .....	1
1.2 Fortetting .....	1
1.3 Mål med studieturen .....	2
<b>2 Metode</b> .....	2
2.1 Utarbeidelse av rapporten .....	2
2.2 Bruk av foto og bilder.....	2
<b>3 Presentasjon av aktuell forskning</b> .....	2
3.1 Introduksjon – naturbaserte eller konvensjonelle løsninger? .....	2
3.2 Infiltrasjon i leirjord.....	4
3.3 Grønn klimaskjerm – demper støy og oversvømmelse .....	6
3.4 Permeable overflatedekker demper avrenningen .....	7
3.5 Filterjord og regnbed for rensing av veivann .....	8
3.6 Dobbeltporøs filtrering (DPF) av veivann og annet forurenset vann .....	10
3.7 Grønn infrastruktur og byplanlegging .....	11
<b>4 Møte med København kommune</b> .....	14
4.1 Innledning.....	14
4.2 «Københavnregnet».....	14
4.3 Skybruddsplaner .....	15
4.4 Kostnader og finansiering.....	17
4.5 Forurensninger.....	18
<b>5 Møte med Malmö kommune</b> .....	19
5.1 Skybrudd.....	19
5.2 Kort historisk oversikt over overvannshåndteringen i Malmö. ....	20
5.3 Utarbeidelse av en skybruddsplan .....	21



<b>6</b>	<b>Overvannstiltak i København og omegn.....</b>	<b>23</b>
6.1	Irish crossing – å lede vann over vei .....	23
6.2	Hothers Plads Karré - bruk av gårdsrom til åpne LOD-tiltak.....	24
6.3	Skt Annæs plads - park tilpasset midlertidig oversvømmelse .....	25
6.4	Ørestad, Københavns nye bydel .....	27
6.5	Tåsinge Plads (Skt Kjelds kvarter) - byrom med mange funksjoner.....	28
6.6	Holmegårdsparken pleiehjem – overvann på overflate .....	31
6.7	Håndtering av overvann fra lavblokk ved hjelp av åpen LOD.....	33
6.9	Lek- og idrettsanlegg som er tilpasset å stå under vann .....	35
6.10	Bruk av grøntareal til oversvømming og økt biologisk mangfold .....	36
<b>7</b>	<b>Befaring på Augustenborg i Malmø .....</b>	<b>40</b>
7.1	Bakgrunn for ombygging av overvannsystemet.....	40
7.2	Tilrettelegging for vegetasjon på vegg og terreng.....	42
7.3	Frakobling av taknedløp .....	43
7.4	Store og små vannrenner .....	44
7.5	Dammer og areal tilpasset midlertidig oversvømmelse .....	47
7.6	Grønne tak – Scandinavian green roof institute (SGRI).....	49
<b>8</b>	<b>Diskusjon – Hva tar vi med oss hjem... ..</b>	<b>53</b>
8.1	Klimatilpasning må til selv om 2-gradermålet nåes .....	53
8.2	Offentlig finansiering setter fart på sakene.....	53
8.3	LOD gir redusert overløp og forurensing .....	54
8.4	Skybruddsplaner vil forebygge skade.....	54
8.5	Åpen lokal overvannsdiskonering i praksis.....	55
<b>9</b>	<b>Konklusjoner – Mens vi venter på «Københavnregnet» .....</b>	<b>57</b>
<b>10</b>	<b>Litteratur.....</b>	<b>58</b>
<b>11</b>	<b>Vedlegg.....</b>	<b>59</b>
11.1	Studietur om overvannshåndtering i København og Malmø .....	59
11.2	Orientering om status på dobbeltporøs filtrering .....	62
11.3	Begreper og forkortelser .....	63



## Endringshistorikk

Dato	Endringsbeskrivelse	Respons	Versjon
Sept-16	Mottatt innspill fra referatgrupper		0,1
Nov-16	Sendt kapittel 1-7 for gjennomsyn til verter i København og Malmö.	UiK, Malmö og SGRI	0,2
Nov-16	Satt sammen innspill samt formet tilhørende tekst	BCB	0,3
Des-16	Høring blant forfatterne på første utkast		0,4
Des-16	Sammenstilling innspill til andre utkast	BCB	0,5
Jan-17	Kort høring blant forfatterne på andre utkast		0,6
Jan-17	Oppdatering av innspill til tredje utkast	BCB	0,7
10. jan-17	Godkjenning VAVs ledelse (APP direktør)	EAU	1.0



## 1 Innledning

### 1.1 Styrregn

Klima er i endring. I følge tall fra amerikanske NOAA<sup>1</sup> har det vært 16 etterfølgende måneder med rekordvarme på kloden (rekorden ble brutt september 2016). Vi lever med andre ord i rekordenes tidsalder med hensyn til temperaturer i forhold til «normalen».

Varm luft kan holde på mer vann enn kald, så muligheten for styrregn øker samtidig: Ny rekord for timesnedbør på Blindern ble satt 26. juni 2014 da det falt 46,1 mm<sup>2</sup>. Døgnsnedbøren denne dagen var også rekord; 72,8 mm.

Dette er imidlertid puslerier sammenlignet med «Københavnregnet» som falt 2. juli 2011. I gjennomsnitt for store deler av byen, falt det 155 mm på 2 timer og 20 minutter (Lindholm m. fl., 2013). Elendigheten stopper ikke her; i løpet av 5 år har København hatt 4 store nedbørhendelser, noe som har satt overvannshåndtering høyt på den politiske dagsordenen.

Malmö er Københavns naboby. Det er kun en stor bru som skiller. Også denne byen har opplevd flere store nedbørhendelser, hvorav den siste skjedde 31. august 2014 og var på opptil 122 mm på 6 timer (Hernebring m. flere, 2015).

Begge byer har laget hver sin skybruddstrategi for å møte utfordringen endringene i klimaet gir. Vi ønsket å lære mer om tenkingen bak disse planene og hva Oslo kunne bruke i vårt arbeid for en tryggere by.

### 1.2 Fortetting

Oslo vokser i innbyggertall, og som et resultat urbaniseres byen. Ofte betyr en byutvikling økt andel tette flater, noe som påvirker det hydrologiske kretsløpet i sterk grad:

Tette flater hindrer infiltrasjon av regnvannet som må renne av på overflaten. Grunnvannet etterfylles ikke og tilførselene av grunnvann til bekker og elver reduseres i perioder med lite nedbør. Lite vann i grunnen kan gi vegetasjonen, som bytrær, dårligere vekstvilkår.

Samlet sett fører urbaniseringen til at mer av nedbøren renner raskt igjennom byens gater på veg mot nærmeste elv. På vannets veg kan både hus og viktig infrastruktur stå midt i flomveien, med skade som resultat. Elver og bekker mottar nedbøren raskere enn de er tilpasset, med erosjon og elveoversvømmelser som resultat. Den tette byen utnytter ikke økosystemtjenestene naturen kan tilby og kan være utrygg under styrregn. Det er imidlertid mulig å forebygge skade. En praktisk måte å gjøre dette på er å benytte *3-trinnstrategien* (Lindholm, m.flere, 2008) i all byutvikling:

**Trinn 1:** Det lille regnet infiltreres

**Trinn 2:** Det større regnet holdes tilbake så lenge som mulig

**Trinn 3:** Ekstremregnet ledes trygt på overflata til fjorden.

<sup>1</sup> Varmerekorder på kloden: <http://www.noaa.gov/news/monthly-record-warm-streak-ends-september-2nd-warmest-on-record-for-globe>. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

<sup>2</sup> 1 mm nedbør tilsvarer 1 liter vann/m<sup>2</sup>.



### 1.3 Mål med studieturen

Det er mulig å utvikle byen i en blå-grønn retning, der vannet oppleves som en ressurs, og håndteres på en trygg måte ved store hendelser. Den nye kommuneplanen i Oslo *Smart, trygg og grønn* målbærer en slik vilje. For mange utbyggere og borgere av byen er dette imidlertid nye tanker, og det kan være krevende å se hvordan dette kan anvendes i eget prosjekt og på egen eiendom. Ved å besøke byer som har måttet ta klimaendringene og urbaniseringen på alvor, håper vi å få gode innspill til utviklingen av Oslo i årene som kommer. Vi håper denne rapporten kan bidra i så måte.

Rapporten er delt i fire resultatdeler (kapittel 3-7), som viser hva vi opplevde på studieturen gjennom foredrag og besøk i felt. Denne delen er hovedsakelig en billedkavalkade. Vi tester ut om «ett bilde kan si mer enn 1000 ord». Erfaringene etterfølges av en diskusjonsdel der vi prøver å sette den danske og svenske virkeligheten inn i en Oslo-kontekst. Avslutningsvis oppsummerer vi det hele i noen konklusjoner. En del ord og begreper er forklart i kap. 11.3.

## 2 Metode

### 2.1 Utarbeidelse av rapporten

Programmet for studieturen er gjengitt i det første vedlegget, kap. 11.1, samt navn på våre informanter. Studieturen pågikk 31. aug. til 2. sept. 2016, med tillegg av reisedager. Deltakerne ble fordelt to og to på de enkelte delene slik at de fleste hadde minst to steder å rapportere fra. Det er ofte krevende å motta informasjon på studieturer der en vesentlig del foregår ute: Gruppas størrelse, værforhold, fotogene objekter kan dra oppmerksomheten bort fra omviseren. Ved å la to ta hovedansvar for rapporteringen på de enkelte programpostene, mener vi det som er rapportert er rimelig korrekt og godt forstått, selv om garantier ikke kan gis. I tillegg har kapittel 3-7 blitt sendt til våre kontaktpersoner for mulig feilsjekk. Hele gruppa har fått mulighet til å lese gjennom rapporten og gi innspill til deler de selv ikke har hatt ansvar for.

### 2.2 Bruk av foto og bilder

Mange av deltakerne tok bilder. Disse ble samlet i en fotodatabase for bruk i rapporteringen. For å gjøre arbeidet enklest mulig, blir ikke fotograf oppgitt når det er en av deltakerne som har tatt bildet. Bildene gruppa har tatt, og som er publisert i rapporten, er fritt tilgjengelige for annen bruk, men vi ber om at de merkes med «Oslo kommune» som fotograf.

Rapporten inneholder også bilder fra Power Point foredrag vi hørte på. Disse kan kun brukes etter avtale med foredragets opphavsperson.

## 3 Presentasjon av aktuell forskning

### 3.1 Introduksjon – naturbaserte eller konvensjonelle løsninger?

Vår kontaktperson for denne delen var professor Marina Bergen Jensen ved Københavns universitet. Hun og hennes kolleger Jan Støvring, Karin Cederkvist og Ole Fryd foreleste for oss på universitetet.

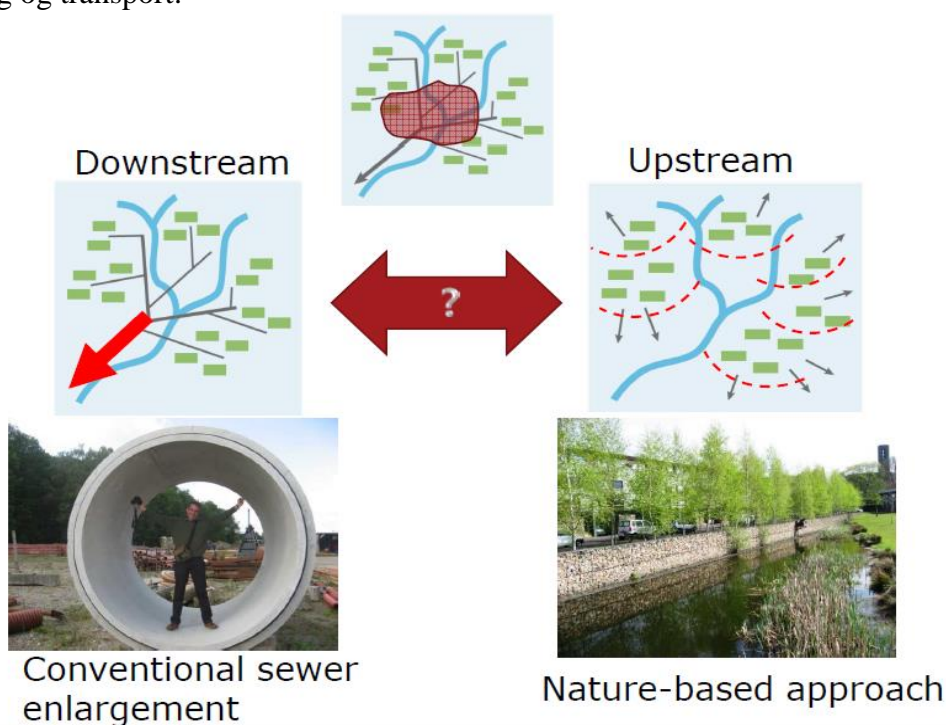


En bærekraftig tilpasning til klimaendringene er avhengig av byene. Byene er nøkkelen til løsningen da de er sentrene for økonomi, kultur og sosial aktivitet. De er sensitive for endringer og trendgivere for endringer som igangsettes. Dagens utfordring er fossilt brensel.

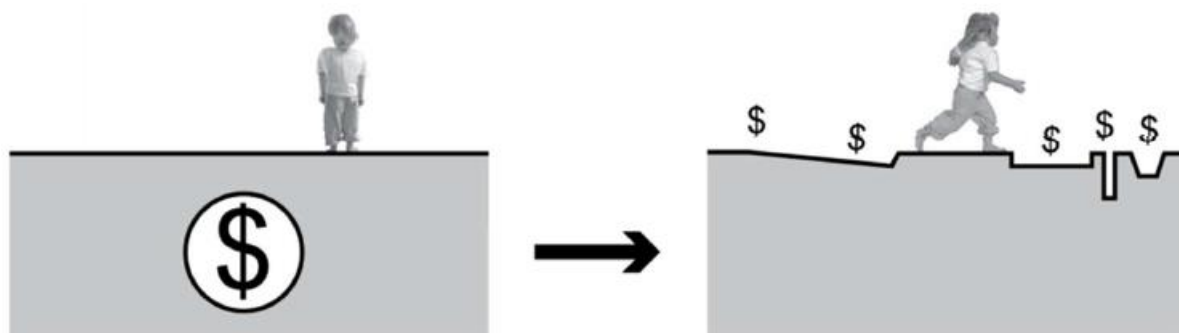
Marina viste til to ideer for valgene våre fremover. Skal vi velge (fig. 1):

- Downstream - at vannet skal forlate området det er i raskt
- Upstream - en naturbasert tilnærming med lokal overvannsdisponering, LOD.

Hun ønsket å få oss til å tenke Upstream, som i praksis betyr en massiv frakobling fra felles avløpsnett, og legge investeringer på overflata slik at regnvannet ikke sendes til rensesanleggene. Bruke «firetrinns modellen» som stimulerer; infiltrasjon, forsinking, fordampning og transport.



**Figur 1.** Ved kraftig regn: Hva gjør vi for å få vannet gjennom byen på en trygg måte? Skal vi øke kapasiteten på rørene som transporterer vannet, eller skal vannet holdes tilbake lengst mulig i områdene der regnet faller? Slide fra Marina.



**Figur 2.** Skal vi fortrinnsvis «grave ned pengene», eller bruke dem spredt på overflata? Slide fra Marina.



Deres websider: [www.Vandibyer.dk](http://www.Vandibyer.dk) og [www.laridanmark.dk](http://www.laridanmark.dk).

I tillegg har [www.susdrain.org](http://www.susdrain.org) mye info.

#### Begreper innen overvannsproblematikk:

- LAR (DK): Lokal afledning af regnvand eller Lokal anvendelse af regnvand
- LOD (N): Lokal overvannsdisponering
- SuDS (UK): Sustainable Drainage System.

### 3.2 Infiltrasjon i leirjord

Jordtyper har forskjellig evne til å infiltrere vann; det vil si til å la vann renne gjennom jorda. For eksempel renner vann raskt igjennom sandjord, og langsomt gjennom leirjord, men selv i leirjord er infiltrasjon mulig.

Marina viste oss måter å vurdere ulike jordarters evne til å håndtere vann. Vi trenger å vite:

- Hvordan få vannet til å dreneres?
- Hvor hurtig kan det dreneres?
- Hvor mye kan bli lagret i grunnen?
- Beregninger ble gjort ved å se på  
«Hydraulisk ledningsevne» **K** (m/s).  
«Magasintall» **S** (m<sup>3</sup> vann per /m<sup>3</sup> jord)



Jordas evne til magasinering av vann avhenger av poremengde og avstand til grunnvannspeilet (figur 3).

**Figur 3.** Jordas evne til å holde vann er avhengig av porevolumet som øker pga. meitemark, røtter og andre levende organismer. Fargestoff viser hvordan vann følger sprekker i leirjord, slide fra Marina.

Marina viste til manuelle metoder med bruk av jordspyd der prøvene ble kartlagt for å finne **K** og **S** (fig. 4). Man kunne ellers benytte elektriske signaler som krevde mindre manuelt arbeid. Resultatene ble brukt til å måle  $K_{sat}$ <sup>3</sup>. Ulike jordarter og tilstand vil gi stor variasjon i **K** og **S**. Sammenstilt med tolkning av områdets geografi.

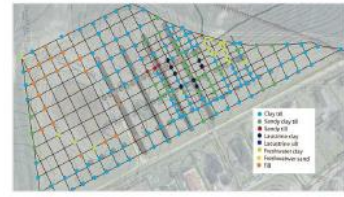
Når dette var gjort og man hadde funnet de mest aktuelle områdene ble infiltrasjonselementene plassert optimalt i ulike lag, avhengig av jordlagenes evne til å lagre vann (fig. 5). Vegetasjon på overflaten øker lagringskapasiteten og dreneringen over tid. Infiltrasjon fra overflaten er alltid mer effektiv.

<sup>3</sup> vannmettet hydraulisk ledningsevne

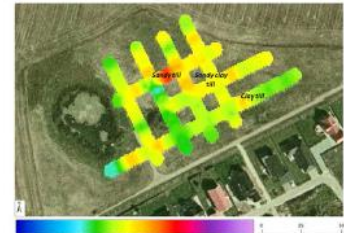
## Aktuelle tiltak for håndtering av overvann i Oslo Rapport fra studietur i 2016



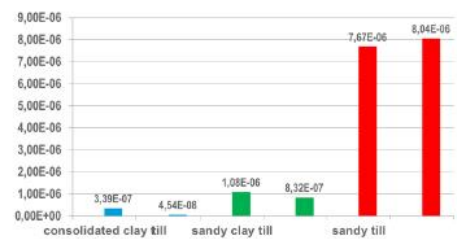
### 1. Spydkartering



### 2. Elektrisk signal metode (continuous vertical electrical sounding, CVES)



### 3. Måling af Ksat



**Figur 4.** Areal som kartlegges for mulig infiltrasjon av overvann ved hjelp av manuelle metoder (1), elektrisk (2) og direkte infiltrasjonsmålinger (3). Infiltrasjonen er størst på sandig morene (røde søyler i nedre høyre bilde) og minst på tett, sammenpresset leire (blå (slide fra Marina).

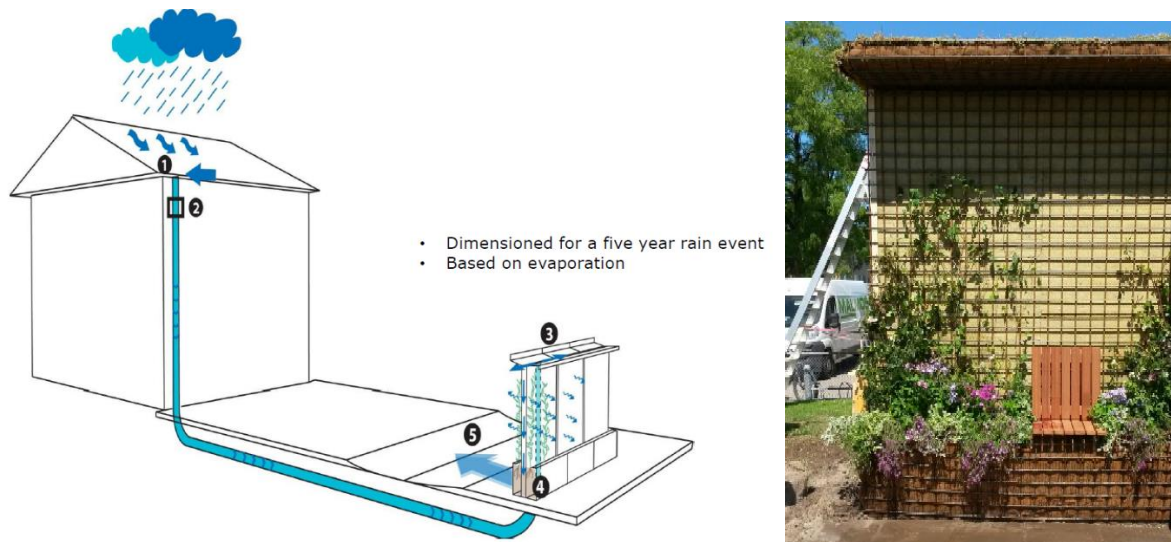


**Figur 5.** Infiltrasjonsgrøfter plasseres der betingelsene er optimale, basert på undersøkelsene i fig. 4. Tre jordtyper ble undersøkt, og resultatene viste at infiltrasjonen ( $K_{sat}$ ) ved hjelp av renner var betydelig høyere enn målt med punktvis infiltrasjonsmåling (pkt 3 over). Grusfylte infiltrasjonsrenner får best kontakt med områder med god infiltrasjon, og utnytter utsiving i toppjorden hvor porevolumet ofte er høyt (slide fra Marina).



### 3.3 Grønn klimaskjerm – demper støy og oversvømmelse

Københavns universitet jobber i samarbeid med kommunen, boligforeningen 3B, entreprenøren 3B Aarsleff, anleggsgartnerfirmaet Malmos, plastprodusenten Wavin og Teknologiske Institutt om å utvikle en ny type støyskjerm for bruk i byer. Skjermen skal kunne dempe trafikkstøy og ta i mot regn under store regnskyll. Forhåpentligvis vil skjermen også bidra med å heve luftkvaliteten.



**Figur 6.** En grønn klimaskjerm bruker takvann til vanning av en grønn vegg med multifunksjon: LOD-tiltak (fordamping av vann), støyskjerm og mulighet for variert bruk på baksiden av skjermen. Bildet til høyre viser en tidlig demomodell (slide fra Marina).



**Figur 7.** Klimaskjermen skal bestå av prefabrikerte moduler som gjør det enkelt å montere og oppskalere prosjektet. I løpet av våren 2017 forvente har prosjektgruppen å kunne sette opp en 220 m lang forsøksstrekning ved Folehaven i Valby (slide fra Marina).

<http://www.science.ku.dk/presse/nyhedsarkiv/2015/fremtidens-byer/>

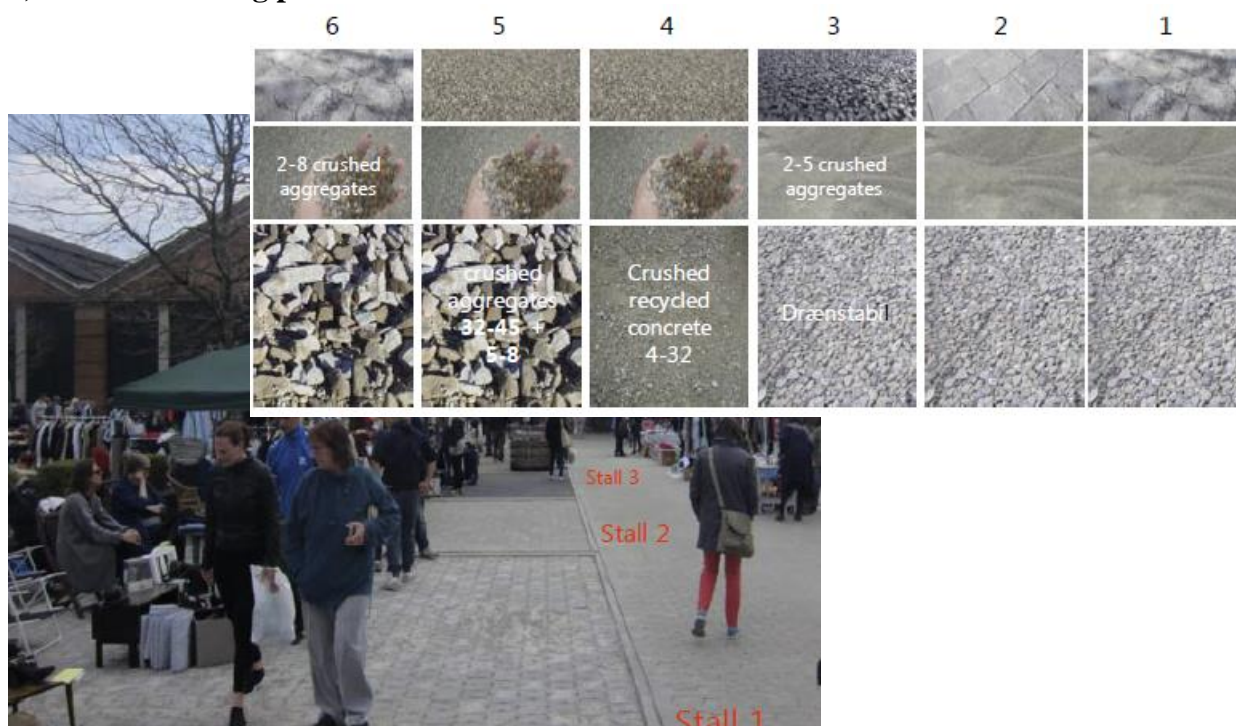


### 3.4 Permeable overflatedekker demper avrenningen

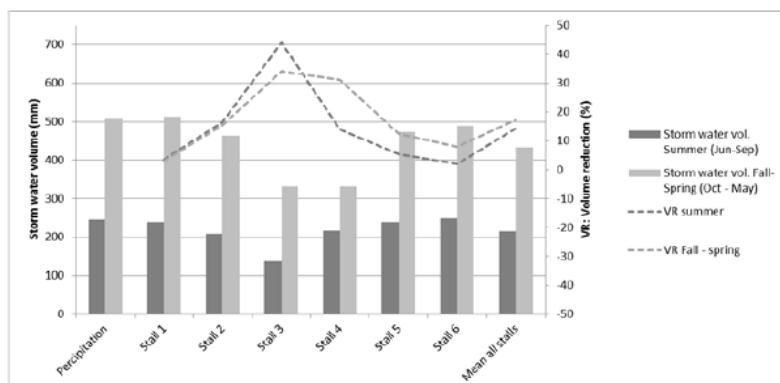
Parkeringsplasser, fortau og andre harde flater uten vegetasjon kan lages slik at de slipper regnvann gjennom til undergrunnen. Jan gjennomgikk sitt forskningsarbeid som var tredelt:

- Full skala tester på parkeringsplasser / åpne plasser
- Evaluering av eksisterende installasjoner
- Utnyttelse av permeable overflater på fortau

#### a) Fullskala testing på Svanemøllehallen



**Figur 8.** 6 ulike permeable (vanngjennomtrengelige) overflatestrukturer ble testet opp mot hverandre. Det var ulike brostein, ulike asfaltmasser og gjenbrukt betong som var malt opp i passende småbiter og siktet for finstoffer. Han målte deretter hastighet og mengde vann som ble drenert gjennom de ulike flater. Forsøket skulle vise hvor mye som kan forsinkes av det regnvann som kommer, figur 9. Slide fra Jan.



**Figur 9.** Tilbakeholdt nedbør på permeable belegningsstein over en sommer- og høstsesong viste at tilbakeholdingen kunne være betydelig (over 30 % per årstid). Den varierte med oppbygningen (nr. 3 og 4 var best). Demping av avrenningstoppene var større (38-85 %) Slide fra Jan.



### b) Testing av steder i Danmark som hadde blitt belagt med ulike overflater



**Figur 10.** Ni flater anlagt i perioden mellom 2010 og 2014 ble testet opp mot hverandre mht. drenering, omkringliggende vegetasjon, antall trær, regnbed etc. Infiltrasjonshastigheten ble målt på hvert sted og kunne deretter forbedres noen av stedene ved å foreta endringer på overflatene. Det var stor variasjon mellom stedene, men i gjennomsnitt var infiltrasjonsevnen vesentlig høyere enn dimensjonerende regn som er på 97 mm/time. Slide fra Jan.

### c) Permeable overflater på fortau

De hadde også testet fortauene i et gitt område. De sjekket grunndata og fant steder som var egnet til å belegge fortauene med permeable flater. Forsøkene viste at 90% av fortauene ville egne seg for å installere permeable overflater. De holder fortsatt på å måle dreneringshastigheter og mengder på de ulike fortauene.

### Oppsummering:

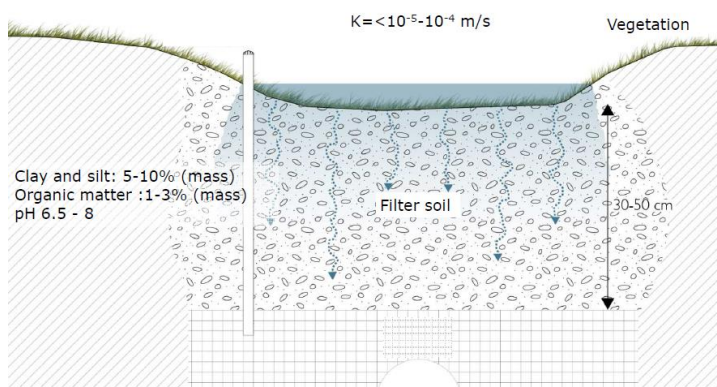
Det var store forskjeller mellom de ulike permeable overflatenes evne til infiltrasjon. Kort oppsummert fant de at følgende faktorer var viktigst:

- Overflatedekkets design
- Jord i fuger blokkerer permeabilitet.
- Drift mtp rengjøring av overflatene har stor betydning. Utskifting av fugemasse?
- Bruken av dekket påvirker forurensningsgrad

Bruk av permeable overflater kan øke infiltrasjonen lokalt i betydelig grad.

## 3.5 Filterjord og regnbed for rensing av veivann

Kan vi infiltrere til grunnvann? spurte Karin. Vann fra vei er ofte forurenset. I Danmark er det ofte krav til rensing. EUs vannrammedirektiv gir ingen direkte krav, men man ser på grunnvannskriteriene for den enkelte resipient. Bruk av spesialtilpasset filterjord øker tiltakets renseevne (fig. 11).



**Figur 11.** Filterjord i regnbed eller vadi over faskiner (plastkassetter, se fig. 12). Infiltrasjonshastigheten bør være under  $10^{-5}$  -  $10^{-4}$  m/s (3,6 - 36 cm/t).

Filterjorda bør inneholde sand, silt, leire og organisk stoff, og ha minst 30-50 cm tykkelse og god kontakttid for vannet. Slide: Karin.



Det er etablert et anlegg i Odense for å måle kvaliteten etter infiltrasjon gjennom jord. Innløpskonsentrasjonen var lav, utløpskonsentrasjonen var også lav, noe som gjorde det vanskelig å trekke noen konklusjoner. Det ble registrert noe tap av kobber og fosfor i tillegg til frigjøring av organisk materiale.

Det er også gjort tester med veldig forurenset vann («kunstig forsøk») worst case scenario. Mye ble da holdt tilbake i filterjorden. Forskning pågår fortsatt...

Rensing av veivann er en stor utfordring, og flere regnbed i gate er anlagt (fig. 12).



**Figur 12.** Regnbed i gate i Møllebakken. Kapasiteten til å holde vann økes ved å legge faskiner (plastkassetter) i bunnen, overdekket med filtermedie tilpasset rensing. Slide fra Karin.

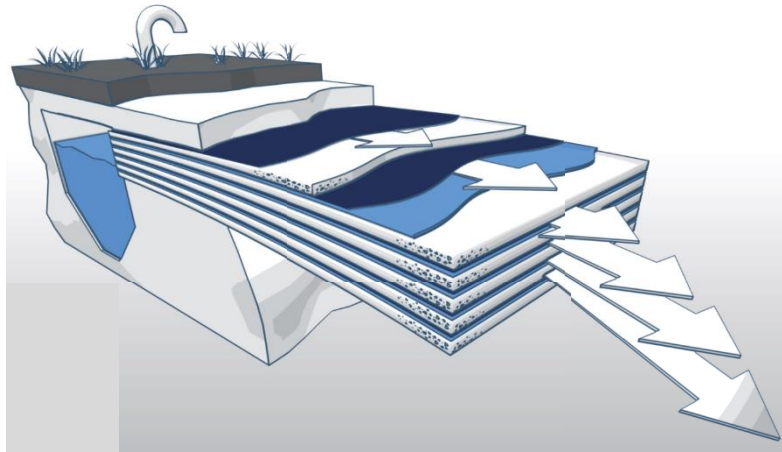


**Figur 13.** Ferdig konstruert regnbed i Møllebakken. Veivann på venstre side renner rett inn i regnbedet, mens vann på høyre side ledes ned i sluk som sender vannet til regnbedet.

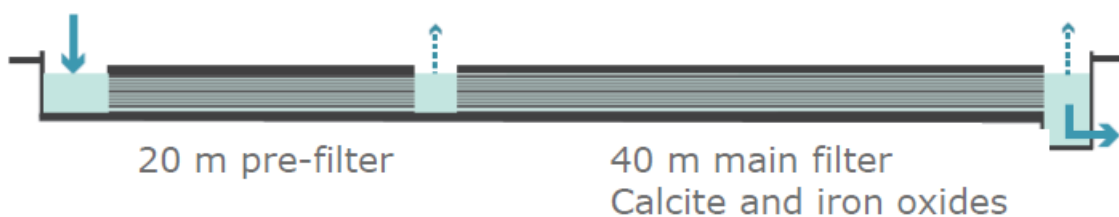
Kommunen gir økonomisk støtte til grunnarbeidet, samt rimeligste vegetasjon. Ønskes noe mer spennende (som her) må naboene selv bekoste dette. Høy vegetasjon blir ofte ikke anbefalt pga. redusert trafiksikkerhet (se regnbed foran bussen i fig. 13).



### 3.6 Dobbeltporøs filtrering (DPF) av veivann og annet forurenset vann



**Figur 14.** Prinsippet for dobbeltporøs filtrering (DPF). Vannet renner med selvfall gjennom parallelle lag med ulik porøsitet (høy og lav). De høyporøse lagene er transportlag for forurenset vann, mens de lavporøse fanger, akkumulerer og evt. bryter ned forurensingene. Slide fra Marina.



**Figur 15.** DPF er et sedimentasjonsanlegg, som spyles ca 2 ganger per år avhengig av belastningen. Et forfilter kan lette driften/vedlikeholdet av anlegget, fordi mye av forurensingen sedimenterer i starten. Slide fra Karin.



**Figur 16.** Lamellsystemene er prefabrikkert og kan monteres etter behov under bakken, f.eks. i parker, under vadier, vegeterte vannveier/grøfter etc. Slide fra Karin.

Tilbakeholdelse av suspendert stoff, tungmetaller, fosfor og plantevernmidler er god, men er avhengig av forurensingsmengdene (størst %-vis fjerning ved høyere konsentrasjoner): Fjerningsrater på 50-90 % ble vist, avhengig av forurensing.

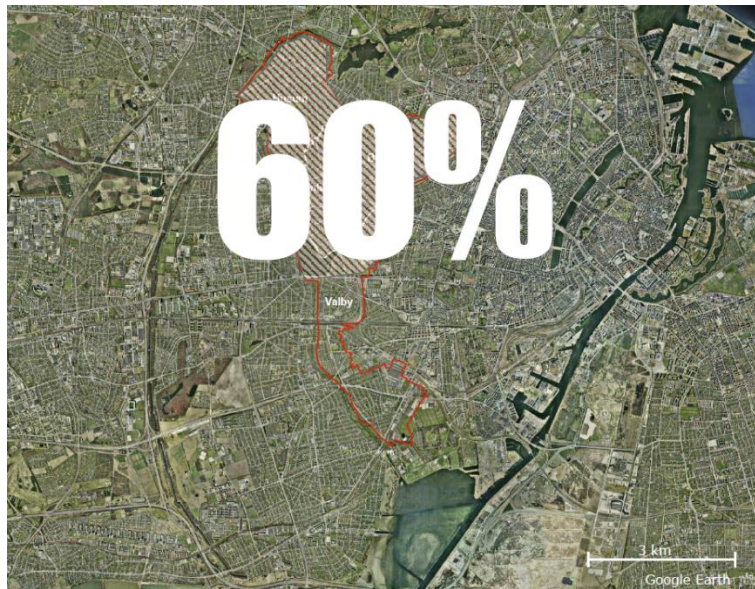
Mer om DFP systemet i Vedlegg; kap. 11.2.



### 3.7 Grønn infrastruktur og byplanlegging

København, som Oslo, har problemer med vannkvalitet i havnebassenget ved store regnskyl. På grunn av overløp fra felles avløps- og overvannsrør og veivann blir vannkvaliteten i havnebassenget så dårlig at det ikke anbefales å bade. Det største problemet er E-coli-bakterier fra overløp i kloakksystemet.

For å bedre vannkvaliteten i havnebassenget ved store regn har København gjort en studie av hva som er den beste og billigste måten å gjøre det på (fig. 17).



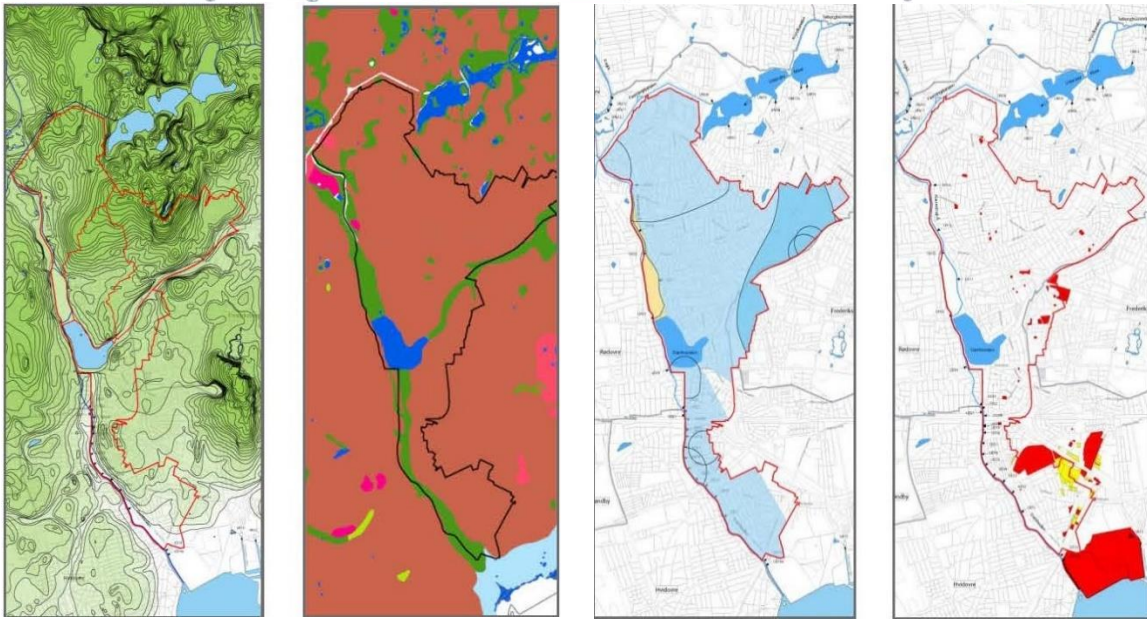
**Figur 17.** Det ble valgt et studieområde/nedslagsområde på 16 km<sup>2</sup> langs en vannvei som ender i havnebassenget. Målet er å fordrøye/infiltrere 60 % av overvannet for å få god nok kvalitet på vannet i havnebassenget. Studieområdet avgrenset med rød strek. Slide fra Ole.

#### Strategi

- Begynn med de enkleste tiltakene
- Velg tiltak med størst avstand til grunnvannsspeilet
- Velg tiltak der det er størst helling på terrenget

#### Underlag

Som underlagsdata har de kart over terreng, grunnvannsdata, bygningsfunksjoner, grunnforhold, trafikkdata, data om forurenset grunn og overordnede planer.



**Figur 18.** Fra venstre til høyre: terrengforhold, grunnforhold, grunnvannsspeilet, og forurenset grunn er grunnlag for planlegging av tiltak. Slide fra Ole.

### Analyse

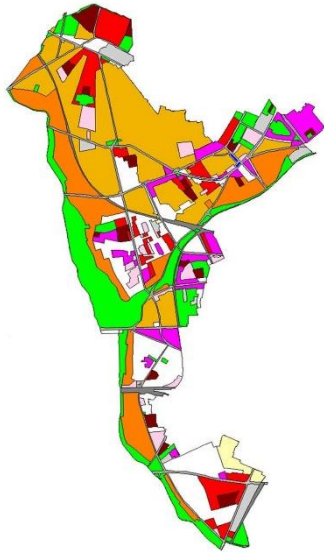
Det er gjort analyser av planområdet, blant annet hvilke områder man kan infiltrere i, hvor det er åpne områder, hva som er offentlig område og hvilke områder som har mange grunneiere. Eierstruktur er viktig for å unngå lange og risikofylte prosesser med mange involverte. Det er også undersøkt hvilke veier som passer som flomvei, i forhold til trafikkmengde og plass.

### Rangering

1. På bakgrunn av underlagskart og analyser gjøres det en rangering av tiltak for å se hvilke som er enklest og billigst å gjennomføre.
2. Hvor bør man tilføre grønne rom? Hvor er det best infiltrasjon? Hva er potensialet for konkrete tiltak?
3. Topografi: Hvilke områder renner ut i elver som ender opp i havnebassenget?
4. Føringer fra overordnede planer følges. F.eks. plan for flomveier i gater, strategi for grønne korridorer og lignende.



Til slutt legger de lagene over hverandre og finner de beste prosjektene å gjennomføre økonomisk sett.



Figur19. Viser eksempel på kart med ulike tiltaksområder rangert i prioritert rekkefølge. Slide fra Ole.

### Tiltak

Tiltakene som foreslås kan være:

- Ombygging av gater, parker eller andre forsengkninger til flomveier (fig. 20).
- Frakobling av private eiendommers overvann til ledningsnettet. Håndtering av overvann på egen grunn.
- Fordrøyningsiltak som regnbed eller nedsenkede grøntområder på offentlig grunn.
- Infiltrasjon der det er mulig på offentlig grunn eller i samarbeid med private utbyggere.



Figur 20. Nedsenket område i park brukes som flomvei ved skybrudd. Slide fra Ole.



## 4 Møte med København kommune

Lykke Leonardsen var vår kontakt i København kommune. Hun er programchef for Grønne Byløsninger. Med seg hadde hun Sara Kristine Bastholm fra Hofor og Christian Nyerup Nielsen fra Rambøll.

### 4.1 Innledning

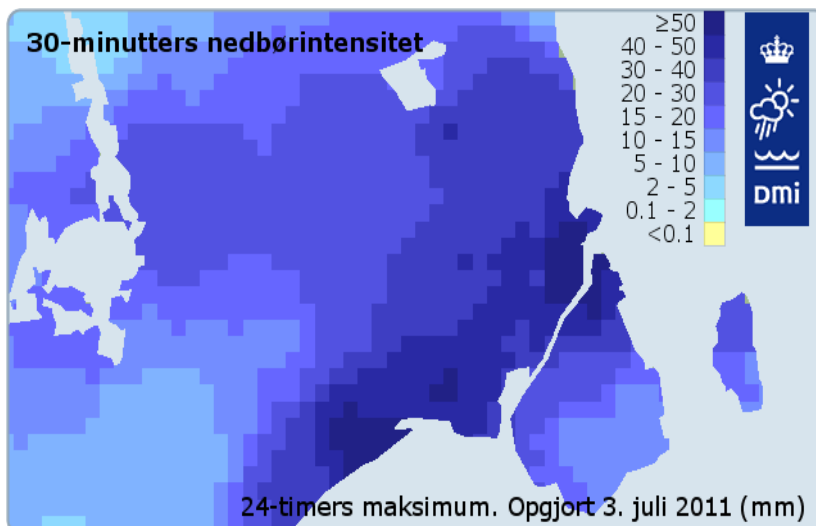
København har i underkant av 600.000 innbyggere. Byen er i vekst, og ønsker å forbli attraktiv, livlig og effektiv, det motsatte av: "Well regulated cities become boring".

Byens havn spiller en viktig rolle i selvforståelsen til kongens by. Først var den et industriområde som opplevde en uhyggelig nedtur som endte nesten med byens konkurs på 70-80-tallet. Etter det begynte man å se på mulighetene og startet opprydding, også i avløpssystemet. Rent vann og havn hvor københavnere kunne bade ble en prioritet.

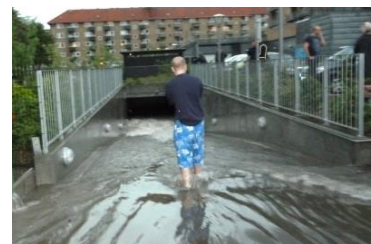
Stor København er 8 kommuner (200 km<sup>2</sup>), som leverer avløpsvann til to store renseanlegg.

### 4.2 «Københavnregnet»

2009 begynte arbeidet med klimatilpasningsstrategien som ble vedtatt i bystyret i august 2011<sup>4</sup>, en måned etter det beryktete «Københavnregnet» med 150 l nedbør per kvadratmeter i løpet av 2 timer<sup>5</sup>. Skaden var ca. 10 milliarder Nkr. Mye "kritisk infrastruktur" ble ødelagt. Det betyr at folk ikke bare får vann i kjelleren og lider økonomisk tap, men det var et spørsmål om liv og død. Nødaggater og kritisk utstyr på Rikshospitalet var oppbevart i kjelleren, som ble oversvømt (fig. 21).

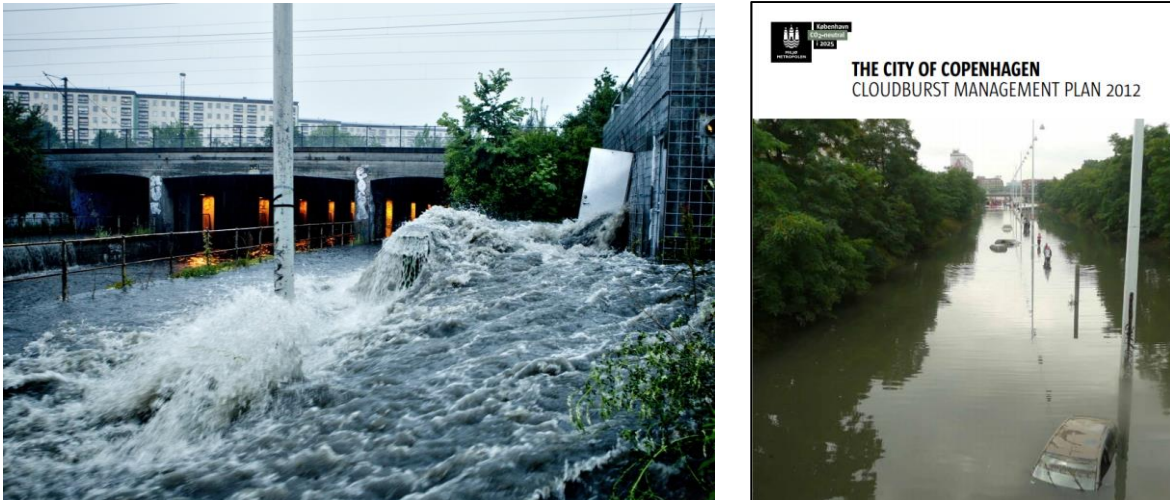


**Figur 21.** «Københavnregnet» 2. juli 2011, traff store deler av byen, men var spesielt intenst (mer enn 50 mm/30 min. i indre by). Vannet fylte mange garasjeanlegg og kjellere. Slide: Sara.



<sup>4</sup> Planen kan leses her på engelsk: [http://en.klimatilpasning.dk/media/568851/copenhagen\\_adaption\\_plan.pdf](http://en.klimatilpasning.dk/media/568851/copenhagen_adaption_plan.pdf)

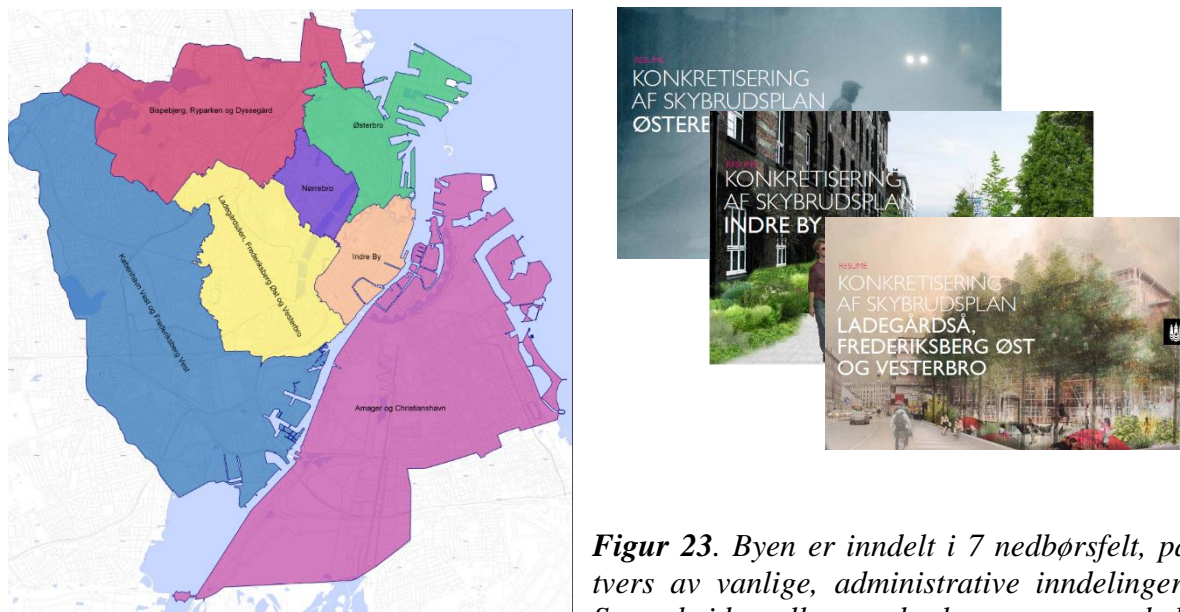
<sup>5</sup> 1 mm er liter/m<sup>2</sup>



**Figur 22.** «Københavnregnet» ødela for nesten 1 milliard Euro, og resulterte i en skybruddsplan. Pumpehus oversvømmes i bildet til venstre. Slide fra Lykke.

### 4.3 Skybruddsplaner

Skybruddsplanen fulgte straks etter klimatilpasningsstrategien som hastesak<sup>6</sup>. Formålet med skybruddsplanen er å sikre byen mot en 100 års nedbørshendelse som også er en 100 års hendelse om 100 år (Klimafaktor på 1,4 ganges til dagens dimensjonerende regn). Terrenget i København er veldig flatt, og vannet som ikke ledes bort på en annen måte, stuer seg opp som en konsekvens. Flomveiene ble tidlig kartlagt (fig. 24); målet er at vanddybden i disse skal være maksimalt 10 cm.



**Figur 23.** Byen er inndelt i 7 nedbørsfelt, på tvers av vanlige, administrative inndelinger. Samarbeid mellom nabo-kommuner er helt nødvendig. Individuelle planer lages for hvert område. Slide fra Lykke.

<sup>6</sup>Skybruddsplanen leses her: [http://en.klimatilpasning.dk/media/665626/cph\\_-\\_cloudburst\\_management\\_plan.pdf](http://en.klimatilpasning.dk/media/665626/cph_-_cloudburst_management_plan.pdf)



**Figur 24.** Overvannstrømmen i København ved styrregn er modellert. Modellen blir kalibrert ved å spørre beboere om vannstand i gater ved hendelser. For øvrig letes etter referanser på vannstand på You Tube filmer, samt bilder som legges ut på nettet og gis til media. Slide fra Sara.



**Figur 25.** I tillegg til styrregn har København utfordringer med havstigning og stormflo. Ved slike hendelser kan sjøvann trenge inn i byen. Det lages klappe-ventiler på kritiske rør for å hindre tilbakeslag. Slide fra Sara.

Offentligheten involveres på prosjektbasis for å få frem kreative ideer og utnytte mulighetene mest mulig. Det er en stor utfordring å få, ingeniører, arkitekter, miljøforkjempere, økonomer og jurister til å samhandle. Planarbeidet er derfor endret for å bedre musikaliteten.

Lykke la vekt på at selv om blå-grønne overvannsløsninger er sentrale, må de brukes i kombinasjon med tradisjonelle, «grå» løsninger. Terrenget i byen har forskjellige lav- og høybrekk og det kan i enkelte tilfelle være aktuelt å flytte overvann i rør. I praksis viste det seg at tunneller eller store overvannsrør ofte er nødvendig i slutten av en flomvei.



**Figur 26.** Utfordringen skal løses på offentlig grunn, men private kan gjerne bidra. Når flomveiene er kjent, tilpasses veinett, parker mm håndtering av nedbøren i tre kategorier: 1. Skybruddsveier (flomveier), 2. Forsinkelses veier og 3. Forsinkelses plasser og grønne gater. Slide fra Lykke.



**Figur 27.** Plan som viser flomveier, forsinkelsesveier og plasser (fig. 26) fordelt i terrenget. Eksempel på areal for midlertidig oversvømmelse er markert med oransje sirkel. Slide fra Lykke.

Minst 30 % av alle tette flater skal avkobles avløpsnettet. I praksis blir det ofte en kombinasjon av «grønne» og

«grå» løsninger som benyttes. Overflateløsninger blir regnet som mer fleksible enn nedgravde, fordi endringer er lettere å få til om forventingene til klimaendringene endres.

#### 4.4 Kostnader og finansiering

11 milliarder Dkr skal investeres over de neste 20 år. Det forventes at overvannsskatten kommer til å øke ca 20 %. Byen legger ut, Hofor (tilsvarer Oslo VAV, og bruk av gebyrmidler) betaler tilbake, men kun for den «hydrauliske» del av løsningen. For vakker beplantning, lekeapparater, eller annen flerfunksjonalitet må byen betale selv. Den «ikke-hydrauliske» delen av flerfunksjonelle overvannsløsninger er veldig viktig, fordi disse løsninger står uten vann 90 % av tiden. I følge Lykke koster «blå-grønne» tiltak ofte under halvparten av tradisjonelle «grå» løsninger.



**Figur 28.** Enghaveparken er et eksempel på samfinansiering: Den flomdempende delen betales over overvannsgebyret, mens møbleringen til park betales over kommunekassen. Slide fra Lykke.



Det er planlagt 300 prosjekter. 80 av disse er på *privat grunn*. Disse må koordineres med de andre prosjektene for å fungere bra. Hofor finansierte 100 % av tiltak på privat grunn de første åra, hvis arealene er offentlig tilgjengelige. Fra 2016 er denne støtten 75%. I praksis tar privat prosjekteier opp et lån som Hofor tilbakebetaler renter og avdrag på.

De private prosjektene skal håndtere overvann fra bygg og vei. I Danmark er mange veier i boligstrøk privateid i form av veieierlag. Tiltak på private areal støttes kun hvis de som en del av planarbeidet, er vurdert som skadeforebyggende og rimeligere enn «grå løsninger».

#### 4.5 Forurensninger

København har som mål at overløp fra avløpsnettet ikke skal føre til badestopp oftere enn hvert 5. år.

Sink og kobber på tak, samt forurensninger fra vei er en utfordring. Som en tommelfingerregel må veier med trafikkbelastning større enn 6000 ÅDT (ÅrsDøgnTrafikk) renses, og tiltakene dimensjoneres for å håndtere inntil 10-års hendelsen. Målet er å behandle 95 % av årsnedbøren.



**Figur 29.** Drøm eller mareritt? Klimaendringene gir nye næringsveier... Slide fra Sara.

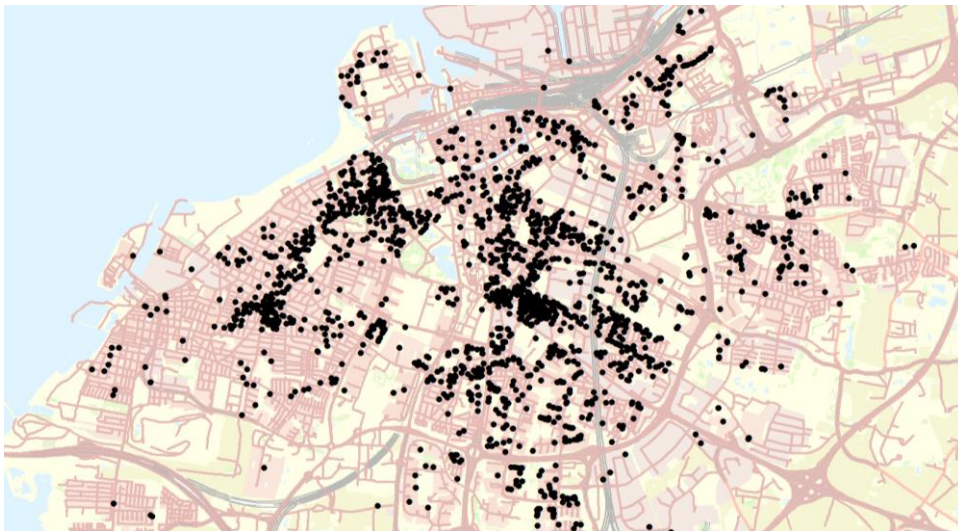


## 5 Møte med Malmö kommune

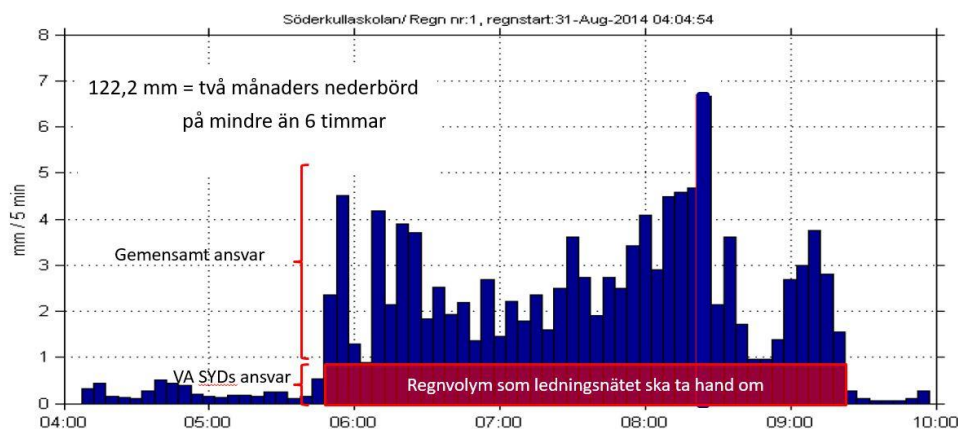
Vår kontakt i Malmö kommune var Pär Svensson, som jobber på planavdelingen som Vattenstrateg. I tillegg holdt Stina Hall, Annika Kruise og Johanna Sörensen foredrag for oss.

### 5.1 Skybrudd

Malmö fikk den 31. august 2014 erfare et ekstremregn. Avhengig av nedbørmålers plassering ble det målt 122 mm under den kraftigste 6 timer perioden (fig. 31), hvilket motsvarer mer nedbør enn de to våteste månedene på et normalt år. Det kom inn 40.000 skademeldinger totalt, hvorav over 2000 om oversvømte kjellere (fig. 30). 25 familier måtte flytte fra sine boliger og 1,5 år seinere har fremdeles ikke alle flyttet tilbake. Malmö sykehus var nær på å måtte evakueres. Fortsatt behandles mange regresskrav fra forsikringsselskapene.



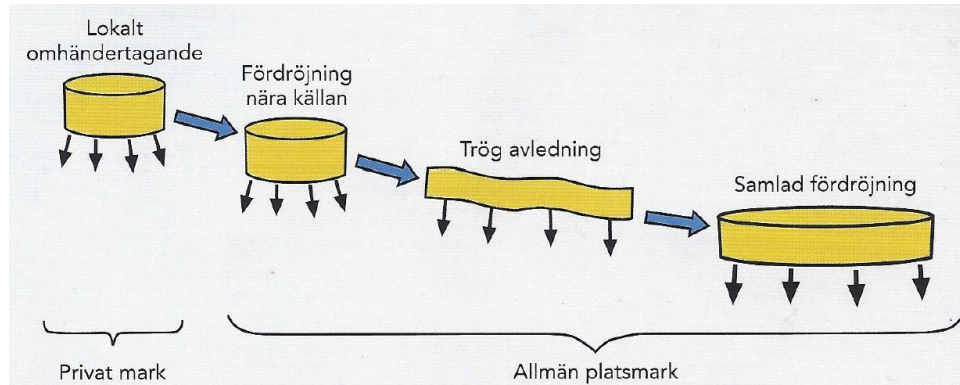
**Figur 30.** Innmeldte forsikringssaker etter oversvømmelse i Malmö 31. august 2014. Mens mange bydeler hadde fra 1,8-2,2 skader/ha, var antallet 0,2/ha i Augustenborg. Slide fra Johannas foredrag.



**Figur 31.** Ekstremnedbørshendelser er ikke kun et VA-problem, men et samfunnsproblem. Avløpsnettet er ikke planlagt for å håndtere denne typen hendelser. Hvordan skal man forholde seg til store nedbørhendelser? Slide fra Pärs foredrag.



Peter Stahre var VA-sjef i Malmö, og er regnet som en visjonær foregangsmann mht. åpen overvannsdistribusjon. Som et svar på byens utfordring mht. håndtering av overvann, foreslo han en 4 trinns tenking for overvann (fig. 32).



**Figur 32.** Håndtering av overvann (dagvatten på svensk) ifølge Peter Stahre (2006). Dette systemet er gjennomført i Augustenborg og mange andre steder i Malmö. Et viktig prinsipp er å bruke fellesareal til overvannshåndtering.

## 5.2 Kort historisk oversikt over overvannshåndteringen i Malmö.

Fra 1989-2014 var det størst fokus på fordrøyning og rekreasjon.

- Vann og avløpssektoren (VA) investerer i en del store dammer og det kreves bruk av åpen LOD på privat mark ved nybygg. Augustenborganlegget etableres (se kapittel 7).
- Kommunen foreslår åpne LOD løsninger i større bo-kompleks med vaktmester, vel vitende om at alle anlegg trenger stell. Bruk av nedsenkede gressareal som normalt er tørre. Prøver å fordrøye til en avrenning på 1,5 l/s/ha, eller for å håndtere 10-årshendelsen (fig. 33).
- Bekkeløp utvides for å muliggjøre oversvømmelse på kommunal eiendom (eks. Risebergbacken).



**Figur 33.** Gyllins trädgård er et pågående boligprosjekt der åpne LOD tiltak blir brukt. Slide fra Pär.



Fra 2014 har det blitt mer fokus på rensing av overvann i tillegg til redusert oversvømmelse.

- Bruker små kompakte løsninger i tett by.
- LOD tiltak kan være utfordrende å få til, fordi 70% av arealet er bebyggt privat eiendom.
- VA-etaten kan ikke regulere overvannsmengden til kommunalt nett. Det betyr at alt vann fra tak og tette flater kan ledes til nettet, noe som er ulovlig i Oslo. Huseier betaler 0,4 SEK/m<sup>2</sup> i året som overvannsavgift (i Berlin er den på 2 Euro/m<sup>2</sup>). For å stimulere til frakobling av taknedløp gis det 2500 SEK per taknedløp. Kommunen hadde en studietur til Portland (USA) der 4 heltidsansatte arbeider for å endre borgernes overvannshåndtering.
- En stor utfordring er drift og vedlikehold av åpne LOD tiltak, fordi overvannet krysser kommunale etatsgrenser/budsjetter.

Malmö arbeider også med en *grönytefaktor*. Den baserer seg på Berlins system, og er en kvantitativ måling hvor det gis poeng (fra 0 til 1) for ulike typer løsning/tiltak. For eksempel gis 0,6 for grønne tak, 0,3-0,7 for trær, 0,7 for grønne vegger og 0,2 for avrenning fra tette flater til grønne omgivelser.

Stockholms grönytefaktor inneholder også kvalitative poeng, der sosiale faktorer får score.

### 5.3 Utarbeidelse av en skybruddsplan

I Malmö pågår arbeidet med å lage en skybruddsplan (skyfall på svensk). Den består av tre deler; 1) strategi, 2) tiltak og 3) beredskap. Målet med skybruddsplanleggingen er at Malmö skal klare et 100-årsregn innen 2045. Kommunenes etater må samordnes slik at:

- Alle nybygg er sikre for styrtregn
- Bygg som gjenreises etter skade bygges mer robuste
- Anbefalte LOD tiltak er testet
- Tiltak på ledingsnettet
- Beredskapsplaner finnes og er operative
- Tiltak i boligkvartaler

Måten man ønsker å nå disse målene på er å kartlegge hvilke steder i byen som skal motta flomvann ved store hendelser. Ofte vil ingen steder passe, men det gjøres en vurdering hvor skaden gir minst konsekvenser og kostnader.



**Figur 34.** Kartlegging av dreneringslinjer/flomveier gjennom byen. Hvor samler det seg vann? Slide fra Pär.

Byen deles i nedbørsområder, som behandles individuelt. Områdene analyseres for robusthet: Hvis et 100-års regn med 1,4 i klimafaktor faller, beregnes mengden overvann som må håndteres for at området er trygt. Hvis volumet f.eks. er 100.000 m<sup>3</sup> for mye vann, vil hver utbygging i området enten forbedre eller forverre



situasjonen. Alternative måter for å håndtere overvannet må fremlegges for politikerne for prioritering. Det skal lages en oversikt over kostnader per m<sup>3</sup> overvann ved foreslåtte tiltak. Estimert kostnad får å håndtere 1 m<sup>3</sup> overvann i parkområder er 1 000-10 000 SEK.



**Figur 35.** *Rekkehusbebyggelse under vann. Kan vannet ledes til areal hvor det gjør mindre skade? Slide fra Pär.*

En stor del av arbeidet fremover er å ta frem tiltaksplaner for blant annet nye veistandarder som integrerer åpne lokale overvannsløsninger og flomveier. Omfattende GIS-analyser/modeller for å finne de kritiske områdene for å prioritere der det er mest sårbart. Dette skal gjøres innen 2025. Det er viktig at kommunen har egen GIS-kunnskap for det blir svært viktig i plan og utredninger framover.

To år etter at skybruddsplanen er vedtatt, skal alle relevante hensyn tas inn i relevante plan-, beslutnings-, forvaltingsprosesser. Samtlige kommunale tjenestemenn som er delaktige i disse prosesser skal ha kunnskap om skybruddshensyn.



**Figur 36.** *Regnbedet i Monbijougatan i Malmö ble anlagt i 2015 pga. ønske om mer grønt. Regnbedet mottar kun vann fra vegareal i dag, men kunne ha mottatt vann fra tak. VA-syd (tilsvare Oslo VAV) kan ikke pålegge frakobling av taknedløp, slik vi kan gjøre i Oslo.*



## 6 Overvannstiltak i København og omegn

### 6.1 Irish crossing – å lede vann over vei

I et villaområde i Vanløse i København har de testet lokal håndtering av vann fra et veiareal på 0,4 ha.



*Figur 37. I denne gaten har slukene blitt tettet og kantsteinen hevet til 15 cm. Overvannet separeres fra avløpsnettet.*

Veien har takfall, dvs. vannet ledes langs kantsteinene ved fortauene. I dette tilfellet renner vannet ned mot et lavpunkt der to veier møtes i et T-kryss (fig. 38).



*Figur 38. Denne veien har blitt forsenket ved krysset slik at vannet ledes inn mot lavpunktet på veien. Forsenkningen bør ha et fall på minst 5 og helst 10 promille. Dette er kjent som «Irish crossing». Skiltet gjør bilister og syklister oppmerksomme på at det er risiko for vann på veien. Overvannet ledes ut i et grøntområde, eller til et DPF-anlegg (fig. 15), som ble gjort i dette tilfellet.*



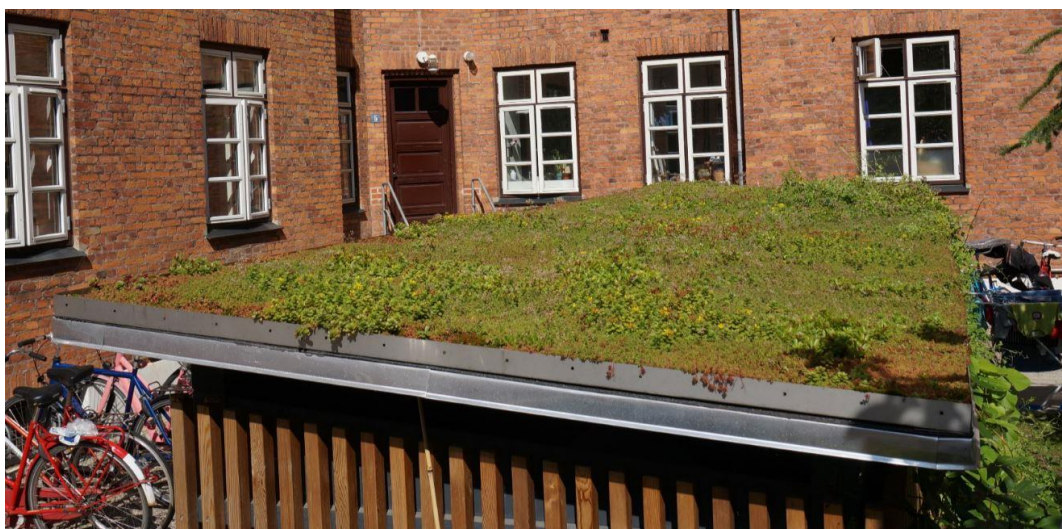
## 6.2 Hothers Plads Karré - bruk av gårdsrom til åpne LOD-tiltak

Avrenning fra Nørrebros Miljøgård ved Hothers Plass Karré er koblet fra avløpsnettet ved bruk av regnbed. Totalt utkoblet areal er på 5750 m<sup>2</sup>. Det er totalt 25 regnbed og i tillegg til grønne tak på avfallsrom/miljøstasjoner. Kravet fra staten og kommunen som finansierte prosjektet var å fjerne 30 % av en 5 års regnhendelse fra avløpsnettet ved bruk åpen LOD.

Prosjektet kostet 8 mill. danske kroner uten egenbetaling fra beboerne. Anlegget var finansiert av staten og kommunen som dekket 50 % hver.



**Figur 39.** Et av de 25 regnbed i gården som mottar vann fra tak og tette flater. Utvendige taknedløp forenkler bruken av vann fra tak i åpne LOD-løsninger.



**Figur 40.** Grønne tak på avfallsrom pynter opp, og holder avfallet kjølig på varme dager, i tillegg til å holde tilbake regnvann.



### 6.3 Skt Annæs plads - park tilpasset midlertidig oversvømmelse

Området rundt Sankt Annæ plads ble kraftig rammet av oversvømmelse under skybruddet over København den 2. juli 2011. Plassen er siden dette rustet opp med en rekke tiltak som skal forhindre store skader ved et lignende regnvær i fremtiden.



**Figur 41.** Skt. Annas plads mottar tak- og veivann etter en total endring av plassen, både over og under bakken. Overvannet fordrøyes, før det ledes trygt ut i sjøen.

For å få plass til overvannstiltak er parkeringsplasser på gateplan fjernet, mens fortauer og grøntområder er utvidet. Kommunen har innført smale, enveiskjorte gater som gir lav fart. Dette bidrar til å øke sikkerheten og er en tilrettelegging for at flere mennesker skal kunne bruke området.



**Figur 42.** I midten av den langstrakte plassen har man laget fire nedsenket områder. Her er det anlagt blomsterbed, plen, benker og lekeplasser for barn (fig. 41).

## Aktuelle tiltak for håndtering av overvann i Oslo Rapport fra studietur i 2016

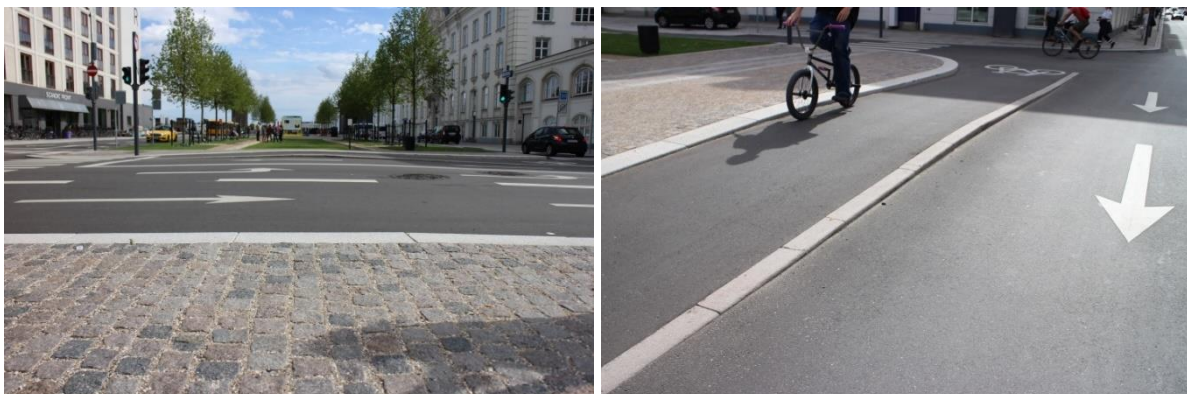


Områdene vil fylles opp med vann ved kraftig regnvær, og kan romme tilsammen 500 m<sup>3</sup> overvann. Det er etablert sluk slik at nedsenkningene kan tømmes (fig 41, høyre bilde). Slukene ender opp i et rørsystem som fører vannet til sjøen.

Det overvannet som ikke renner ned i de nedsenkede områdene tas unna av nyetablerte overvannsledninger. Disse ender i et stort fordrøyningsmagasin under bakken. Dette kan fordrøye opptil 9000 m<sup>3</sup> vann.



**Figur 43.** For å erstatte parkeringsplassene som er fjernet, er det bygget et parkeringshus under havneområdet. Nedkjørselen er etablert høyere enn veien slik at flomvann ikke renner ned i parkeringskjelleren, men til nedsenkede grøntområder eller til sluk. P-huset er også sikret mot stormflo.



**Figur 44.** De veiene som krysser plassen er hevet på midten slik at vann ikke skal bli stående. Vannet renner videre mot grøntareal, sluk og eventuelt sidegater.

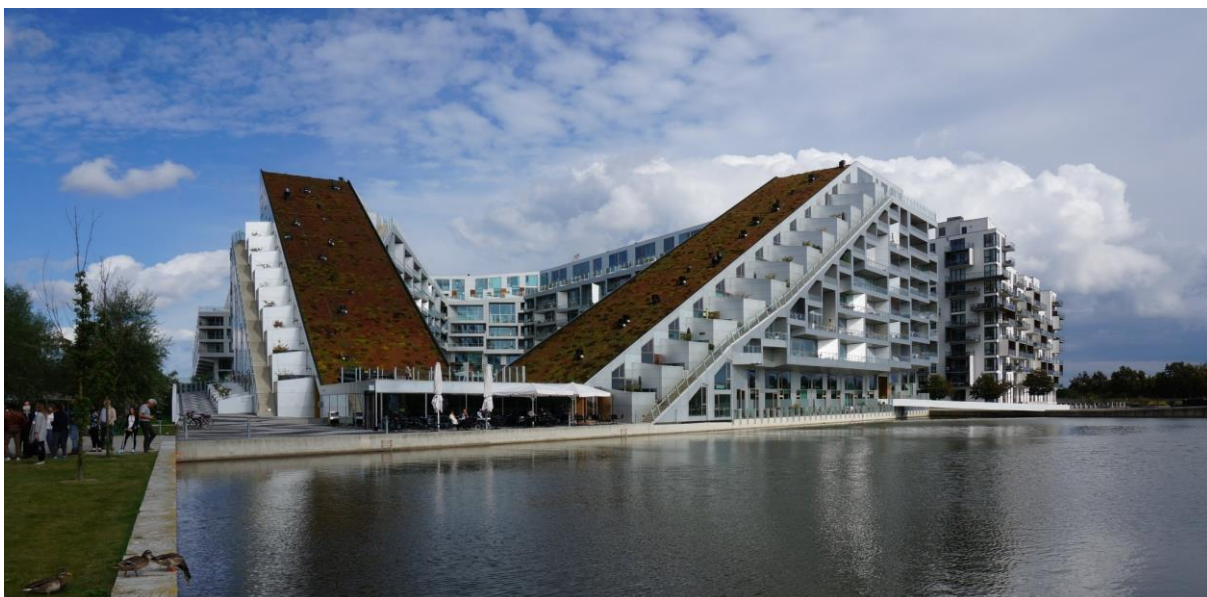
Ved oppstarten av prosjektet ønsket man å føre vannet på overflaten hele veien til sjøen, men det viste seg at man var nødt til å føre det i ledninger siste strekningen. I etterkant har man sett at vann fra sidegater også burde vært håndtert, der det var mulig.



*Figur 45. Nye Sankt Annæ plads er åpenbart blitt noe mye mer enn et klimatilpasningstiltak. Den fremstår som vakker, trivelig og innbydende.*

#### 6.4 Ørestad, Københavns nye bydel

Vi hadde kun et meget kort stopp i Ørestad. Området er under utvikling, og ligger 0 til 4 m over havets overflate. Det er beskyttet med flomvoller, og kraftige pumper løfter overvannet ut i havet. Solide overvannssystemer er etablert, noe som har resultert i minimale skader ved de store styrtregnhendelsene.



*Figur 46. Åpen overvannshåndtering har hindret vannskader etter styrtregn i Ørestad.*

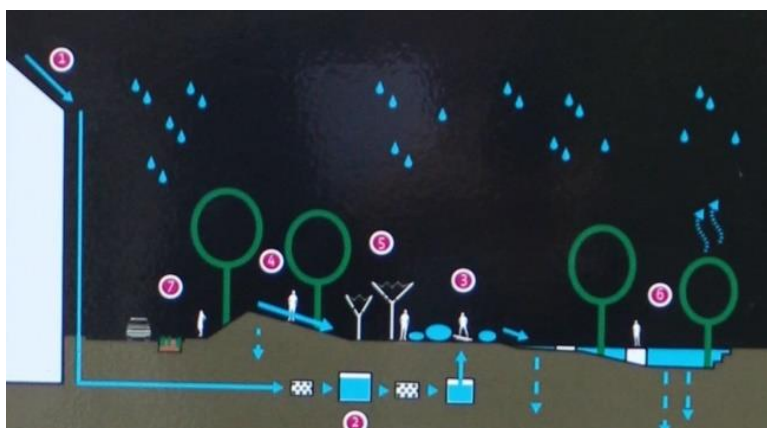


### 6.5 Tåsinge Plads (Skt Kjelds kvarter) - byrom med mange funksjoner

Tåsinge Plads er Københavns første klimatilpassede byområde, anlagt i 2014. Her håndteres regnvann lokalt ved bruk av planter og underjordiske basseng. Lokalmiljøet har fått en grønn oase for nytelse, rekreasjon og rikere dyreliv. Areal som omfatter tiltaket er 7000 m<sup>2</sup>, hvorav 3000 m<sup>2</sup> takareal er frakoblet avløpsnett.



**Figur 47.** Plassen er oppdelt i tre soner. Ved kraftig regn renner vannet fra Solskrænten (bildet over) ned til Torvet og ender i Regnskoven.



**Figur 48.** Fine skilt på dansk og engelsk forklarer besøkende hvordan plassen fungerer som klimatilpassingstiltak.



**Figur 49.** På Torvet samles folk til lek og avslapning. Takvannet fra bygningene rundt samles i tanker under bakken. Vannet renses og kan så pumpes opp for lek og læring. Torvets skulpturelle elementer, parasoller og store vanddråper, representerer værtegn. De er med på å understreke vannet som en ressurs som bidrar til trivelig opphold og lek.



**Figur 50.** Ved kraftig regn vil regnvannet fra tankene under bakken renne til Regnskoven. Den består av regnbed i tre nivåer. Her vokser planter som tåler både våte og tørre jordforhold, blant annet or, rosmarinpil og fjeldhyld. Herfra siger vannet langsomt ned til grunnvannet.



**Figur 51.** Vannet fra gaten føres via små gresskledde regnbred. Jorda i regnbredene består av jordblandinger av typen beskrevet i fig. 11, og vil skiftes ut når renskapasiteten er brukt opp. Siden dette vannet er forurenset ledes det til de kommunale avløpsrøra for spillvann. Regnbredene og vanntankene vil forsinke og fordrøye regnvannet og dermed motvirke at rørene går fulle ved kraftig regn.



**Figur 52.** 1000 m<sup>2</sup> veiareal ledes til grønne flater som demper avrenningen og gjør vannet renere. Les mer på [www.klimakvarter.dk](http://www.klimakvarter.dk).



### 6.6 Holmegårdsparken pleiehjem – overvann på overflate

I forbindelse med ombygging av eldre hjemmet «Holmegårdsparken» i Charlottenlund, var ideen å håndtere alt regnvann på terreng. Dette gjøres gjennom et system som består av sammenkoblede regnbed, nedsenkede plener og grøfter, og utløp for takvann til terreng eller ved hjelp av tilpassede renner. Ved ekstreme nedbørshendelser ledes alt vannet til en dam. Anlegget er dimensjonert for å kunne håndtere et 20 års regn.



**Figur 53.** Holmegårdsparken har flere lavbygg, med grusganger imellom. Grusgangene er tilpasset bruk av gåstoler. Alle taknedløp har utkast til terreng, på overflaten eller i renner.



**Figur 54.** Nedsenkede plenareal holder vann fra tak og veier tilbake midlertidig, eller ledes til våtmarker. På grunn av stor andel av leirholdig jord, og dermed begrenset infiltrasjon, er det behov for et system for overløp mellom LOD tiltakene.



*Figur 55. Overvannet ledes fra tiltak til tiltak, gjennom rør og i steinrenner, gjennom våtmarker som over, og ender til slutt i dammen.*



*Figur 56. Dammen mottar overvann fra øvrige overvannstiltak.*



### 6.7 Håndtering av overvann fra lavblokk ved hjelp av åpen LOD

For å kunne håndtere regnvannet på egen tomt kjørte Gladsaxe kommune en kampanje der alle som kobler ut regnvannet fra avløpsnettet og håndterte det på egen eiendom i Marielyst fikk utbetalt 23000 danske kroner av kommunen.



**Figur 57.** Kommunens tilbud om belønning for frakobling var interessant for beboerne, fordi tiltakene kunne gjøres veldig enkle og rimelige, som å anlegge en fordypning i friarealet som mottok takvannet.

Det var totalt 560 boenheter og kommunen klarte å koble ut 84 % av vannet fra tette flater. Tiltaket er ment å koble fra vann tilsvarende 5-årsregn fra ledningsnettet, og håndtere det på privat tomt med vadi, regnbed, grønne grøfter og infiltrasjonsbasseng. Figurene nedenfor viser de tiltakene som ble utført i Marielyst for å håndtere regnvannet på eget tomt.



**Figur 58.** Takvannet ledes i en grønn bekk til et regnbed. Vann som ikke infiltreres ledes i rør til friarealet i figur 59.



**Figur 59.** En lokal park/friareal mottar overvann fra boliger. Regnbed med påfølgende vadi/grønn bekk infiltrerer, fordrøyer og leder vannet trygt videre.

Avrenning fra store nedbørstilfeller ledes til store fordrøyningsbassenger i serie (figur 60). Vannet i bassengene fordamper. Når det kommer mye vann renner det over til det neste bassenget i serien, og så videre til utløpet. Anlegget oppleves som er rad konstruerte dammer.



**Figur 60.** Fordrøyningsbassenger i serie- Gladsaxevei ligger et stykke fra bebygd areal, men kan sees fra brua på veien.



### 6.9 Lek- og idrettsanlegg som er tilpasset å stå under vann

Det er mulig å tilrettelegge for fordrøyning av overvann ved å bygge anlegg som kan stå midlertidig under vann ved store hendelser. Man oppnår en multifunksjon, der styrtregn forsinkes og arealet kan brukes til aktivitet når det ikke er styrtregn.



*Figur 61. Lekeområde som brukes som fordrøyningsbasseng i Gladsaxe idrettsanlegg kan håndtere store volum. Det må være innarbeidet rutiner for opprensing av søppel og sedimenter etter at anlegget har vært i bruk.*

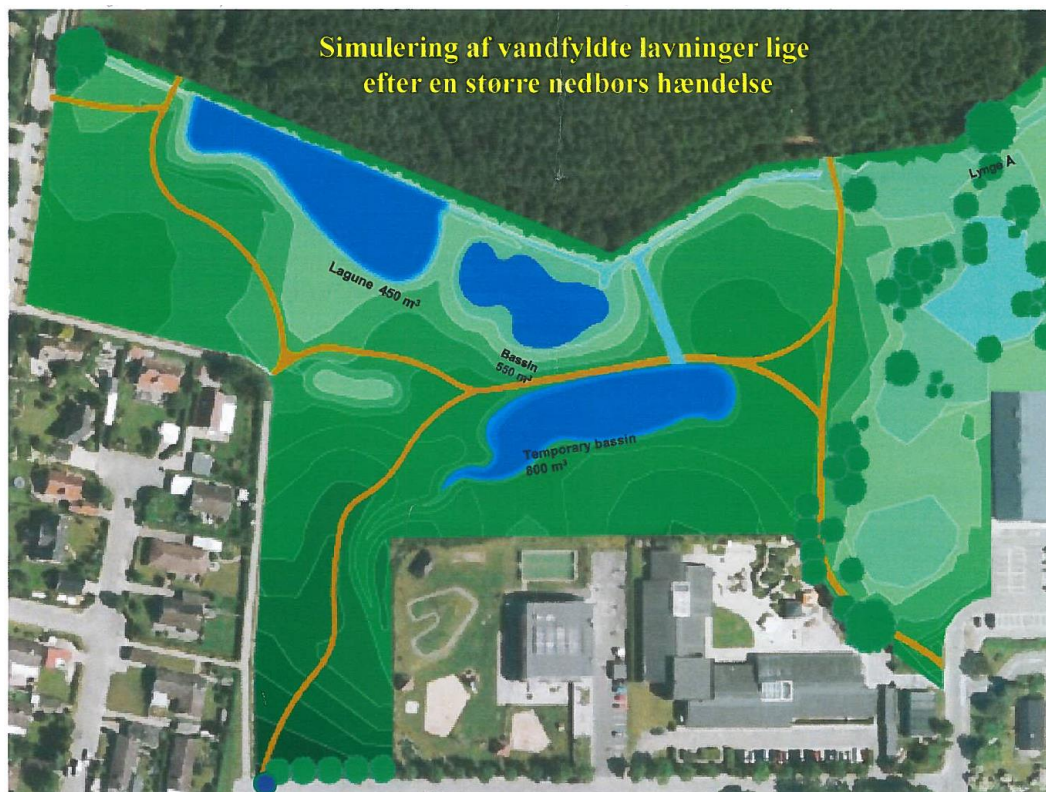


*Figur 62. Tennisbane som brukes som fordrøyningsbasseng i Gladsaxe idrettsanlegg.*



## 6.10 Bruk av grøntareal til oversvømming og økt biologisk mangfold

Lyngre feltet ligger i Allerød kommune, utenfor København.

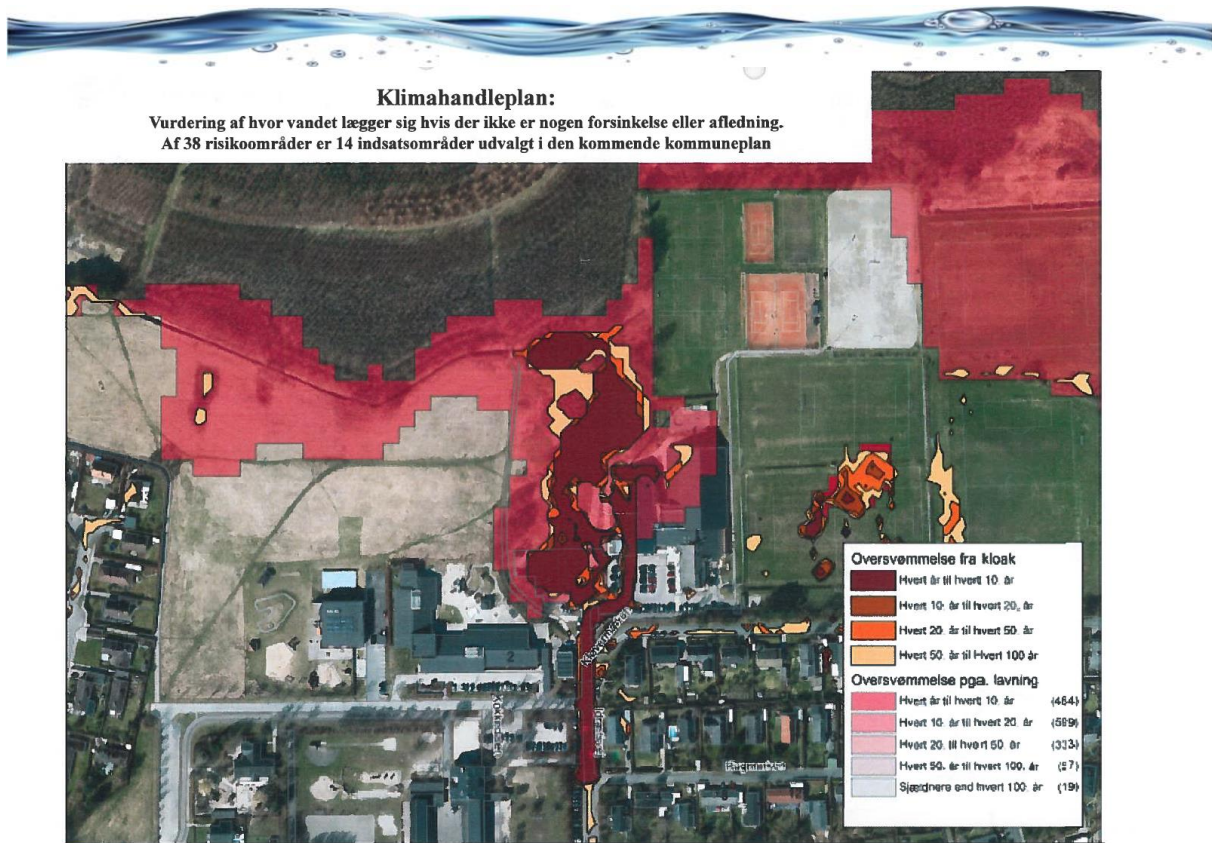


**Figur 63.** Lyngre feltet etter en tenkt styrtregnsperiode. Orange streker er stiene i terrenget. Overvannet kommer ut i «Temporary bassin», går deretter gjennom DPF-flitrene over i «Bassin» og deretter lagune. Ved ekstremnedbør er det rom for at vannet står høyere i terrenget enn de tegnede basseng og laguner (Ref: Allerød kommune).

### Utfordringer

Det nærmeste vassdraget til Lyngre feltet har, som følge av EU's vannrammedirektiv, krav om at vannkvaliteten skal bedres, vannmengdene økes og at grunnvannsnivået i området skal høynes. Vassdraget er også påvirket av utslipp (overløp) fra det kommunale avløpsnettet, fordi det har underkapasitet. Nettet består dels av separate nett for avløp og overvann, og til dels av fellesledninger for avløp og overvann.

I 2007 var det en nedbørshendelse som førte til flom og kjelleroversvømmelser. Det har ikke vært flere tilsvarende hendelser i dette området etter dette. Kommunens idrettshall ligger i et flomutsatt område i tilknytning til feltet, se figur 64. Allerød kommune har vedtatt å etablere 25 års sikkerhet i forhold til urban flom, i stedet for 5-10 år som var gjeldende tidligere.



**Figur 64.** Oversikt over hvor vannet ville samle seg dersom Lyngefeltet ikke ble anlagt. Idrettshallen, midt i bildet, er svært flomutsatt (Ref: Allerød kommune)

Det er behov for å holde tilbake 2000 m<sup>3</sup> med overvann. Lyngefeltet er bygget for å håndtere dette. Vannet skal ha en oppholdstid på 1 – 2 døgn før det ledes til vassdrag. Prosjektet har også som mål å øke biodiversitet for flora og fauna i og rundt de bebygde arealene i nærområdet.

Feltet kan håndtere 1/7 til 1/5 av Lynges by sitt regnvann.

### Prosjektgjennomføring

Prosjektet ble gjennomført i 2014/2015. Etter en kost/nytte vurdering ble det bestemt at overvannet fra en skole og lokale veier skulle ledes til Lyngefeltet. Overvannet er av en slik kvalitet at det er behov for å rense vannet før det ledes til vassdrag. Overvannet renses til dels ved tilbakeholdelse i bassenger og ved hjelp av Dobbeltporøs filtrering (DPF, fig. 65), før vannet renner videre gjennom bassenger og lagune/våtmark til en bekk i utkanten av området.

Området var opprinnelig et flatt og tørt område med høyt gress. Feltet var i liten grad benyttet til rekreasjon, men benyttet som gjennomgangssted mellom skoler, boligområder og skogsområde. I dag er området et vått område (småsjøer), og topografien er endret for å holde vannet tilbake (forsinke og rense). Stiene er lagt på høydedrag mellom bassengene og skal være tilgjengelig også ved større nedbørshendelser, se figur 63. Området benyttes i dag i større grad til rekreasjon.



**Figur 65.** Skisse av dobbeltporøse filtre i Lyngselet feltet. Overvannet renner fra en sedimenteringsdam, gjennom filteret til etterbehandling i våtmarker (se fig. 63). Skulle renskapasiteten (tømming av sedimentasjonsdammen) overstiges, går overvannet i overløp til påfølgende dam og våtmark. Byggingen av DPF er vist i fig. 16 (Foto: Karin Cederkvist).

Det er sådd 42 uvanlige eller sjeldne planter i området. Plantartene følges opp av botanikere i et forskningsprosjekt ved Københavns Universitet.

Hele prosjektet er gjennomført til dels i 2014 og til dels i 2015 (filtre)

Investeringskostnadene er 1,8 mill Dkk (finansiert av VA-foretaket, andre kommunale midler og EU). Det er per i dag ikke kjent hva driftsutgiftene vil komme på.

### Drift

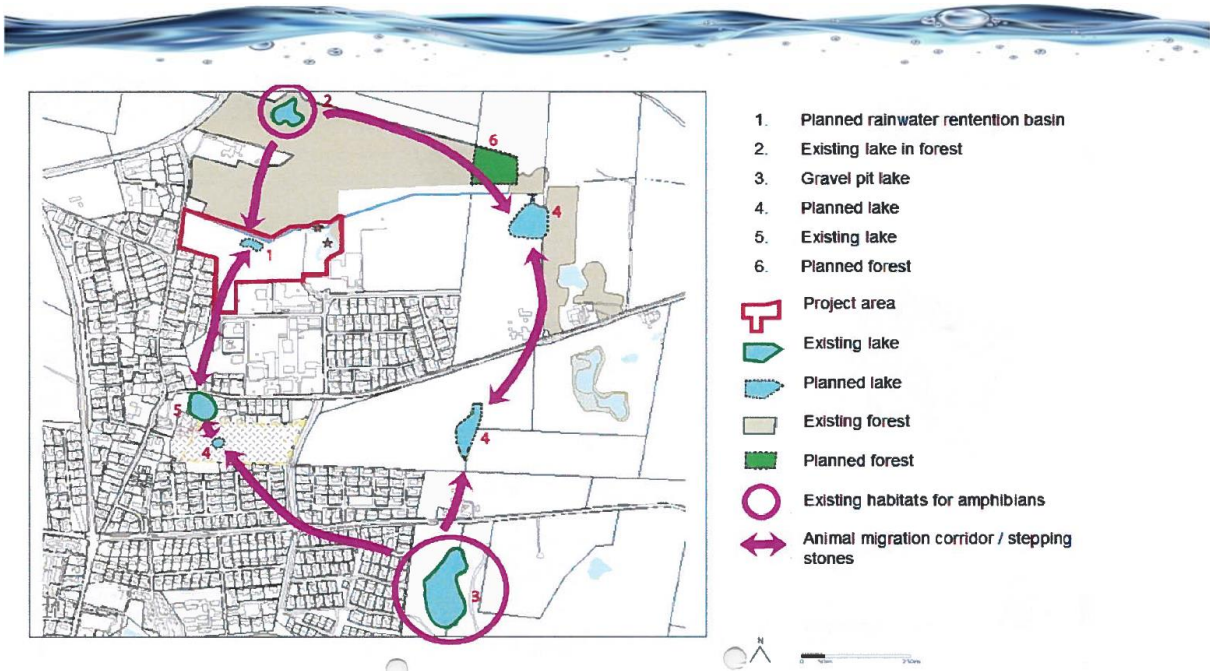
Filtrene skal i starten gjennomspyles en gang per år. Etter hvert tilpasser man intervallet for spyling etter behov.

Utspyling av filtrene er tenkt gjennomført med vannvogn på liten traktor, hvor rejektivann fra spyling renses kontinuerlig for så å benyttes videre på de neste filtrene. Det er antatt at gjennomspyling av alle filtre med 10 spylepunkt hver vil ta ca en halv dag.

Det er meningen at vegetasjon/gress skal klippes, dette lar seg i dag ikke gjøre på grunn av for mye/stor stein i bakken. Det har i mellomtiden vært forsøk med å sette inn dyr på beite, men det har blitt konflikt fordi det er mange barnefamilier og hundeeiere som benytter området til turer/utflukter. Situasjonene som har oppstått har ført til at beitet har måtte opphøre.

### Biologisk mangfold

Det er primært ønske om amfibier (frosk og stor salamander) i området. Det er av den grunn ønske om å holde fisk unna dammene, siden fisk spiser amfibieegg. Fisk forflytter seg i dag mellom vassdrag via overvannsnett. Det er stor salamander i andre dammer i området. Hensikten er at det etableres grønt- / biokorridorer mellom flere vann i området, slik at amfibier kan forflytte seg imellom, se figur 66. Man følger opp feltet og ser an hva som skjer med flora og fauna fortløpende, man setter inn tiltak fortløpende etter hvert som behovene melder seg.



**Figur 66.** Punkt 1 i tegningen er Lyngfeltet. Planen er at det skal tilrettelegges for at amfibier har vandringsmuligheter mellom flere små vann og vassdrag. (Ref: Allerød kommune)

### Erfaringer

Det første året etter anlegget var klart framstod det veldig stygt. Dette skyldtes en meget sen vår, og plantene kom ikke godt frem. Det er veldig viktig å forberede brukere og interessenter til området at slike ting kan oppstå i nyanleggingen av felt. I starten var det like mye algevekst i det siste som det mellomste bassenget. Etter en tid har algeforekomsten i den siste dammen gått ned.



**Figur 67.** Overvannet strømmer fra dammen mot det dobbeltporøse filteret i jordvullen der studieturdeltakerne står. Overvann renses, flomvann dempes og det er tilrettelagt for amfibier.

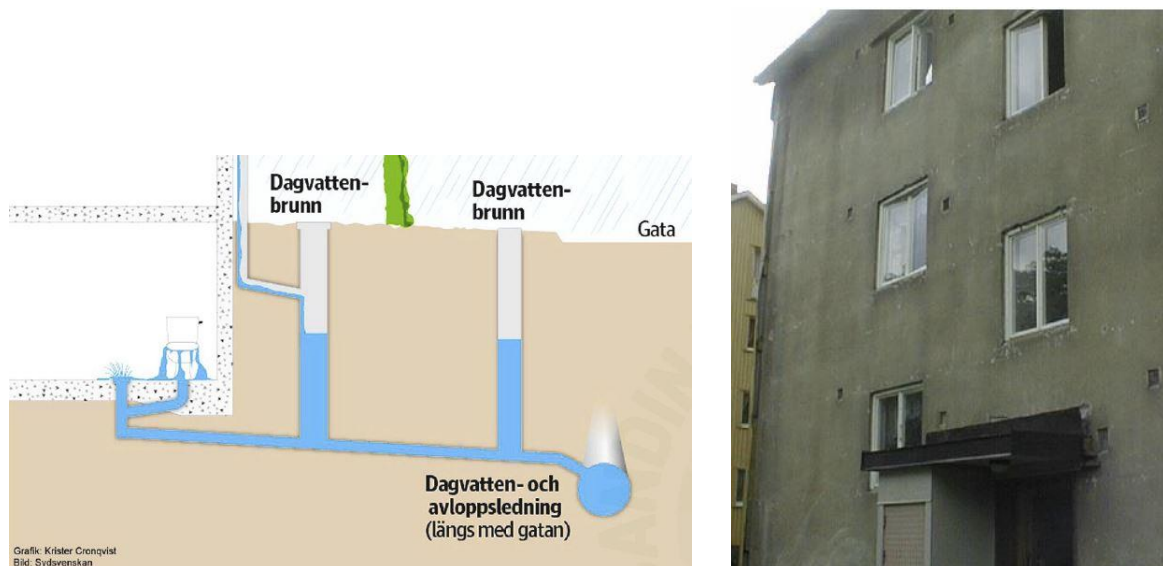


## 7 Befaring på Augustenborg i Malmø

Scandinavian Green Roof Institute (SGRI) er kompetansesenter for grønne tak og grønne vegger (mer fra fig. 84 og videre). De viser også hvordan åpen LOD er utviklet på Augustenborg. Vår guide var John Block.

### 7.1 Bakgrunn for ombygging av overvannssystemet

Augustenborg er et stort boligområde i Malmø med cirka 1800 leiligheter og 3000 innbyggere. Blokkbebyggelsen er bygd mellom 1948-1952. Avløpssystemet i Augustenborg er et fellessystem, det vil si et kombinert system for både overvann (dagvatten på svensk) og kloakk. På 1970-tallet ble det bygd mange nye boliger i Malmø (miljonprogrammet) og det ble stor fraflytting fra Augustenborg. 50 % av leilighetene stod tomme. På grunn av fortetting i andre deler av byen ble fellesledningsnettets overbelastet og Augustenborg fikk store problemer med kjelleroversvømmelser og et fall i sosialt omdømme.



**Figur 68.** Felles avløpssystem; der overvann og spillvann/kloakk går i samme rør ble et problem fordi byen ble fortettet. Oversvømmelser i kjellerne var et gjentakende problem, og området begynte å forslummes (slides/foto fra SGRI).

Mange av de nyinnflyttede hadde sosiale problemer og attraktiviteten falt mer. For å få bukt med oversvømmelsesproblematikken og de sosiale utfordringene, begynte en blågrønn satsning i 1998 i Augustenborg. Fremfor å separere overvannet med nye overvannsrør, ble det bestemt å separere overvannet på overflaten. Satsningen innebar at alt av overvann fra tak og flater ble ledet i åpne overvannsløsninger med innebygd fordrøyning. Fellesledningen ble gjort om til en spillvannledning, kun for kloakk. Augustenborg fikk to typer av åpne overvannssystemer, et med betonggrøfter og det andre med naturlige grønne grøfter.

I tillegg ble det lagt en del grønne tak, utvikling av kildesortering for avfall mm. Som en del av satsningen ble Augustenborgs botaniska takrädgård etablert. Der store takflater presenterer ulike grønne tak oppbygninger. Området titulerer seg for Ekostaden Augustenborg i dag. En oversikt over Augustenborg er vist på fig. 69.



**Figur 69.** Augustenborgs nye åpne overvannssystem førte til en sterk oppgradering av uteområdene, samtidig som problemene med kjelleroversvømmelser ble nesten borte. Augustenborg botaniska takrødgård ligger i nedre høyre hjørne. Slide fra ISS Landscaping.

Den 31. august 2014 inntraff et ekstremregn i Malmö. Ny nedbørrekord ble satt da ca. 104 mm falt på 6 timer, over Augustenborg (Hernebring m. flere 2015). Augustenborg hadde få problemer sammenlignet bydelene som har fellessystem. Området er dimensjonert for å håndtere et regn som statistisk sett skjer hvert 25. år, men også ved et ekstremregn klarte Augustenborg seg bra.

Påslippsmengde til offentlig nett er ca 10 % av årsnedbør.

Som følge av de blågrønne satsingene ble Augustenborg et mer attraktivt område å bo i, valgdeltakelsen har økt fra 54 % i 1998 til 79 % i 2002 og arbeidsledigheten har blitt redusert fra 14 – 6 %. Utflyttingen av leietakere er redusert med 50 %, energiforbruket til varme og varmt vann ble redusert med 25% og det biologiske mangfoldet økte med 50 % (Rolfsdotter-Jansson, udatert).

Augustenborg er et vellykket prosjekt som dessverre ikke har blitt kopiert på så mange steder. Trolig er følgende tre punkter viktig for gjennomføringen på Augustenborg:

- 1 grunneier (kommunen)
- Åpen gårdsstruktur
- Felles interesse og engasjement

Kostnaden for å bygge overvannssystemet i Augustenborg ble ca 35 mill. SEK inkl. prosjektering, dvs. 450 SEK/m<sup>2</sup>.

I 2010 fikk Augustenborg FN utmerkelsen "World Habitat Award". Mer en 15000 besøkende har kommet for å lære om overvannshåndtering. Av den grunn er det bygget et besøksenter i forbindelse med SGRI.



## 7.2 Tilrettelegging for vegetasjon på vegg og terreng



**Figur 70.** Slyngplanter med røtter i bakken er en tradisjonell måte å lage grønne vegger. Å kombinere slyngplanter med solcellepanel krever intensiv skjøtsel.



**Figur 71.** Mislykket og vellykket grønn vegg. Det var ikke mulig å skifte ut døde planter i den mislykkede veggen uten at vekstmediet den stod i ble ødelagt. Tilrettelegging for enkel drift er nødvendig.



**Figur 72.** Asfalten på P-plass er skiftet ut med armert grus for å sørge for at lindetrærne får nok vann.

### 7.3 Frakobling av taknedløp

Vann fra takene ble ledet i takrenner gjennom taknedløp med utkast til overflata.



**Figur 73.** En del taknedløp har spesielt utviklete energidrepere for å dempe kraften på vannet som kastes ut av taknedløpet. Fra utkastet ledes vannet i åpne eller halvåpne (foto venstre og sentrum) renner til det større overvannssystemet. Taknedløp ble også ledet i rør under gangvei direkte ut i vadi/gresskledd vannvei.



#### 7.4 Store og små vannrenner

Fremfor å grave nye overvannsrør som legges under bakken, transporteres overvannet på overflata i åpne renner. Investeringene blir dermed lagt på bakken som synlig oppgradering av uteområdet. Overvannssystemet i Augustenborg er 6 km langt. Grøftene har ulik utforming.



**Figur 74.** Løkkrennene har "halve løk" i bunnen, for å bremse vannet og øke oksygeninnholdet i vannet. «Løkene» samler litt sedimenter som må fjernes etter behov.



**Figur 75.** Stor kanal i naturstein. Anlegget har stor vannførende kapasitet, men ser veldig tomt ut ved 0 vannføring. Store tomme renner mottar ofte uønsket søppel. Kanal med vann (fra SGRI).



**Figur 76.** Kanal med betongterninger i 3 høyder, hvorav den nederste allerede er tett av sedimenter. Meget vanskelig å vedlikeholde/fjerne sediment. Kanskje sedimentet er ønskelig; på sikt kan kanalen bli en vannvei med vegetasjon. I så fall er vedlikeholdet ubetydelig og miljøeffekten trolig betydelig?



**Figur 77.** Regnbed/oversvømt område som står i kontakt med en betongkanal. Ved stor vannføring dempes avrenningen noe når overvannet renner gjennom hullene i betongen. Vann fra arealene renner gjennom regnbedet før det når kanalen.

Et alternativ til betongrenner er å bruke terrenget mer eller mindre som det er, ved å tilrettelegge for vanntransport i forsenkede arealer.



**Figur 78.** Parkarealet er vel egnet for overvannstransport og betonggrøftene blir erstattet med grønne grøfter der det er hensiktsmessig.



**Figur 79.** Vadi/gressdekket vannvei med småstein i bunnen er en rimeligere måte å transportere vann enn betongkanaler. Foto av vadi med vann fra SGRIs foredrag.



### 7.5 Dammer og areal tilpasset midlertidig oversvømmelse

I tillegg til kanalsystemet ble det bygd mange dammer på Augustenborg. Noen dammer er med permanent vannspeil (fig. 80). Noen areal er tilrettelagt for midlertidig neddemming (fig 81), mens andre igjen har multifunksjon (fig. 82 og 83).



*Figur 80. Dam som mottar overvann fra betongkanal. De fleste dammer har en liten fontene som tilfører vannet oksygen. Oksygenrikt vann inneholder mindre alger<sup>7</sup>.*



*Figur 81. Arealet mellom dammen i fig. 80, som ligger i bildets bakkant, og dammen på bildet er tilrettelagt for midlertidig neddemming. Når arealet er fullt, renner vannet over kanten til betongrenna i forkant av bildet.*

<sup>7</sup> Trolig fordi fosfor bindes til partikler/sedimentet i dammen. Under anaerobe (oksygenfattige) forhold frigjøres fosfor og algevekst fremmes. Noen dammer har en liten sirkulasjonspumpe i tillegg.



*Figur 82. Lekeplass som kan stå midlertidig oversvømt ved skybrudd. Overvannet som holdes tilbake vil dempe avrenningen.*



*Figur 83. Augustenborg skole satser også på blågrønne løsninger. Her er et amfi som ved store regnhendelser blir til en dam. Skolen har også et permeabelt basketballfelt.*



## 7.6 Grønne tak – Scandinavian green roof institute (SGRI)



Kompetansesenteret har dedikert deler av taket til diverse produsenter på markedet som leverer varianter innenfor grønne tak.



**Figur 84.** Scandinavian Green Roof Institute (SGRI) er et kompetansesenter for grønne tak og vegger som ligger i Augustenborg Botaniske Taktradgård i Malmø. Kompetansesenteret har som ansvar å forvalte og drifte den 9500 m<sup>2</sup> store takhagen.



**Figur 85.** Kompetansesenteret jobber med å utvikle og formidle kunnskap om hvilke muligheter som finnes innenfor grønne tak. De tar imot studiebesøk, deltar i forskningsprosjekter, bidrar i diverse utviklingsprosjekter, arrangerer kurs og jobber med markedsutvikling. Å kombinere solcellepanel med grønne tak er f.eks. mulig.



**Figur 86.** Det er vanlig å dele grønne tak inn i 3 ulike grupper avhengig av hvor skjøtselskrevende de er; ekstensive (venstre foto), semi-intensive og intensive grønne tak (høyre foto). Oppdeling omfatter hvilke planter som kan benyttes, skjøtsel og til hvilken grad folk kan gå og oppholde seg på det grønne taket. Ekstensive tak har vanligvis lave sedumarter, moser, andre sukkulenter, løkplanter og tørrbakkeplanter.



**Figur 87.** Sedumartene er tørketolerante sukkulenter, som krever liten næring. Litt gjødsel kan være nødvendig for et frodig resultat; gjødslet sedum til venstre.



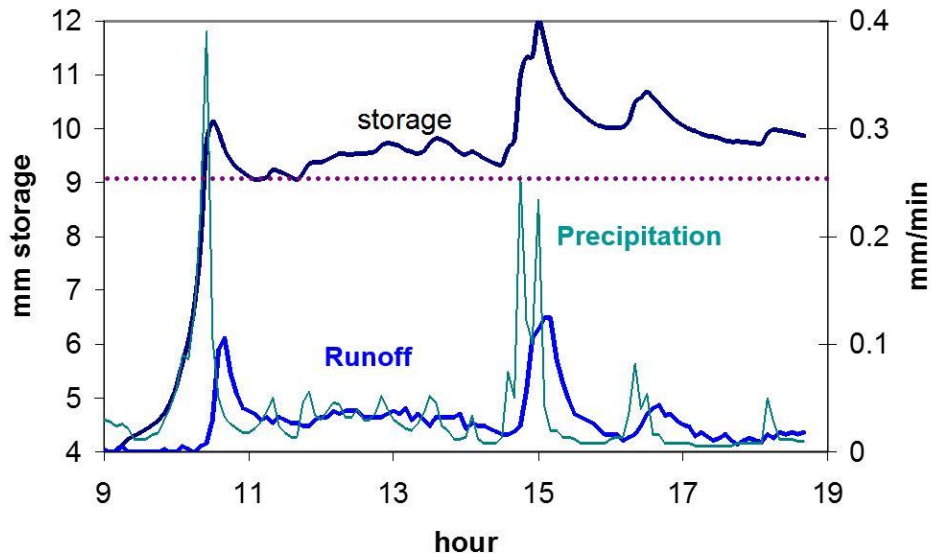
**Figur 88.** Urbant landbruk. Dyrking av mat på tak er et mulig bruksområde på de store takflatene i by.



**Figur 89.** Oppbygging av sjeldne biotoper på tak, som erstatning for tapte. Her et kalkrikt landskap. Vekstlaget er på 8-15 cm, men det er likevel store muligheter innenfor plantevalg, utforming og topografi som kan gjøre det til et spennende areal med stor biodiversitet.



Det er blitt gjort flere forsøk i Augustenborg der tilbakeholdelsen av nedbør på grønne tak er blitt vurdert (Bengtsson m.fl., 2005): Den årlige nedbøren var 705 mm i forsøksperioden. Av dette ble 47% tilbakeholdt, dvs. rant ikke ned fra taket i takrennene og videre til renseanlegget. Fig. 90 viser et eksempel på en nedbørhendelse som pågikk over flere timer, med midlertidig vannlagring på det grønne sedumtaket.



**Figur 90.** Selv om det grønne sedumtaket ikke har lagringsplass til mer enn ca. 9 mm nedbør i vekstmediet (stiplet linje) kunne det holde tilbake inntil 12 mm over en kort periode selv om det var vannmettet (nedbør er turkis, og avrenning fra taket blå linje). Etter Bengtsson m.fl. (2005).



**Figur 91.** Grønne vegger er en mulighet for å skape gode byrom. Skjøtsel av planteveggene vil være blant annet vanning, gjødsling og utbytting av planter. Ikke alle prosjektene ble som tenkt, men det er en del av forskningen (fig. 71).



## 8 Diskusjon – Hva tar vi med oss hjem...

### 8.1 Klimatilpasning må til selv om 2-gradermålet nåes

Selv om vi når «2-gradersmålet» som Parisavtalen (COP21) fra 2015 foreslår, må vi tilpasse byen til et endret klima. I følge *Klima i Norge 2100* (Hanssen-Bauer m.fl., 2015) vil vi oppleve mer styrtregn, og skybrudd av typen København og Malmö kan ikke utelukkes. I følge Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB, 2016) er det nesten 100 % sannsynlig at en by langs Oslofjorden vil oppleve 110 mm nedbør i løpet av to timer de neste 50 åra. På bakgrunn av dette har DSB utarbeidet en risikoanalyse med Drammen som eksempel.

Skybrudd av typen våre besøksbyer har opplevd, vil i tillegg til å gi økonomisk skade på bygninger og infrastruktur, tap av kulturskatter, og ødeleggelse av miljøet, påvirke beboerne som har opplevd hendelsen i sterk grad. Det er få ting som oppleves så truende mot egen eiendom som vannskader. I Malmö gikk det halvannet år før de siste beboerne kunne flytte tilbake til sine flomrammede hus. Og innbyggere som er rammet av flommene har mistet tryggheten i egen bolig, og engster seg ved lyden av regn. Et mulig framtidig mål i Oslos kommuneplan «Smart, trygg og grønn» er *trygghet mot oversvømmelse*. Kommuneplanens krav om åpen LOD er et nødvendig skritt i den retningen.

En spørreundersøkelse blant 619 entreprenører, utviklere-, forvaltere- og eiere av bygg, samt VA-ingeniører og arkitekter over hele landet om overvann viste at:

- 59 % mente overvannskader på bygg som følge av ekstremvær er et økende problem ( $\frac{1}{3}$  med ansvar for bygg hadde selv erfart det).
- 71 % mente oppgradering av det kommunale avløpsnettets ville bidra mest til å redusere overvannskadene på bygg (Øistad m.fl., 2016).

Dette er interessant bakgrunnsinformasjon, og kan tyde på en urealistisk forventning til kommunen om «å rydde opp», siden det aldri har vært avløpsnettets målsetting å håndtere alle typer overvannshendelser (se fig. 31). Kommunen må imidlertid lede an på vegen mot en tryggere by, fordi det kreves samordnet handling.

### 8.2 Offentlig finansiering setter fart på sakene

I København brukes vann- og avløpsgebyret til å håndtere overvannet, mens «møbleringen», dvs. utformingen av parken som bruksområde, betales av bykassen (fig. 28). Privat grunn må ofte brukes, og det er laget stimuleringspakker for å få anlegg bygget. Å fjerne vann fra tak ved å bygge om gårdsrom (fig. 39), og bruke friareal (fig. 57) kan kreve økonomisk insitamant fra det offentlige. I utgangspunktet støttes kun anlegg som er rimeligere enn tradisjonell overvannshåndtering ved bruk av overvannsrør og nedgravde magasin. Erfaringen fra København og omegn viser at besparelsene kunne bli vesentlige ved å gjennomføre denne typen overvannseparering.

Augustenborg fikk også offentlig støtte for å rehabilitere overvannssystemet. Å kombinere privat og offentlig grunn er nødvendig for å få til god overvannsdisponering (fig. 32). I Malmö gis et betydelig tilskudd for frakobling av taknedløp fra avløpsnettets.



Kanskje Oslo skulle lage et fond hvor den enkelte kan søke om midler til å gjennomføre aksepterte tiltak, litt på linje som det som gjøres for ENØK tiltak og for å bli kvitt oljefyring etc.

### 8.3 LOD gir redusert overløp og forurensing

Overløp fra felles avløpsrør (spillvann og overvann) er en utfordring i Oslo, som det også er i København og Malmö. Ved nedbør renner urensset kloakk ut i vassdrag og ender i fjorden. København har som mål at overløp ikke skal føre til badeforbud oftere enn hvert 5. år. I Oslo VAVs strategikart for 2016-18 er visjonen: *Vi skal gi rent vann til nytte for mennesker og natur i Oslo. Dette inkluderer redusert utslipp til vassdrag og fjord.* VAV jobber daglig med saken, men skulle vi sette oss konkrete mål av typen de har i København?

Det er i prinsippet to måter å separere overvann fra spillvannsnettet; man kan legge nye overvannsledninger<sup>8</sup>, eller bruke overflata til å holde overvannet tilbake. Å legge nye rør koster om lag 30.000 kr per løpemeter. Hvis man kan bruke «no-dig» metoder, dvs. trekker en strømpe igjennom gamle rør for å rehabilitere dem, koster det 10-15 % av graving. En ulempe er at kapasiteten i røret går ned, fordi røret blir mindre innvendig. Hvis overvannet håndteres på overflata i forskjellige LOD-tiltak blir fellesrøret mer og mer som et spillvannsrør med meget god kapasitet. Det virker som om denne formen for overvannsseparering er prioritert i København (fig. 17, 32, 37, 39, 49, 57 og 61), selv om «grå løsninger» også blir benyttet der det er mest hensiktsmessig.

I Augustenborg var åpen separering gjennomført fullstendig (fig. 69). Kostnadene var noe rimeligere enn ved separering gjennom overvannsrør, men beboerne hadde i tillegg fått et helt nytt utomhusområde. Selv om anlegget kun var dimensjonert for et 25-års regn, håndterte det godt et skybrudd som var betydelig større. Dette får fram to viktige poeng:

- Skal investeringene graves ned, eller gi en merverdi ved å være synlige på overflaten (fig. 2)?
- Overvannsanlegg på overflaten kan være mer robuste for håndtering av nedbør større enn dimensjonerende regn, fordi terrenget sannsynligvis er mer tilpasset åpen vannstrømning.

Når målet er å redusere oversvømmelser i nedbørfeltet, er det fornuftig å legge tiltak i øvre del. Her er fortettingen ofte minst, og det er enklest å gjøre noe (fig. 1). Tiltak her reduserer vannmengdene som renner igjennom hele nedbørfeltet.

### 8.4 Skybruddsplaner vil forebygge skade

«Københavnregnet» er rangert som en sjelden hendelse, men det har skjedd, og både København og Malmø har opplevd andre nedbørhendelser som har hatt ødeleggende kraft de siste åra. Oslo har også hatt sine styrtregn. Den høyeste nedbørverdi som er registrert i Oslo-området i løpet av 1 time er 49 mm, men uværet «Frida» resulterte i 88 mm på 1 time og 114 mm på 2 timer i Nedre Eiker 6. aug. 2012 (Ødemark, m.fl., 2012). Vi som jobber i Vann- og avløpsetaten venter på besøk av Fridas «slektninger» hvert år. Under «Københavnregnet» (fig.

<sup>8</sup> I Vann- og avløpsetaten bruker vi «ledninger» fremfor «rør»; overvannsledning, spillvannsledning, avløp fellesledning (spillvann/kloakk og overvann i samme rør) og vannledning for drikkevann.



21) ble halvtimesregnet observert til over 50 mm enkelte steder. Det heftigste Oslo-området har observert er nesten 39 mm (Ødemark, m.fl., 2012).

Ved store regnfall er det viktig å ha gode flomveier. Her kan vannet ledes trygt mot elv eller hav. *3-trinnstrategien* vil bidra til mindre avrenning i alle ledd. Selv om kapasiteten på trinn 1 (infiltrasjon) og trinn 2 (fordrøyning) er overskredet, har mengden overvann blitt fjernet fra flomveien. På samme måte som i København (fig. 24) og Malmö (fig. 34), har Oslo kartlagt sine teoretiske flomveier (dreneringslinjer). Det gjenstår imidlertid å kategorisere dem i *egnet* og *uegnet*. I våre besøksbyer dimensjoneres flomveiene for 100-års hendelsen i tillegg til en klimafaktor. Handlingsplanen foreslår trygghet for 200-års hendelsen for Oslo, fordi TEK 10 bruker dette som sikkerhet mot oversvømmelse fra vassdrag. Veier er aktuelle som flomveier, men må ofte tilpasses denne bruken (fig. 26 og 27).

Trenger Oslo å lage en egen skybruddsplan, eller holder det å få implementert Handlingsplanen (Oslo kommune, 2016)? Handlingsplanen, slik den foreligger, inneholder mye en skybruddsplan inneholder. København (fig. 23) og Malmö har imidlertid delt byene i nedbørfelt, og utviklet individuelle, konkrete planer for hvert område. Denne mulige konkretiseringen av Handlingsplanen, ville være å legge mange av dens oppgaver inn i mindre administrative enheter. Disse ville i så fall følge vannet og ikke bydels- eller kommunegrensene.

København opplevde at det kunne være en utfordring å få personer fra ulike fagfelt og etater til å samhandle godt for å oppnå gode planer. Hva kan vi gjøre for å bedre musikaliteten?

## 8.5 Åpen lokal overvannsdisponering i praksis

Forskning er nødvendig for å bedre vannkvalitet, dempe avrenning, bedre vedlikehold/drift, finne nye løsninger, og bedre nytt-kost estimater. «Verktøykassa» er langt fra full av mulige LOD-tiltak. Ideer som *grønn klimaskjerm* der trafikkstøy og bedre lokalklima kan oppnås som tilleggseffekter (fig. 6) og *dobbeltporøs filtrering* (fig 13 og 14) for rensing av veivann, skulle også vært interessant å prøve ut under våre forhold.

Å kjenne jordas infiltrasjonsevne og lagringskapasitet for vann er vesentlig for å planlegge tiltak. Feltnålinger må til, selv leirjord kan ha godt porevolum pga. meitemarkganger og annen biologisk aktivitet (fig. 3, og Backer, 2014). Løsmasser i by kan for øvrig inneholde mye gamle fyllmasser og sprekker i undergrunnen etter byggeaktivitet med meget god infiltrasjon. En felles database der informasjon om infiltrasjonsevne på bakgrunn av målinger, graving med mer kan bedre beslutningsgrunnlaget for valg av overvannsløsninger.

Fast dekke kan være både ønskelig og nødvendig på sterkt trafikkerte areal, men det kan være mulig å infiltrere vann (fig. 8 og 72). Der brannbiler skal ha oppstillingsplass kreves det at støttebeina som skal holde redningsbilen stabil, tåler et høyt marktrykk. En slik solid oppbygging vil kreve stein og grus som har høyt porevolum. Hvis overflata belegges med permeabel belegningsstein, vil dette kunne bli utmerkede volum for midlertidig lagring av overvann.

Åpne overvannsløsninger kan med fordel ha multifunksjon. I tillegg til redusert fare for oversvømmelse, kan det tilrettelegges for økt biologisk mangfold (fig. 47, 66, 80 og 89), lek



og idrett (fig. 61, 62 og 82), hygge og fritid (fig. 28, 39, 41, 49) med mer. Når alt kommer til alt, skjer styrtregn på et område relativt sjelden, men gode uteområder kan oppleves hver dag.

Tak er en arealdel som i liten grad har multifunksjon i Oslo. Det er mulig å ettermontere ekstensive, grønne tak, f.eks. når nytt takbelegg skal legges (sjekk takets bæreevne). På nybygg kan hele spennet av alternativer brukes, fra urbant landbruk (fig. 88), via opplevelsestak for øyet eller føtter (fig. 86) til bruk av solcellepanel (fig. 85). Bengtsson (2005) konkluderer med at grønne tak kan være en viktig mulighet for å redusere avrenningstoppene i urbane strøk, hvis de brukes strategisk.

Grønne vegger kan få vann fra tak eller sisterner som vil fordampe fra bladoverflaten (fig. 71). Grønne vegger er lite utprøvd som overvannsløsning, men de har mange andre gode sider. Oslo kommune har for tiden to plantevegger til utprøving.

I Oslo har vi så langt hatt lite fokus på rensing av overvannet. Dette er høyt prioritert i København (fig. 12 og 15), først og fremst fordi mye av overvannet, spesielt den såkalte 'first flush', ofte er sterkt forurenset. Det er ikke ønskelig å tilføre denne forurensingen til resipienten. Vi hadde også inntrykk av at dette var viktig i Malmö. Vi må også vurdere overflatevannets kvalitet når vi ønsker det sendt videre til vassdrag eller renseanlegg.

En undersøkelse i København viste at 20 % av de tette flatene var uten funksjon (Ole Schrøder<sup>9</sup>). Hva med å endre disse flatene ved å muliggjøre infiltrasjon, planter ol. I følge Ole er sør og vestvendte flater foretrukket pga. lys- og varme forhold for vegetasjon. Kanskje Oslo også skulle jakte på små tette flater som kunne få nytt liv?

Alle overvannstiltak trenger drift og vedlikehold. Åpne anlegg kan kreve relativt mer drift og vedlikehold, og kan være mer sårbar for ytre påvirkninger enn lukkede. Fordelen med åpne løsninger er at dette arbeidet gir dobbelt tilbake; god overvannsfunksjon og pent uteområde. I en evaluering av overvannssystemet i Augustenborg fikk dette tillagt høy verdi sammenlignet med tradisjonelle løsninger (Ludzia m. flere, 2014). Lukkede løsninger ser man i mindre grad om har et vedlikeholdsbehov før anlegget slutter å virke, med mindre man har en systematisk og rutinemessig oppfølging. I Malmö hadde de gode erfaringer med åpne LOD tiltak der det var ansatt vaktmester (Fig. 33).

Siden åpne løsninger ofte har multifunksjon kan det imidlertid være en utfordring å fordele driftskostnader mellom offentlige etater på en god måte; hva kan belastes VA-gebyret, og hva tar BYM? Dette har de fått til i våre besøksbyer, det får vi til også!

I Overvannstrategien står det: Å bruke overvann som ressurs betyr at «overvann skal infiltreres, fordrøyes, og brukes lokalt der det er praktisk mulig, og at vi bruker åpne, naturlige og flerfunksjonelle fordrøyningsystemer». Da må vi for eksempel legge til rette for at det blir enkelt å velge disse løsningene fremfor tradisjonelle, og *kommunen må gå foran med et godt eksempel*. Ved utforming av tiltak kom Marina med en oppfordring vi tar med oss: "Try to see the uniqueness of every place!", og vi legger til fra Lykke: "Allow the crazy visjons".

---

<sup>9</sup> Foredrag på seminaret «Vann til glede og besvær», i Arkitektenes hus 11. okt. 2016. Ole er ansatt i «Tredje Natur»



## 9 Konklusjoner – Mens vi venter på «Københavnregnet»

Basert på erfaringene vi gjorde på studieturen i København og Malmö, trekker vi ut følgende hovedpunkter:

- Heller enn å vente på «Københavnregnet» - kan vi starte arbeidet med å forebygge. Målet er å lage en trygg by, også mot oversvømmelser. I praksis kan det bety at alle KVUer med byutvikling inkluderer *3trinnstrategien*, og har trygge flomveier med som et *må* krav. Dette er en selvfølge i reguleringsplaner.
- Flere tiltak for åpen lokal overvannsdistribusjon (LOD) må prøves ut. Tiltak som kan rense forurenset overvann må også testes. Pilotprosjekter må tilrettelegges for evaluering, gjerne i samarbeid med private aktører. Kommunen må trolig være med på en samfinansiering av slike tiltak. Erfaringene kan publiseres som faktaark i Oslo kommunes faktaarkserie om overvannstiltak. Slik kan kommunens egne etater og private aktører utvikle byen på best tilgjengelig kunnskap.
- Oslos etater må settes i stand til å utnytte fordelene åpne LOD-tiltak kan gi byen. Oslo kommune eier store sammenhengende arealer, og har potensiale for å tilbakeholde overvann på arealene i sammenheng med utbygging og ombygging av parker, idrettsanlegg, skoler, sykehjem, veianlegg osv. Det er viktig at det opprettes kultur for å tenke åpen LOD fra begynnelse til slutt i disse prosjektene.
- I hvilken grad kan avløpsgebyret benyttes for å hindre at overvann belaster avløpsnett og renseanleggene? Hvis separering ved hjelp av overvannsrør er greit, skulle rimeligere løsninger ved bruk av «no-dig» (gravefrie metoder) og åpen LOD også være det.
- *Handlingsplanen for overvannshåndtering i Oslo*, kan bli fulgt opp av skybruddsplaner for mindre områder, nedbørfelt for nedbørfelt. Hvordan bidrar vi for å få folk med ulik fagbakgrunn til å jobbe godt sammen?
- Stimulere til god overvannsadferd ved å subsidiere/belønne en del av anleggskostnadene for åpne LOD tiltak inntil teknologiene er vel etablert.
- Gi borgerne et realistisk bilde av hva som er kommunenes/felleskapets/offentlig ansvar, og hva den enkelte må ta ansvar for selv, eller sammen med naboer. Kommunen kan legge til rette for/stimulere til gode tiltak på privat grunn.
- Evaluere aktuelle nedbørhendelser i Oslo. Hvilke tiltak kan gjøres for at skader reduseres/hindres?



## 10 Litteratur

- Becker M.A., T.M. Muthanna og B.C. Braskerud (2014). *Trinn 1: Reduser overvannet i avløpsnettene ved å frakoble taknedløp*. Vann nr. 4; 359-369.
- Bengtsson L. (2005). *Peak flows from thin sedum-moss roof*. Nordic Hydrology 36: 269-280.
- Bengtsson L., Grahn L., Olsson J. (2005). *Hydrological function of a thin extensive green roof in southern Sweden*. Nordic Hydrology 36: 259-268.
- DSB (2016). *Risikoanalyse av regnflom i by. Krisescenarioer 2016 – analyser av alvorlige hendelser som kan ramme Norge*. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. ISBN: 978-82-7768-411-6.
- Hanssen-Bauer, I., E.J. Førland, I. Haddeland, H. Hisdal, S. Mayer, A. Nesje, J.E.Ø. Nilsen, S. Sandven, A.B. Sandø, A. Sorteberg og B. Ådlandsvik (2015). *Klima i Norge 2100*. NCCS report no. 2/2015 (Kan lastes ned fra Norsk klimaservicesenter).
- Hernebring, C., S. Milotti, S. Steen Kronborg, T. Wolf og E. Mårtensson (2015). *Skyfallet i sydvästra Skåne 2014-08-31*. Vatten. 71; 85-99.
- Lindholm, O., S. Endresen, S. Thorolfsson, S. Sægrov, G. Jakobsen og L. Aaby (2008). *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*. Norsk vann rapport 162; 79 s.
- Lindholm, O., L. Buhler og J. Bjerkholt (2013). *Hva hvis monsterregnet fra København 2. juli 2011 hadde falt i Norge?* VANN, nr. 2; 361-370.
- Lundzia, A., R. Larsson och S. Aguayo (2014). *Utvärdering av dagvattensystemets hållbarhet i Augustenborg, Malmö*. Vatten. 70; 107-112.
- Oslo kommune (2014). *Strategi for overvannshåndtering i Oslo. 2013-20130*.
- Oslo kommune (2016). *Hovedrapport – Handlingsplan for overvannshåndtering i Oslo kommune*.
- Rolfsdotter-Jansson, C. (udatert, trolig mellom 2008 til 2010). *Ekostaden Augustenborg – towards a sustainable neighbourhood*. Informasjonshefte utgitt av Malmö stad; 36 sider.
- Stahre, P. (2006). *Sustainability in urban storm drainage. Planning and examples*. Svenskt vatten; 81 pages.
- Ødemark, K., E. Førland, J. Mamen, C.A. Elo, A.V. Dyrddal og S. Myrabø (2012). *Ekstrem korttidsnedbør på Østlandet fra pluviometer og radardata*. NVE-rapport 78/2012.
- Øistad, S., A. Nyland, A. Fagernæs, V. Varlid, R. Nygård og H. Turcato (2016). *Overvannsrapport*. Protan Norge, Drammen.



## 11 Vedlegg

### 11.1 Studietur om overvannshåndtering i København og Malmø

#### Program for 31. aug. ved Københavns universitet

Vår kontakt denne dagen er Marina Bergen Jensen, professor ved Københavns universitet.

Vi starter dagen med presentasjon av aktuelle forskningsresultater for håndtering av overvann ved hjelp av byens landskap. Derpå ekskursjon.

Husk at få et kompendium med KU populærformidling af forskningsresultater!

#### Præsentation av aktuel forskning, Auditorium Landskab

- 8.45 Velkommen & Introduksjon, v/ prof. Marina Bergen Jensen
- 9.00 Infiltrasjon i leirjord, v/ Marina (K: 3, 4, 5 og 6)
- 9.15 Permeable befæstelser, v/ PhD-stud. Jan Støvring (K: 10, 11)
- 9.30 Diskusjon/spørsmål/Pause
- 9.45 Filterjord og Dobbeltporøs filtrering, v/ Post Doc Karin Cederkvist (K: 20-29)
- 10.00 Grøn infrastruktur og byplanlegging, v/ lektor Ole Fryd (K: 1, 2)
- 10.15 Grøn klimaskærm, v/ Marina
- 10.30 Diskusjon /spørsmål
- 10.45 Introduksjon til ekskursjonsprogram, særlig Hothers Plads Karré og Bio-LAR i Lyngø
- 11.00 Avgang ekskursjon i København og omegn med seks besøk.

#### 11- ca. 18.15: Ekskursjon

Ankomst	Aktivitet	Guide	Kompendium
11.05	Bussen afgår fra Rolighedsvej 23		
11.15	Møllebakken: Afkobling af vej vha. vejbede. Rensning af vejvand med filterjord. Bussen kører 11.30		24-27
11.40	Krogebjerg: Afkobling af vej vha. hævede kantsten og Irish Crossing Rensning af vejvand med Dobbeltporøs filtrering Bussen kører 12.10		28, 29
12.30	Hothers Plads Karré, Nørrebro: Afkobling af gård vha. regnbede Bussen kører 13.00	Niels Lützen, Niels Lützen landskabsarkitekter	31
13.10	Lunsj, Rolighedsvej 23 Bussen kører 14.00		
14.30	Marielyst, Gladsaxe: Afkobling af boligblokke og kontorbygning vha. regnbede. Bussen kører 15.15	Jasmina Gabel, Gladsaxe Kommune	33
15.30	Holmegårdsparken, Charlottenlund: Afkobling af plejehjem vha. infiltrationsplæner og hævede stier. Bussen kører kl. 16.00	Lars Alva-Jørgensen, Opland Arkitekter	32
16.30	Kaffe, the & sandwich, Lyngehallen		
17.00	Lyngø fællod: 2000 m <sup>3</sup> forsinkelsesvolumen indrettet som Bio-LAR Bussen kører 17.30	Ole Dahlqvist Sørensen, Allerød Kommune	30
18.15	Ca. Ankomst KBH		



## **Program for 1. sept. Møte med København kommune**

Vår kontakt denne dagen er: Lykke Leonardsen, Programchef Grønne Byløsninger, København kommune.

9.00 Møde hos Rambøll, Hannemans alle´ 53, Ørestad; velkomst og kop kaffe

9.15 Opplegg om Københavns Kommunes Klimatilpasningsplan v. Jan Rasmussen/Lykke Leonardsen

10.00 Opplegg om skybruddsplan i København v. Jan, Lykke og Jes Clauson Kaas

11.00 Opplegg om Rambølls arbeide og prosjekter i forbindelse med skybruddsplanen i København v. Christian Nyerup Nielsen.

12.00 Lunsj i Rambølls kantine (Oslo kommune betaler)

12.45 Avgang i bus m. tre stopp:

1) Ørestad - vi kjører igjennom Ørestad, så vi kan se utviklingen av denne nye bydelen.

2) Skt Annæ Plads - skybrudsprosjekt i det indre København

3) Skt Kjelds kvarter - introduktion til klimakvarteret og presentasjon av Tåsinge Plads.

Både 2 og 3 er områder København ønsker å delta med i EU-søknad (H2020) sammen med Oslo, London og Amsterdam.

Ca kl 16 Avslutning, retur til hotellet

Oplægsholdere på turen: Jan, Lykke samt evt. René Sommer Lindsay



## Program Malmø 2. sept.

Vi tar tog til Malmø. Pga. flyktingetilstrømningen kan det være passkontroll på stasjonen i Malmø. **Husk pass.**

Vår kontakt i Malmø kommune er: Pär Svensson, Vattenstrateg, Planavdelingen, Malmø

9.00 Besøk i Økostaden Augustenborg, en lavblokkbebyggelse fra 50-tallet der overvannet ble separert i åpne løsninger pga. kjelleroversvømmelser mm. Dette har løst problemet, gitt et parkanlegg med dammer, regnbed etc. og bidratt til et bedre bomiljø. Vi vil i tillegg se på det store, grønne tak anlegget, der en stor variasjon med taktyper presenteres (arrangør: Scandinavian green roof institute, 3 timers opplegg).

12:30 Lunsj med ansatte og foredragsholdere i Malmø

13:15 Monbijougatan (studiebesøk på nyanlagd gata med dagvattenåtgärder)

14:00 Stina Hall - VA SYD, Tim Delshammar och Pär Svensson - Malmö stad  
- Malmös erfarenheter fram tills nu av; dagvattendammar, infiltration, flödesvägar och restaurering av bäckar, permeabla beläggningar,  
- Dagvattenhantering i befintlig miljö – Vad var framgångsfaktorerna i Augustenborg  
- Dagvattenhantering i nya områden – Gyllins trädgård. Lagstiftning mm som påverkar dagvattenhanteringen.  
- Dagvatten framöver; rening, oppmuntran till fastighetsägare

14:45 Kaffepaus

15:00 Pär Svensson och Stina Hall berättar om Malmös skyfallsarbete  
- Malmös problembild och vad hände vid regnet i aug 2014  
- Skyfallsplan  
- Åtgärdsplan - skyfallsåtgärder i befintlig miljö  
- Kvarteret Brännaren - Malmös första detaljplan med skyfallsfokus. Utmaningar

15:45 Annika Kruise, Malmö stad. Malmös grönytefaktor

16:00 Johanna Sörensen, Lunds Tekniska Högskola berättar om projektet SuRF och vad som händer på LTH.

16:15 Slutt. Pär och Johanna är kvar till ca 17:00 om några är intresserade av fördjupade diskussioner. Alternativt kan de som önskar åka till Västra hamnen, et nytt byutviklingsområde der bruken av vann er et viktig tema.



## 11.2 Orientering om status på dobbeltporøs filtrering

Marina Bergen Jensen, Professor v. Københavns Universitet og opfinder af teknologien

Dobbeltporøs Filtrering (DPF) er en dansk teknologi udviklet til rensning af regnafstrømning. Teknologien har undergået en markant udvikling fra det første pilotanlæg i Ørestad i 2005 til det fuldskalanlæg, der siden sommeren 2015 har rensset regnafstrømning i Allerød. Pladskrav er minimeret, anlægsprisen reduceret med 75 % og driften gjort enkel, samtidig med at vandrensningen er optimeret. Teknologien er udviklet af Københavns Universitet i samarbejde med Københavns Kommune, Hofor, By og Havn, Miljøministeriet, Realdania og Rambøll. Som del af universitetets innovationsmål og i overensstemmelse med Lov om Opfindelser ved Offentlige Institutioner er ideen patenteret og licens udstedt i 2014 til den danske industrivirksomhed, Watercare, i Assens, der har sat DPF-bokse i produktion. En animation af teknologien kan ses på State of Green: <https://stateofgreen.com/en/profiles/kollision/solutions/dual-porosity-filtration-the-movie>. KU ønsker at videreudvikle teknologien til rensning af flere typer spildevand, og til implementering under flere forhold, bl.a. byudvikling i Addis Abeba og Dar es Salaam. I tabellen er DPF forsøgt sammenlignet med filterjord og Actiflo på nogle centrale punkter.

	<b>Dobbeltporøs filtrering</b>	<b>Filterjord</b>	<b>Actiflo</b>
Filosofi	Naturbaseret	Naturbaseret	Kemi- og energibaseret
Udviklet til rensning af vand før	Udledning	Nedsivning	Udledning
Placering i landskabet	I bokse under terræn	I terrænet	I en bygning
Arealkrav pr. 100 L/s (svarende til rensning af regnafstrømning fra 26 ha)	350 m <sup>2</sup> (udgravet til ca. 2 m dybde) (Vol.: 700 m <sup>3</sup> )	10.000 m <sup>2</sup> (udgravet til 0,4 m dybde) <sup>a)</sup> (Vol.: 4.000 m <sup>3</sup> ) <sup>b)</sup>	Actifloanlægget, der i dag fjerner fosfor m.v. fra Tårnby drænvand før udledning til Ørestads kanaler, står i ca. 40*12 m bygning. Kapacitet: 45 L/s <sup>c)</sup> .
Drift	Halvårlig spuling og slamsugning af forfilter-tanke	Pasning af vegetations-dække. Lugning m.v. 1-2 gange pr. år.	Polymer og mikrosand skal fyldes på jævnlige. Måske i størrelsesordenen ugentligt tilsyn. Ørestads Vandlaug bruger 0,3-0,4 mio/år til drift af Ørestadsanlæg (45 L/s).
Vedligehold	Efter 15-20 år skal kalk i kalkfilterbokse skiftes (opgravningsfri)	Efter 15-20 år skal filterjorden udskiftes helt eller delvist	Levetiden af et actifloanlæg kendes ikke, men sliddele må forventes at skulle udskiftes løbende
Vandkvalitet	Overholder krav opstillet af KK <sup>d)</sup> , inkl. fosfor	Overholder krav opstillet af KK, undtagen fosfor <sup>e)</sup>	Overholder sandsynligvis krav opstillet af Københavns Kommune, inkl. fosfor
Fosfor i rensset vand (mg/L)	0,04-0,05 <sup>d)</sup>	0,16-0,25 <sup>e)</sup>	0,02-0,05 <sup>d)</sup>
Anlægsudgifter pr. 100 L/s	Ca. 14 mio DKR <sup>g)</sup>	18-117 mio DKR <sup>h)</sup>	Ca. 20 mio <sup>i)</sup>

- a) Hvis samme dimensionering som i vejbede på Møllebakken i Brønshøj følges (Ksat = 10<sup>-5</sup> m/s, tykkelse = 0,4 m)
- b) Hvis filterjord skal benyttes til rensning af vand, der skal udledes til f.eks. Ørestads kanaler, må der etableres et opsamlingsystem, f.eks. et gruslag med drænslinger under filterjorden. Dette vil kræve yderligere udgravning. Der må også påregnes et fordelingssystem til at fordele afstrømningen jævnt over filterjordsoverfladen.
- c) Oplysninger fra foredrag på Ferskvandscenteret, 27.11.2014
- d) Baseret på målinger i Ørestad, Brønshøj og Mårslet (<http://ign.ku.dk/forskning/landskabsarkitektur-planlaegning/landskabsteknologi/dobbeltporoes-filtrering/rapporter-artikler-dobbeltporoes-filtrering-pilotanlaeg/>), samt <http://www.teknologisk.dk/ydelsler/byer-i-vandbalance/innovationskonsortie/35897>)
- e) Baseret på målinger i Odense, Brønshøj og Brøndby ([http://www.teknologisk.dk/\\_media/63079\\_BiV%20notat%206%20Renseeffektivitet%20af%20filterjord%20-%20danske%20erfaringer.pdf](http://www.teknologisk.dk/_media/63079_BiV%20notat%206%20Renseeffektivitet%20af%20filterjord%20-%20danske%20erfaringer.pdf))
- f) Data for Actifloanlægget ved Emdrup Sø. Oplysninger fra foredrag på Ferskvandscenteret, 27.11.2014.
- g) Baseret på overslag fra Watercare, fuldt implementeret
- h) Baseret på opgørelser for anlæg af filterjordssystemer i DK (<http://vandibyer.dk/innovationsprojekter/afsluttede-innovationsprojekter/ip14-økonomi-i-lar-anlaeg-og-drift/>). Klar til brug.
- i) Oplysninger fra foredrag på Ferskvandscenteret, 27.11.2014. Et anlæg til 3 L/s skulle koste 0,6 mio. Udgifter til bygning må skulle lægges oveni.



### 11.3 Begreper og forkortelser

En fagrappport vil inneholde ord og uttrykk som kan være ukjente. Under har vi prøvd å forklare noen som forhåpentligvis øker forståelsen av rapporten.

Ord / uttrykk	Forklaring
<i>Avløp felles (AF)</i>	Rørledning for avløpsvann; fellesledning for <i>overvann</i> og <i>spillvann</i> . Alt vann pumpes til renseanlegg. Ved mye nedbør kan noe til <i>overløp</i> .
<i>Avløpsvann</i>	<i>Overvann</i> og <i>spillvann</i>
<i>Avrenningsmønster</i>	Viser detaljert hvor overvannet renner innenfor et begrenset område, basert på hellingen på overflaten.
<i>BYM</i>	Bymiljøetaten.
<i>Dimensjonerende regn</i>	Hvilket regn det må dimensjoneres for, uti fra intensitet, varighet og frekvenskurver ( <i>IVF-kurve</i> ).
<i>Dreneringslinje</i>	Teoretisk linje som viser hvor vannet renner på overflaten basert på laserskanning av overflaten; teoretisk <i>flomvei</i> .
<i>DPF</i>	Dobbeltporøs filtrering. Et rensesystem for overvann (kap. 3.6).
<i>Flom</i>	Når vannføringen i en elv, bekk eller flomvei overstiger en viss vannstand (for vanddekket areal foretrekkes <i>Oversvømmelse</i> ).
<i>Flomvei</i>	Hvor vannet renner på overflaten ved store nedbørshendelser.
<i>Fordrøye</i>	Holde vann midlertidig tilbake. Trinn 2 i <i>tretrinnsstrategien</i> .
<i>Grunnvann</i>	Vannansamling i jord under bakkenivå der alle hulrom er fylt med vann.
<i>Hovedflomvei</i>	Elv eller spesielt tilpasset veg eller stor kanal som utgjør hovedåren i avrenningssystemet.
<i>Infiltrasjon</i>	Prosessen der vann trenger igjennom jordoverflata og beveger seg nedover i jorda til det når <i>grunnvannet</i> .
<i>IVF-kurve</i>	Intensitet / varighet / frekvens. Prognose på nedbørsmengder og intensiteter basert på observasjoner.
<i>Klimafaktor</i>	Sikkerhetsfaktor for forventet fremtidig økning i nedbørmengde på grunn av klimaendring. Brukes som påslag på <i>IVF-kurven</i> .
<i>Kommuneplan</i>	Fastsetter retningslinjer for bruk av arealer og naturressurser i hele kommunen.
<i>KVU</i>	Konseptvalgutredning. Faglig utredning i tidlig fase for store prosjekter for å avdekke det faktiske behovet, hvilke løsninger som vil dekke dem og til sannsynlig kostnad. Sluttproduktet er alternative løsninger der en blir anbefalt for oppfølging.
<i>Ledning</i>	Rør; <i>overvannsledning</i> , <i>spillvannsledning</i> , <i>avløp fellesledning</i> .
<i>LOD</i>	Lokal overvannsdiskonering. LOH brukes også som det samme; Lokal overvannshåndtering. LAR på dansk betyr lokal anvendelse av regnvann. Merk; man disponerer en ressurs, men håndterer et problem.
<i>Nedbørfelt</i>	Areal der all avrenning renner til et gitt punkt; f.eks. nedløpsrør fra tak, sluk på P-plass, innløp på innsjø, mm. Nedbørfelt er avgrenset av vannskillere, som kan variere fra kantstein i by til fjellrygger i naturen.
<i>Oversvømmelse</i>	Når areal som normalt er tørt er dekket av vann.

Aktuelle tiltak for håndtering av overvann i Oslo  
Rapport fra studietur i 2016



<i>Overflatevann</i>	Regnvann og smeltevann som ledes bort fra terrengoverflate, takflater, balkonger osv. samt vann fra kjøle- og overrissingsanlegg.
<i>Overløp</i>	Et overløp sørger for at overskytende avløpsvann slippes ut i vassdrag (urenset) dersom en <i>avløp fellesledning</i> går full. På denne måten forhindres tilbakeslag av kloakk i kjellere og underetasjer.
<i>Overvann</i>	Overflateavrenning (regn, smeltevann) fra gårdsplasser, gater, takflater osv. som avledes på overflaten, i <i>overvannsledning (separatsystem)</i> eller sammen med sanitært <i>avløpsvann (fellessystem)</i> .
<i>Overvannsledning</i>	Ledning for transport av overvann og eventuelt drensvann fra grunnmur.
<i>Overvannsanlegg</i>	Åpne og/eller lukkede løsninger/systemer som mottar overvann.
<i>PBE</i>	Plan- og bygningsetaten.
<i>Permeable overflater</i>	Vanngjennomtrengelige dekker. F.eks. grus/singel, belegningsstein med slisser.
<i>Påslipp</i>	Når vannet slippes inn på offentlig avløpsnett.
<i>Regnbed</i>	Lav, vegetasjonsdekket forsenkning som mottar overvann for fordrøyning og rensing (kap. 3.4).
<i>Reguleringsplan</i>	Detaljert plan som skal legge til rette for plassering, utforming og gjennomføring av bygninger og anlegg, og vern av natur- og kulturområder. Skal være i samsvar med kommuneplan.
<i>Resipient</i>	Felles betegnelse på bekk, elv, innsjø, hav, myr eller annen vannkilde, som mottar vann.
<i>Separere</i>	Skille spillvann fra overvann. Enten i to forskjellige ledninger, og/eller ved å disponere overvannet på overflata slik at mindre vann kommer i avløp fellesledningen.
<i>Separatsystem</i>	Avløpssystem med to ledninger, én for spillvann og én for overvann og drensvann.
<i>Skybrudd</i>	Dansk definisjon (DSB, 2016): kortvarig, men meget kraftig regnvær, som mer enn 15 mm nedbør på 30 minutter.
<i>Skyfall</i>	Svensk definisjon (DSB, 2016): minst 50 mm nedbør på en time, eller minst 1 mm på et minutt.
<i>Spillvann (SP)</i>	Kloakk og industriavløp.
<i>Tretrinnsstrategien</i>	Metode for å håndtere nedbør i by: Trinn 1 - lite nedbør innfiltreres, Trinn 2 – større mengder fordrøyes/holdes tilbake, og Trinn 3 – store nedbørmengder ledes trygt på overflata i flomveier.
<i>Urban flom</i>	<i>Oversvømmelse</i> pga. mye nedbør som ikke skyldes høy vannstand i elv eller bekk, men f.eks. tette flater.
<i>Utslipp</i>	Når vannet slippes til resipient eller terreng.
<i>Vadi</i>	Vegetasjonsdekket grøft for transport av overvann. Kan også tilrettelegges for <i>infiltrasjon</i> (eksempel i fig. 79).
<i>VAV</i>	Vann- og avløpsetaten.

Mange av tiltakene som er beskrevet i Studieturrapporten er også beskrevet i faktaarkserien Oslo kommune har laget om åpne LOD-tiltak. Søk på Oslo kommunes hjemmeside ([www.oslo.kommune.no](http://www.oslo.kommune.no)), gå videre til *Vann og avløp*, og så videre til *Skjema og veiledere*. Under **Overvann** finnes lenken til faktaarkene.

Aktuelle tiltak for håndtering av overvann i Oslo  
Rapport fra studietur i 2016



**Vann- og avløpsetaten**

Herslebsgate 5

PB 4704 Sofienberg, 0506 OSLO

Tlf: 02180

E-post: [postmottak@vav.oslo.kommune.no](mailto:postmottak@vav.oslo.kommune.no)