



## Inspirationsguide for proaktiv klimatilpasning i vandsektoren

Frambøl, Charlotte; Andersen, Helle Katrine; Brandt, Gyrite; Nielsen, Susanne Balslev

*Publication date:*  
2009

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Frambøl, C. (Ed.), Andersen, H. K. (Ed.), Brandt, G., & Nielsen, S. B. (2009). *Inspirationsguide for proaktiv klimatilpasning i vandsektoren*. <http://danva.net.dynamicweb.dk/Default.aspx?ID=2241&TokenExist=no>

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



**DANVA**  
Dansk Vand- og  
Spildevandsforening



# Inspirationsguide for proaktiv klimatilpasning i vandsektoren





**Inspirationsguide  
for proaktiv klimatilpasning  
i vandsektoren**

**Udgiver:**

**DANVA**

Dansk Vand- og Spildevandsforening  
Vandhuset  
Danmarksvej 26, 8660 Skanderborg  
[www.danva.dk](http://www.danva.dk)

**KL**

Kommunernes Landsforening  
Weidekampsgade 10, 2300 København S  
[www.kl.dk](http://www.kl.dk)

**ISBN 87-90455-91-6**

Oktober 2009

# Indholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	5
<b>Baggrund</b> .....	7
<b>Formål</b> .....	9
<b>Klimaændringer</b> .....	11
<b>Kommunalt planhierarki og øvrige rammebetingelser</b> .....	13
<b>Strategier</b> .....	15
Strategier for "CO <sub>2</sub> -neutral vandsektor".....	16
Strategier for "Håndtering af regnvand uden oversvømmelser" – herunder stormflod på kyster.....	19
Strategier for "Alle forstår ansvarsfordelingen" .....	22
Strategier for "Ny Betalingslov".....	23
Strategier for "Alt drikkevand fra grundvand".....	24
<b>Cases</b>	
<b>Case 1:</b> Klimaledelse .....	28
<b>Case 2:</b> Livscyklusvurdering som prioriteringsredskab i KE .....	30
<b>Case 3:</b> Anebjerg – den bæredygtige by midt i skoven.....	34
<b>Case 4:</b> Grundvandskøling – grundvand som klimafaktor .....	37
<b>Case 5:</b> Prioritering af klimatilpasning af afstrømningssystemerne i Greve.....	40
<b>Case 6:</b> Sårbarhedskortlægning i Hørsholm og Gentofte.....	43
<b>Case 7:</b> Retningslinier for fremtidigt byggeri i Middelfart.....	46
<b>Case 8:</b> Blå struktur for nyt boligområde i Middelfart.....	48
<b>Case 9:</b> Nedrivning af boliger som element i klimatilpasningen i Odense.....	53
<b>Case 10:</b> Klimasikring af by og vandløb ved tværfagligt arbejde i Ikast-Brande.....	56
<b>Case 11:</b> Klimasamarbejde i Fredericia: En snak uden varm luft.....	60
<b>Case 12:</b> Forøgelse af afvandingsskapacitet ved integreret planlægning og innovation .....	63
<b>Case 13:</b> Lokal håndtering af regnvand i Københavns kommune .....	65
<b>Case 14:</b> Semiseparering, et fleksibelt skridt på vejen i Herning .....	69
<b>Case 15:</b> Klimatilpasning med separatkloakering i Ålborg.....	71
<b>Case 16:</b> Mere vand gennem renseanlægget i Odense.....	74
<b>Case 17:</b> Større rør og bassiner i Århus .....	77
<b>Case 18:</b> Samstyring af afløbssystemer og renseanlæg i Århus.....	79
<b>Case 19:</b> Konsekvenser for vandressourcen.....	82
<b>Case 20:</b> Optimering af grundvandsdannelse ved regnvand som ressource .....	83
<b>Case 21:</b> Sikring mod oversvømmelse af boringer i Århus .....	85



# Forord

DANVA og KL har udarbejdet denne inspirationsguide med det formål at understøtte kommunernes og forsyningernes arbejde med klimatilpasning. Inspirationsguiden skal medvirke til at skabe overblik og formidle viden om klimatilpasning med eksempler på strategier og praktiske løsninger.

Baggrunden for samarbejdet om inspirationsguiden er en fælles KL og DANVA workshop og konference, som blev afholdt i foråret 2008 om klimatilpasning på vandområdet.

Inspirationsguiden er opbygget af to dele. Første del beskriver formål, fakta om klimaændringer, det kommunale planhierarki og øvrige rammebetingelser for kommuner og forsyninger samt en gennemgang af strategier, der kan udmøntes i konkrete tilpasningstiltag. Anden del eksemplificerer ved 21 cases, hvordan klimatilpasningstiltag er konkretiseret i kommuner og forsyninger.

## Redaktionsgruppe:

DANVA:

Niels Bent Johansen, Københavns Energi  
Bo Laden, Aalborg Kommune, Kloakforsyningen  
Carsten Nygaard, Herning Kommune  
Carsten Raad Pedersen, Hvidovre Kommune  
Henning Saabøll, Birkerød Vandforsyning  
Jørn-Ole Andreasen, Århus Vand og Spildevand  
Klaus Kolind-Hansen, Aalborg Kommune, Vandforsyningen  
Per Henrik Nielsen, Odense Vandselskab  
Charlotte Frambøl, DANVA  
Helle Katrine Andersen, DANVA  
Birgitte Skjøtt, DANVA

KL:

Gyrite Brandt, KL





## Baggrund


Klimaforandringerne er en realitet, og vandsektoren står overfor nye udfordringer. Regeringens strategi for klimatilpasning i Danmark lægger op til, at der skal ske en løbende klimatilpasning, hvor myndigheder, virksomheder og privatpersoner på eget initiativ reagerer på konsekvenserne af klimaændringer i tide indenfor de lovgivningsmæssige, økonomiske og teknologiske rammer (Regeringen 2008).

For at understøtte kommunernes og forsyningernes arbejde med klimatilpasning har DANVA og KL udarbejdet denne inspirationsguide med det formål at skabe overblik og formidle viden med eksempler på strategier og praktiske løsninger.

Arbejdet tager afsæt i KL's klimaudspil: "Kommunernes klimaudspil – sammen tager vi udfordringerne op – Del 1"; "Kommunernes klimaudspil – Opgaverne fordeles – Del 2" og "Klimainvesteringer i kommunerne – fordi vi ikke har råd til andet" og i DANVA's udviklingsplan for proaktiv klimatilpasning i vandsektoren.

KL's klimaudspil sætter fokus på klimascenarier og finansiering. Baggrunden er et kæmpe behov for investering i klimatilpasning og energirenoveringer. Hertil kommer, at det er utroligt vigtigt for kommunerne at få en klar opgavefordeling mellem kommuner og staten. På vandområdet peges der på et behov for en sammenhængende vandplanlægning; problemer med jordforurening på grund af større regnmængder; at kysterne er under pres og sidst men ikke mindst, at klimaet stiller store krav til samarbejde i det kommunale beredskab.

DANVA's udviklingsplan er udarbejdet for at opnå fælles forståelse for forsyningernes rolle i klimatilpasningsarbejdet og for det fælles overordnede mål for vand- og spildevandsforsyningernes klimatilpasningsindsats. Udviklingsplanen indeholder mission, vision, mål og strategier for at komme i gang med klimatilpasning indenfor vand- og spildevandsområdet. Udvalgte strategier fra udviklingsplanen uddybes i inspirationsguiden med cases.



Ønsket om en funktional levetid på kloak-anlæg på omkring 100 år nødvendiggør en langsigtet tilpasningsproces, hvor systemerne designes, så de bedre kan håndtere fremtidens klimaændringer. Muligheden for at planlægge over så lang en tidshorizont giver tid til at tænke sig om og skabe bæredygtige løsninger, hvor mulige tiltag overvejes i alle dele af den kommunale planlægning. Klimatilpasning skal tænkes ind, når der alligevel skal laves ændringer af eksisterende systemer.



# Formål

Formålet med inspirationsguiden er at give forsyninger og kommuner et værktøj til klimatilpasning inden for vand- og spildevandsområdet. Inspirationsguiden formidler centrale dele af den praktisk orienterede viden med henblik på at inspirere til beslutninger om konkrete klimatilpasningstiltag.

## Definitioner

Tilpasning er et ord, der ofte opfattes defensivt. Begrebet proaktiv klimatilpasning er derfor indført for at understrege, at der er tale om en forudgribende adfærd og ikke en reaktion på noget der *er* sket.

I Inspirationsguiden anvendes følgende definitioner:

- Ved **regnvand** forstås vi nedbør
- Ved **spildevand** forstås vi vand, der afledes fra beboelse, virksomheder, øvrig bebyggelse.
- Ved **drikkevand** forstås vi det vand, der leveres fra vandforsyninger eller egne boringer med drikkevandsformål for øje
- Ved **oversvømmelse** forstås vi ukontrolleret skadevoldende opstuvning af vand



# Klimaændringer

Konsekvenserne af klimaændringer vil være adskillige og variere globalt, hvor både tørke og oversvømmelser vil opleves i stigende omfang og forskelligt i forskellige dele af verden.

Vi kan forvente en række effekter med betydning for vandforvaltningen og dermed for kommuner og forsyninger, som har afgørende indflydelse på vandets kredsløb. De forventede ændringer i henholdsvis effekttype og størrelse giver særlige udfordringer for vandsektoren i forhold til tilpasning og pålægger i dag beslutningstagere et stort pres. Flere hundrede år gamle bygninger står i dag og dæmninger, broer, veje og kloakker forventes at have en levetid på omkring 100 år og bør derfor også i dag designes eller udbygges, så de kan modstå fremtiden om 100 år.

På [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk) finder du mere information om klimaudviklingen i tal for de forskellige scenarier

## Forventede effekter af klimaændringer

	Forventet ændring	Risiko for byområder
Nedbør	Ekstremer bliver kraftigere	Oversvømmelse
Havvandstand	Ekstremer bliver kraftigere	Oversvømmelse
Grundvandsstand	Generelt højere i vinterhalvåret Lavere minima om sommeren Højere grundvandsstand i kystområder	Manglende stabilitet af bygninger og havneværker Vand i kældre
Vandløb	Ekstremer bliver kraftigere Længerevarende tørkeperioder	Oversvømmelse Tørslagne vandløb om sommeren

Kilde: Arnbjerg 2008, Sonnenborg 2007.

En statistisk 10 års regn (år 2000) forventes i år 2090 at forekomme hvert 2,5.-3,5. år mens en 100 års regn forventes, at ville forekomme med intervaller på 15-30 år. Samtidig vil vi opleve ekstremt højvande langt hyppigere end i dag (Arnbjerg 2008).

	2000	2090
Ekstremregn	Hvert 2. år Hvert 10. år Hvert 100. år	Hvert 0,7.-1,0. år Hvert 2,5. – 3,5. år Hvert 15. – 30. år
Ekstremt højvande	Hvert 10. år	Flere gange hvert år
	Hvert 100. år	Hvert 1. – 10. år

### Klimaændringerne i Danmark de næste 100 år i forhold til 1990

(A2 og B2 scenarier):

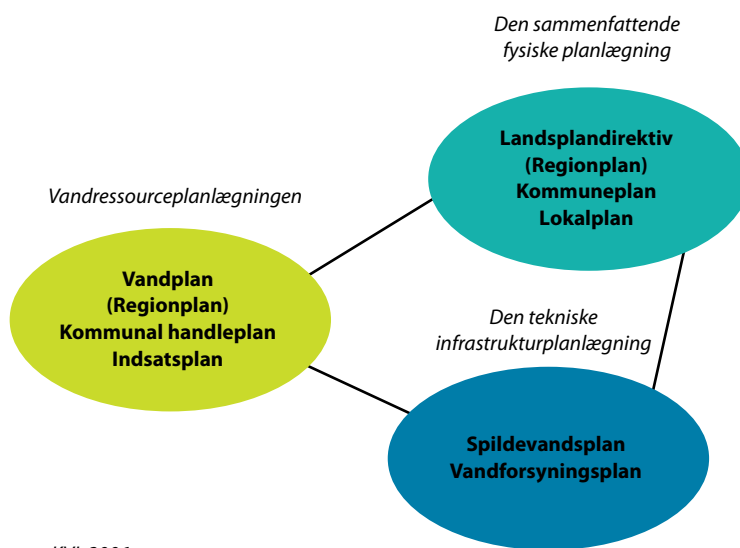
- Vintertemperatur stiger med 2-3 °C
- Sommertemperatur stiger med 1-3 °C
- Vinternedbør stiger med 18-43 %
- Ekstreme regnskyl bliver 20 % kraftigere
- Generel havniveaustigning på 0,15-0,75 m
- Maksimal vandstandsstigning ved Vestkysten på 0,7-1,05 m
- Grundvandsdannelsen stiger 6-9 % \*

Kilde: Klimatilpasningsportalen (tal iflg. FN's klimapanel IPCC og DMI's beregninger med globale og regionale klimamodeller de næste 100 år) \*GEUS



## Kommunalt planhierarki og øvrige rammebetingelser

Planlægning med betydning for vandforvaltning kan opdeles i planlægning af vandressourcer, en sammenfattende fysisk planlægning og planlægning af teknisk infrastruktur.



Figur: Baaner, KVL 2006

Den fysiske planlægning med landsplandirektiver, kommuneplaner og lokalplaner sammenfatter interesser for arealer samt integrerer hensyn til vandressourcer og andre hensyn til anvendelse af arealer. Helt overordnet skal de forskellige planer i planhierarkiet være i overensstemmelse. Planhierarkiet understreger, hvor vigtigt det er, at forsyningerne er i dialog med kommunens planlæggere allerede ved udarbejdelse af kommuneplanen. Løsninger for at skaffe ekstra afvandingskapacitet for de stigende regnmængder handler i høj grad om at koble afvandingsopgaven med byudvikling. Det gøres for eksempel ved at skabe velfungerende og attraktive bydele, hvor regnvandet håndteres lokalt med minimal gene og maksimal gevinst for bydelens brugere. Det at få byplanlægning og afvanding til at spille sammen i de tidlige faser af by- og byggeprojekter kræver mere end teknisk og økonomisk forståelse. Det kræver en ny organisatorisk platform med et fælles sprog, gensidig respekt og processer, der sikrer integration af de forskellige fagligheder.





Nogle tiltag kan løses lokalt, mens andre, f.eks. tilpasning til højere vandstande skal løses centralt og kræver planlægning på tværs af kommunegrænser og regioner. Sådanne tiltag bør udmøntes gennem landsplandirektivet.

Udover landsplandirektiver, kommuneplaner og lokalplaner er kommunernes og forsyningernes vilkår defineret af en lang række rammebetingelser. Det er vigtigt, at rammebetingelserne ses og forstås i en helhed, når indsatsen for klimatilpasning skal fastlægges, og det er især vigtigt at skabe helhedsforståelse af de nye opgaver i relation til klimatilpasning.

**Samspil** mellem kommunale forvaltninger og forsyninger kan medvirke til at skaffe øget afvandskapacitet, hvor dyre og traditionelle løsninger kan suppleres af mere decentrale og klimarobuste afvandsløsninger, som samtidig kan bidrage til at realisere andre af byens visioner i forhold til områder som:

- Attraktive nærmiljøer
- Attraktive erhvervs- og handelsområder
- Kobling til undervisning, leg og læring
- Kobling til trafikregulering
- Kobling til landskabsplan
- Overordnet bæredygtighed

## Sammenhængende vandplanlægning

Nøgleordet er sammenhængende vandplanlægning, hvor vandet i sine forskellige elementer tænkes sammen. I byerne vil kloakkerne ikke kunne rumme vandmængderne, når det virkelig regner, og kommunerne skal derfor tænke i kunstige søer og kanaler, hvor regnvandet kan opsamles.

Alle arealer må bringes i spil, derfor skal kommunerne have mulighed for at belønne grundejere, der selv håndterer den regn, der falder på deres grund for eksempel ved faskiner eller ved at lægge færre fliser eller undlade at asfaltere indkørsler mv.

Kommunerne skal også – i lyset af de nye krav til vandkvaliteten qua Vandrammedirektivet – reducere vandføringen i vandløbene. Dette vil føre til oversvømmelser i det åbne land af lavtliggende arealer. Men flere vådområder, søer og våde enge langs vandløbene vil samtidig skulle til at fungere som buffer, der holder det vand tilbage, der presser sig på inde fra landet, så der kommer færre oversvømmelser i byerne.

Der bliver behov for store investeringer i tiltag til håndtering af ekstrem regn i de kommende år. Det er endnu uvist, hvad omfanget vil blive, men den enkelte kommune må forventes at skulle investere to cifrede millionbeløb på området.

Rammebetingelser, som definerer kommuner og forsyningers vilkår i forhold til vandforvaltning:

- Vandsektorloven (ikrafttræden januar 2010)
- Betalingsloven
- Lov om vandforsyning
- Vandrammedirektivet (Lov om Miljømål)
- Den nationale klimatilpasningsstrategi
- Oversvømmelsesdirektivet
- Badevandsdirektivet
- Habitatdirektivet

## Strategier

For at udarbejde strategier, som kan udmøntes i konkrete tilpasningstiltag, er det nødvendigt at fastsætte nogle overordnede mål, der kan fungere som pejlemærker og sikre, at den vision, der formuleres for den enkelte kommune eller forsyning, kan opnås i et givent år.

I inspirationsguiden er der taget udgangspunkt i de mål, der er udvalgt i DANVA's udviklingsplan for proaktiv klimatilpasning. Målene er udvalgt, så de alle er målbare og væsentlige i forhold til at opnå et givent tilpasningsscenario i år 2100. Målene er eksempler, og selvom de enkelte kommuner eller forsyninger eventuelt fastlægger andre mål, kan strategierne fortsat inspirere til konkrete tilpasningstiltag. Eksempler på pejlemærker beskrevet ved målene:

- CO<sub>2</sub>-neutral vandsektor
- Håndtering af regnvand uden oversvømmelser
- Alle forstår ansvarsfordelingen
- Ny betalingslov
- Alt drikkevand fra grundvand

Strategierne giver eksempler på den indsats, der skal sikre, at målet nås. Udvalgte strategier er eksemplificeret i lokale cases beskrevet sidst i guiden.

Strategierne er ikke beskrevet i prioriteret rækkefølge, og en strategi kan sagtens strække sig over mange år, inden den er helt gennemført. Der kan vælges flere forskellige strategier. Strategierne kan vælges særskilt eller i kombination med hinanden. Der vil være lokale forhold (politiske valg, geografiske/geologiske forhold mv.), der afgør de forskellige strategiers anvendelighed.

Inspirationsguiden er bygget op omkring de mål, der er fastsat i DANVA's udviklingsplan, hvor indsatsen eksemplificeres ved en række strategier for at kunne nå de enkelte mål. I KL's klimaudspil udmøntes strategierne gennem tre indsatsområder.

Der er i KL's klimaudspil "del 1" fokuseret på indsatsområderne: Energi, transport og vand. I "del 2" er kommunernes opgaver vedrørende vand nærmere beskrevet under Tilpasning – vand:

- Sammenhængende vandplanlægning – en ny måde at håndtere vand på
- Mere regn – flere problemer med jordforurening
- Kysterne under pres
- Klimaet stiller krav til samarbejde i det kommunale beredskab

I Del 2 – natur er der peget på, at kommunerne skal rejse skov og lave vådområder.

I det følgende beskrives en række eksempler på strategier. Strategierne vil enkeltvis eller i kombination opfylde et eller flere af målene i DANVA's udviklingsplan og udmønte en indsats indenfor KL's indsatsområder.

## Strategier for "CO<sub>2</sub>-neutral vandsektor"

For at nå de fremtidige globale CO<sub>2</sub> reduktionsmål vil det nu og fremover være nødvendigt, at alle aktører påtager sig et ansvar. Der skal fokuseres på muligheder frem for trusler og udvikles ny teknologi og nye forretningsområder. Forsyningerne skal medvirke til at reducere udledningen af drivhusgasser gennem øget indsats for at opnå energibesparelser, gennem udnyttelse af spildevand som en ressource til energiproduktion, ved brug af vedvarende energi, skovrejsning mv. Energibesparelserne kan opnås både ved at reducere energiforbrug og de mængder vand, der skal håndteres. I denne proces skal der ske en afvejning af energiforbrug i forhold til miljøkvalitet, f.eks. ved brug af LCA. Der kan vælges flere forskellige strategier. Strategierne kan vælges særskilt eller i kombination med hinanden:

Carbon footprint er et begreb, som dækker over en persons, en virksomheds, en hændelses eller et produkts udledning af CO<sub>2</sub>. Carbon footprint bliver typisk opgjort i ton og indeholder al aktivitet, som medfører et udslip eller et optag af CO<sub>2</sub>. Formålet med at opgøre CO<sub>2</sub>-udledningen er at få indblik i personens, hændelsens, virksomhedens eller produktets betydning for den globale opvarmning.

### • Carbon footprint

Ved at beregne sit carbon footprint, bliver det mere overskueligt for den enkelte aktør at reducere sit forureningsudslip. Der findes allerede en række internetsider, der giver mulighed for at beregne CO<sub>2</sub> udslip ved en given aktivitet, og KL har udarbejdet en CO<sub>2</sub> beregner, der kan anvendes i kommuner til beregning af en kommunes udledning af drivhusgasser og CO<sub>2</sub> optag fra alle typer aktiviteter og kilder inden for kommunegrænsen.

Læs mere om den kommunale CO<sub>2</sub> beregner på Danmarks Miljøportal, hvor den også kan downloades [http://www.miljoportal.dk/CO<sub>2</sub>-beregner/](http://www.miljoportal.dk/CO2-beregner/)

En række forsyninger, DANVA og Krüger har udarbejdet et nyt værktøj: "Energiberegner for renseanlæg" som findes på [www.danva.dk](http://www.danva.dk) og gratis kan benyttes af alle. Regnemaschinenens mål er at hjælpe danske renseanlæg og pumpestationer til et mindre elforbrug. I modellerne kan forsyningerne selv indtaste de komponenter, som findes på det enkelte renseanlæg og få målt den faktiske effektoptagelse af hver komponent under drift. Herefter vælges optimeringstiltag, og modellen beregner, hvor meget energi, der kan spares på hver komponent, hver anlægsdel, anlægget samlet samt tilsvarende reduktion i udledt CO<sub>2</sub>. Ligeledes kan besparelspotentialet for transportledninger beregnes.

Københavns Energi har igangsat et struktureret arbejde vedr. livcyklusanalyser (LCA) med fokus på energi og miljø fra vugge til grav. Læs mere i case 2.

Samlet set betyder det, at kommuner og forsyninger allerede har taget mange skridt i forhold til at synliggøre forsyningernes carbon footprint og nedbringe CO<sub>2</sub>-udledningen.

Mange renseanlæg har gennem en årrække udarbejdet grønne regnskaber og derved synliggjort forbedrende tiltag for at reducere for eksempel CO<sub>2</sub>-udledningen. Rækken af forsyninger, som bliver certificeret indenfor miljø- og arbejdsmiljø, bliver stadig større. Mange forsyninger har i en længere årrække frivilligt gennemført benchmarking og har derigennem sat fokus på effektivisering, energibesparelser og CO<sub>2</sub>-reduktion.

### • Vedvarende energi

Indkøb af CO<sub>2</sub> neutral elektricitet og handel med CO<sub>2</sub> kvoter kan blive forretningssementer, som forsyningerne i fremtiden skal forholde sig til.

Nye teknologiske løsninger baseret på vedvarende energi giver nye muligheder, f.eks. forventes kombination af afsaltningsanlæg og bølge- eller vindenergi på internationalt niveau at blive et interessant udviklingsområde. Tilsvarende forventes nye løsninger i forhold til udnyttelse af solenergi, vindenergi mv. at give vandsektoren mulighed for at reducere CO<sub>2</sub>-udledningen.



## • Energioptimering

Energioptimering omfatter både fuld udnyttelse af produceret energi på renseanlæg og driftsoptimering af renseanlæg mht. ændrede vandmængder mv.

Danmarks vandforsyninger og kloakforsyninger har et årligt elforbrug på ca. 800 GWh. Undersøgelser dokumenterer, at besparelspotentialet er stort, nemlig ca. 200 GWh svarende til ca. 25%.

I den forbindelse blev der i 2007 igangsat en kampagne i samarbejde med Elsparefonden. Kampagnens mål er at realisere en elbesparelse på 25% i løbet af 5 år, svarende til en effektivisering af "produktionen" på 33%. Som absolut minimumsmål skal der opnås en reduktion af elforbruget på samlet set minimum 10% over 5 år, svarende til en effektivitetsforøgelse på mindst 11%. Besparelsen beregnes som reduktionen af relevante nøgletal for elforbrug. Som en del af kampagnen udvikles et brugervenligt katalog, som viser en række løsninger og tiltag, der med fordel kan benyttes i de forskellige processer i vandkæden samt disses elbesparende potentiale.

## • Energiproduktion

Potentialet for energiproduktion hos forsyningerne ligger særligt i spildevandsslam (det uundgåelige restprodukt fra spildevandsrensning), hvor der er en del energi at hente med den rette indretning af anlægget.

Hvis man helt generelt betragter slam som en blanding af tørstof og vand, så vil det effektive energiindhold i slammets afhænge af indholdet af vand og af energiindholdet i tørstoffet. For samme tørstofsammensætning vil slammets energiindhold således stige med stigende tørstofindhold. Ved udrådning omdannes en del af slammets indhold af tørstof til biogas. Denne biogas kan benyttes til fremstilling af elektricitet og/eller varme og kan dermed erstatte fossile brændsler, således at der opnås en CO<sub>2</sub>-gevinst. Slamtørstoffets specifikke energiindhold (dvs. i kJ/kg TS) vil generelt falde ved udrådningen, men da slam-

Information om energisparekampagnen og den nuværende 'Best Practice' på området kan findes på [www.energisparelser-vand.dk](http://www.energisparelser-vand.dk)





met efter udrådningen kan afvandes til et højere tørstofindhold, har udrådningen normalt ikke nogen negativ indvirkning på energiindholdet i slammet efter slutfavandning.

Afvandet slam skal – afhængig af sammensætningen – have et tørstofindhold på 28 – 34% TS for at det er selvforbrændende, dvs. for at energiindholdet heri er højt nok til at fordampe resten af vandet og til at sikre en tilstrækkeligt høj temperatur i forbrændingen. Fra forbrændingsanlægget vil der være mulighed for at genvinde en del varme, der kan benyttes til rådnetanksopvarmning og/eller bygningsopvarmning (på renseanlægget eller uden for renseanlægget via fjernvarmenettet). For større anlæg vil der desuden være mulighed for produktion af elektricitet ved hjælp af dampturbiner. Ved energigenvindingen opnås således også en CO<sub>2</sub>-gevinst gennem fortrængning af fossilt brændsel. Men gevinstens størrelse afhænger af de aktuelle forhold.

DANVA's publikation:  
"Håndtering af spildevands-  
slam – katalog over metoder  
til behandling og slutdisponering"  
(juni 2009) formidler forskellige løs-  
ninger vedr. energiudnyttelse af spildevands-  
slam og redegør for overordnede  
miljømæssige betragtninger i relation  
til løsningernes CO<sub>2</sub>-påvirkning.

Et andet energipotential findes i varmeindholdet i spildevand og drikkevand. Ved brug af varmepumpeteknologi vil det være teknisk muligt at udnytte denne varme, f.eks. til opvarmning af fjernvarmenettets returvand. Nuværende afgiftsregler gør dog i dag ikke udnyttelsen økonomisk attraktiv.

Der mangler en udredning af potentialt for udnyttelse af varme i spildevand og drikkevand samt en vurdering af betydningen for besparelsen af konventionelt brændstof og tilhørende CO<sub>2</sub>-udledning.

Et af DANVA's Forsknings- og Udredningsprojekter 2009 omhandler optimal udnyttelse af varmeenergi fra spildevand. Se mere information om projektet på [www.danva.dk](http://www.danva.dk)

## • Skovrejsning

Skovrejsning er et velkendt tiltag i forbindelse med grundvandsbeskyttelse, men kan også ses som et kompenserende tiltag i forhold til CO<sub>2</sub>-udledningen, når vandsektorens samlede CO<sub>2</sub>-regnskab skal fastlægges.

Skov- og Naturstyrelsen har udgivet en pjece: "Skovrejsning i kommuneplanlægningen". Heri skrives, at skovrejsning er interessant i forbindelse med klimatilpasning på grund af de positive miljøeffekter. Skovene forbedrer det lokale klima, binder CO<sub>2</sub> og beskytter grundvandet. Et 100 år gammelt bøgetræ har optaget ca. 6 tons CO<sub>2</sub> gennem hele livet. Lokalklimaet i byerne vil som udgangspunkt forbedres på grund af skovene. Støvmængden vil falde og temperaturen i større byer vil blive mere behagelig om sommeren, hvor der vokser træer. Desuden vil man opleve bedre læ i de boligarealer, der ligger som nabo. Det er en god ide at udlægge skovrejsningsområder på følsomme indvindingsområder for at beskytte drikkevandsinteresser. Skovrejsning med løvtræer på landbrugsjord vil sjældent reducere grundvandsdannelsen nævneværdigt, men vil beskytte grundvandet mod udvaskning af pesticider og nitrat.

Anvendelsen af skovrejsning som CO<sub>2</sub>-kompensation f.eks. i forbindelse med flyrejser har været kritiseret bl.a. med begrundelse i, at tidsperspektivet i forhold til træernes optag af CO<sub>2</sub> og den konkrete flyrejse er helt usammenlignelige. Men da der er et tilsvarende langsigtet tidsperspektiv i forhold til grundvandsdannelse, bør det drøftes, om skovrejsningens CO<sub>2</sub>-optag er relevant i forhold til den samlede vandsektors CO<sub>2</sub>-footprint.

For at skovrejsning kan medtages som CO<sub>2</sub>-kompensation er det naturligvis nødvendigt, at den endelige anvendelse af skovens træ sker på en måde, hvor træet i sidste ende erstatter anvendelse af fossilt brændstof. Ellers er der blot tale om en forsinket udledning af CO<sub>2</sub>.



Set i lyset af de øvrige positive effekter i form af grundvandsbeskyttelse, faldende støvmængder i byer, læ, lokale temperatursænkninger mv. ses skovrejsning som et klimatilpasningstiltag, der bør vurderes i sammenhæng med de øvrige lokale klimatilpasningstiltag. Dertil kommer, at skove og vådområder er gode til at begrænse belastningen med kvælstof og fosfor, som bliver et af de afgørende indsatsområder, når de kommende vand- og naturplaners kvalitetsmålsætninger skal realiseres. Kommunerne har behov for, at der skabes rammer for, at kommunerne kan realisere de nødvendige skovrejsnings- og vådområdeprojekter. Her tænkes på alt fra at anvende jordkøbsnævn til at kunne ekspropriere.

Læs om skovrejsning i case 3 (Anebjerg).

### • **Teknologiudvikling**

Målrettet teknologiudvikling er en forudsætning for opnåelse af en CO<sub>2</sub>-neutral vandsektor. Et vigtigt mål for udviklingsarbejdet er at muliggøre udnyttelse af spildevand som en ressource. DANVA's Forsknings- og Udredningskonto har både i 2008 og 2009 bevilget midler til projekter omhandlende energibesparelsetiltag og CO<sub>2</sub> reduktion i vandsektoren. I forbindelse med ny vandsektorlov etableres en Teknologiudviklingsfond med det formål at fremme forskning og udvikling i den danske vandsektor. Læs nærmere om Teknologiudviklingsfonden på: [http://www.folketinget.dk/doc.aspx?/Samling/20081/lovfor-slag/L150/som\\_vedtaget.htm](http://www.folketinget.dk/doc.aspx?/Samling/20081/lovfor-slag/L150/som_vedtaget.htm)

### • **Samarbejde og ERFA**

Samarbejde og erfaringsudveksling er nødvendige værktøjer og også helt naturligt et vigtigt led i DANVA's energisparekampagne. Kampagnen skal rykke beslutningstagerne ud af deres vante mønstre for indkøb, adfærd og holdning til driften, og det er sket ved at sætte fokus på barrierer i forhold til energibesparelsetiltag og på konkrete løsninger. Det er vigtigt, at der etableres en dynamisk samarbejdsstruktur, der både omfatter forsyningerne og de øvrige parter i den samlede vandforvaltning. Fokus på klimaledelse som en ny ledelsesdisciplin kan medvirke til at sikre samarbejde og erfaringsudveksling. Læs nærmere herom i case 1 om klimaledelse.



Vand og energi hænger sammen, og både i Danmark og internationalt er der stor fokus på dette samspil. Teknologier i forhold til energieffektivitet samt nye og eksisterende synergieffekter mellem vand- og energisektoren er et internationalt udviklingsområde. Læs mere på [www.iwahq.org](http://www.iwahq.org)

## **Strategier for "Håndtering af regnvand uden oversvømmelser" – herunder stormflod på kyster**

Udfordringen med hensyn til at undgå ukontrollerede, skadevoldende oversvømmelser vil være at skaffe øget afvandingkapacitet for de stigende regnvandsmængder og at kunne håndtere vandstandsstigningen i havet.

Klimaet lægger nu pres på kysterne, og kystsikringen skal mange steder forstærkes. Stigende havvandsspejl og stærkere storme øger risikoen for stormflod på Danmarks lange kyststrækning. Bortset fra Vesterhavskysten, som er udpeget som risikoområde og hvor staten derfor har hovedansvaret, er det den enkelte grundejer, der er ansvarlig for at sikre kysten. Kommunerne vil gerne bidrage til at udforme helhedsorienterede kystsikringsprojekter og skabe opbakning til disse. KL opfordrer derfor til, at Staten udpeger særlige risikoområder, hvor det offentlige tager et medansvar for kystsikringen, og at staten skal sikre finansieringsgrundlaget for denne supplerende kystsikring.

Rekreativt vandbassin med bevoksning til rensning af regnvand, Potsdamer Platz, Berlin. Foto: A. Backhaus.



Den stigende vandstand og den forøgede risiko for stormflod vil især stille krav til kystkommunerne. Der skal etableres foranstaltninger til afledning af vand fra åer, regnvandssystemer samt overløbsbygværker fra kloaksystemet.

For at målet om håndtering af regnvand uden oversvømmelser kan nås, skal der både udvikles ny viden, ny teknologi og skabes veldokumenterede praktiske løsninger. Derudover er det en forudsætning, at mål vedr. "alle forstår ansvarsfordelingen" og "ny betalingslov" også opnås.

Innovationsprojektet 19K har sat fokus på innovative samarbejdsprocesser indenfor kommunaltekniske forvaltninger og offentlige forsyningselskaber med udgangspunkt i afløbsbranchens nye udfordringer med fokus på innovativ håndtering af regn. Læs mere herom på [www.19k.dk](http://www.19k.dk) og i case 12.

De øgede regnmængder giver også udfordringer i forhold til vandmiljøet, som kommunerne skal have fokus på i forhold til overholdelse af Vandrammedirektivet. Klimaforandringerne vil medføre, at kvælstofudvaskningen på nogle arealer øges på grund af øget mineralisering og mere nedbør i de milde vintre. På andre arealer vil udvaskningen nok falde, både fordi der vil være mulighed for mellemafgrøder og fordi rodsystemet udvikles bedre ved de højere temperaturer om efteråret, og dermed optager planterne mere kvælstof. De stigende nedbørsmæng-

der om vinteren vil sammen med øget nedbørsintensitet føre til større udledninger af fosfor til vandmiljøet. Samtidigt bliver vandmiljøet mere følsomt over for næringsstofbelastning ved varmere temperaturer.

Den stigende grundvandsstand vil betyde flere vandlidende landbrugsjorde og flere oversvømmede arealer. Der kan således forventes et ønske fra landbruget om dræning.

Der kan vælges flere forskellige strategier til at øge afvandingskapaciteten. Strategierne kan vælges særskilt eller i kombination med hinanden. Læs om erfaringer med prioritering af afstrømningssystemerne i Greve i case 5.

### • Større rør og bassiner

IDA's spildevandskomite har udgivet skriftet *"Forventede ændringer i ekstremregn som følge af klimaændringer"* (Skrift 29) med det formål at vurdere hvilken klimafaktor, som defineret i Skrift 27, der skal anvendes fremover.

Rapporten konkluderer, at ekstremt regnvejr, der statistisk set kun forekommer én gang hvert 100. år, i fremtiden kan forekomme hvert 10. eller 15. år. Rapporten peger på, at det samlede afvandingsystem skal kunne håndtere 30% mere vand i løbet af 100 år.

En rapport fra By- og Landskabsstyrelsen (Arnbjerg 2006) peger på, at det er samfundsøkonomisk optimalt at gøre kloakkerne større, hvis man sammenligner omkostningerne til udbygning af kloaksystemer med omkostningerne på skader i byer. Opdimensionering af ledningsnet og bassiner bør imidlertid ikke stå alene, da den samfundsøkonomiske gevinst bliver endnu større, hvis man ved intelligent byplanlægning kan kombinere større kloaksystemer med andre tiltag, såsom planlægning af, hvilke områder, der kan oversvømmes. Dog udestår der udvikling af værktøjer til fastlæggelse af det optimale tidspunkt for disse investeringer i sammenhæng med udviklingen i klimaændringer.

Århus Vand og Spildevand arbejder i øjeblikket på at skabe mere plads til vand og spildevand. For tiden opføres bl.a. et 15.000 kubikmeter stort regnvandsbassin mellem Århus Å og Bymuseet i Carl Blochs Gade. Bassinet står helt færdigt i 2010. Ifølge planen "Forbedret vandkvalitet i Brabrand Sø, Århus Å og Århus Havn" skal der i Århus bygges overløbsbassiner m.m. for 340 millioner kroner, indtil der i 2011 er anlagt i alt ca. 48.000 kubikmeter bassiner. Læs nærmere i case 17.



Som en del af klimatilpasningen har Odense Vandselskab brugt rør på helt op til 2,5 meter i diameter.





- **Separatkloakering**

I separatsystemet adskilles spildevand og regnvand. Separatkloakering fjerner risikoen for spildevand i kælderens eller på terrænen under kraftige regnbyger. Ved regn transporteres mindre vand til renselanlæggene. Hermed reduceres energiforbruget, fordi mængden af vand, der skal håndteres og behandles reduceres.

Separatkloakering er den primære kloakeringsform i nye bydele, og en række kommuner har også igangsat arbejde med at separatkloakere udvalgte ældre bebyggede områder. Læs om Aalborgs erfaringer med separatkloakering i case 15 og om Hernings anvendelse af semiseparering som et fleksibelt skridt på vejen i case 14.

- **Integrerede systemer**

Optimering af eksisterende system, hvor der skabes bedre samspil ml. renselanlæg og afløbssystem ved optimal udnyttelse af bassiner, ledningskapaciteter, pumpestationer og renselanlæg. Ved centralisering af renselanlæg skal fordele og ulemper beskrives i forhold til bl.a. ressourcer og energibesparelser samt risiko for udtørring af vandløb. Der er behov for teknologiudvikling i forhold til SRO anlæg, modellering, varsling mv.

Læs case 16 fra Odense vedr. mere vand igennem renselanlægget.

Læs case 9 om opkøb og nedrivning af boliger i Odense

Forskningsprojektet Storm and Wastewater Informatics (SWI) handler om optimeret drift af integrerede regn- og spildevandssystemer. Læs mere på <http://swi.er.dtu.dk>

- **Decentral håndtering af regn**

Afkobling af regnvand fra systemet indeholder elementer til lokale løsninger for håndtering af regnvand, teknologier til rensning af regnvand og integreret planlægning, hvor der tænkes i synergi mellem tiltag indenfor byudvikling og vandforvaltning.

Forudsætning for øget decentral håndtering af regn er, at der skabes teknologiudvikling og nye praktiske løsninger.

Læs om retningslinier for fremtidigt byggeri og beslutninger vedr. LAR løsninger i Midelfart Kommune, case 7. Læs endvidere om lokal anvendelse af regn i Københavns kommune i case 13.

Innovationsprojektet 19K har udarbejdet et web-baseret idekatalog over eksisterende løsninger – hvilke muligheder kender vi i dag for tilbageholdelse, forsinkelse og reduktion af regnvandet. Projektet sætter især fokus på innovationen i kendte løsninger, så resultaterne kan udvikles og så vidt muligt fremtidssikres, så krav relateret til klimaændringer, vandmiljøplaner og Vandrammedirektivet indtænkes i løsningsforslagene. Læs nærmere på <http://www.19k.dk/idekatalog>

Udviklingsprojektet 2BG har set nærmere på om nedsivning af regnvand til grundvand er en aflastningsmulighed. I projektet udvikles en model, der kan kvantificere det totale urbane vandkredsløb med fokus på interaktioner med grundvandsystemet. Modellen er indledningsvis brugt til groft at analysere konsekvenserne ved stor skala nedsivning af regnvand i byområder i perioden 1850-2003. Læs nærmere om modellens resultater i case 12.

## Strategier for "Alle forstår ansvarsfordelingen"

For at alle kan forstå ansvarsfordelingen og for at skabe overensstemmelse mellem samfundets opfattelse af ansvar og det juridiske ansvar er det nødvendigt at skabe overblik over det juridiske grundlag, klarlægge roller og definitioner og formidle dette klart og tydeligt.

## • Juridisk grundlag

Der er behov for overblik og klarhed over eksisterende lovgivning og ændringer af de nuværende rammer for at skabe et hensigtsmæssigt juridisk grundlag i forhold til klimatilpasning. F.eks. kan der være behov for ændring af planloven, så myndighederne kan udpege metoder til klimatilpasning for specifikke områder. Tilsvarende kan der være behov for ændringer i Bygningsreglementet. Klimatilpasning af byggeriet kan kun reguleres gennem Bygningsreglementet. Det skyldes, at kommunerne fra 2009 ikke længere skal byggesagsbehandle tekniske forhold i "ikke komplekst byggeri", som omfatter enfamiliehuse, sommerhuse og visse ukomplicerede erhvervsbyggerier.

## • Roller og definitioner

Der er bl.a. behov for en klarlægning af, hvem der juridisk set har en rolle i forhold til håndtering af stigende grundvandsstand. I dag kan der opstå lokalt politisk pres for at vandværkerne skal påtage sig ansvaret, hvis de holder op med at indvinde lokalt. Der findes ingen lovgivning på området. Tilsvarende er der behov for en klarlægning af roller i forhold til håndtering af øgede regnmængder. Myndigheder, forsyninger og grundejere skal samlet håndtere regnvandet. Aktørerne skal ligeledes samlet sikre, at vand kan ledes til recipient uanset havvandsstigninger. Der er behov for en præcisering og formidling af hhv. myndigheders, forsyningsselskabers og grundejeres roller og ansvarsfordeling i regnvandshåndteringen.

## • Kommunikationsplan

Det er vigtigt, at ansvarsfordelingen bliver synliggjort og formidlet til alle relevante parter. Det er derfor nødvendigt med en kommunikationsplan, der beskriver hvordan formidlingen gennemføres via pjecer, kampagner, lobbyarbejde, Kommunen Kommunikerer Kloak ([www.danva-kkk.dk](http://www.danva-kkk.dk)) mv.

Kommunikation er også essentiel i forbindelse med fastlæggelse af beredskabsplaner. De kommunale beredskaber skal i højere grad end i dag kunne spille sammen – på tværs af kommunegrænser og med staten. Det kræver øget samarbejde, nye organiseringsformer og revurdering af eksisterende evakuerings- og indkvarteringsplaner. Det kommunale beredskab skal kunne håndtere nye situationer, hvor mange personer skal indkaldes hurtigt til flere og større hændelser.

## Strategier for "Ny Betalingslov"

Der skal udvikles en betalingsstruktur, der skaber incitament til decentral håndtering af regnvand.

Der er ikke på grundlag af de nuværende Betalingsregler (og heller ikke efter konsekvensændringslovens vedtagelse) adgang til via Betalingsvedtægten eller på anden vis, at lave en generel incitamentsbaseret ordning. Der er i dag kun mulighed for med hjemmel i Spildevandsplanen at udpege områder, hvor tilslutningspligten og -retten kan ophæves herunder også delvist for tag- og overfladevand. Ophævelsen kan kun ske, hvis den enkelte grundejer samtykker heri.

Der er således behov for en ny Betalingslov. Betalingsstrukturen skal sikre at vandforvaltningen kan ske med fokus på hele vandkredsløbet i tæt samarbejde mellem myndighed, drift og grundejer efter "forureneren betaler" princippet.



For at sikre, at der skabes en hensigtsmæssig incitamentsstruktur, skal forsyninger og kommuner i tæt dialog med de rette ministerier med henblik på at opstille forslag til modeller for betaling for regnvandshåndtering og udarbejde forslag til struktur for en samlet tværgående vandforvaltning af vandkredsløbet.

## Strategier for "Alt drikkevand fra grundvand"

### • Undgå oversvømmelser af boringer

Oversvømmelser af boringer kan håndteres ved hensigtsmæssig indretning af vandforsyningernes boringer på baggrund af en vurdering af risikoen for oversvømmelse. Læs nærmere om hvordan Århus Vand og Spildevand arbejder målrettet med at undgå oversvømmelser via arbejde med Dokumenteret Drikkevandssikkerhed i case 21.

### • Undgå forurening af grundvand ved nedsivning af regnvand

Håndtering af øgede regnmængder ved nedsivning skal naturligvis ske på en måde så det sikres, at nedsivningen ikke forurener grundvandet.

Det bør vurderes, om der er behov for krav i forhold til byggematerialer f.eks hvilke tagmaterialer der må anvendes og hvilke produkter, der må anvendes til vedligehold (maling, træbeskyttelse, algefjerner mv.) samt om der evt. skal stilles krav til hvilke produkter, der i øvrigt må/ikke må anvendes på grunden.

Stigning i grundvandspejlet kan betyde, at grundvandet risikerer at stå så højt, at der skabes direkte forbindelse til gamle lossepladser og andre forurenede områder. Læs mere om undersøgelser udført i relation til Hørløkke losseplads på [www.cliwat.eu](http://www.cliwat.eu)

#### *Mere regn – Flere problemer med jordforurening.*

Når klimaet ændrer sig med flere meget våde og meget tørre perioder ændres betingelserne for, hvordan jord- og grundvandsforurening nedbrydes. Der skal findes andre løsninger på problemerne, og det kan få betydning for, hvad forurenende arealer kan anvendes til. Kommunerne skal revurdere risikoen ved tidligere forureninger blandt andet i forbindelse med ansøgninger om ændret arealanvendelse for eksempel fra industri- til boligformål, og det bliver nødvendigt at lave nye risikovurderinger. Det ændrede klima kan også betyde, at en gammel forurening kan komme til at true kvaliteten i en vandforsyning.

### • Dyrk vand - optimering af grundvandsdannelse ved regnvand som ressource.

Optimering af grundvandsdannelse ved regnvand som ressource kan ske ved målrettet nedsivning af regnvand, hvor der er behov for øget grundvandsdannelse.

Andre elementer i strategien kan være flere vådområder til styrkelse af nedsivningen og flere ådale.

Nedsivning med henblik på grundvandsdannelse er dog ikke ukompliceret. Igangværende forskningsprojekt viser, at kun en mindre del af den nedsivede regnmængde går til magasinopbygning. Afstanden til grundvandspejlet er en begrænsende faktor for mængden af regnvand, der kan nedsives.

Tag- og overfladevand kan med kommunalbestyrelsens tilladelse afledes til nedsivningsanlæg, jf. spildevandsbekendtgørelsens §30. Tilladelse til nedsivning af tag- og overfladevand kan kommunalbestyrelsen kun meddele, hvis følgende betingelser er opfyldt:

- afstanden til vandindvindingsanlæg, hvortil der stilles krav til drikkevandskvalitet er mindst 25 meter.
  - nedsivningsanlægget dimensioneres, placeres og udføres således, at der ikke opstår overfladisk afstrømning, overfladegener eller gener i øvrigt
  - afstanden fra nedsivningsanlægget til vandløb, søer og havet er mindst 25 meter
- tag- og overfladevand kommer ikke fra offentlige veje, jernbaner eller befæstede arealer, der anvendes til parkering for mere end 20 biler.

GEUS undersøger klimaændringernes effekt på det danske vandkredsløb. På baggrund af klimascenarier udarbejdet af DMI beregnes, hvilken effekt klimaændringerne har på hydrologien i hhv. Vestjylland og Sjælland. Beregningerne foretages vha. DK-modellen, som er den nationale hydrologiske model. Resultaterne viser, at geologien har en signifikant effekt på klimaændringernes effekt med store påvirkninger af grundvand i det sandede Vestjylland, mens påvirkningerne er størst for vandløbsafstrømning på det mere lerede Sjælland. Konsekvenserne er, at grundvandet er steget i Vestjylland. I Østdanmark har den øgede nedbør ikke haft den store effekt, fordi regnvandet har sværere ved at trænge ned gennem lerjorden. På Sjælland, hvor der stadig er et stort pres på vandet, har man ganske vist konstateret, at grundvandet er steget omkring 10 cm om året siden 1990, men det skyldes udelukkende, at der ikke indvindes så meget drikkevand som tidligere. Vandforbruget i København var 300 liter pr. person pr. døgn i 1970-erne, mens det gennemsnitlige daglige vandforbrug nu er nede på ca. 112 liter pr. person.

Læs nærmere om optimering af grundvandsdannelse i case 20.

- **Undgå forurening af grundvand ved pesticidanvendelse som følge af ændret landbrugsdrift.**

Dansk Landbrugsrådgivning forventer, at klimaændringerne vil påvirke dansk planteavl, og skriver: "Alt i alt er det vanskeligt at spå om, hvordan pesticidforbruget vil udvikle sig med et varmere klima, men sandsynligvis vil vi se et øget bekæmpelsesbehov." (Dansk Landbrug og fremtidens klima, Agro Tech – Institut for Jordbrugs- og Fødevareinnovation).





Frivillige dyrkningsaftaler mellem vandværker og landbrug kan indgås med det formål at beskytte grundvandet mod forurening. På [www.danva.dk](http://www.danva.dk) findes en vejledning om sådanne aftaler udarbejdet i samarbejde mellem de to vandværksforeninger og landbrugets organisationer. Denne vejledning kan anvendes som guide ved indgåelse af dyrkningsaftaler.

Dansk Landbrug og DANVA er i 2009 nået til enighed om en mere effektiv obligatorisk grundvandsbeskyttelse. Med aftalen er der enighed om, at de såkaldte boringsnære beskyttelsesområder (BNBO) skal beskyttes bedre. De boringsnære beskyttelsesområder strækker sig op mod 300 m omkring vandboringerne og aftalen betyder, at landmanden her fremover pålægges dyrkningsmæssige begrænsninger og forbud mod at bruge pesticider. Læs nærmere på DANVAs hjemmeside [www.danva.dk](http://www.danva.dk)

Der foregår forhandlinger mellem KL, DANVA og Staten om implementering af obligatoriske BNBO'er omkring indvindingsboringer.

- **Sikre at kvaliteten ikke forringes i ledningsnettet**

Der er på sigt behov for udvikling og implementering af tiltag, der kan sikre at temperaturstigninger i ledningsnettet ikke forringer drikkevandets kvalitet.

Muligheder for isolering af vandledninger eller fremtidig anbringelse i større dybder skal evt. undersøges. På sigt kan brug af varmepumper, som beskrevet under afsnit om energiproduktion, måske anvendes til udvinding af varme fra vand i ledningsnet, rentvands-tanke mv. med den positive sidegevinst, at vandet samtidig køles. Det er naturligvis afgørende, at varmepumpeløsningerne sikres, så forurening af drikkevandet undgås.

Risiko for oversvømmelse skal vurderes ved valg af tilbagestrømningssikring. Ny vejledning om tilbagestrømningssikring finansieret af Erhvervs- og Byggestyrelsen udkommer som en Rørcenteranvisning i efteråret 2009.

Ved valg af materialer i ledningsnettet skal det også fremover sikres, at der ikke sker uacceptabel afsmitning fra materialet til drikkevandet.

- **Sikre kvantitet**

Vandindvindingstilladelser er forudsætningen for at sikre kvantitet, og langvarige vandindvindingstilladelser skal sikre langsigtet planlægning og forsyningsikkerhed. Samtidig bør der dog udvikles procedurer og bedre samarbejde for sikring af kvantitet under hensyntagen til klimaændringernes konsekvenser for vandressourcen og for opnåelse af Vandrammedirektivets miljømål. Klimatilpasning giver mulighed for at få hele vandkredsløbet i spil og derved skabe bedre bæredygtighed i vandforvaltningen.

HYACINTS projektet (HYdrological Modelling for Assessing Climate Change Impacts at different Scales) er et forskningsprojekt, der sigter mod at udvikle det videnskabelige grundlag for næste generation af metoder til konsekvensvurderinger af klimaændringers effekt på vandressourcen. Se case 19 om Hyacints projektet vedr. konsekvenser for vandforsyningen eller [www.hyacints.dk](http://www.hyacints.dk)



## Cases

I de følgende afsnit beskrives en række cases fra kommuner og forsyninger som illustrerer, hvordan de beskrevne strategier er udmøntet i konkrete tiltag. De enkelte afsnit er specifikt udtryk for den valgte strategi i den pågældende kommune eller forsyning og er ikke et udtryk for en anbefaling men tjener udelukkende som inspiration.

På Energistyrelsens portal [www.klimatilpasning.dk](http://www.klimatilpasning.dk) er det muligt at finde flere cases på konkrete klimatilpasningstiltag og tiltag til forebyggelse af klimaændringer i kommunerne.

# Case 1:

## Klimaledelse

Grontmij | Carl Bro har udgivet en håndbog om klimaledelse. Klimahåndbogen er et praktisk og let tilgængeligt værktøj til alle ledere i offentlige og private virksomheder, som ønsker at mestre den nye ledelsesdisciplin eller søger inspiration til at gøre det på nye måder. Læs mere om håndbogen på [www.grontmij-carlbro.dk](http://www.grontmij-carlbro.dk)

### Uddrag fra håndbogen, kapitel om klimaledelse i forsyningsselskaber:

*Af Carl-Emil Larsen, Danva*

Klimaledelse er en ny ledelsesdisciplin, som kan forventes at blive en integreret del af danske forsynings fremtidige ledelsessystemer. Selvom forsyninger i dag kun har få erfaringer med formaliserede klimaledelsessystemer, giver mange af de igangværende aktiviteter et flot afsæt for implementering af egentlig klimaledelse.

Mange renseanlæg har gennem en årrække udarbejdet grønne regnskaber og derved synliggjort forbedrende tiltag for at reducere for eksempel CO<sub>2</sub> udledningen. Rækken af forsyninger, som bliver certificeret indenfor miljø- og arbejdsmiljø bliver stadig større. Flere vandforsyninger har introduceret HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) for at forbedre drikkevandsikkerheden, og senest er dette risikostyringsværktøj også blevet introduceret i forhold til risikoanalyse ved transport, rensning og udledning af spildevand i Odense Vandselskab.

Mange forsyninger har i en længere årrække frivilligt gennemført benchmarking og har derigennem sat fokus på effektivisering, energibesparelser og CO<sub>2</sub> reduktion. Dansk Vand- og Spildevandsforening, DANVA, har iværksat en energisparekampagne i samarbejde med Elsparefonden for at sætte fart på vandsektorens energibesparelser. Målet er en besparelse på 25% af sektorens årsforbrug af el svarende til 100.000 tons CO<sub>2</sub> på 5 år. Samtidig har DANVA de seneste 2 år gennemført udviklingsprojekter indenfor temaet energibesparelse og CO<sub>2</sub> reduktion.

Derudover er forsyninger, ligesom øvrige danske virksomheder, begyndt at se nærmere på virksomhedernes samfundsmæssige ansvar i forhold til sociale og miljømæssige forhold – Corporate Social Responsibility – som en integreret del af virksomhedernes strategi og forretningsaktiviteter. Odense Vandselskab har i 2008 som den første danske vandforsyning publiceret en ansvarlighedsrapport. I rapporten bliver årets sociale, etiske og miljømæssige regnskab gjort op, ligesom der bliver gjort status på selskabets aktiviteter og initiativer til forbedringer indenfor de 4 områder selskabets ledelsessystem omfatter, nemlig kvalitet, miljø, arbejdsmiljø og drikkevandsikkerhed. Københavns Energi har igangsat et struktureret arbejde vedr. livcyklusanalyser (LCA) med fokus på energi og miljø fra vugge til grav. Samlet set betyder det, at forsyningerne allerede har taget mange skridt i forhold til at beskrive de elementer og processer, som er den del af klimaledelsen, der handler om at synliggøre forsyningernes carbon-footprint.

*"God klimaledelse i forsyningerne handler om at skabe rammer og grundlag for beslutninger, der skal tages under hensyntagen til langt større variationer i dag end tidligere. Der skal indbygges robusthed og skabes sikkerhed gennem mangfoldighed".*

Men forsyningers klimaledelse sætter ikke kun fokus på synliggørelse og reduktion af CO<sub>2</sub> udledning. Klimaledelse handler i høj grad også om at sammentænke klimatilpasning og forebyggelse og om at indtænke klima-



aspektet i alle forsyningens aktiviteter. Når der prioriteres tilpasningsløsninger, skal et helhedsorienteret fokus sikre, at løsningen udover at løse det primære problem samtidig skaber synergigevinster. For at muliggøre dette i det daglige arbejde, er det afgørende, at alle medarbejdere på alle niveauer bliver bevidste omkring udfordringer, målsætninger og midler i forhold til forsyningernes klimastrategi. Forsyningerne kan i den forbindelse drage nytte af de samarbejdsformer, der er skabt i forbindelse med implementering af øvrige ledelsessystemer. For eksempel erfarede Århus Vand og Spildevand at implementeringen af Dokumenteret Drikkevandssikkerhed styrkede kommunikationen mellem de forskellige niveauer i organisationen. Oplevelsen var, at systemet sikrede, at der blev lyttet meget til medarbejdernes erfaringer og konkrete forslag, og det har skabt en virksomhedskultur med gode rammer for implementering af klimaledelse.

Håndtering af øgede regnmængder er en af forsyningernes helt centrale udfordringer i forhold til klimatilpasning. Der opleves allerede nu ændringer, men der er fortsat usikkerhed om de fremtidige regnmønstre. God klimaledelse handler derfor i den forbindelse bl.a. om at skabe grundlag og rammer for beslutninger om fremtidig regnvandshåndtering, der i dag skal tages under hensyntagen til langt større usikkerheder end tidligere. Usikkerheden medfører, at der i løsningerne i dag skal indbygges en større robusthed end tidligere. Dette kan opnås ved at der sættes på forskellige løsninger – "sikkerhed gennem mangfoldighed".





## Case 2:

# Livscyklusvurdering som prioriteringsredskab i KE

*Af Kim Cecilia Zambrano, Anders Trautner og Jens Andersen, Københavns Energi A/S*

### Indledning

Vandsektoren gennemgår i disse år store forandringer. En ny vandsektorlov stiller sammen med øgede miljø- og klimakrav branchen overfor betydelige udfordringer. Brug af nye teknologiske landvindinger indenfor vandbehandling og -håndtering er vigtige værktøjer i bestræbelserne på at kunne imødekomme de mange krav og ønsker.

Aktuelt er der i KE stor fokus på at fremtidssikre vandindvindingsrettighederne, fordi hovedparten af KE's eksisterende tilladelser på store dele af Sjælland skal fornyes i 2010. Der er betydelig usikkerhed omkring, hvorvidt KE kan opnå tilstrækkelige nye vandrettigheder, eller om alternativer til den traditionelle grundvandsindvinding skal supplere fremtidens regionale drikkevandsforsyning til hovedstaden.

Samtidig er der stor fokus på at optimere og udbygge spildevandssystemerne i hovedstadsområdet, så man sikrer effektiv spildevandsrensning, forhindrer overløb og fremover kan håndtere de forventeligt større regnmængder og andre klimaafledte problemer. Brugen af sekundavand er målsat i kommunens vandforsyningsplan med henblik på at skåne grundvandressourcen.

Et så grundlæggende og almenyttigt forhold som forsyning med rent drikkevand og bortledning af spildevand bør foranledige et bredere perspektiv end det traditionelt forretningsmæssige og en bevidsthed om de virkninger, drift og investeringer af anlæg har på det omkringliggende samfund og miljø. Nye teknologier kan i sig selv give nye problemer i form af miljøskader, påvirkning af klimaet gennem øget energi- og ressourceforbrug og ved brug af nye potentielt miljø- og sundheds-problematiske stoffer. Her kommer de såkaldte livscyklusvurderinger (Life Cycle Assessment, LCA) ind i billedet.

Formålet med livscyklusvurderinger er at vurdere de mulige miljøpåvirkninger ved at vælge en teknologi frem for en anden. Der medregnes også afledte miljøpåvirkninger, der f.eks. stammer fra udvinding og fremstilling af materialer og lignende. Påvirkningerne grupperes traditionelt i 7 grupper (drivhuseffekt, forsurening, smogdannelse, ozonnedbrydning, nærings-saltbelastning, human toksicitet og økotoxicitet). LCA er en konsekvensanalyse. dvs. at det især er de indbyrdes forhold mellem to alternativer og do-nothing scenariet, der er interessant og i mindre grad de specifikke tal.

Vandbranchen vil som andre brancher i stigende omfang få brug for at benytte værktøjer, der kan vurdere de samlede miljø- og sundhedsaspekter, når ny teknologi introduceres. KE har derfor indledt en række samarbejder med bl.a. DTU, Lynettefællesskabet, Miljøstyrelsen og Hvidovre Forsyning.

KE og samarbejdspartners arbejde omkring LCA har det mål at udbygge forståelsen for sammenhængen mellem teknologivalg og disses afledte effekter og dermed gøre det muligt at træffe mere kvalificerede valg. Der er indtil videre udført 3 LCA'er, der hver især støtter beslutningsprocesser vedr. teknologivalg.

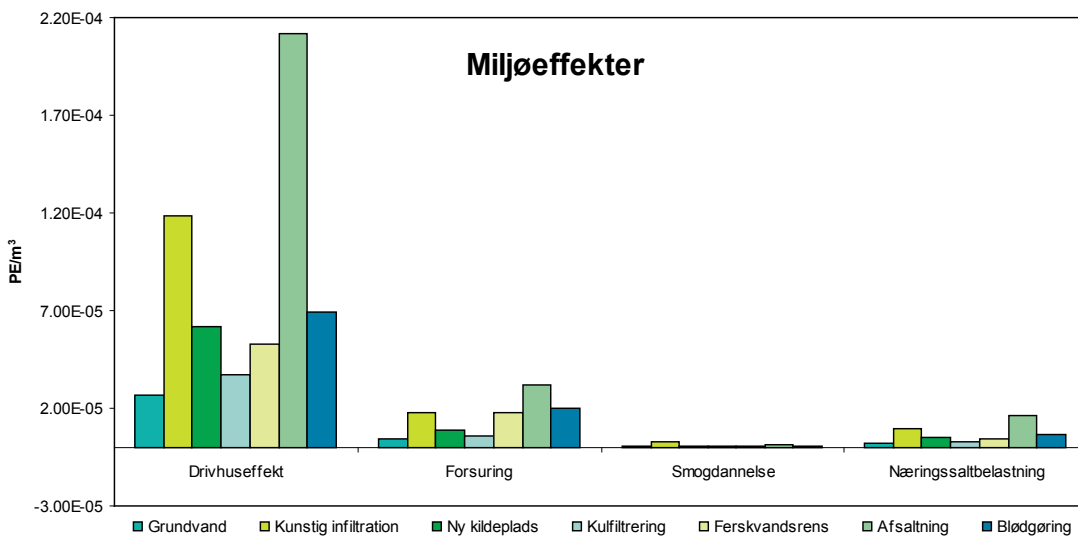
## LCA af alternative indvindings- og produktionsmetoder

Som følge af den igangværende proces omkring ansøgning af nye indvindingstilladelser skal regionale vandforsyninger udarbejde VVM undersøgelser og i den forbindelse pege på alternativer til de nuværende indvindings- og produktionsmetoder. KE har i samarbejde med Hvidovre Forsyning valgt at bruge LCA-værktøjet på et antal teknologier og forsyningsscenarier for at få et overblik over de nuværende og alternative metoders virkning på miljøet.

Beregninger er udført af COWI /1/. Data og input er leveret af Hvidovre Forsyning, DTU og KE. DTU har udført review af rapporten. Kun en lille del af rapportens resultater er præsenteret her. Der er bl.a. set på de miljømæssige effekter af at levere 1 m<sup>3</sup> drikkevand til KE's ringledning ved 7 forskellige teknologier, som KE og Hvidovre Forsyning har på Sjælland:

- A. Indvinding af rent grundvand
- B. Kunstig infiltration af søvand
- C. Etablering af ny kildeplads
- D. Kulfiltrering af lettere forurenede grundvand
- E. Behandling af søvand
- F. Behandling af saltvand
- G. Blødgøring af grundvand (blødgøring er ikke et alternativ til indvinding af grundvand, men er en supplerende teknologi)

Resultaterne for miljøeffekterne ses i figur 1.



Figur 1: Miljøeffekter for de 7 teknologier målt i personækvivalenter/m<sup>3</sup> (PE/m<sup>3</sup>)

Drivhuseffekten, der er den dominerende effekt, kan stort set tilskrives energiforbruget. For afsaltnings vedkommende skyldes energiforbruget hovedsageligt membran-filtreringen (omvendt osmose). Kunstig infiltrations energiforbrug er knyttet til pumpning af råvand fra sø til infiltrationsbassiner og derefter oppumpningen af det kunstigt dannede grundvand (baseret pba. erfaringer fra et mangeårigt forsøgsanlæg ved Arresø). Den nye kildeplads har samme grunddata som for oppumpningen af rent grundvand. Forskellen er, at råvandet pumpes 25 km i stedet for 5 km til vandværket. De øvrige effekter er betydeligt mindre (dog ikke nødvendigvis ubetydelige) end drivhuseffekten.

Resultaterne giver et overordnet billede af, hvordan det miljømæssige forhold mellem de forskellige teknologier er. To vigtige pointer i rapportens resultater er:

- Den klart største miljøpåvirkning er energiforbruget for den enkelte teknologi
- Indvinding af rent grundvand og simpel vandbehandling er den bedste i forhold til alle de undersøgte miljøeffekter, efterfulgt af kulfiltrering

Følsomhedsanalyser på energikilder viser, at valget af energikilde ved elproduktion er væsentligt for resultaterne. Bidraget til de fleste miljøeffekter bliver mindre ved anvendelse af dansk gennemsnitsel 2012 (ref. Energistyrelsen) end marginal kulbaseret el. I forbindelse med grundvandsindvinding er påvirkningen på overfladerecipienten en væsentlig miljøeffekt, der ikke er inkluderet som effekt i den traditionelle LCA model, der er valgt at bruge her. Der arbejdes i andet regi /2/ med bl.a. denne problemstilling. Medregnes denne effekt, vil især resultaterne for grundvandsindvinding kunne påvirkes.

### LCA ved udnyttelse af sekundavand

KE arbejder i overensstemmelse med Københavns kommunes vandforsyningsplan på at etablere anlæg til udnyttelse af sekundavand. For at kortlægge de miljømæssige konsekvenser ved at udnytte alternative vandkilder har vi udført en sammenlignende livscyklusvurdering – LCA af forskellige alternativer.

By- og Landskabsstyrelsen har bevilget tilskud til projektet under Tilskudsordning til miljøeffektiv teknologi. Beregningerne er udført af Force Technology /3/. Data og input er leveret af Moe & Brødsgaard A/S.

Beregningerne er gennemført fra vugge til grav ved hjælp af PC-værktøjet GaBi4.

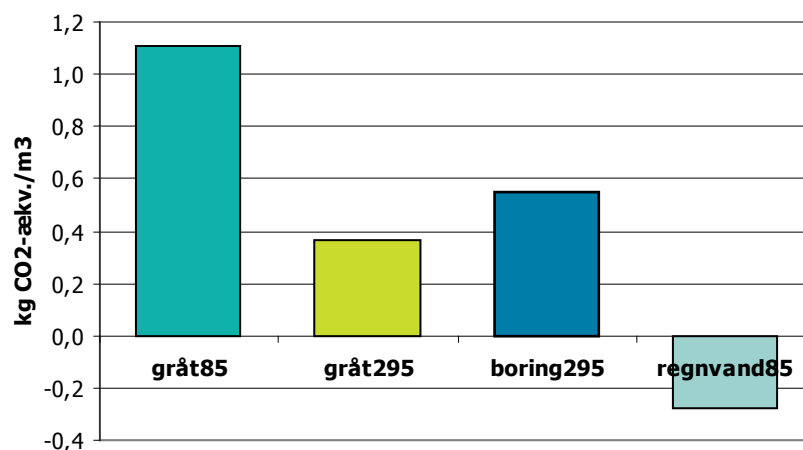
Følgende tre typer anlæg er vurderet i relation til referencesituationen, den eksisterende drikkevandsforsyning

- Gråtvandsanlæg, hvor vand i separate rørstrengs opsamles fra håndvask og bad, behandles og anvendes til toiletskyl
- Boringsvand til toiletskyl, hvor grundvand (brakvand) fra egen boring renses og fordeles til lejligheder
- Regnvandsanlæg, der opsamler og filtrerer regnvand, som anvendes til toiletskyl

Resultaterne er opgjort per  $m^3$  primærvand sparet ved forsyning med sekundavand til toiletskyl, og de fortæller ikke i sig selv noget om, hvorvidt det er en god ide set fra et miljømæssigt synspunkt at etablere sekundavandsanlægget. Derimod kan de holdes op imod miljøbelastningen fra oppumpning, transport og rensning af en tilsvarende mængde grundvand eller andre former for vandforsyning.

Der indgår i alt fire scenarier i studiet – forsyning af hhv. 85 og 295 lejligheder med gråtvand (baseret på et eksisterende anlæg), 85 lejligheder med regnvand og 295 lejligheder med bo-

Figur A: Samlet klimaeffekt per  $m^3$  sekundavand for de alternative anlæg.



ringsvand. I anlæggene til gråtvand og regnvand er det nødvendigt at tilføre spædevand for at sikre konstant forsyning.

Miljøbelastningen kan vurderes ud fra en bred vifte af miljøbelastninger, men det er i dette studie begrænset til de oftest opgjorte typer af miljøbelastninger.

Resultaterne viser, at elforbruget til drift og besparelser i spildevandsrensning er helt afgørende for resultaterne, mens materialeforbruget er af mindre betydning, idet miljøbelastningen herfra fordeles over hele anlæggets levetid på 50 år.

Vurderingen af de fire anlæg viser, at regnvandsanlægget til 85 lejemål har den bedste miljøprofil, idet der er en nettobesparelse i miljøeffekter ved etablering og drift. Det skyldes, at der ikke skal bruges energi på at opsamle vandet, og at man samtidig forhindrer, at det via kloakken sendes til spildevandsrensning. Gråtvandsanlægget til 85 lejemål har den største belastning, men der er en del at hente ved at opskalere anlægget til 295 lejemål, fordi der derved anvendes mindre el per m<sup>3</sup> sekundavand til drift af anlægget. Boringen kræver mindst energi til drift, men der er ikke som i tilfældet med opsamling af gråtvand og regnvand besparelser i mængden af spildevand til rensningsanlæg, og derfor falder vurderingen forholdsvis dårligt ud. Besparelsen i elforbrug til spildevandsrensning gælder kun i tilfælde, hvor der er fælleskloakering.

## Fremtiden

KE og samarbejdspartnerne har gennem en række tiltag igangsat en proces omkring LCA, som har til formål at forbedre og tilpasse dette værktøj til de specifikke problemstillinger, som København og KE står overfor i disse år – problemstillinger, vi i større eller mindre udstrækning har til fælles med vores kolleger i vandbranchen i relation til vandbehandling og –håndtering.

Fremadrettet undersøges det i en erhvervsPhD hos KE, med DTU som vejledende institution, hvorvidt det er muligt at opstille en bredere model med LCA som bærende element, til vurdering af teknologier. I modellen kan risici i forhold til forsyningssikkerhed og sundhed samt de øvrige samfundsøkonomiske omkostninger inddrages. Formålet er at udarbejde en mere holistisk model, der inddrager flere af de forhold, der er relevante ved en teknologivurdering.

Målet kan være, at det på sigt gennem DANVA vil være muligt i fællesskab at skabe mere fokus på LCA som et beslutningsværktøj. Målet kunne være, at arbejde på at opstille en branchespecifik norm på området. De seneste år har der været – helt berettiget – stor fokus på at kunne sikre befolkningen sundt drikkevand, bl.a. gennem den såkaldte DDS-certificering. En tilsvarende norm/certificering omkring LCA kunne sikre, at branchen ad åre brugte fælles forudsætninger og metoder, når nye eller eksisterende teknologier skulle vurderes i relation til miljø- og klimaspekter. Ikke mindst den stadig voksende fokus på klimaændringer peger i den retning. Så det er vel bare at komme i gang?

## Referencer:

/1/ Københavns Energi og Hvidovre Kommune; LCA af vandforsyningsalternativer, COWI juli 2009

/2/ Assessment of use and consumption of water resources within the LCA Framework, UNEP-SETAC Life Cycle Initiative

/3/ Livscyklusvurdering af anlæg til forsyning af sekundavand i København, FORCE Technology maj 2009



## Case 3:

# Anebjerg – den bæredygtige by midt i skoven

*Af Inger Espersen, Skanderborg Kommune*

I Skanderborg er pejlemærkerne for den nye bydel Anebjerg nu lagt. En samarbejdsaftale om rejsning af en stor ny skov i området, en omfattende borgerinddragelse gennem Anebjergspillet og sidst men ikke mindst en politisk beslutning om mere fokus på klima og bæredygtighed i ny planlægning og byggeri i kommunen.

### **Primær problemstilling: Ny by på OSD-område – kan man det ?**

I 2001 gennemførte det daværende Århus Amt og Skanderborg Kommune i fællesskab en grundvandsundersøgelse for et 13 km<sup>2</sup> stort område nordøst for Skanderborg. Undersøgelsen var sat i værk for at afklare om det var muligt at udlægge nye boligområder indenfor et område, som var udpeget til OSD-område i regionplanen. Det var af stor væsentlighed for Skanderborg kommune at få en hurtig afklaring, fordi kommunen på daværende tidspunkt ikke havde ledige boligudlæg nær Skanderborg og efterspørgslen på samme meget stor.

Undersøgelsen viste til kommunens tilfredshed, at store dele af det interesseområde, som kommunen ønskede inddraget til byformål faktisk var velbeskyttet. Kun mindre lommer indenfor kommunens interesseområde var ringere beskyttede. Derimod var et større område øst for kommunens interesseområde ringe beskyttet.

Skanderborg Kommune indledte på baggrund af undersøgelsen dialog med Skov- og Naturstyrelsen – Søhøjlandet med henblik på at undersøge mulighederne for at lave skovrejsning på de arealer, der var ringest beskyttede. Skanderborg Kommunen hyrede GBL – gruppen for by- og landskab i Kolding til at lave en landskabsplan for området. Planen skulle vise, hvordan de nye boligområder kunne afgrænses i forhold til de mere sårbare grundvandsområder og hvordan et nyt skov- og naturområde kunne blive til gavn for både grundvandet, naturen og en smuk ramme for de nye boligområder.

Skov- og Naturstyrelsen, Søhøjlandet, fandt interesse for projektet, og der var enighed om at forsøge at få projektet godkendt som et statsligt skovrejsningsprojekt. Kommunens egen vandforsyning bidrog også i arbejdet, da der selvsagt var en stor interesse i grundvands sikringen, fordi de store vandværker, der forsyner Skanderborg, henter deres vand indenfor området.

Gennem en løsningsorienteret dialog med Århus Amt kunne et areal med plads til over 1000 boligenheder derfor udlægges til byvækst i Regionplan 2005 og efterfølgende i Kommuneplan 2005. Det var en meget positiv proces, hvor alle parter – amt, Skov- og Naturstyrelse og kommunen – sammen fandt den bedste løsning, som på en og samme tid sikrede kommunen vækstmuligheder, grundvandet bedre beskyttelse og dyr og mennesker mere skov og flere vandhuller.

Forudsætningerne for den videre planlægning var hermed på plads. I 2007 blev samarbejdsaftalen om Anebjerg Skov underskrevet, og staten bevilligede de første beløb til realiserin-

gen af aftalen, der i alt omfatter ca. 325 ha ny skov og dermed også et stort landbrugsområde udenfor kommunens oprindelige interesseområde.

### **Omfang af opgaven – Anebjergspillet**

Sideløbende igangsatte Skanderborg Kommune en bebyggelsesplanlægning for de dele af området, som skal anvendes til byformål. Da området tænkes udviklet i privat regi og over 10-15 år, har det fra starten været af stor betydning for kommunen, at så mange som muligt bidrager til at skabe en samlet vision for området, der også vil være holdbar over tid og med skiftende økonomiske konjunkturer. Inddragelse af lodsejere, borgere og forskellige interesseorganisationer og foreninger har med andre ord stået højt på den politiske dagsorden for at skabe størst muligt ejerskab til områdets udvikling.

Skanderborg Kommune valgte derfor at gennemføre en omfattende borgerinddragelse forud for den egentlige bebyggelsesplanlægning. Med GBL som konsulent udviklede Skanderborg Kommune i løbet af sommeren 2008 Anebjergspillet.

Udviklingen af spillet kostede incl. afholdelsen af selve spillet rundt regnet 200.000 kr og blev medfinansieret med støtte fra Plan09's pulje til udvikling af kommuneplanlægningen. Læs mere på [www.plan09.dk](http://www.plan09.dk).

### **Dialog skaber forståelse og ejerskab**

En november aften 2008 deltog over 100 borgere, lodsejere og medlemmer af lokale foreninger og interesseorganisationer i det store spil om Anebjergs fremtid. Gennem rollespil, skrækscenarier og prioriteringsrunder kom spillerne med ideer til områdets udvikling.

Før spillet blev igangsat, blev spillerne inspireret af 4 oplæg fra eksperter indenfor sundhed, bæredygtighed, grundvandssikring og landskabelige byudvikling. De 4 oplægsholdere: Inge Kristiansen leder af Horsens Sund by, Rie Øhlenschläger fra AplusB, Claus Vangsgård fra DANVA og Stefan Darlan Boris fra Arkitektskolen i Århus fangede deltagernes interesse, og gennem 5 efterfølgende timer blev Anebjergspillet spillet med stor entusiasme.

Skanderborg Kommune og Skov- og Naturstyrelsen fik gennem spilmetoden og den efterfølgende debat på kommunens idé-site [www.ideoffensiv.dk](http://www.ideoffensiv.dk) rigtige mange gode ideer og tanker til såvel byens som skovens indretning og udvikling. Til arrangørernes glæde viste der sig rigtig stor interesse for, at den nye bydel baseres på tanker om bæredygtighed og en sund hverdag for ikke kun de kommende beboere i området, men også for de mange andre potentielle brugere af den nye Anebjerg skov.

Bebyggelsesplanen og den første del af skovplanlægningen ligger nu færdig, og bæredygtighed fylder rigtig meget i planerne. Sikring af eksisterende og genskabelsen af tidligere vandhuller og vandløb i både skoven og byområdet skal sikre tilbageholdelsen af mest mulig vand i området, placering af bebyggelserne rigtigt i forhold til sol og vind, og skovenklaverne skal sikre bæredygtigt energiforbrug i boligerne, og skoven som grundvandsbeskytter og rammen om et rekreativ hverdagsliv og mange andre gode tanker ligger nu rammerne for udviklingen af området. Og den omfattende borgerinvolvering skal sikre, at vi over årene minder hinanden om de flotte visioner for området. Læs mere på [www.skanderborg.dk/anebjerg](http://www.skanderborg.dk/anebjerg).

Som afløber af idegenereringen ved Anebjergspillet er vokset en stor politisk interesse for bæredygtig byudvikling og byggeri. Det er således besluttet at afholde en stor lokal klimakonference om bæredygtighed dette efterår, hvor muligheden for at opføre mere bæredygtigt byggeri i kommunen skal fremmes.



## Den bæredygtige interesseafvejning

Skanderborg Kommune er rigtig godt tilfreds med resultatet. En god og løsningsorienteret dialog med de overordnede myndigheder og en involverende efterfølgende borgerinddragelse har nemlig vist, at vi godt kan skabe en god byudvikling og samtidig sikre både de kostbare drikkevandsinteresser og skabe en bæredygtig byudvikling som tager højde for klimaændringerne.

I forslag til Kommuneplan 09 er der lagt op til, at også andre nye byområder, der ligger på OSD-områder, kan udvikles. Det er kommunens ønske, at både nye boligområder og nye erhvervsområder skal udvikles, sådan at vi passer mest muligt på vores grundvand, skaber flere og bedre sammenhæng mellem eksisterende naturområder og samtidig tager højde for klimaændringerne og mindsker CO<sub>2</sub>udledningen. Læs mere på [www.skanderborg.dk/kommuneplan09](http://www.skanderborg.dk/kommuneplan09).

Skal planlægningen bidrage til en bæredygtig udvikling er det vigtigt, at vi tænker helhedsorienteret. Ved udlæg af nye byvækstarealer er det vigtigt, at der foretages den rigtige afvejning af interesserne. Skal de nye arealudlæg både ligge hensigtsmæssigt i forhold til at mindske transportarbejdet, så vores smukke landskaber bevares og vores grundvand sikres, må alle myndigheder og interesser indgå i en løsningsorienteret dialog, hvor vi får mest mulig bæredygtighed ud af planlægningen.

Erfaringerne fra Anebjerg viser, at det kan lykkes at skabe en ny by, der ligger rigtigt i forhold til kommunens infrastruktur og samtidig arbejde med grundvandssikring, bæredygtighed og klimatilpasning, og de erfaringer agter Skanderborg Kommune bruge fremadrettet.

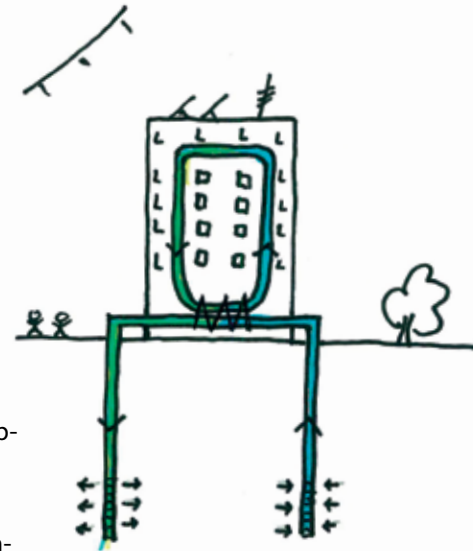
*For at styrke borgerinddragelsen inviterede Skanderborg Kommune 100 borgere til at deltage i Anebjergspillet om bæredygtig byudvikling. Spillepladen var et "luftfoto" af området.*



## Case 4: Grundvandskøling – grundvand som klimafaktor

Af Yvonne Jørgensen, hydrogeolog, Københavns Kommune Center for Miljø

I Københavns Kommune har vi hidtil kun behandlet få ansøgninger om tilladelse til etablering af grundvandskøle- og varme anlæg. Vi opleverer for tiden en stigende interesse for metoden og vurderer også, at der er et potentiale for etablering af flere anlæg. Det ser ud til, at udnyttelsen af grundvandets kapacitet for lagring af varme og kulde vil kunne bidrage positivt til at opnå klimagevinster i form af CO<sub>2</sub> reduktion, og kommunen ser derfor positivt på udvikling af området.



### Grundvandskøling/ -opvarmning

Ved simpel grundvandskøling oppumpes grundvandet fra en eller flere borer, og kulden overføres til bygningens interne system. Det opvarmede vand reinfiltreres derpå til grundvandsmagasinet via et andet hold borer. Det opvarmede grundvand kan på samme måde oppumpes og udnyttes til opvarmningsformål.

Behovet for køling og for opvarmning varierer bl.a. over året. Når behovet for opvarmning og for køling varierer forskudt i forhold til hinanden, kommer grundvandsmagasinet i princippet til at fungere som varme- og kuldager.

I det følgende benævnes anlæg til cirkulation af grundvand til køling og opvarmning "grundvandsanlæg".

### Termisk balancering

Ved termisk balancering sørger man for, at grundvandsmagasinet hen over en års-cyklus afkøles lige så meget, som det opvarmes. Hvis det kun er grundvandets køleeffekt, der efterspørges, kan termisk balancering opnås ved at pumpe det opvarmede grundvand op om vinteren og lade det luftafkøle i vinterkulden inden reinfiltration. En mere avanceret mulighed er også at udnytte varmen inde i bygningen.

### Klimagevinst ved grundvandskøling/opvarmning

Borgerrepræsentationen i København vedtog i 2005, at grundvandsressourcen kan udnyttes til formål, der kan bidrage til reduktion af CO<sub>2</sub> udledning og forbedring af byens bæredygtighed.

Hvis grundvandskøleanlægget erstatter et konventionelt kompressor-køleanlæg, som drives med konventionel strøm, er der opnået en CO<sub>2</sub> besparelse. Et konventionelt kompressor-anlæg kan have en COP værdi på 5, og vi har modtaget beregninger for et simpelt grundvandskøleanlæg med en COP værdi på 55.

Ved at udnytte varmen fra grundvandet opnås supplerende CO<sub>2</sub> besparelser – igen under forudsætning af, at der ellers ville være brugt konventionel energi til opvarmningen.





## Myndighedsopgaven

Forvaltningen af grundvandsressourcen ligger hos kommunerne, som skal behandle de konkrete ansøgninger.

Som forvaltningsgrundlag kan der henvises til:

- Vandforsyningslovens §§ 20 og 21
- Miljøbeskyttelseslovens § 19
- Boringsbekendtgørelsen
- Bekendtgørelse om varmeindvindingsanlæg og grundvandskøleanlæg.

Kommunen skal meddele tilladelse til indvinding af grundvand efter Vandforsyningsloven og til reinfiltration efter Miljøbeskyttelsesloven. I Bekendtgørelsen om varmeindvindingsanlæg og grundvandskøleanlæg er der angivet en række retningslinier for indretning og drift af anlæg. Desuden er der i denne bekendtgørelse defineret præcise grænser for, hvor stor en temperaturstigning anlægget må medføre i allerede eksisterende grundvandsindvindinger.

Indvindingen af vand fra grundvandsanlægget må anses for at være gebyrpligtig.

## Retningslinier i København

I København administrerer vi ansøgninger efter følgende retningslinier:

- I områder med særlige drikkevandsinteresser gives som udgangspunkt ikke tilladelse til anlæg.
- Anlæg skal baseres på termisk balancering dvs. at der i årgennemsnit skal fjernes lige så meget varme, som der tilføres til grundvandsmagasinet.
- Først til mølle princippet gælder.

Forbeholdet i forhold til anlæg inden for områder med særlige drikkevandsinteresser er en forsigtighedsforanstaltning, som bl.a. er begrundet med det manglende erfaringsgrundlag for drift af anlæg.

Krav om termisk balancering er begrundet med ønsket om at bevare grundvandsressourcen, reducere effekten på omgivelserne og mindske risikoen for uforudsete langtidseffekter. Desuden lægger det enkelte anlæg beslag på en langt mindre grundvandsressource, og der bliver plads til flere aktiviteter indenfor den samme ressource.

Det enkelte anlæg påvirker grundvandsressourcen uden for egen matrikel, også selvom der planlægges efter både termisk og hydraulisk balancering. Ansøgninger er indtil videre blevet behandlet efter først til mølle princippet. For at imødekomme eventuelle nabointeresser, er ansøgninger blevet annonceret i lokalområdet.

## Forventninger til fremtiden

Vi får i kommunen et stigende antal henvendelser vedr. grundvandskøling. Samtidig erfarer vi, at leverandører til det hollandske marked er i gang med at etablere sig i Danmark. I Holland bruges grundvandskøling meget, og der er erfaringer, der rækker tilbage til 90'erne med etablering og drift af anlæg. Interessen for det danske marked kan være en yderligere indikator på, at vi vil se et stigende antal ansøgninger.

Et scenarie med private virksomheder, der samarbejder om drift af et anlæg med borer, der er placeret efter effekt snarere end efter matrikelgrænser, kræver selvfølgelig en afklaring af en række juridiske forhold fx omkring ejerskab og videresalg.

**Den mest energirigtige** og driftsikre måde at udnytte grundvandskøling på kunne godt tænkes at være i en skala, der rækker ud over enkelt-ejendomme, fx i størrelse af et bydelskvarter eller et konglomerat af virksomheder.

Københavns Kommune arbejder med en tidlig planlægning af forsyning i forbindelse med udvikling af nye bydele. I de områder, hvor der er ressourcemæssigt grundlag for det, vil det være relevant at se på denne metode sammen med den øvrige vifte af muligheder for at bidrage til den samlede energimæssige bæredygtighed.

Som nævnt er der lang erfaring med metoden i Holland, også med den myndighedsmæssige regulering og planlægning, og Københavns Kommune er derfor i dialog med en række aktører der for at samle erfaring og inspiration til forvaltning af ressourcen på dette område.

### Anlæg i København

I København er der til dato etableret ét anlæg til grundvandskøling, og endnu to anlæg til en kombination af køling og opvarmning er ved at blive opført. Ud over disse tre anlæg har vi i kommunen været involveret i en håndfuld projekter, som er blevet opgivet af forskellige grunde. Et nyt projekt er pt. på undersøgelsesstadium.

Grundvandskøling i DR-byen: DR i Ørestaden er nået længst med et anlæg, der netop i denne sommer er blevet testkørt og sat i drift. DR's anlæg skal forsyne DR-byen med køling, og på forhånd regner DR med at anlægget kan bidrage med 22 % af kølebehovet. Anlægget drives med termisk balancering, men da varmen ikke udnyttes, opnås der varmebalance ved at oppumpe og luftkøle grundvandet i vinterhalvåret.

DR-byens grundvandskøleanlæg udnytter en grusopfyldt sprækkedal i kalken (kaldet Rådhusdalen efter dens forløb ind under Rådhuspladsen). Anlægget er baseret på 7 boringer som er placeret i to grupper. Tre kolde boringer og fire "varme". Boringerne er placeret i hhv. kalk og grus. T-værdien i gruset og den øverste opsprækkede del af kalken ligger i intervallet  $1,1 \cdot 10^{-2}$  til  $1,7 \cdot 10^{-2}$  m/s.

Nogle af boringerne er placeret uden for egen grund, hvilket i etableringsfasen har givet anledning til naboklager og ønsker om anderledes udformning af boringsafslutninger.

Fra myndighedsside er fokus i dette projekt på: Risiko for påvirkning af en nærliggende sø, samt risiko for påvirkning af bygninger med utilstrækkelig fundering (fundering delvist baseret på træbjælker) i området. Både for søen og for bygningerne gælder det, at sænkning af grundvandsstanden er kritisk.

Varme/køle-anlæg i den centrale del af Ørestaden: Hos to naboejendomme i den centrale del af Ørestaden har Københavns Kommune meddelt tilladelse til grundvandsanlæg. Anlæggene er baseret på flowzoner i kalken intervallet -40 til -80 mut. T-værdien er ved prøvepumpning målt til  $6-7 \cdot 10^{-3}$  m/s. Der er i øvrigt tale om grundvand med et kloridindhold på omkring 10.000 mg/l. I begge projekter er alle boringer placeret på egen grund.

Det første anlæg skal forsyne et nybygget hotel og kongrescenter med køling og opvarmning. Bygherre forventer en samlet energibesparelse til køling og opvarmning på 30-40 % Vi har som myndighed haft fokus på risikoen for uacceptabel påvirkning af Tårnby Kommunes drikkevandsindvindingsinteresser.

Det andet anlæg udnytter de samme dybereliggende kalklag, men forskudt i dybden i forhold til det første anlæg.

Fokus fra myndighedsside har her været risikoen for uacceptabel påvirkning af det anlæg på naboejendommen, som opnåede tilladelse først (først til mølle).

### Litteratur og lovgrundlag:

Grundvandskøling og kulde- og varmelagring. Thorkild Feldthusen Jensen og Jan Wodscow Larsen, Niels Balling, Joachim Krøyer Mahrt. Vandteknik nr. 8, 2000.

Lovbekendtgørelse 2008-10-20 nr. 1026 om vandforsyning mv.

Lovbekendtgørelse 2006-12-22 nr. 1757 om miljøbeskyttelse

BKG 2006-11-24 nr 1206 Varmeindvindingsanlæg og grundvandskøleanlæg

BKG 2007-07-26 nr. 1000 Udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land



## Case 5:

# Prioritering af klimatilpasning af afstrømningssystemerne i Greve

*Af Birgit Paludan, Greve Forsyning*

Greve Kommune har i 2002 og 2007 oplevet voldsomme oversvømmelser. Byrådet har derfor gennemført flere tiltag, som sikrer byområder imod oversvømmelser, herunder oprensninger som forebygger fremtidige problemer. Endnu et tiltag er beslutningen om at klimatilpasse byens regnvandssystem og vandløbene. Klimatilpasningen betyder, at afstrømningsforholdene i samtlige byområder i kommunen vil blive opgraderet, så de i fremtiden kan bære 30% mere nedbør og kun være fyldt til terræn én gang hvert 10. år. Dette er for regnvandssystemer mere end de anbefalede 5 år. Dertil kommer, at der i alle områder vil blive udarbejdet detaljerede planer for, hvad der kan gøres, når der falder endnu mere nedbør end afløbssystemet er designet for (det der forventes hvert 10. år i fremtiden under påvirkning af klimaændringer) – såkaldte beredskabsplaner for vand på terræn. Klimatilpasningen gennemføres i de kommende 11 – 14 år.

Samtlige byområder kan ikke tilpasses samtidig, da der skal gennemføres et stort detaljeret beregningsarbejde, før der investeres de mange millioner kroner. Det er derfor nødvendigt at prioritere tilpasningen i byområderne.

### Primær problemstilling

Greve Byråd har nu besluttet prioriteringen af klimatilpasningen i byen. Prioriteringen er baseret på erfaringerne under oversvømmelserne i 2007 og terrænmodellen over kommunen, ud fra devicen: De, som har været hårdest ramt af oversvømmelser, klimatilpasses først. Dokumentation for prioriteringen findes på Greve Forsynings hjemmeside: [www.greveforsyning.dk](http://www.greveforsyning.dk). Prioriteringen kvalitetssikres løbende ved brug af vandstrømningsmodeller, og der kan evt. blive tale om omprioriteringer, hvis modelberegninger eller lovgivningsmæssige forhold gør det nødvendigt.

Klimatilpasningen gennemføres i første omgang for de systemer, der bærer vand fra byområderne til Køge Bugt gennem hovedregnvandssystemer og vandløb, og der udarbejdes midlertidige beredskabsplaner for alle byområder inden for de næste tre år. Klimatilpasningen af de store systemer og udarbejdelsen af beredskabsplaner kombineret med, at der opstilles grundvandsmodeller sikrer, at alle byområder får glæde af klimatilpasningen af kommunen hurtigst muligt.

Klimatilpasningen af afstrømningsystemerne i Greve sker således i overensstemmelse med den fremgangsmåde, som er beskrevet i EU's oversvømmelsesdirektiv, der implementeres i dansk lovgivning i de kommende år.

## Omfang af opgaven

Prioriteringen gennemføres vha. simpelt GIS værktøj, og der anvendes gængse temaer som bygninger, veje og afstrømningssystemer. Dertil anvendes terrænmodellen for byen samt et kort, der viser fordybningerne i terrænet, som har en beregnet dybde.

Kortet, der viser fordybningerne i terrænet, er udført af rådgiver. Prioriteringsopgaven er gennemført af Greve Forsyning og kvalitetssikret af DHI.

## Beskrivelse af løsning

Der anvendes følgende fremgangsmåde:

Klimatilpasningsområderne udvælges som de hydraulisk mest hensigtsmæssige – dvs. afgrænsede regnvandsoplande.

Byområderne gives karakter efter følgende princip:

10: der har været oversvømmelse i stueplan

5: kælderoversvømmelser (primært med regnvand over terræn)

2,5: oversvømmelser på terræn nær bygninger

0-2: Huldymbden, hvor der ligger huse, bestemmer et områdes karakter (højintens regn)

Karakteren evalueres på baggrund af, om der er gennemført tiltag i det aktuelle område efter den oplevede oversvømmelse.

Antallet af bygninger større end 50 m<sup>2</sup>, som ligger i en fordybning, optælles.

### Prioritering:

Højeste karakter prioriteres først

Flest huse med samme karakter prioriteres højst

Ved denne gennemgang er der fundet en prioriteret liste over samtlige byområder med regnvandssystem, så det nu er klart for alle, hvor klimatilpasningen starter, og hvor den slutter.

Prioriteringen kvalitetssikres løbende ved hjælp af hydrauliske numeriske modeller, som er opstillet for hele byens regnvandssystem og vandløb.



Situationen i Greve under oversvømmelsen den 6. juli 2007.



Oversvømmelsen i Greve blev forværret af, at vandet satte dette elskab ud af drift.



## **Gode råd på baggrund af erfaringer fra casen**

For at politikere kan tage stilling til klimatilpasning af afstrømningssystemer er det nødvendigt, at der gives en kort og præcis forklaring af funktionskrav, og der på den baggrund tages politisk stilling til hvilket servicekrav, der ønskes for den givne kommune inklusive forventet klimaændring = klimatilpasning.

### **Barrierer / behov for værktøjer**

Hvis der skal gennemføres en klimatilpasningsplan for en kommune, er det nødvendigt at afstrømningssystemerne er kendt og registreret. Første skridt i prioriteringen for at etablere en plan er derfor at etablere dette grundlag.

Terrænmodeller er altafgørende for at kunne beregne oversvømmelsesrisiko, og diverse manipulationer med disse GIS data er meget stærke værktøjer i denne proces.

Når der skal prioriteres vil det i mange tilfælde være nødvendigt at anvende mere eller mindre detaljerede hydrauliske modeller til at simulere, hvilke områder der bør klimatilpasses først og sidst, idet mange kommuner (heldigvis) ikke har de store erfaringer med oversvømmelser endnu.

For at sikre at der er overensstemmelse mellem modeller og virkelighed, er det altafgørende, at der opstilles flow-, nedbørs- og vandstandsmålere på udvalgte steder, hvor der skal klimatilpasses. Derfor supplerer Greve Kommune sit eksisterende måleprogram på ca. 40 stationer med yderligere ca. 50 stationer i 2009 og 2010.

Politiske valg af et nyt serviceniveau er vigtige at få på plads, da det udgør kriteriet for selve klimatilpasningen. Derudover er det naturligvis en politisk beslutning, hvordan prioriteringen skal foretages: skal det være antallet af borgere, der potentielt rammes, der skal være afgørende eller skal andre ting vægtes tungere som f.eks. tab af værdier ved en potentiel oversvømmelse?

Endelig skal der foretages en koordinering med andre aktiviteter i kommunen: Det vil sige mellem byplanlægningen, hvor der arealreserveres, byggesagsbehandlingen hvor kommende byggerier godkendes osv. Prioritering af klimatilpasning i en by behøver ikke at betyde, at man rent faktisk vil klimatilpasse med det samme, men kan også give et godt billede af, hvor forsyningen/kommunen skal være opmærksomme på potentielle problemer med vand på terræn og oversvømmelser ved ekstrem regn.

# Case 6:

## Sårbarhedskortlægning i Hørsholm og Gentofte

Af Tina Otterstrøm Jensen, Hørsholm Kommune, Arne Kristensen, Gentofte Kommune, Marianne B. Marcher Juhl, Rambøll og Linda Bredahl, Rambøll.

### Baggrund og formål

Hørsholm og Gentofte kommuner ønsker at være på forkant og tage højde for klimaændringerne i den kommunale planlægning. Tilpasning til klimaændringer handler bl.a. om at tilpasse kommunen til ekstreme regnhændelser og ekstreme højvande. Som første led i tilpasningen har Hørsholm og Gentofte, i samarbejde med Rambøll, udarbejdet GIS-kort over kommunens sårbarhed over for oversvømmelser. I Hørsholm Kommune indgår dette som input i kommunens klimatilpasningsstrategi.

For at få overblik over, hvor i kommunerne, der er risiko for oversvømmelser, og for at belyse mulige konsekvenser af oversvømmelserne, er der udarbejdet en række sårbarhedskort over forhøjet havvandstand, forhøjet vandstand i åer og vandløb og opstuvning fra kloakker. Desuden er der foretaget en vurdering af naturlige lavninger og deres respektive oplande, idet vandet fra oversvømmelser samles i lavningerne.

### Naturlige lavninger

I terrænet findes en række naturlige lokale lavninger eller lavninger, hvorfra der kun er afvanding via kloak. Ud fra den digitale højdemodel er der fundet lavninger med et opland på én hektar eller mere og en dybde på minimum 25 cm, svarende til sokkelhøjden på et almindeligt hus. Hvis der sker opstuvning fra kloakken i et naturligt lavpunkt, er det kritisk for oversvømmelse. På figur 1 er beregninger af afløbssystemet sammenholdt med de naturlige lavninger. De blå punkter er naturlige lavninger, og de røde punkter er brønddæksler, hvor der sker opstuvning fra kloakken ved en kraftig regnhændelse. Hvor der er sammenfald mellem de to punktyper, er lavpunktet kritisk for oversvømmelse.

### Vigtige arealanvendelser

De fundne kritiske lavninger er sammenholdt med forskellige sårbare arealanvendelser. Det er bl.a. tekniske anlæg og installationer, tankstationer, sygehuse og andre vigtige bygninger, trafikknudepunkter, viadukter, kildepladser, sårbare naturtyper og fredede områder. Inddragelse af disse arealanvendelser giver et godt overblik over de mest sårbare steder og dermed, hvor det er vigtigst at sætte ind med tilpasning først. En bygning, som er placeret i en naturlig lavning, hvor afløbssystemet hurtigt overbelastes, er særlig udsat for oversvømmelse. Ligger bygningen derimod på en oplandsgrænse mellem to kritiske lavninger, er der stor sandsynlighed for, at vandet vil strømme hurtigt væk og aldrig nå en kritisk højde på lokaliteten.



## Stigninger i havvandstanden

På figur 2 er vist et eksempel, hvor der er risiko for oversvømmelser fra havet som følge af stigende havvandstand og hyppigere stormfloder. Som input til kortet er anvendt højvandsstatistik og fremskrivninger af middelvandstand med tillæg for øget stormaktivitet som følge af klimaændringer. Kortet viser, hvor store områder der oversvømmes ved en havstigning på henholdsvis ½, 1, 1½ og 2 meter. Desuden er udarbejdet en statistik, som viser, hvor ofte disse områder vil blive oversvømmet dels i dag, dels om 20, 50 og 100 år.

## Udbredelse og varighed af lokale oversvømmelser fra kloaksystemet

For lokale områder er der udført en detaljeret, hydraulisk beregning af kloaksystemet og strømningen af vandet på terræn. De undersøgte områder er udvalgt og afgrænset ud fra informationerne på sårbarhedskortene over kritiske lavninger, særligt sårbare områder og arealanvendelser. Kort og simuleringer visualiserer, hvor det opstuvende vand fra afløbssystemet strømmer hen, hvor store områder der bliver oversvømmet, og hvor lang tid vandet er om at strømme væk eller tilbage i kloakken igen. Beregningerne opfylder samtidig Spildevandskomitéens Skrift 27's krav om, at det skal undersøges, hvor vandet strømmer hen, når dimensionskriteriet overskrides.

## Ændringer i grundvandsstanden

Ud fra en grundvandsmodel er der udarbejdet kort over ændringer i grundvandsstanden både i forhold til drikkevandsindvinding og i forhold til fugtforholdene i terrænnære jordlag. Kortene giver vigtig information om, hvor en eventuel stigende grundvandsstand kan resultere i fugtigere områder, der kan påvirke arealanvendelsen og muligheden for nedsivning af regnvand.

## Forhøjet vandstand i vandløb

Potentielt oversvømmede områder som følge af forhøjet vandstand i vandløb er screenet ud fra forskellige vandstands niveauer. De anvendte vandstands niveauer relaterer ikke til en gentagelsesperiode, men giver alligevel et godt overblik over de mulige konsekvenser af oversvømmelser i nærheden af større vandløb.

## Sårbarhedskortenes muligheder

Sårbarhedskortene udgøres af GIS-temaer, og det digitale grundlag skal bruges i Hørsholms og Gentoftes planarbejde. Kortene vil blive brugt til at udpege kritiske lokaliteter, vurdere konsekvenserne af en oversvømmelse og udpege steder, hvor der skal ske en klimatilpasning. Ligeledes vil sårbarhedskortene blive brugt til at vurdere effekten af løsningsforslag. F.eks. kan effekten af jordvolde eller forhøjede kantstene beskrives ud fra nye sårbarhedskort, hvor løsningsforslaget er indbygget i højdemodellen. Sårbarhedskortene vil også blive brugt til at koordinere spildevandsplanlægningen med natur- og vandplanlægningen, bl.a. for at lokalisere muligheder og begrænsninger for at aflede regnvandet, så vandet kan udnyttes positivt/rekreativt i områder, hvor der forekommer oversvømmelser. Kortlægningen kan blive efterfulgt af en økonomisk analyse af skadeomkostninger og udgifter til at sikre de forskellige kritiske områder.

## Visioner, strategi og handlingsplan for klimatilpasning

Arbejdet med klimaforandringer går på tværs af den traditionelle opdeling af fag, sektorer og arbejdsområder i kommunerne. For Hørsholm Kommune har det derfor været vigtigt at få involveret alle relevante parter på tværs af de traditionelle organiseringer og gennemføre en proces, som sikrer, at fokus på klima og energi bliver forankret i hele kommunen. For at sikre sammenhæng mellem den overordnede politik og de konkrete initiativer og handlinger, har arbejdet med klimaforandringer været koblet med revisionen af kommuneplanen i 2009. Det betyder, at arbejdet på klimaområdet fremover er med i kommunens overordnede, årlige mål og økonomiske budget.

I Kommuneplan 2009 er der udarbejdet visioner for klima og energi, som afspejler sig i kommuneplanens indsatsområder. Eksempler på Hørsholms visioner er vist i box 1. I 2009 fortsætter arbejdet med at udarbejde en klima- og energipolitik samt en strategi og handlingsplan for klimatilpasning, som skal omsætte visioner og politik til konkrete handlinger.

### Box 1: Visioner for klima og energi i Hørsholm

- Vores by- og boligmiljøer skal tilpasses klimaændringer og bidrage til reduktion af energiforbruget.
- Vi vil udnytte øgede regnvandsmængder konstruktivt i de rekreative områder, vådområder og i bymiljøet.
- Vi vil tilpasse kommunens infrastruktur til fremtidens klima og være forberedt på klimaforandringerne i forhold til grundvand, drikkevand, spildevand, regnvand, overfladevand og badevand. Hørsholm skal være en foregangskommune på spildevandsområdet.
- Vi vil udfordre klimaændringerne – reducere den lokale CO<sub>2</sub>-udledning markant og på sigt være CO<sub>2</sub>-neutral kommune og alternativ transport by. Den fysiske planlægning skal baseres på bæredygtig udvikling, og vi vil tilpasse og forbedre vores aktiviteter til klimaændringer.



Figur 1:  
Screening af naturlige lavninger og deres oplande vist sammen med beregninger af kapaciteten på afløbssystemet. Eksempel fra Gentofte Kommune.



Figur 2:  
Screening af potentiel oversvømmelse ved stigning af havvandstanden. Eksempel fra Gentofte Kommune.





## Case 7:

# Retningslinier for fremtidigt byggeri i Middelfart

*Af Morten Westergaard, Middelfart Kommune og Allan Bruus, Middelfart Spildevand as*

Klimaforandringer og miljøpåvirkninger stiller beslutningstagere overfor store udfordringer – både med hensyn til forebyggelse og tilpasning. Ved at stille krav gennem byplanlægningen kan der opnås store gevinster. Middelfart Byråd har vedtaget at arbejde med en række retningslinier for fremtidig planlægning og byggeri inden for en række områder. I denne case vil kun aspekterne i forhold til klimatilpasning – primært regnvandshåndtering – blive berørt.

### Primær problemstilling

Klimaforandringerne sætter beslutningstagere på store opgaver i at forebygge og afværge de negative forandringer, som vil ske.

De væsentligste udfordringer i forhold til klimatilpasning knytter sig til ekstremregn og vandstandsstigninger. Udformningen af vores byer i fremtiden skal sikre, at samfundsmæssige værdier ikke bliver ødelagt f.eks. ved oversvømmelser.

### Omfang af opgaven

Opgaven var at få udarbejdet og politisk vedtaget en række retningslinier for fremtidig planlægning og byggeri. Retningslinierne skal beskrive de muligheder kommunen har for at styre nybyggeri og renovering af byggeri i en klima- og miljøvenlig retning. Det gælder både privat og offentligt byggeri. I denne case fokuseres på de retningslinier, der har at gøre med klimatilpasning.

### Beskrivelse af løsning

Byrådet blev forelagt følgende temaer, hvor der var udvalgt en række retningslinier til drøftelse og evt. vedtagelse:

- Fysisk planlægning
- Materialer i byggeriet
- Rådgivning af private bygherrer
- Processer
- Indkøbspolitik og miljøkrav i forbindelse med salg af fast ejendom

Hvert tema afsluttes med spørgsmål til politisk drøftelse og beslutning. I forhold til klimatilpasning er det primært temaet "Fysisk planlægning", der er relevant.

Planlægning, forstået som fysisk planlægning, med hjemmel i Lov om planlægning, er et af de få konkrete styringsredskaber, kommunerne besidder til at regulere / styre byggeri. Fysisk planlægning har bl.a. kommuneplaner og lokalplaner som produkt. Fysisk planlægning er redskabet til at sikre samfundsmæssige værdier og miljøet for kommende generationer. Den

fysiske planlægning har en tidshorisont, der strækker sig ud over kortsigtede drifts- og anlægsbeslutninger.

Med planloven kan kommunen:

- Gennem nye lokalplaner **bestemme installation af anlæg til opsamling af tagvand**. En brug af tagvandet til wc-skyl og tøjvask i maskine kan indføres som en betingelse for ibrugtagning af ny bebyggelse. Opsamlet tagvand kan også bruges til havevanding, bilvask, vinduesvask m.m. Overskydende tagvand, der ikke anvendes, kan sammen med det øvrige regnvand fra befæstede arealer nedsives og/eller forsinkes på egen grund inden bortledning til yderligere forsinkelse, nedsivning eller fordampning i fælles rekreative anlæg som f.eks. åbne render, kanaler eller bassiner inden udledning til naturligt vandområde eller kloak.
- Gennem lokalplaner **udforme bestemmelser der vedrører "veje, stier og parkeringsforhold"**. I lokalplaner kan det bestemmes, at veje, stier og parkeringspladser kun må etableres med en afvanding og belægning, som muliggør opsamling, forsinkelse eller nedsivning af regnvand, f.eks. græsarmeringssten, chaussésten, grus eller belægningssten. Det vil give mulighed for, at regnvand bliver til grundvand samtidig med, at det lokale rensningsanlæg belastes mindre med vand fra fælleskloakerede områder, samt at materialeforbrug og arbejde med kloakering reduceres. Nedsivning af regnvand til også lette presset på kloakkerne ved kommende ekstremregn med dertil hørende oversvømmelser af kældre, viadukter og lignende skader.
- Gennem lokalplaner **udlægge arealer til etablering af rekreative anlæg**, der kan modtage regnvand fra befæstede arealer f.eks. tage, vejarealer og flisebelagte arealer, hvilket er en nødvendighed under ekstremregn. Ved at forsinke afstrømmende regnvand f.eks. via åbne render eller kanaler til sø eller regnvandsbassin, belastes naturlige vandområder og rensningsanlæg mindre, og anlægs- og materialeforbrug til kloakering mindskes.
- **Udforme overordnede planlægningskriterier i kommuneplanen**, der medfører, at nybyggeri udelukkende opføres, hvor det er bæredygtigt og samfundsøkonomisk rentabelt; eksempelvis ved udelukkende at udlægge arealer til byggeri, hvor der ikke forventes problemer qua global opvarmning – vandstandsstigninger og kraftig nedbør.

Middelfart byråd vedtog på sit møde den 5. januar 2009, at regnvand i de kommende lokalplaner skal søges nedsivet på egen grund. De øvrige forhold nævnt ovenfor skal opfattes som pejlepunkter for administrationen fremover.

### **Barrierer / behov for værktøjer / gode råd på baggrund af erfaringer**

For at administrationen fremover aktivt skal arbejde med de ovenfor nævnte pejlepunkter, så vil det være nødvendigt i kommunen at skabe et fundament for et tværfagligt samarbejde mellem kommuneplanlæggere, byplanlæggere, landskabsarkitekter, miljøfolk, vejingeniører og afløbsingeniører.

Derudover vil processen kunne fremmes ved ændringer i planloven, der giver kommunerne større muligheder for at indføre bindende retningslinier i lokalplanerne i forhold til klimatilpasning. En økonomisk motivation for bygherrer og boligejere kan opnås via en ændring af betalingsloven, som pålægger boligejere at betale for afledning af regnvand til det offentlige spildevandssystem.

Den følgende case beskriver, hvordan de vedtagne retningslinier efterfølgende er udmøntet i lokalplantiltag i casen **"Blå struktur for nyt boligområde i Middelfart"**.



## Case 8:

# Blå struktur for nyt boligområde i Middelfart

*Af Allan Bruus og Lotte Mogensen, Middelfart Spildevand as og Victoria Plum, ALECTIA A/S*

Ved byggemodningen af et nyt boligområde, "Stiklingen", ønsker Middelfart Spildevand i samarbejde med Middelfart Kommune, at skabe et demonstrationsområde for energirigtige boliger kombineret med en klimasikret afvanding af området. Dette sker blandt andet på baggrund af en beslutning fra Middelfart Byråd om en række retningslinjer og pejlemærker for klimatilpasning af nye boligområder. En alternativ afledning af regnvand fra veje og tage skal medvirke til at mindske afledningen af overfladevand fra området til et minimum. Dette vil også skåne et nærliggende vandløb, der i perioder er overbelastet med regnvand fra opstrøms beliggende bebyggelse. Disse forhold gør, at der skal foretages en forsinkelse, nedsivning og så vidt muligt også en fordampning af regnvandet inden udledning. Derudover skal regnvandet indgå som en del af det rekreative nærmiljø i bebyggelsen.

### Baggrund

Området er beliggende i Middelfarts østlige del og omfatter et areal på ca. 3 ha. Området har været udlagt til erhverv og anvendt til autoophug. Grunden fremstår som en forholdsvis jævn flade. Terrænet stiger fra ca. kote 19 mod nordøst til ca. kote 24 i det sydvestlige hjørne. Området ønskes udviklet til dels et attraktivt nyt boligområde samt til dels et grønt område, der kan fungere som buffer mod et nærliggende industriområde. Området ønskes bebygget med åben/lav lavenergi boliger. Kombinationen af energirigtige boliger med klimatilpasning af området betyder, at der er en unik mulighed for at tænke i helheder for at skabe et boligområde, der både tager højde for den forventede effekt af klimaændringerne, og som bidrager til mindskelse af klimapåvirkningerne.

Middelfart Kommune har vedtaget en række retningslinjer og pejlemærker for fremtidig planlægning og byggeri, således at dette i fremtiden bliver mere klima- og miljøvenligt. Dette omfatter også klimatilpasning – primært som regnvandshåndtering.

Middelfart Spildevand ønsker aktivt at indgå i udvikling og afprøvning af metoder til klimatilpasning. Middelfart Spildevand har derfor i samarbejde med ALECTIA udarbejdet et projektforslag til en blå struktur for området.

### Udfordringer

Der er selvfølgelig en række udfordringer i en sag af denne art. Disse er kort beskrevet i det følgende.

Der er konstateret og afgrænset en forurening med olie og tungmetaller i et niveau, som betyder, at nogle af de kommende parceller er "lettere forurenede". Forureningen stammer fra den tidligere anvendelse af arealet til autoophug. Dette stiller udfordringer – ikke mindst af økonomisk art – til håndteringen af jord i området, hvor gravearbejdet skal minimeres i de dele, der er særligt forurenede.

Området er beliggende inden for et område med særlige drikkevandsinteresser. Tykkelsen af lerdæklagene over grundvandsmagasinet er begrænset. Dette betyder, at det skal sikres, at en evt. nedsvivning af overfladevandet – herunder specielt vejvandet – ikke vil udgøre en risiko for grundvandet. Jorden er forholdsvis leret, hvilket ikke giver de bedste betingelser for nedsvivning.

Der skal tilledes vand fra en sø, der ligger på et areal vest for udstykningen. Det betyder, at den blå struktur skal dimensioneres til denne yderligere tilførsel af vand.

Recipienten for overfladevandet er Tokkemade afløbet. Dette vandløb er i forvejen hydraulisk overbelastet, hvilket har medført restriktive krav til en yderligere tilførsel af overfladevand.

Terrænforhold – den blå struktur skal fungere i sammenhæng med de åbne og grønne arealer og tilføre en ekstra kvalitet til disse.

## Løsning

Illustrationen viser en skitse af den blå struktur i Stiklingen.





### **Afvandingsprincip**

Der er tre afløbssystemer: Et afløbssystem, der afleder sanitært spildevand fra parcellerne. Et afløbssystem, der afleder overfladevand fra vejarealerne til recipient og et afløbssystem, der afleder tagvand fra parcellerne til recipient.

De to systemer for overfladevand forsynes med afløbsregulatorer. Der opereres med meget lille trykhøjde.

### **Vej**

Vejene udføres i henhold til Vejdirektoratets anvisninger.

Stamvejen er 2 x 3,0 m og boligvejene er 2 x 2,75 m. Vejene er uden fortov. Vejene forsynes med kantsten for at undgå ekstraudgifter til renholdelse af veje.

På sydsiden af stamvejen er der træplantning. Forsyningsledningerne lægges i rabatten mellem vej og regnvandsbassin. Brugsvand lægges i vej.

I boligvejene friholdes den vestlige rabat til plantning af spredte træer. Ledninger fremføres i den østlige rabat.

### **Ledningstracé**

Spildevandssystemet er et traditionelt separatsystem. Ledningerne ligger ca. 40 cm under laveste regnvandsledning. Mellem de to regnvandssystemer tilstræbes en højdeforskel på 40 cm.

Der er ledningstracéer i stamvejene. Hovedsystemet ligger i den øst-vest-gående sti, hvor der også skal gøres plads til en ekstern råvandsledning.

Den samlede regnvandsmængde reduceres til 1 l/sek. Vandmængden kan reduceres yderligere, men det vil medføre indgreb i udstykningens layout, dvs. ændring af lokalplanen, eller etablering af kostbare bassinledninger.

### **Regnvandsbassinerne**

Bassinerne for overfladevand fra vejene er placeret langs stamvejen. Da vejen falder ca. 2 meter, er der 3 adskilte bassiner. For at opnå størst muligt volumen, er der etableret en plantestensmur ind mod parcellerne. Over højeste opstuvningskote er muren åben, dvs. at stødfugerne er ca. 2/3 af stenlængden. De fremkomne huller beplantes.

Regnvandsbassinerne er placeret i toppen af systemet. Der er en regulator for hvert bassin. Vandet afledes til hovedafløbsledningen, der er placeret i den øst-vestgående sti-tracé. Vandmængden reguleres ned inden afledning til hovedledningen. I den østlige ende af hovedledningen er sandfang og olieudskiller placeret. Da olieudskilleren er placeret, efter at vandmængden er reduceret, er en olieudskiller med en kapacitet på 0,8 l/sek tilstrækkelig.

Overfladevand fra parcellerne ledes til et centralt beliggende regnvandsbassin. Ledningssystemet for den østlige del anvendes både som tilløb til regnvandsbassinet og til tømning af dette.

Regnvandsbassinet er delt i to med en grøft imellem. Det nordlige bassin skal indpasses i skovplantningen, og derfor udformes det som en permanent sø med græsbeklædte skrånninger. Af hensyn til børnene er vanddybden reduceret til 40 cm + 30 cm regnvandsvariation.

Skråningerne gives et anlæg på min.  $a=4$ , gerne større, men det skal påtænkes, at overjorden er forurenet.

I den zone, hvor vandstanden varierer, etableres der "armeret" græs. På det afrettede underlag udsås græs, og der grundgødes. Herover udlægges Enkammat, som porefyldes med knust granit i fraktionen 0/6 mm – split. Græsset vokser op igennem splitten – og "overlever", hvor der ikke er permanent vandpåvirkning. Det armerede græs er stabilt over for bølgeerosion og for børn, der leger i vandkanten.

Til regnvandsbassinet ledes vand fra den sø, der ligger på kommunens areal vest for udstykningen. Her sættes en regulatorbrønd i stien. Vandet løber i en flad grøft. Der etableres to overfald, hvorved man kan have vand stående permanent i grøften. Det ene overfald placeres i skel, og det andet overfald placeres på randen af søen. Når vandet løber ud over sidstnævnte overfald, ledes vandet ud over en knoldebrolægning. Herved undgås erosion, vandet bliver luftet, og i varme perioder kan opnås en forøget fordampning.

Det sydlige bassin skal anvendes som opholds- og legeareal. Brugsværdien – som fælles grønt opholdsområde – stiger, når det ikke blot er en flad mark. Bunden i bassinet er hævet 10 cm i forhold til det nordlige bassin, og der er udlagt grus i bunden. Bassinet oversvømmes derfor ikke så tit, og bunden bliver ikke mudret. Bassinets sider er opbygget af klyner – dvs. tørveblokke – som danner en fast kant på bassinet. Klynerne bagfyldes med spagnum, hvori der plantes Rododendron. Med tiden gror bassinet helt til, og det vil være et godt krat for børnene at lege hule i. Bassinsiderne kan anvendes som liggeplads, og der kan opstilles legeredskaber, f. eks kan der bygges en svævebane over bassinet.

Bassinet kan undlades mod at forøge størrelsen på det nordlige bassin.

Bassinerne er forbundet med en grøft. Her er siderne bevidst gjort stejle for at undgå, at terrænelementet forsvinder i landskabet. Der etableres en bro af sveller ved den nordlige parcel, så det er muligt at spadserere omkring søen.

### **Dræn**

Ifølge en orienterende geoteknisk undersøgelse er der ikke truffet tilstrømning af grundvand til borerne. Dette skyldes enten, at borerne ikke er efterpejlet eller, at der er vandindvinding i området. Vandspejlet i søen vest for udstykningen er beliggende i samme niveau som størstedelen af udstykningen.

Der etableres dræn under regnvandsbassinernes membraner, for at undgå løftning af disse, hvis grundvandsspejlet kommer over bassinbund. Drænvandet ledes til pumpebrønd.

En nærmere undersøgelse skal vise, om drænvandet skal ledes til spildevandssystemet, eller om det kan udledes i det nordlige regnvandsbassin.

### **Perspektiv – det videre forløb**

De opnåede erfaringer kan Middelfart Spildevand og Middelfart Kommune bruge i forbindelse med kloakering og afvanding af nye byggemodninger og byomdannelseprojekter i Middelfart kommune. Derudover ser Middelfart Spildevand også gerne, at løsninger i området kan videreformidles og bruges som inspiration for andre.

Der indhentes erfaringer med effekten af "aktivt" muld dvs. tilbageholdelseeffekt på forurenende stoffer fra veje i området.



Hvis der i udbudsmaterialet for de enkelte parceller bliver stillet krav om etablering af faskiner med overløb til den blå struktur, kan afledningen fra området blive endnu mindre.

Drift og vedligehold af den åbne del af den blå struktur skal varetages af en grundejerforening undtagen selve regnvandsbassinet, som Middelfart Spildevand har ansvaret for sammen med spildevandsledningerne i området.

Det er ønsket, at den blå struktur kan bidrage til at skabe en identitet og karakter for området, som kan øge værdien af det rekreative nærmiljø i bebyggelsen og dermed gøre det til et attraktivt sted at bo.

# Case 9: Nedrivning af boliger som element i klimatilpasningen i Odense

Af Nena Kroghsbo, Odense Vandselskab

*I forbindelse med de senere års hyppigere tilfælde af ekstreme regnbyger, har et boligområde i Odense været særligt hårdt ramt. Løsningen for området er blevet, at Odense Vandselskab har opkøbt 7 parcelhuse i villakvarteret, der er nedrevet for at give plads til en udvidelse af et allerede eksisterende regnvandsbassin i kvarteret.*

## Primær problemstilling

Villaområdet i Sanderum blev bygget i 1970, men inden for de sidste par år har områdets regnvandsledninger og bassiner givet op overfor mere intense regnhændelser, hvilket har resulteret i kælder- og villaoversvømmelser. I sommeren 2006 blev 8 huse på Ejersmindevej i Sanderum oversvømmet af regnvand i sådan en grad, at beboerne måtte fraflytte deres ejendomme, imens renoveringen pågik. Det samme skete igen i sommeren 2007, hvor 9 ejendomme blev oversvømmet.

Efter den første regnhændelse i 2006 begyndte Odense Vandselskab at kigge på forskellige løsninger på situationen.

I samarbejde med Odense Kommune blev der derfor opstillet nogle forudsætninger for, hvordan problemet skulle løses. I dag er de grønne områder i Sanderum i underskud og mange af de eksisterende arealer er for små i forhold til de krav og anbefalinger, der er på området ("friarealnorm"). Det var derfor ikke ønskeligt, at der kom regnvandssøer på de få grønne områder, der allerede var, og det ville være at foretrække at få en stor sammenhængende regnvandssø frem for flere små. Det var også en vigtig forudsætning for projektet, at der var fokus på at undgå konflikter med de private grundejere i forhold til placeringen af bassinerne, og at den valgte løsning skulle have tilslutning fra alle parter.

Der blev set på forslag omhandlende forskellige typer af bassiner på 5.000-10.000 m<sup>3</sup>, udvidelse af kloaksystemet og faskiner. Problemet ved mange af løsningerne var, at de lå på grønne områder, som der er underskud af, og at mange af arealerne er underlagt lovgivning, heriblandt naturbeskyttelse, der ville kræve en dispensation.

## Beboerne foreslog selv løsningen

På et møde med de berørte husejere i slutningen af 2007, lagde beboerne af de berørte ejendomme op til, at løsningen kunne findes i en helt anden retning. Beboerne foreslog, at Odense Vandselskab kunne købe deres ejendomme, således at udvidelsen af det allerede eksisterende regnvandsbassin kunne placeres der. De ejendomme, der var blevet hårdest ramt af vandmasserne, var placeret i en naturlig lavning i området, og der ville derfor altid være en særlig risiko for, at der ville komme oversvømmelse igen netop der.





Odense Vandselskab arbejdede videre med idéen, som stemte overens med de forudsætninger, der var lavet. Husene var placeret lige op ad et eksisterende bassin, og det var derfor muligt at lave en stor sammenhængende regnvands sø på ca. 7000 m<sup>3</sup>.

Det viste sig teknisk muligt at opnå tilstrækkeligt bassinvolumen, hvis man samtidig med udvidelsen af det eksisterende bassin, etablerede et mindre bassin på 3000 m<sup>3</sup> i området. Derudover blev afstrømningen fra en nærvedlæggende mose droslet ned, fra 800 l/sek til kloaksystemet under ekstreme regnhændelser mod en naturlig afstrømning på 120 l/sek, svarende til 1 l/sek/ha.

Udover at det var teknisk muligt, viste forslaget sig ligeledes at være økonomisk fordelagtigt, eftersom at husejernes idé viste sig at være langt den billigste sammenlignet med andre alternative løsninger.

I første halvdel af 2008 blev de nærmere omstændigheder omkring køb af de vandplagede ejendomme undersøgt. Det var vigtigt for Odense Vandselskab at arbejde videre med en model, hvor husejerne kunne indgå i en frivillig aftale omkring salget af deres ejendom, og at ingen skulle føle sig tvunget til at sælge.

Odense Vandselskab og husejerne blev enige om en procedure, hvor tre uafhængige ejendomsmæglere skulle vurdere ejendommens værdi, når de så bort fra de skader, oversvømmelserne havde medført – altså husenes markedsværdi, hvis der ikke var oversvømmelsesproblemer. Disse bud ville derefter blive brugt til at fastsætte den endelige salgspris. Salgsprisen blev lavet som en vægtet gennemsnitspris, således at den laveste pris blev vægtaget 25%, den højeste pris 25% og den midterste med 50%.

Beboerne i ni huse fik tilbud om at sælge deres ejendom til Odense Vandselskab, og syv sagde ja tak. Dette var nok til at opnå den ønskede volumen på i alt 7.000 m<sup>3</sup>, svarende til en 50 års regnhændelse.

Sammen med Odense Kommune blev der udfærdiget nogle principper for udformningen af regnvandsbassinerne, således at bydelen kunne få gavn af de nye rekreative områder, som Sanderum var i underskud af.

I efteråret 2008 blev Grundejerforeningen og de nærmeste beboere til de nye bassiner inddraget i processen med udformningen af bassinerne, placering af stier og opholdsarealer samt valg af beplantning. I foråret 2009 blev husene revet ned, og anlægsentreprisen forventes færdiggjort i sommeren 2009.

### **Gode råd på baggrund af erfaringer fra casen**

I forbindelse med købet af husene blev der lagt meget vægt på frivillige aftaler, så ingen skulle føle sig tvunget til at sælge deres bolig. Derfor var der i begyndelsen også tale om "ikke bindende interessetilkendegivelser", hvor beboerne skriftligt og uden pres fra naboer, kunne tilkendegive, om de var interesserede i at sælge til Odense Vandselskab eller ej. Dette gjorde, at lodsejerne kunne springe fra, og at de lodsejere, der endte med at sælge, har haft det okay med at flytte fra et hus, de måske har boet i de sidste 30 år.

I forbindelse med udformning af bassinerne, placering af stier og opholdsarealer, samt valg af beplantning, var det en god idé at inddrage de tilbageværende beboere, da det har medført en del konstruktive ideer samt resulteret i en glæde og en positiv forventning til de nye bassiner.



*På Ejersmindevej i Odense er syv parcelhuse revet ned. Husene blev jævnlgt oversvømmet, og beboerne foreslog selv, at Odense Vandselskab skulle købe husene og lave en sø i stedet for.*

*Visualisering af regnvandssøen i Sanderum.*



## Case 10: Klimasikring af by og vandløb ved tværfagligt arbejde i Ikast-Brande

Af Uffe Gangelhof og Niels Bjerregaard, Grøntmij | Carl Bro

I Ikast-Brande Kommune, har planafdelingen, miljøforvaltningen og forsyningen i samarbejde udarbejdet et ikke-konventionelt men bæredygtigt forslag til at løse problemer med manglende afløbskapacitet i et udbygget industriområde. Udover at håndtere regnvandet i tilfælde af skybrud udnyttes vandets rekreative værdi til glæde for lokalsamfundet. Regnvandsbassinerne forbindes af snoede kanaler integreret i en lokalplan på lige fod med stisystemer, broer og legepladser. Systemet er også indrettet til at skåne recipienten for forurening og meget voldsom vandføring. Løsningen er klimatilpasset og testet for konsekvenser ved "monsterregn".

I Ikast skal et industriområde ved motorvejen udbygges, men ledningsnettet er ikke dimensioneret til at håndtere den ekstra afstrømning ved voldsom regn. Der er i forvejen problemer med afløbssystemernes kapacitet i det eksisterende industriområde, og problemerne viser sig længere nede i afløbssystemet, hvor dæksler "skydes af" under kraftig regn. Der er imidlertid ikke plads til at anlægge regnvandsbassiner i industriområdet, og derfor har det været bydende nødvendigt med et tæt samarbejde imellem Ikast-Brande Kommunens miljøafdeling, planlægningsafdeling og kloakforsyningen.

*Forslag til byport med nyt bassin og beplantning ved indkørsel til Ikast fra motorvejen*



## Interesser i sagen

Kloakforsyningen har ansvaret for, at der maksimalt er overløb fra afløbssystemet i industriområdet til recipienten hvert tiende år – det er afløbssystemet ikke dimensioneret til i dag. Der er derfor brug for at anlægge et stort eller flere regnvandsbassiner for at imødekomme disse krav.

Placeringen af regnvandsbassinerne i området skal tage hensyn til kommunens løbende salg af grunde i industriområdet. Et salg som planafdeling står for. Bassinerne er derfor anlagt i et eksisterende grønt område, som løber på syd- og østsiden af industriområdet. Det grønne område er oprindeligt udlagt med henblik på at beskytte det nærliggende boligområde for støjgener fra industriområdet, men det kan fint tjene begge formål. Med placeringen af bassinerne har planafdelingen desuden sikret en flot overgang fra motorvejen til byen som en del af en byport.

Miljøafdelingen er involveret i projektet, fordi recipienten i dag belastes mere end acceptabelt. Vandløbet er højt målsat, og der er derfor sat restriktioner for, hvor meget vand der må tilgå recipienterne både i dag og i fremtiden. For at undgå forurening af grundvandet kræver miljøafdelingen desuden, at vandet fra bassinerne ikke må trænge ned. Endelig skal forurening fra bassinerne til recipienterne eller de nærliggende vådområder minimeres mest muligt.

I Miljøafdelingen forklarer man holdningen således: "I vores del af butikken har vi fokus på, om recipienten tager skade ved voldsomme regnhændelser. For vandmængderne kan skylle det hele væk. Mange af søerne og åerne i kommunen hører under naturbeskyttelseslovens §3, som siger, at deres tilstand ikke må forværres."

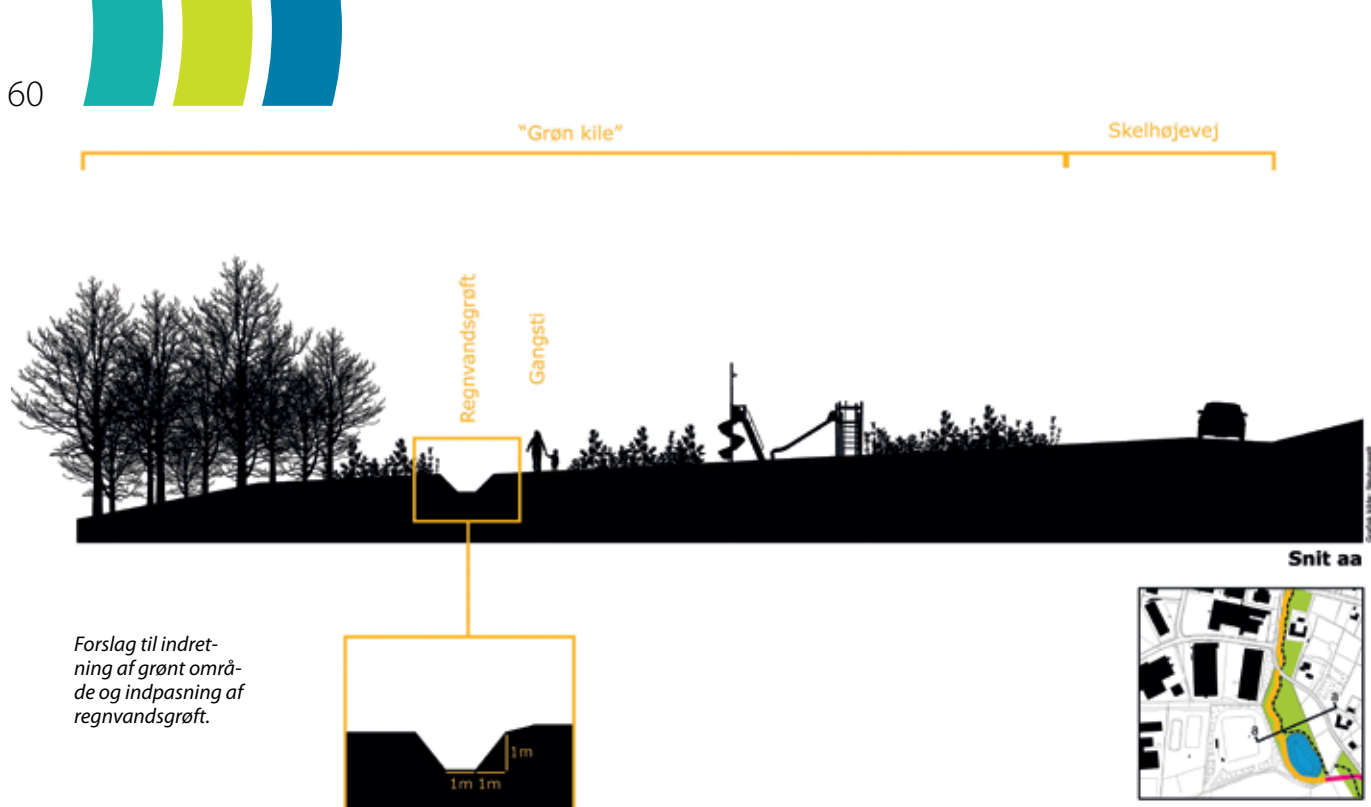
Den samlede løsning er derfor kompleks og grundigt gennemarbejdet for netop at tage hensyn til alle interessenterne. Processen og udarbejdelsen af den endelige løsning er baseret på grundig koordinering og samarbejde understøttet af blandt andet detaljerede hydrauliske beregninger ved anvendelse af Mike Urban og Mike FLOOD. Modelberegningerne er anvendt til at eftervise og klimatilpasse designet samt at minimere risikoen for skadevoldende oversvømmelser ved ekstremhændelser ved kontrollerede oversvømmelser i det grønne område.

## Løsningen – fire bassiner og en grøft

Løsningen er blevet anlæggelse af fire bassiner i det lange, grønne område, som løber langs syd- og østsiden af industriområdet. I den nordlige ende er bassinet en overdækket tank forbundet af en åben kanal til et større tørt bassin. Når det regner, løber regnvandet samt eventuelle overløb fra de to bassiner i kanalen.

For at udnytte vandets rekreative værdi skal der altid være vand i grøften, og dette sikres ved at lede drænvand igennem systemet. Grøntmij | Carl Bro har desuden foreslået forskellige beplantninger og legepladser som en yderligere værdiskabende mulighed, da det i høj grad er dagplejemødre med børn, som kommer til at bruge området. Ligeledes af hensyn til den rekreative værdi, er grøften anlagt med slyng og stryg, hvilket også hæmmer erosion og øger stoftilbageholdelse.

Der er udtænkt en plan for stisystemer og broer, dels for at sikre optimal mobilitet og dels at det rekreative område bliver attraktivt at færdes i for lokalbefolkningen. Stien kommer samtidig til at virke som fortov langs Skelhøjevej, som dagplejemødrene i dag bruger, når børnene skal ud i det grønne. I dag har vejen ikke fortov.



Forslag til indretning af grønt område og indpasning af regnvandsgrøft.

### Byport med to søer

Grøften fortsætter omkring industriområdet til den anden ende af det grønne område, hvor der anlægges to bassiner. Bassinerne ligger på hver sin side af indfaldsvejen fra motorvejen, og har permanent vandspejl, som på en gang tilgodeser det æstetiske og miljøet. Bassinerne er forbundet med hinanden, så vandspejlet altid står lige højt i begge bassiner. Dette giver et smukt visuelt indtryk, når man kører ind i Ikast ad denne vej.

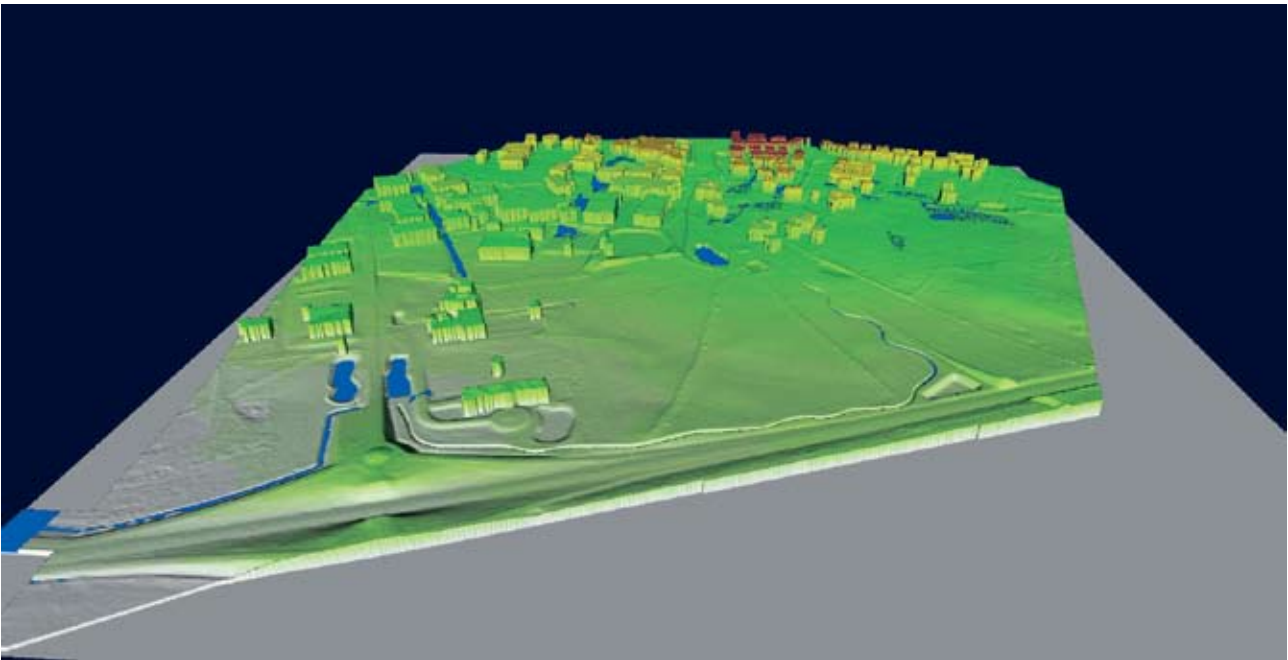
Alle bassinerne har dykkede udløb og sandfang for at stoppe olie på overfladen og partikulær forurening på bunden. Den metode udnytter samtidig, at opløst kvælstof og fosfor samler sig på partiklers overflade, så stofferne tilbageholdes og omsættes i bassinets våde del. Desuden har bassinerne tæt bund, så vandet ikke kan sive ned i grundvandet og forurene det.

På grund af en kombination af manglende kapacitet i industriområdets afløbssystem og af jordbunds- og grundvandsforholdene i det grønne område er bassinerne dimensioneret, så funktionen af bassinerne som en helhed overholder de stillede funktionskrav. For beskyttelse af recipienten er der givet en udledningstilladelse på 1 l/s/ha, og den overskydende vandmængde skal derfor forsinkes ved fornuftig fordeling i de fire bassiner og grøfterne i det grønne område

### Avancerede beregninger inddrager klimaet

De dimensionerede bassinvolumener og grøftegeometrien er eftervist ved modelberegninger. De to nordligste bassiner er dimensioneret til maksimalt at blive overbelastet hvert 5. år, medens bassinerne ved Jyllandsgade er dimensioneret til maksimalt at blive overbelastet hvert 10. år.

Grøften skal kunne lede vandet, selv når bassinerne overbelastes. For at sikre dette, og samtidig klimatilpasse grøften, er der foretaget modelberegninger af vandføringen i et ekstremt tilfælde. Beregningerne tager udgangspunkt i den værste regnhændelse, som kendes fra området. Den er fra 5. juli 2005, hvor der faldt 61 mm ved to byger ved renseanlægget i Her-



*Skærbillede fra Mike Flood.  
Byport med bassiner ses  
nederst til venstre.*

ning. Til denne hændelse er der ydermere kompenseret for klimaeffekten og scenarieu sikkerhed ved at øge vandmængden med en faktor 1,44 – jfr. Skrift 27-29. Grøften er altså dimensioneret til også at kunne føre overløbsvandet fra bassinerne inkl. sikkerhedstillæg uden at give oversvømmelse.

På grund af risikoen for oversvømmelser af nærliggende bygninger og motorvej ved såkaldt "monsterregn" er de mest udsatte områder identificeret ved en MIKE FLOOD simulering baseret på en endnu større regnhændelse. Ud fra disse beregninger er der udpeget steder, hvor terrænreguleringer kan sikre, at vandet løber på terræn over i et nærliggende grønt område i stedet for ind i industriområdet eller ud på motorvejen. Overflademodeller baseret på digitale terrænmodeller gør det muligt, som i dette tilfælde, at analysere og styre oversvømmelser på terræn.

I projekteringen af bassiner og kanaler er terrænreguleringen derfor medregnet som deponi for overskudsjord fra anlægsarbejdet. I dette tilfælde er der derfor sparet penge ved, at jorden ikke bortkøres, men anvendes lokalt. Det er helt i projektets ånd at genbruge lokale materialer, da det både er billigt, gavner miljøet og er en CO<sub>2</sub> besparelse.

### **En mulighed til efterfølgelse**

Planafdelingen har gjort sig følgende konklusioner fra projektet: "Det er vigtigt at få alle med fra starten, for ingen vil præsenteres for en endelig løsning. Det er også ret afgørende, at man har klare aftaler med konsulentfirmaet, så også de er klar over, hvornår man helst vil underrettes og inddrages".

Hele forløbet med det tværfaglige projekt og samarbejdet med en ekstern virksomhed har også været meget lærerigt i forsyningen, og den øvelse man har gjort i Ikast gør, at forsyningen nu tager ud med de tre afdelinger for at se, hvordan man kan løse problemerne, hvor klimaforandringerne er tænkt ind i løsningerne. I alle byer vil Ikast-Brand Kommune gerne fremover løse problemerne uden at belaste recipienterne, da kommunen ligger i den sårbare del af både Skjern åens og Gudenåens oplande. Samtidig kan alle i kommunen også få glæde af vandets rekreative værdi, hvis vandet beholdes lokalt.



# Case 11:

## Klimasamarbejde i Fredericia: En snak uden varm luft

Af Mads Sønnegaard Poulsen, Orbicon

*I Fredericia mødtes forsyningen med en bred skare af repræsentanter fra kommunens andre forvaltninger. På en workshop fandt forsyningen og forvaltningerne sammen om fælles problemstillinger og nye muligheder omkring klimatilpasning. Og det blev ikke bare ved snakken. Et forstærket samarbejde på tværs af afdelingerne blev etableret samme dag.*

Planafdeling, natur og miljø, beredskab, forsyning, renseanlæg, drift, vej og park var repræsenteret til Fredericia Kommunes klimaworkshop. Workshoppen gik ud på at forholde sig til konkrete udfordringer omkring klimatilpasning og få kommunens forskellige forvaltninger til at løse udfordringen i fællesskab.

### En plan for fremtiden

Et oplagt eksempel for samarbejde mellem planafdeling og forsyning er i arbejdet med udpegnings af nye byudviklingsområder. Før i tiden var fokus i høj grad placering i forhold til trafikale forhold, hvor f.eks. en placering ved motorvejen har været attraktiv for mange erhverv. Nu er det blevet relevant, at man ikke udpeger områder, som ligger i risikozonen for oversvømmelser. I planafdelingen betyder den øgede bevidsthed, at planlæggerne vil inddrage f.eks. håndteringen af vandet, og dermed andre teams og afdelinger, i højere grad.

Det giver god mening at håndtere vandet lokalt, og når forsinkelse ved f.eks. åbne bassiner integreres i byen, kan det ændre byrummet. Blå og grønne elementer giver mulighed for at kreativiteten kan blomstre, og vi skal starte allerede fra arealudpegnings. Vi oplever, at der er stor politisk interesse inden for området, og det ansporer til, at vi igangsætter forskellige initiativer, siger man i planafdelingen.

### Risikokort over kommunen

Et lille skridt på vejen til at få overblik er en risikokortlægning af lokalområdet. På workshoppen blev der præsenteret risikokort over kommunen, der på baggrund af kommunens højdemodel fortæller, hvor der er risici for oversvømmelser – fra nedbør og fra havstigning. Det gav et mere konkret billede af, hvad der kan ske i Fredericia Kommune. Kortet gjorde snakken på tværs af faggrupper konkret, fordi de kombineret med opgaver baseret på den nye kommuneplan krævede stillingtagen af deltagerne frem for overordnet snak om klima og klimatilpasning. Da kortet blev præsenteret affødte det straks en heftig debatter om de forskellige områder.

## Vi taler da sammen

Der var til at starte med konsensus om, at man da talte sammen på tværs af forvaltninger og teams i kommunen. Naturligvis taler folk sammen når de mødes på gangen eller til forskellige tværgående møder. Problemet er bare, at der sjældent er et formaliseret samarbejde omkring klima, og uden det, bliver det ikke rigtigt til noget.

Det gik også hurtigt op for deltagerne, at de havde meget mere at snakke om end de først havde troet og langt flere fælles udfordringer. Derfor tog de på dagen initiativ til at nedsætte en tværgående klimatilpasningsgruppe, der skal sørge for en sammenhængende og tværgående planlægning fremover.

## *Tværgående klimagruppe*

På workshoppen blev samlet en klimagruppe med repræsentanter fra alle de teams, der var til stede. En form for det fremtidige samarbejde om klimatilpasning er defineret og et kommissorium skal være klar til efter sommerferien.

## *Faste procedurer*

Fastlagte procedurer skal sikre, at viden udnyttes på tværs og at der sker en koordineret planlægning. Der har været stor efterspørgsel fra blandt andet planafdelingen for at få nogle værktøjer omkring håndtering af vand. Det kræver et højt niveau af viden og organisering at få den optimale tværgående planlægning.

## *Fokus på håndtering af vand*

Der er etableret fokus på at håndtere vandet, og målet er at opnå en tværgående klimastrategi.



*Risikoscreeningen omkring nedbør og havstigning gav anledning til ivrige diskussioner på tværs af afdelingerne på workshoppen i Fredericia.*





### *Klimaforandringer og nye krav*

Kravene til god økologisk tilstand og målet om at undgå de oversvømmelser, klimaforandringerne medfører, er umiddelbart modsatrettede, og det stiller de kommunale embedsmænd overfor en stor udfordring. En af løsningerne er at sørge for, at så lidt regnvand som muligt fra blandt andet dræn og kloakker kommer ned i vandløbet, siger man i Natur og Miljø afdelingen i Fredericia Kommune. Udover samarbejde mellem forvaltninger og forsyning vil tværkommunalt samarbejde også være nødvendigt for at løse opgaverne.

En af workshoppens opgaver var at løse håndteringen af vand i forbindelse med udpegnin- gen af et nyt industri kvarter. Industrikvartererne har en befæstelsesprocent på omkring 70. Hvis man lader de erhvervsdrivende finde løsninger, hvor regnvandet håndteres på deres egen grund, vil det ikke kun bidrage til en mindre belastning af systemet, men virksomhederne kan også profilere sig på et grønt image ved at gøre det synligt, mener man i Natur og Miljø.

Forskellige tiltag vil ofte bidrage til at løse flere problemer på én gang. Ud over større nedbørshændelser kommer vi til at se en øget temperaturstigning i byerne, og det kan vi naturligvis vælge at leve med. Men vi kan også forsøge at løse flere udfordringer på en gang. Flere grønne arealer, som f.eks. græs og mos på tagene, vil sænke temperaturen samtidig med at det tilbageholder vandet, så kloakker og vandløb ikke belastes for meget, og risikoen for oversvømmelser sænkes.

Det første skridt på vejen er at mødes, det næste er at finde vejen til viden, organisering og tværgående planlægning – den proces er startet i Fredericia.

# Case 12: Forøgelse af afvandings- kapacitet ved integreret planlægning og innovation

Udvalgte forskningsprojekter med fokus på forøgelse af afvandingskapaciteten ved afkobling af regnvand: 2BG og 19K

## 2BG

*Af Marina Bergen Jensen, KU LIFE og Susanne Balslev Nielsen, DTU Management*

Ideen med forskningsprojektet 2BG, som står for "Black, Blue and Green – Integrated infrastructure planning as key to sustainable urban water systems", er at udvikle en metode til integreret planlægning af vand i byer, dvs. at afvandingsopgaven skal kobles til byudvikling. Det gøres ved at udnytte mulighederne for at lave velfungerende og attraktive bydele, hvor regnvandet håndteres lokalt med minimal gene og maksimal gevinst for bydelens brugere. Det skal være nemt at få et hurtigt overblik over mulighederne for at håndtere regnvand lokalt gennem forsinkelse af afstrømningen, nedsivning og fordampning, og evt. opsamling af regnvand. Men at få byplanlægning og regnvandshåndtering til at spille sammen i de tidlige faser af by- og byggeprojekter kræver mere end teknisk og økonomisk forståelse, det kræver en udvikling af en ny organisatorisk platform med et fælles sprog, gensidig respekt og processer, som sikrer integration af de forskellige fagligheder.

For at skabe grundlag for en sådan organisatorisk platform er der som element i 2BG projektet afprøvet et nyt kursuskoncept, et såkaldt Platformskursus. Formålet med platformskurset (innovationsforløbet) er at give de deltagende kommuner nye kompetencer og en tværfaglig intern platform, der kan fremme helhedstankegang omkring byens tilpasning til et ændret nedbørsmønster og fortsatte økonomiske, sociale, kulturelle og miljømæssige udvikling. Dansk Byplanlaboratorium og DANVA har sammen med Danmarks Tekniske Universitet og Københavns Universitet udviklet og afprøvet et innovationsforløb om integreret planlægning af vand i byen. Du kan læse om udviklingskonceptet og de første deltageres udbytte i DANVA's medlemsblad danskVAND, August 2009.

### Gevinster på flere niveauer

Politisk fokus på klimaforandringer, investeringsefterslæb i kloaksystemet og udviklingen af kreative bymiljøer åbner mulighed for nye måder at lave regnvandsløsninger på. Vi er overbeviste om, at det kan kommunerne realisere, hvis der etableres en handlekraftig organisatorisk platform, der formår at koble på tværs af fagligheder og beslutningsniveauer. Gevinsterne findes på flere fronter. Udover mere klimarobuste løsninger og større borgertilfredshed handler det om

Bænk som overløbsbarriere langs med vandløb, Kirchsteigfeld, Potsdam. Foto: A. Backhaus.



- Fleksibel investeringsstruktur og færre skader
- Bedre håndtering af forureningen i vandet og kobling til byens samlede hydrologi
- Samspil med by-visioner på både projekt- og byniveau
- Kommunikation omkring byens infrastruktur og udviklingsmuligheder

Udover udvikling af metoder og værktøjer for nye samarbejdsformer vil 2BG projektet medvirke til udvikling af digitale beslutningsstøtteværktøjer til integreret planlægning:

- Modellering af afvandingssystemer, grundvandsspejl, geohydrologisk model m. effekt af klimaændringer
- Visualiseringsværktøjer (visualisering af scenarier, parametre: bytypologier, lav tæt osv. på baggrund af lokale data)
- Nyt Software til MOUSE til dimensionering af faskiner
- Best practise på kobling mellem teknik og det kommunikative (funktion, æstetik, kommunikation) samspil ml. det regulerende og det kommunikerende
- Dokumentation af renseteknologier (renseeffekt, forsinkelsesbassiner, stoftilbageholdelse, omsætning i våde enge, sediment)

2BG-forskningsprojektet startede i 2007 og fortætter til 2011. Læs mere på [www.2BG.dk](http://www.2BG.dk)

## 19K

*Af Marina Bergen Jensen, KU LIFE og Hanne Kjær Jørgensen, Rørcentret, Teknologisk Institut*

Innovationsprojektet 19K har sat fokus på innovative samarbejdsprocesser indenfor kommunaltekniske forvaltninger og offentlige forsyningselskaber med udgangspunkt i afløbsbranchens nye udfordringer med fokus på innovativ håndtering af regn.

Resultatet er et idékatalog over de eksisterende løsninger og de muligheder, vi kender i dag for tilbageholdelse, forsinkelse og reduktion af regnvandet – men med speciel fokus på innovationen i kendte løsninger. Derved kan resultaterne udvikles og så vidt muligt fremtidssikres, så krav relateret til klimaændringer, vandmiljøplaner, vandrammedirektiv mv. indtænkes i løsningsforslagene.

Læs mere om projektet, aktører mv. og se idékataloget med de mange eksempler på løsninger på [www.19K.dk](http://www.19K.dk)

# Case 13:

## Lokal håndtering af regnvand i Københavns kommune

Af Jan Burgdorf, Københavns Kommune, Marianne Marcher Juhl, Rambøll og Søren Gabriel, Orbicon

### LAR-Projekthåndbog – sådan vælger og udformer du den rigtige metode

For at nå Spildevandsplanens mål om Lokal Afledning af Regnvand (LAR) har Københavns Kommune udarbejdet en projekthåndbog for LAR. Håndbogen er tilpasset en bred målgruppe og kan bruges på flere niveauer i projektet – fra den tidligste idefase over valget mellem forskellige LAR-metoder og til dimensioneringen og projekteringen af det endelige LAR-anlæg.

### Projektets indhold og omfang

LAR projektet er udarbejdet af Orbicon, Rambøll, Erling Holm ApS, KU Skov & Landskab og DTU Miljø. Det samlede projekt består af tre dele:

- LAR-projekthåndbogen, der rummer en metode til at vælge den rigtige LAR-metode i det givne projekt og guider brugeren gennem ansøgningen om etablering af anlægget.
- Metodekataloget, der indeholder konkrete anvisninger for dimensionering og udformning af 12 forskellige LAR-anlæg og 5 forskellige rensemetoder til regnvand.
- Baggrundsrapporten, der gennem en samling af baggrundsnotater dokumenterer projektet.

Projektet er afsluttet i sommeren 2009 og har kostet knap 1,5 mio. kr.

LAR håndbogen kan downloades fra kommunens hjemmeside på [www.kk.dk](http://www.kk.dk)

### Hvorfor LAR i København?

Klimaændringer og strengere miljøkrav betyder, at afløbssystemet i fremtiden vil være underdimensioneret. Københavns Kommune har besluttet, at disse problemer skal løses lokalt, så regnvandet bliver fordampet, nedsivet, genanvendt eller udledt der, hvor det falder.

Københavns Kommune har desuden en række mål for en bæredygtig udvikling af byen – mål som LAR kan være med til at fremme.

1. **Kloak og renseanlæg:** LAR kan reducere mængden af regnvand, der løber til kloak og renseanlæg og sikre en bedre drift.
2. **Natur, rekreative muligheder og lokalt klima:** LAR kan hjælpe til at sikre badevand i haveområderne og opfylde miljømålene for kommunens søer, vandløb og marine områder. LAR skaber mulighed for at bruge regnvand i vådområder i byens parker og grønne områder og bidrager gennem øget fordampning til at mindske problemerne ved fremtidens øgede temperatur og nedbør.
3. **Grundvand:** LAR kan øge ressourcen af rent grundvand til drikkevand ved at nedsive regnvand eller ved genanvendelse af opsamlet tagvand.
4. **Innovation og forankring:** LAR giver borgere, virksomheder og institutioner mulighed for at tage ansvar for eget vand og være med til at udvikle og afprøve nye regnvandsløsninger.



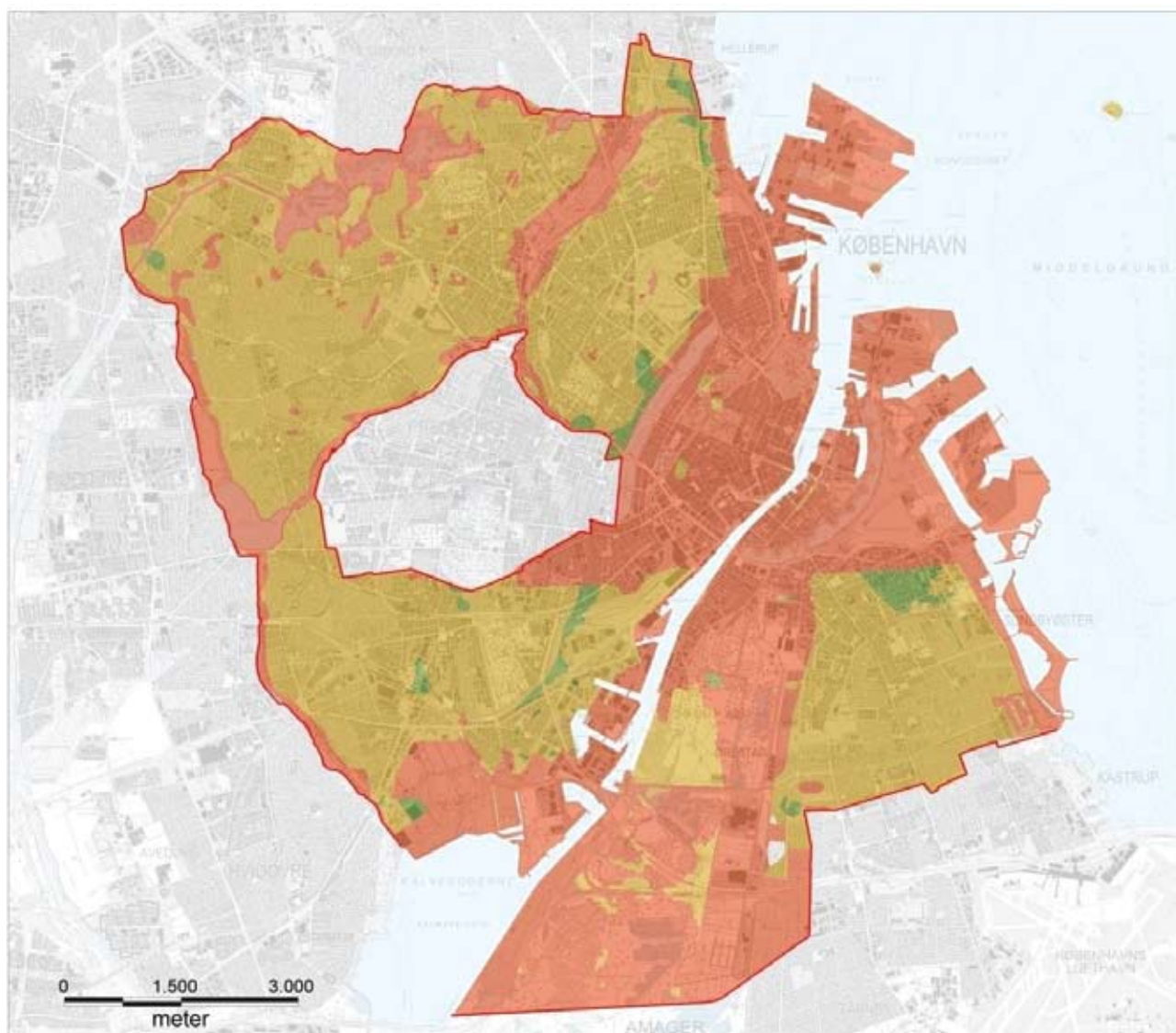
LAR kan altså have en række fordele i forhold til at lede regnvandet til kloak. LAR-løsninger kan f.eks. være med til at skabe nye grønne områder i byen, give plads til småsøer og øge dannelsen af grundvand under byen. På den anden side byder LAR også på udfordringer, og man skal sikre sig, at de løsninger, der bliver brugt, ikke forurener grundvand eller vandområder, og at løsningerne er driftsikre og økonomiske.

For at undgå problemer med forurenede regnvand skelner Københavns Kommune mellem tagvand og vejvand, når der skal gives tilladelse til nedsivning eller udledning af regnvand. Tagvand fra tage uden problematiske belægninger og vand fra arealer, der ikke er belastet med trafik betragtes som rent, mens vejvand skal renses, før det betragtes som rent. Både nedsivning og udledning af regnvand kræver tilladelse fra kommunen.

### LAR-projekthåndbogens indhold

Håndbogen indeholder bl.a. nogle kort, der henvender sig til planlæggere, byggesagsbehandlere og bygherrer og giver et overblik over, hvilke LAR-metoder, det kan være relevante at arbejde videre med i forskellige dele af kommunen. Brugeren kan med udgangspunkt i et projekt eller et konkret område i byen gå ind på et "mulighedskort" og få et overblik over

*Figur: Mulighedskort for nedsivning af tagvand og rensning af vejvand i Københavns Kommune.*



hvilke LAR-metoder, der kan være relevante i projektområdet. Endvidere kan brugeren få et overblik over, hvilke LAR-metoder, der er til rådighed, og hvilke fordele og ulemper, der er forbundet med dem.

På Mulighedskortene aflæses, hvilke typer af LAR-løsninger, der er mulige i det projektområde, man arbejder i. Kortene anviser således, hvor der er mulighed for at arbejde videre med nedsivningsløsninger, udledning til overfladevand og afledning til separatkloak.

### **Mulighedskort for nedsivning – et eksempel**

Af hensyn til grundvandet og risikoen for oversvømmelser er nedsivning af regnvand kun en mulighed i dele af kommunen. Mulighedskortet for nedsivning viser, hvor det principielt er muligt at nedsive tagvand og rensset vejevand. Kortet bygger på oplysninger om bl.a. afstanden fra jordoverfladen til grundvandet, grundvandets sårbarhed og jordbundens beskaffenhed.

Af kortet kan det aflæses, om det projektområde, man arbejder med, er velegnet, måske egnet eller uegnet til nedsivning. I områder, der er egnede eller måske egnede, er der baggrund for at arbejde videre med LAR-løsninger, der nedsiver tagvand eller rensset vejevand. Kommunens oplysninger om forurenede grunde indgår i den senere sagsbehandling af anlægget.

Områder med separat kloak er angivet som uegnede til nedsivning, da det er kommunens politik, at regnvand skal ledes til kloakken i disse områder. Nedsivning er principielt mulig i disse områder, men kan ikke støttes ved tilbagebetaling af tilslutningsbidrag.

### **Metodekataloget**

Som en del af LAR-projektet er der udarbejdet anvisninger for en række forskellige LAR-løsninger, der baserer sig på nedsivning, fordampning eller genanvendelse af regnvand samt nogle muligheder for at forsinke eller rense vandet. De principielle løsninger fremgår af nedenstående liste.

- Nedsivning
  - Nedsivning gennem jordoverfladen, grøfter, regnbede mm.
  - Permeable belægninger med nedsivning
  - Faskiner
- Fordampning – Grønne tage
- Genanvendelse – havevanding, toiletskyl og tøjvask
- Forsinkelse
  - Bassiner
  - Forsinkelse på befæstede arealer
  - Permeable belægninger uden nedsivning
  - Drosling af afløb og anden styring
- Rensning
  - Sandfang og bassiner
  - Olieudskillere
  - Filtre
  - Avanceret rensning



*Eksempel på permeabel belægning med græsarmingssten.*



*Eksempel på forsænket legeplads, der kan opmagasinere og forsinke regnvand under kraftigt regnvejr.*

LAR-metoderne og rensemetoderne er beskrevet i 17 selvstændige anvisninger. Anvisningerne består af et datablad, der sammenfatter metodens funktion, fordele og ulemper efterfulgt af en detaljeret anvisning af funktionsprincipper, dimensionering og udformning af anlægget. Anvisningerne er udformet, så de kan danne baggrund for projektering og udførelse af anlæggene.

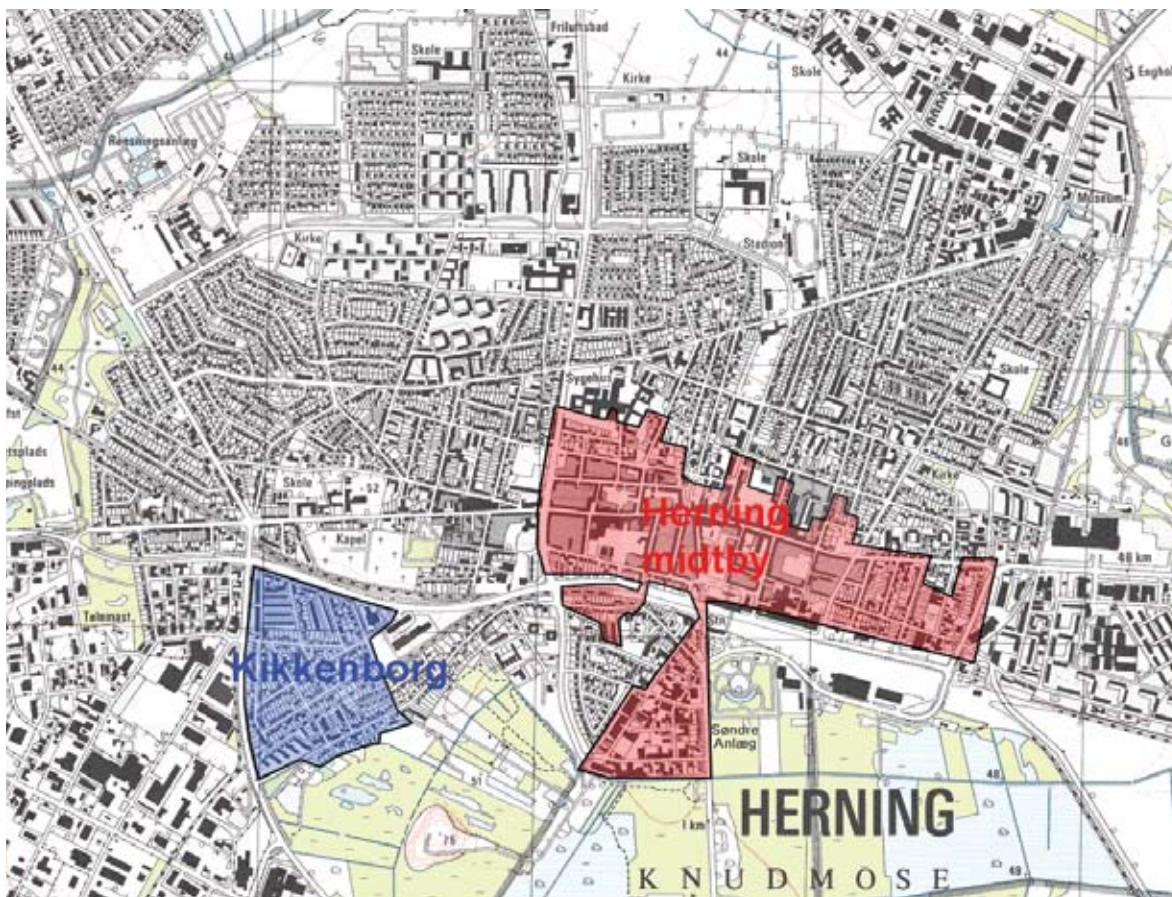
# Case 14: Semiseparering, et fleksibelt skridt på vejen i Herning

Af Carsten Nygaard, Kloakforsyningen, Herning Kommune

Klimaforandringerne betyder, at stadig større regnvandsmængder skal håndteres og transporteres ud af byerne. Kommuner og forsyninger arbejder ganske vist med at tage toppen af behovet gennem anvendelse af lokale løsninger med nedsivning, genbrug eller forsinkelse, men behovet for øgede ledningskapaciteter vil være generelt. Det betyder, at vi mange steder ikke kan klare os med de eksisterende ledningsdimensioner.

I Herning har vi en målsætning om, at fællessystemer skal erstattes med separatsystemer i forbindelse med kloakfornyelse, hvis det er teknisk og økonomisk forsvarligt. 45 % af forsyningsområdet er i dag fælleskloakeret. Typisk drejer det sig om ældre udstykninger og de centrale byområder. Ikke mindst i bymidten er det forbundet med store gener og omkostninger at gennemføre en separering, ikke mindst for grundejere og erhvervsdrivende.

I Aalborg har man valgt at separatkloakere overalt. I København har man valgt at bibeholde fællessystemet. I Herning har vi valgt en pragmatisk løsning, som vi kalder semiseparering. En semiseparering går ud på at etablere en separat regnvandskloak i forbindelse med kloakfornyelse og tilslutte vej- og pladsafvandinger samt tagnedløb fra de ejendomme, som har







facade mod vejarealet. På denne måde kan man i bymidten bortlede 70 – 80 % af regnvandet som separat regnvand, mens de resterende 20 – 30 % fortsat løber i fælleskloakken.

Ved sådan at aflaste fælleskloakken for fremtidens øgede regnmængder, bliver der heller ikke behov for større ledningsdimensioner. Derfor kan vi renovere disse dybtliggende kloaker uden opgravning og dermed uden væsentlige gener for byens brugere.

For grundejeren betyder semiseparering, at det private kloaksystem ikke behøver omlægges, før det er saneringsmodent. Der gennemføres så til den tid en fuld separering.

Vi udarbejdede i 2004 en plan for semisepareringen af centrale dele af Herning. Området udgør 55 ha og fornyelsesomkostningerne ca. 34 mio. kr. Primo 2009 er 25 % udført eller under udførelse.

I øjeblikket gennemføres en semiseparering af Kikkenborg, et boligområde fra slutningen af 1940'erne. Boligområdet er på 25 ha og omfatter 150 ejendomme. Området er generet af overfladevand og overbelastede kloakker.

I det aktuelle område koster semiseparering næsten det samme som en omlægning af fælleskloakken. Det gør sig generelt gældende for områder, hvor ledningernes fysiske tilstand er acceptabel og problemet er manglende kapacitet. Af tabel 1 fremgår det, at mérudgiften til semiseparering i det aktuelle tilfælde er ca. 14 %, mens den er 177 % ved fuld separering.

**Tabel 1.**  
**Overslag over anlægsudgiften ved de forskellige kloakeringsprincipper.**

	Fællessystem*	Separatsystem	Semiseparatsystem**
Kloakforsyningen	9,9 mio. kr.	18,5 mio. kr.	10,5 mio. kr.
Private kloakker		9,0 mio. kr.	0,8 mio. kr.
I alt	9,9 mio. kr.	27,5 mio. kr.	11,3 mio. kr.

\* 70% af eksisterende fællessystem udskiftes til større dimensioner.

\*\* Ny semiseparat regnvandsledning, fællesledningen saneres kun de nødvendige steder.

Ser man på de miljømæssige gevinster, så opnår man i det aktuelle område 50 % af stofreduktionen ved en semiseparering i forhold til fuld separering. Af tabel 2 fremgår det, at effekten af et separatsystem er 26 %, mens en semiseparering alene tegner sig for 13 %.

**Tabel 2.**  
**Stofbelastning (BOD) af recipient ved de forskellige kloakeringsprincipper.**

	Fællessystem	Separatsystem	Semiseparatsystem
Renseanlæg	960 kg	120 kg	600 kg
Regnvandsudløb		1.050 kg	630 kg
Overløb	620 kg		150 kg
I alt	1.580 kg	1.170 kg	1.380 kg

Semiseparering ser vi som et godt skridt på vejen mod fuld separering. Ved semiseparering bevares værdien af ledningssystemer, som fysisk er OK, men hvor kapaciteten er blevet for lille. Det gælder både de offentlige og de private kloakker.

Systemet er fleksibelt. Den private grundejer har lang frist til at separere på egen grund. Det vil medvirke til større borgeraccept og positivt medspil.

Som vi ser det, er den eneste begrænsning et evt. krav om reduceret udledning. Hvis recipientens tilstand medfører større krav om reduktion af udledte stoffer og næringsalte end semisepareringen kan tilvejebringe, så kan det blive nødvendigt at gennemføre en fuld separering med det samme.

# Case 15:

## Klimatilpasning med separatkloakering i Aalborg

*Af Bo Laden, Aalborg Kommune, Kloakforsyningen*

Aalborg Kommune blev 15. august 2006 ramt af en 140-års regnhændelse, der dels medførte et stort antal kælderoversvømmelser, dels forvandlede flere lavtliggende boligområder til vådområder. I et af de hårdest ramte områder, Lucernevejskvarteret i Klarup, gennemfører Aalborg Kommune nu en separatkloakering af det tidligere fælleskloakerede område. Via separatkloakeringen, der sker i overensstemmelse med Aalborg Kommunes Vision 2100 for kloaksystemet, får de ramte borgere en højere sikkerhed mod oversvømmelser, og skulle skaden alligevel ske, vil der ikke længere være tale om opspædet spildevand.

### Boligområder i ådale er risikoområder

Kloakkerne i Lucernevejsområdet blev etableret i 1960'erne, hvor fællessystemer stadig var den foretrukne kloakeringsform, og hvor det var god praksis at placere et overløbsbygværk nedstrøms, så kloaksystemet kunne aflaste til den nærmeste recipient under regn.

Vandløbet Lodsholmgrøften løb oprindeligt gennem området, men grøften er på et tidspunkt blevet rørlagt, og den blev i 1960'erne delvist inddraget i kloaksystemet. Ved samme lejlighed blev bundkoten sænket i kloakdelen. Overløbsvandet skal derfor pumpes op i den tilbageværende grøft nedstrøms for området. Boligområdets placering i grøftens tidligere naturlige forløb indebærer endvidere, at terrænkoterne i dele af området er særdeles lave i forhold til grøftens nuværende placering.



*Lucernevejskvarteret blev meget hårdt ramt af oversvømmelsen i 2006, da Aalborg oplevede en 140-års regnhændelse.*



Den 15. august 2006 kunne pumpen som følge af de store nedbørsmængder ikke nå at flytte overløbsvandet i tilstrækkelig grad, vandstanden steg i kloaksystemet, og til sidst var 15 beboelser ramt af opspædet spildevand i stueplan. Den værst ramte familie måtte efterfølgende genhuses i næsten et halvt år, mens reparationsarbejdet stod på.

Det bør i øvrigt bemærkes, at boligområdets lave placering i et tidligere vandløbstracé rent faktisk var kendetegnende for hovedparten af de områder i Aalborg Kommune, der blev hårdest ramt af ekstremregnen den 15. august 2006.

### Området separatkloakeres

Omdrejningspunktet for realiseringen af Kloakforsyningens Vision 2100 bygger på princippet "central håndtering af spildevand, decentral håndtering af regnvandet" – hvilket kan udtrykkes i Kloakforsyningens motto: "Separat? Det er klart!".

Ved valget af tiltag til forbedring af situationen i Lucernevejsområdet stod det efter en grundig analyse tilsvarende klart, at den optimale løsning skulle baseres på en separatkloakering af det fælleskloakerede boligområde.

Byrådet traf derfor i 2008 beslutning om gennemførelse af projektet, der indebærer at ejendommene i området separatkloakeres inden udgang af 2012. Udgiften til Kloakforsyningens anlægsarbejder i forbindelse med det samlede separeringsprojekt, herunder etablering af forsinkelsesbassiner ved recipienterne, forventes at blive knap 30 mio. kr.

### Separatkloakering åbner nye muligheder

Ved gennemførelse af en fuldstændig separatkloakering af de ca. 140 ejendomme i området er det muligt at ændre kloakkens tracé, så overfladevandet i højere grad udledes decentralt. Rent faktisk kan overfladevandet udledes til tre indbyrdes uafhængige vandløb i tre forskellige retninger. Herved reduceres vandpresset på kloakken i det lavest liggende område, idet området afskilles fra de højere liggende områder.

Overfladevandet fra det lavest liggende område skal fortsat pumpes i et vist omfang, men ved at åbne op for nye ledningstracéer kan udledningspunktet flyttes længere nedstrøms på Lodsholmgrøften, og der kan derfor fremover i højere grad ske direkte aflastning til grøften via gravitation, inden vandet stuver til terræn inde i området.

Ved separatkloakeringen af området opnås derfor især følgende fordele:

- risikoen for oversvømmelser under ekstrem regn minimeres, og risikoen for opstuvning af opspædet spildevand i beboelser og på terræn fjernes
- udledning af opspædet spildevand til recipienten ophører
- den videreførte spildevandsmængde til renseanlægget reduceres

### Tiltag i overgangsfasen

Uagtet at der var tale om en ekstrem hændelse – langt over de politisk vedtagne funktionskrav til kloaksystemet – udtrykte såvel borgerne som de folkevalgte politikere et ønske om hurtige forbedringer allerede i dagene efter den 15. august 2006.

Et sådant ønske, der næppe er usædvanligt, kan naturligvis ikke tilfredsstilles med en planlagt separatkloakering, der for Lucernevejsområdet vedkommende først vil være fuldt gennemført 6 år efter hændelsen. I respekt for dette blev pumpefunktionen for overløbsvandet derfor forbedret allerede kort efter hændelsen og graden af overvågning via SRO-systemet blev øget.

Forud for sommeren 2007 valgte Kloakforsyningen endvidere at udarbejde en "Beredskabsplan for ekstrem regn". Planen, der blev opstillet i dialog med såvel borgerne som Beredskabscenter Aalborg, omfatter aktuelt specifikke indsatsplaner for de i august 2006 fem hårdest ramte områder.

Det er især også værd at bemærke, at den vedtagne separering gennemføres i etaper, der er udvalgt efter et ønske om at opnå størst mulig effekt for de lavest liggende og mest udsatte dele af Lucernevejsområdet. I den første etape, der gennemføres i 2009, etableres der derfor et midlertidigt overløbsbygværk, der i overgangsfasen vil beskytte de laveste områder mod vandtrykket fra de højere beliggende områder.

## **Morale**

Den primære årsag til oversvømmelserne i Lucernevejsområdet under ekstrem regnen var ikke kloaksystemets kapacitet, men derimod områdets lave beliggenhed. I relation til klimatilpasning er det derfor en væsentlig pointe, at nye byggemodninger ikke bør placeres i lavtliggende og naturligt vandlidende områder. Når skaden, som i dette tilfælde, alligevel sker, kan vi imidlertid konkludere, at: *Separat. Det er smart!*



# Case 16:

## Mere vand gennem renselanlægget i Odense

Af Per Henrik Nielsen, Odense Vandselskab

### Regnvand på renselanlæg (regnstyring)

Mere regnvand kan betyde overbelastning af renselanlæg. Mange renselanlæg kan omlægges til at klare disse situationer.

### Slamflugt under regn

Mange renselanlæg er gennem årene blevet gradvist udbygget. Dette er oftest på baggrund af krav om overholdelse af strengere udledningskrav samt behov for øget kapacitet. Et typisk problem på renselanlæg er hydraulisk overbelastning, som kan føre til slamflugt og dermed forurening af vandmiljøet.

Mange nyere spildevandssystemer er opbygget som 2-strengede systemer med et spildevandssystem og et regnvandssystem. Selv disse vil være væsentligt øget belastet under regnhændelser. Det vand, som samles i regnvandssystemerne, vil ofte være pålagt krav. Dette nødvendiggør, at vandet ledes til et renselanlæg for behandling. Det må derfor forventes, at der i fremtiden vil være et meget væsentligt ønske om en øget hydraulisk kapacitet<sup>1</sup> på renselanlæggene.

### Mere vand gennem renselanlægget

På Nordvest renselanlæg i Odense var det under regn nødvendigt at aflaste en vis mængde af vandet før renselanlægget. Den hydrauliske kapacitet var en begrænsende faktor i forhold til den samlede spildevands mængde. For at imødegå dette problem blev omlægninger foretaget på renselanlægget.

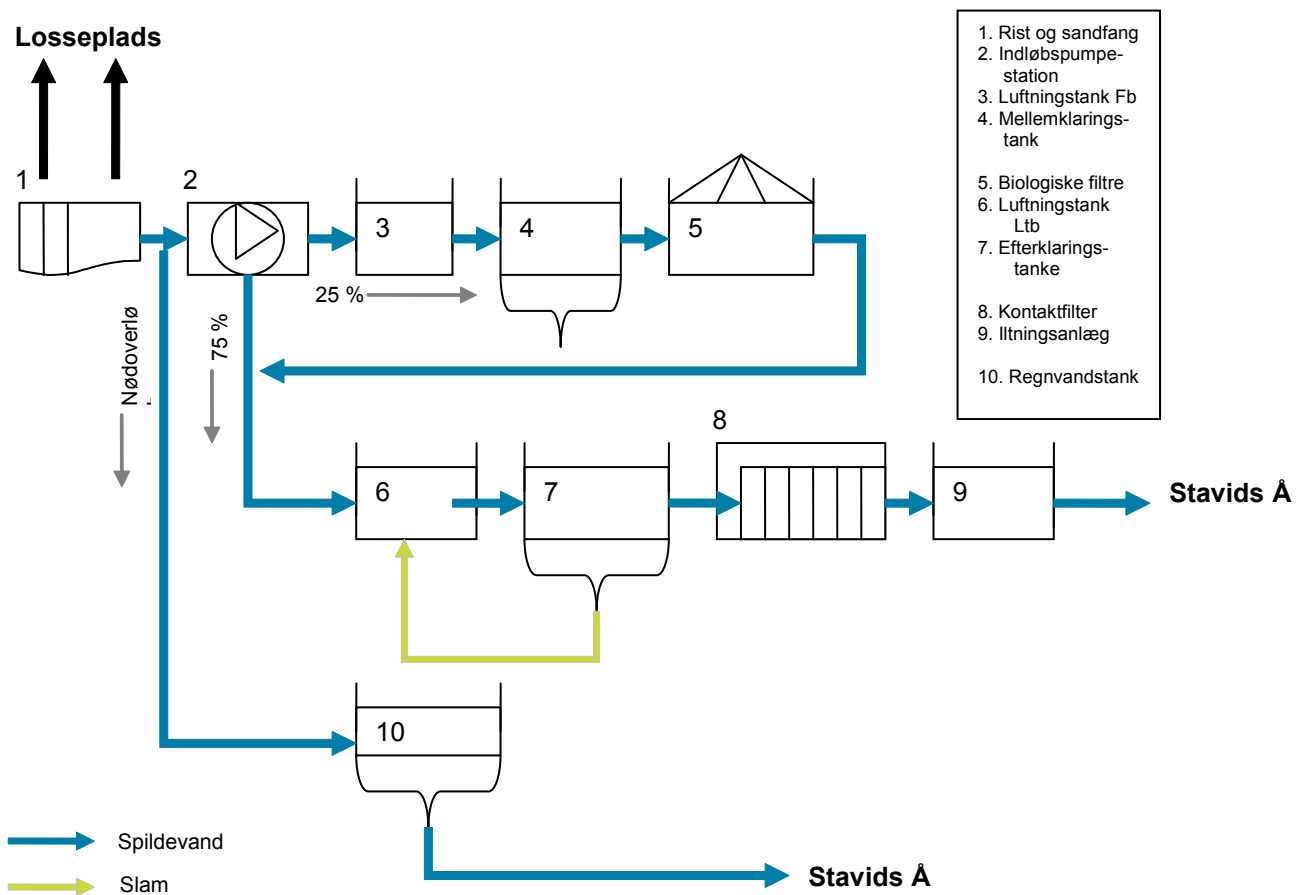
Anlægget var oprindeligt bygget med en kapacitet på 1800 m<sup>3</sup>/t. Anlægget er udbygget gennem årene og fremstod inden omlægningen som et fuldt udbygget anlæg. Se figur på næste side.

### Løsningen

Det første skridt var at omlægge driften af de enkelte enheder i et forsøg på at presse vandet gennem anlægget. Det næste skridt var på længere sigt at kunne behandle en markant større mængde vand på anlægget. Med en omlægning af driften af de enkelte enheder på anlægget er det lykkedes at hæve den hydrauliske kapacitet på anlægget markant. Det er nu muligt at presse op til 3500 m<sup>3</sup>/t gennem anlægget. Dette resultat er opnået med omlægning af de styreprogrammer, der benyttes på anlægget.

---

<sup>1</sup> Hydraulisk kapacitet – den maksimale mængde vand som renselanlægget kan håndtere.



I omlægningen tages hensyn til hvor meget slam, der internt pumpes rundt (returslam) samt ikke mindst til driften af luftningstanken. Der er i omlægningen langt vægt på, at det vand der bortledes, overholder alle udledningskrav.

Figur 1: Oversigt over flowet på Nordvest renseanlæg i Odense.

Investeringen for denne fase var meget begrænset. Alle ændringer af styresystemer er foretaget internt i selskabet. Det har i nogle indkøringsperioder været nødvendigt for driftspersonalet at foretage lidt øget tilsyn, samt generelt udtage lidt flere prøver for egenkontrol.

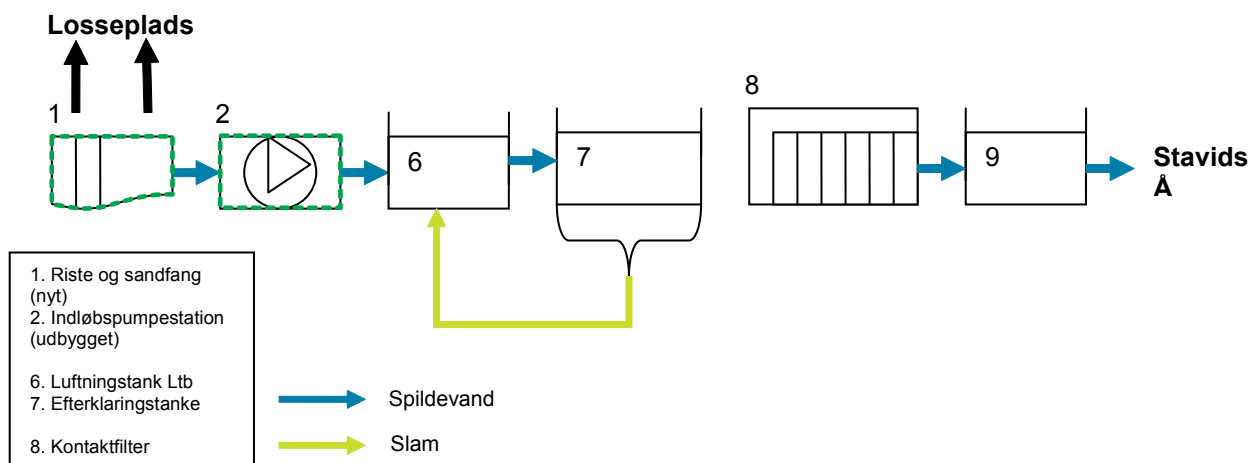
## Fremtiden

Den næste fase er endnu ikke gennemført, men stadig i planlægningsfasen. På et tidspunkt vil den hydrauliske kapacitet sætte en fysisk begrænsning på mængden af modtaget spildevand. Dette nødvendiggør udbygning, hvilket er tilfældet for Nordvest renseanlæg.

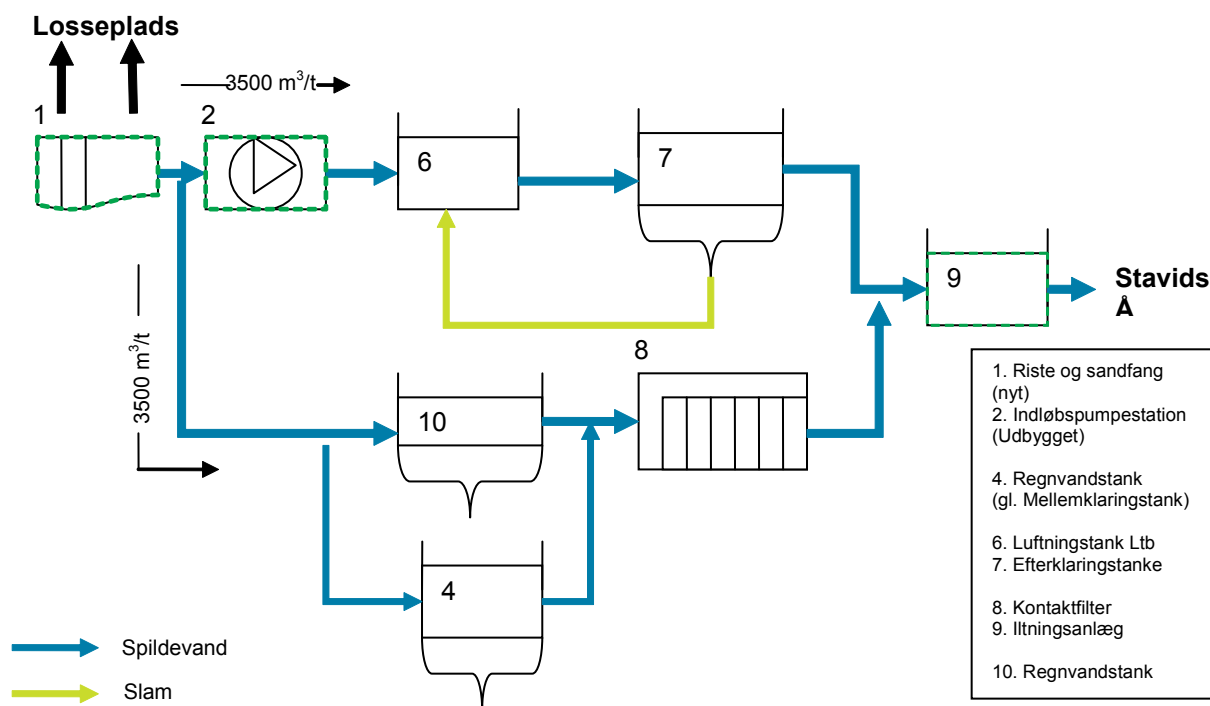
Det planlægges at etablere nyt riste- og sandfang<sup>2</sup> fordi anlægget er af ældre dato og nedslidt. Derudover er anlægget ikke stort nok i relation til fremtiden. Det vil også være nødvendigt at ændre nogle rørføringer samt opsætte automatiske spjæld. Desuden forventes mellemlklarings-tank benyttet som supplerende til eksisterende regnvandstank, og luftningstank (fb) og biofiltre nedlægges.

Det fremtidige anlæg vil blive indrettet til modtagelse af det traditionelle spildevand og en større mængde regnvand. Anlægget indrettes, så det er muligt at behandle de forskellige vandtyper, der tilføres. Under normal drift vil alle anlæggets enheder blive benyttet til rensningen af spildevandet (vist i figur 2). I regnsituationen vil der ske en opdeling af spil-

<sup>2</sup> Markeret med stiplede mørkegrøn i figur 2 og 3.



Figur 2: Flowet gennem renseanlægget er i tørvejr op til 3500 m<sup>3</sup>/t rensat spildevand.



Figur 3: Flowet gennem renseanlægget under regnvejr (med opdeling i to spor) er op til 7000 m<sup>3</sup>/t rensat spildevand.

devandet (alm. spildevand og regnvand). De forskellige vandtyper vil derefter blive blandet sammen inden udledning for at ensrette det rensede spildevand. Dette gør, at renseanlægget kan behandle en større regnmængde på op til 7000 m<sup>3</sup>/t forhold til de nuværende 3500 m<sup>3</sup>/t (vist i figur 3).

Dette giver renseanlægget mulighed for at behandle en betydelig større mængde vand, så overløb direkte til åen undgås.

Det vigtigste for denne proces var viljen til at turde. Planen for anlægget er at bygge et nyt riste- og sandfangsindløb samt udbygge eksisterende pumpestation og iltningsanlæg. Prismæssigt er investeringerne overskuelige i forhold til næsten en fordobling af kapaciteten.

# Case 17:

## Større rør og bassiner i Århus

Af Claus Møller Petersen, Århus Vand og Spildevand

I forbindelse med de mange projekter, der er søsat med det overordnede formål at forbedre vandkvaliteten i Brabrand Sø, Århus Å og Århus Havn, etableres bl.a. en række nye større ledningsanlæg samt bassiner. I 2012 er målet, at der skal være opnået badevandskvalitet i Århus Havn. Samtidig benyttes lejligheden til at øge den hydrauliske kapacitet af afløbssystemet på kritiske steder, så antallet af oversvømmelser fra afløbssystemet under kraftig regn minimeres. Projekterne gennemføres under stor hensyntagen til klimatilpasning.

### Primær problemstilling

Under kraftige regnhændelser kan der ske aflastninger af urensset spildevand til vandmiljøet, hvilket har en negativ indflydelse på vandkvaliteten. Skal der således opnås permanent badevandskvalitet i Århus Havn, er det nødvendigt med en markant reduktion af aflastningerne fra hele kloaklandet. Samtidig kan der under kraftige regnhændelser ske oversvømmelser af kældre eller terræn fra afløbssystemet. For at minimere antallet af oversvømmelser er det nødvendigt på kritiske strækninger at øge den hydrauliske kapacitet af afløbssystemet. Dette søges løst ved en samlet udbygning af afløbssystem og spildevandsanlæg.

Afløbssystemet udbygges således på kritiske strækninger med større dimensioner og nogle steder med nye ledninger. Dette kombineres med etablering af nye bassiner i fællessystemet. I perioden fra 2007 til 2011 etableres således ca. 48.000 m<sup>3</sup> nyt bassinvolumen. Udover etablering af større og nye rør samt nye bassiner, foretages der også en udbygning med øget klaringskapacitet på nogle af renseanlæggene, ligesom der etableres samstyring af afløbssystem og renseanlæg. Alt sammen med det formål at forbedre vandkvaliteten i Brabrand Sø, Århus Å og Århus Havn samt at minimere antallet af oversvømmelser under kraftig



Etablering af nye større ledningsanlæg i Århus midtby



Etablering af bassin i Århus midtby





regn. Både bassinvolumen og rørdimensioner fastlægges under hensyntagen til den forventede forøgede nedbørsmængde som følge af klimaforandringerne.

### Opgavens omfang

I det samlede projekt "Forbedret vandkvalitet i Brabrand Sø, Århus Å og Århus Havn" foretages der totalt set en investering på 340 mio. kr. i perioden 2007-2011. Udover etablering af en række større og nye ledninger, etableres der følgende bassiner:

- Carl Blochs Gade, 15.000 m<sup>3</sup>
- Åby renseanlæg, 9.200 m<sup>3</sup>
- Viby renseanlæg, 16.600 m<sup>3</sup>
- Havnen, 3.200 m<sup>3</sup>
- Brabrand, 2.600 m<sup>3</sup>
- Stavtrup, 1.300 m<sup>3</sup>

Det overvejes p.t., om bassinanlæggene i Brabrand og Stavtrup skal erstattes af en separat-kloakering af de eksisterende fælleskloakerede oplande.

Herudover omfatter projektet også:

- Efterklaringstank, Åby renseanlæg
- Efterklaringstanke, Viby renseanlæg
- Hygiejnisering på Viby og Åby renseanlæg
- Nødstrømsanlæg
- Aktiv styring af afløbssystem og renseanlæg

### Beskrivelse af løsningen

Etablering af større og nye ledninger sker ved såvel traditionel opgravning som ved boring. Arbejderne kompliceres af, at der er tale om store dimensioner (op til  $\varnothing$  1800), og at arbejderne gennemføres i tætbebyggede områder med store trafikale og anlægstekniske udfordringer fra såvel jordgrunden som grundvandet.

Etablering af bassinanlæggene sker på baggrund af funktionsudbud. Der etableres således både cirkulære som rektangulære bassiner, alt efter hvilken løsning, der er mest optimal på den pågældende lokalitet. Der har været store udfordringer i forhold til jordgrunden og grundvand, både i anlægsfasen og den efterfølgende driftssituation. Flere af bassinerne etableres således på det berygtede "Århus ler", der udvider sig, når trykket mindskes.

### Gode råd på baggrund af casen

Arbejderne har været udbudt i partnering på baggrund af funktionsudbud. Denne ramme har medført stor kreativitet hos alle parter ved løsningsvalg, ligesom ejerskabet til projekterne har været stort for alle involverede parter.

### Behov for værktøjer

Til denne del af opgaven er der anvendt kendt teknologi, sommetider dog nogle fra andre brancher end dem der tidligere var almindelige i afløbsbranchen.

## Case 18: Samstyring af afløbssystemer og renseanlæg i Århus

*Af Lene Bassø, Århus Vand og Spildevand og Sune Neve, Krüger*

Arbejdet med frilægning af Århus Å er i fuld gang, og der er en spændende proces i gang med at omdanne de bynære havnearealer. I den forbindelse er der søsat mange projekter som har det overordnede formål at forbedre vandkvaliteten i Brabrand Sø, Århus Å og Århus Havn. Målet er, at der skal være opnået badevandskvalitet i Århus Havn i 2012. Projekterne gennemføres under stor hensyntagen til klimatilpasning, hvilket særligt gælder projektet "Samstyring af afløbssystemer og renseanlæg", som blev opstartet i 2008 og som skal forløbe frem til 2011. Dette projekt udføres af Århus Kommune, Vand og Spildevand, i samarbejde med et konsortium bestående af Krüger AVS og DHI.





## Primær problemstilling

Under kraftige regnhændelser kan der ske aflastninger af urensset spildevand til vandmiljøet, hvilket har en negativ indflydelse på vandkvaliteten. Skal der således opnås permanent badevandskvalitet i Århus Havn, er det nødvendigt med en markant reduktion af aflastningerne fra hele kloakoplandet. Dette sker ved en udbygning af afløbssystem og spildevandsanlæg og ved at optimere driften af de eksisterende systemer. I projektet "Samstyring af afløbssystemer og renseanlæg" tilstræbes det at optimere det eksisterende system mest muligt, da dette er en fleksibel og økonomisk måde at sikre sit system mere kapacitet.

## Omfang af opgaven

Projektet forløber over 4 år og inddrager cirka 40 medarbejdere fra Århus Kommune, Krüger A/S og DHI. Budgettet for projektet er cirka 12 millioner kroner, hvilke stammer fra en pulje på 340 millioner kroner, som rummer alle aktiviteterne vedrørende Århus Å. Fra Århus Kommune – Vand og Spildevand deltager personale fra Plan & Projekt samt driftsfolk. Rådgiverne bidrager primært til projektet med ekspertviden inden for blandt andet modellering af afløbssystemer og recipienthydraulik. I tæt samarbejde gennemfører projektteamet projektet med følgende overordnede formål:

- Minimere aflastningerne til recipienterne
- Sikre varsling af borgere om badevandsforhold
- Styre spildevandsaflastningerne til de mindst sårbare recipienter
- Minimere den samlede næringssaltudledning
- Udnytte magasineringsmulighederne optimalt
- Sikre optimale tilløbsforhold til renseanlæggene
- Minimere driftsudgifter, herunder strøm og kemikalier
- Forhindre kælderopstuvninger
- Oppeholde et driftsikkert og robust afløbssystem

## Beskrivelse af løsningen

Samstyring af afløbssystem og renseanlæg opbygges på to niveauer, henholdsvis et simpelt niveau (regelbaseret styring) og et avanceret niveau (model-prediktiv styring). Den regelbaserede styring baseres på styringsstrategier, som er fastlagt ud fra typiske nedbørsmønstre. Det forventes, at resultaterne med den simple styring vil være nok til at opnå badevandskvalitet i Århus Havn. Efter implementering af den regelbaserede styring skal det vurderes, hvor i oplandet og i hvilket omfang, der skal introduceres avanceret model-prediktiv styring. I den avancerede styring indhentes online nedbørsinformation fra kommunens vejradar, og ud fra disse kan der laves en prognose samt online modelberegninger for oplandet. Dette munder ud i en styring, som automatisk og dynamisk vælger den optimale styringsstrategi for oplandet.

Århus Kommune deltager aktivt i alle projektets faser, med henblik på selv at kunne stå for drift og vedligehold af systemet efter projekts afslutning.

## **Gode råd på baggrund af casen**

Forud for projektets start er der blevet udført et meget grundigt forarbejde med at definere og afgrænse opgaverne. Dette har været særligt vigtigt, da projektet er det første af sin slags i Danmark, og da det derfor ikke har været muligt at trække på andres erfaringer. Forberedelserne har blandt andet bestået af fælles workshops med de deltagende rådgivere, hvilket var meget givtigt.

Modeller og målinger er hjørnestenene i samstyring, og kvaliteten af styringen bliver aldrig bedre end datagrundlaget. Derfor er der både forud for og under projektet gjort et stort stykke arbejde ud af opdatering af modeller, samt datakvalitetssikring af alle målere. Det forventes, at denne indsats kommer mangefold igen.

## **Behov for værktøjer**

En central del i den avancerede styring er anvendelse af nedbørsvarslinger via vejrradar. Det er derfor vigtigt at blive fortrolig med radarteknologien og dens muligheder under projektet og helst allerede før opstart af et samstyringsprojekt. Århus Kommune har derfor forud for projektet installeret en lokal vejrradar, og deltager desuden i to udviklingsprojekter, som vedrører anvendelsen af radar til styring af spildevandssystemer.



## Case 19:

# Konsekvenser for vandressourcen

*Af Jens Christian Refsgaard, GEUS*

HYACINTS – **HY**drological Modelling for **A**ssessing **C**limate Change **I**mpacts at **d**ifferent **S**cales – er et forskningsprojekt, der sigter mod at udvikle det videnskabelige grundlag for næste generation af metoder til konsekvensvurderinger af klimaændringers effekt på vandressourcen.

Hovedelementerne i projektet er:

- Kobling af en regional klimamodel (HIRHAM ) og en national hydrologisk model (DK-model ) baseret på MIKE SHE . Dette muliggør en forbedret tovejs beskrivelse af vandudvekslingen mellem atmosfære og landoverfladen.
- Udvikling af en avanceret metode til nedskalering og bias-korrektion af nedbør fra store klimagrid (fx 25 km, døgnværdier) til brug i mindre hydrologiske grid (fx 1 km, timeværdier).
- Udvikling af ny metode til estimering af nedbørsforhold ud fra remote sensing data, specielt i tredje verdens lande med ringe data og i områder hvor topografiske forhold påvirker fordelingen af nedbør på lokal skala.
- Udvikling af metoder til forfining af regionale modeller til anvendelse på lokal skala (mindre grid), herunder studier af problemer forårsaget af den forøgede kompleksitet af geologisk konceptualisering på lokal skala.
- Analyse af hvorledes de forskellige usikkerhedskilder (forskellige klimascenarier, geologisk tolkning, modelparametre, fremtidige menneskeskabte påvirkninger af arealanvendelse mv.) vil bidrage til den samlede usikkerhed på prediktioner af klimaændringers effekt.

Projektet startede 1. januar 2008 og varer 5 år.

Læs mere om HYACINTS projektet på [www.hyacints.dk](http://www.hyacints.dk)

# Case 20: Optimering af grundvands- dannelse ved regnvand som ressource

– et demonstrations- og forskningsprojekt omkring Harrestrup Å, København

Af Jan Jeppesen, Geologisk Institut, Århus Universitet og ALECTIA A/S

Projektet er et element af et fælles demonstrationsprojekt under forskningsprojektet *“Black, Blue & Green- Integrated infrastructure planning as key to sustainable urban water systems”* (2BG). Projektet skal belyse mulighederne for at anvende en alternativ afvandingsløsning baseret på nedsivning af regnvand for oplandet til Damhusåens Renseanlæg (i Københavns og Frederiksberg Kommune) med henblik på at reducere belastningen af kloakkerne og generere mere grundvand til indvinding og vandløbsafstrømning. Demonstrationsprojektet forventes færdigt ultimo november 2009.

## Primær problemstilling

Den primære problemstilling, der danner baggrunden for projektet er, at Københavns Kommune har en målsætning om at reducere overløbene fra Københavns kloakker til Harrestrup Å til højst ét overløb pr. bygværk pr. år med henblik på at opnå en forbedret vandkvalitet ved Kalveboderne. Sekundære problemstillinger omfatter ønsket om at: (a) opnå en øget selvforsyningsgrad, (b) reducere CO<sub>2</sub>-udledningen, (c) forøge minimumsafstrømningen i Harrestrup Å med henblik på forøgelse af den rekreative værdi og (d) gøre København grønnere.

Projektet er fokuseret på mulighederne for at nedsive regnvand med henblik på at reducere belastningen af kloakkerne og generere mere grundvand til indvinding og vandløb. Derved søges synergier med målene om at reducere belastningen af kloakkerne, øge afstrømningen i Harrestrup Å og reducere behovet for import af grundvand til vandforsyning. Problemstillingen er skitseret på figur 1: (a) i den aktuelle situation er der overløb fra kloakkerne til åen, mens grundvandsafstrømningen til vandløb og tilgængelig grundvandsressource til oppumpning er minimal og (b) ved nedsivning af regnvand elimineres problemet med overløb fra kloakkerne til åen, tilstrømningen til renseanlægget mindskes, mens grundvandsafstrømningen til vandløb og tilgængelig grundvandsressource til oppumpning øges.

## Beskrivelse og omfang af opgaven

Afstanden til grundvandsspejlet er en begrænsende faktor for nedsivning. Derfor skal vi kunne beskrive og forudsige grundvandsspejlets beliggenhed og dynamik før og efter implementeringen af LAR-anlæg baseret på nedsivning. Endvidere skal vi indarbejde effekterne fra fremtidige klimaændringer, som medfører øget vinternedbør (og dermed øget grundvandsdannelse) og stigende havniveau. Disse effekter fra klimaændringer medfører sandsynligvis en stigning i grundvandsspejlet.

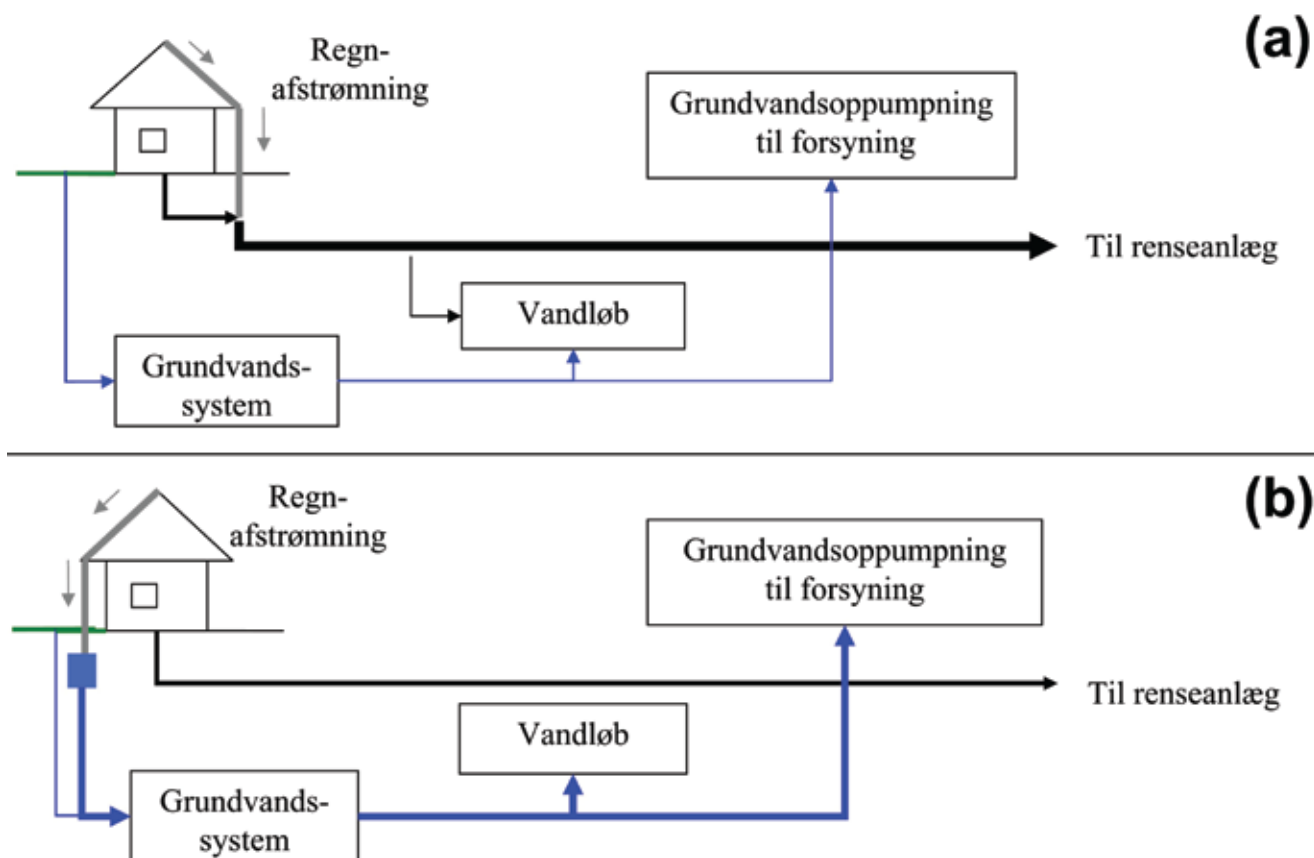


En beskrivelse af grundvandsystemet i urbane områder er imidlertid kompliceret af påvirkninger fra impermeable områder (som reducerer grundvandsdannelsen), fyldmateriale (som ændrer naturlige strømningsveje) og mulighederne for vandudveksling med andre urbane delsystemer som utætte kloakker og vandforsyningsledninger (som både kan give og modtage vand).

Løsningen er at udvikle en integreret vandmodel, som kan beskrive det sammenhængende urbane vandkredsløb med fokus på grundvandsystemet. Modellen udvikles i 2BG projektet og beskriver vandkredsløbet i form af rodzone vandbalancer, vandforsyning, spildevand, regnvandsafstrømning, grundvandstrømninger og indbyrdes interaktioner. Endvidere indarbejdes et modul, der repræsenterer grundvandsudvekslingen med en faskine.

Modellen demonstreres på projektområdet og tænkes anvendt til at demonstrere effekten af at infiltrere den del af byens regnvand, som i dag ledes bort via kloaksystemer. En sådan infiltration kan have både positive effekter (øget grundvandsressource til vandforsyning, øget grundvandstilstrømning til ellers udtørrede vådområder og vandløb i byen) og negative effekter (forhøjet grundvandsstand under bygninger og arealer, hvor det er u hensigtsmæssigt). Modellen vil blive anvendt til at pege på de lokaliteter, der er mest optimale for infiltration af regnvand. En anden modelanvendelse, der vil blive demonstreret, er en analyse af, hvilke effekter fremtidige klimaændringer kan have på det urbane vandkredsløb. Hvis nedbøren eller nedbørsintensiteten øges i fremtiden, hvilke vandstrømme vil da øges hvor meget? Og hvordan ser mulighederne for nedsivning så ud?

Figur 1: Principskitse over overordnede urbane vandstrømme, (a): før nedsivning af regnvand ledes regnvandet i kloakken, hvorfra der sker overløb til åen, (b): efter nedsivning af regnvand øges grundvandsdannelsen til vandløb og indvinding, mens overløb er elimineret og tilstrømningen til renseanlægget er mindsket.



# Case 21: Sikring mod oversvømmelse af boringer i Århus

Af Jørn-Ole Andreasen, Århus Vand og Spildevand



*Oversvømmelser af boringer kan håndteres ved hensigtsmæssig indretning af vandforsyningernes boringer på baggrund af en vurdering af risikoen for oversvømmelse.*

Kraftig regn og stigende vandstand i havet kan give oversvømmelser af store lavtliggende landområder og dermed også af eventuelle indvindingsboringer i områderne. I Århus er der lavet en analyse af, hvor mange og hvilke boringer, der vil blive oversvømmet i en ekstrem situation, hvor vandet ikke kan nedsive eller bortledes i afvandingssystemer. Kun ved 2 ud af 90 indvindingsboringer vil der efter ekstrem regn stå vand ved terrænen ved boringerne.

## Primær problemstilling

Kraftig regn kan give store oversvømmelser og dermed naturligvis også oversvømme indvindingsboringer. Det kan, afhængig af boringernes indretning, give risiko for en direkte forurening af grundvandet gennem boringsinstallationen og medføre beskadigelse af de tekniske installationer i boringerne.

## Omfang af opgaven, konklusion og løsning

Skadevoldende oversvømmelser af byområder skal i videst muligt omfang undgås, men ekstrem regn vil altid kunne forårsage oversvømmelser. For at kunne minimere de skadevoldende oversvømmelser er det nødvendigt med et overblik over potentielle risikoområder.





PH-Consult har udarbejdet en terrænanalyse i Århus Kommune, der viser, hvor der er risiko for skadevoldende oversvømmelser ("Oversvømmelseskort"). I denne første fase er der ikke taget hensyn til afvandingssystemer – vandstanden i lavninger er alene bestemt af, hvornår vandet løber over en tærskel til næste lavning. Der er således tale om et "værst tænkelige tilfælde" med en uendelig mængde regn. Da der ikke er taget hensyn til afvandingssystemer, skal kortet bruges med forsigtighed i byområder, men de fleste af vores boringer ligger alligevel i åbent land.

Det har været enkelt at åbne en tabel med indvindingsboringer i Oversvømmelseskortet og konstatere, at kun 2 ud af 90 indvindingsboringer under disse værst tænkelige forudsætninger for regn vil blive oversvømmet. Ved den ene boring vil der stå 15 cm vand, ved den anden 40 cm. I begge tilfælde kan problemet løses ved at hæve de nedgravede borehuse op over terræn. En opgave vi i forvejen er i gang med for alle råvandsstationer.

Man kan vælge at hæve gulv af borehuse til henholdsvis 15 cm og 40 cm over terræn, men da boringerne skal være afsluttet tæt, og de tekniske installationer sidder mere end 40 cm over terræn, er det principielt ikke et problem, hvis der står 40 cm vand i borehuset.

Oversvømmelseskortet er også anvendt på 10 planlagte nye boringer. På to af disse boresteder kan der i en ekstrem situation komme til at stå henholdsvis 20 cm og 60 cm vand. Her kan vi altså allerede nu forsøge at flytte boringen lidt eller med det samme aftale at etablere borehuset på en mindre sandpude.

### **Særlige forhold**

Selv om Oversvømmelseskortet er udtryk for en ekstrem situation, er der dog specielt én forudsætning man skal være opmærksom på: At vandet faktisk kan løbe over tærsklerne. Hvis et vandløb løber under en bro, og underføringen er delvist stoppet med cykler, sofaer o.l. vil der ske en opstuvning, som der ikke er taget hensyn til i ovenstående. Der kan dog indlægges barrierer, som en stoppet underføring, i modellen.

Desuden bør man overveje, om stigende vandspejl i havet med deraf følgende gradient på vandløb kan have betydning for oversvømmelser.

En gendannelse af Stenalderhavet, med Brabrand Sø og Årslev Engsø som en saltvandsfjord, vil sætte 6-8 af de nuværende indvindingsboringer – og en del af byen – under (salt)vand. Vi er dog allerede ved at flytte en del af indvindingen længere mod syd.

### **Gode råd på baggrund af casen**

I forbindelse med EU's Oversvømmelsesdirektiv og med klimaændringer i øvrigt vil mange større kommuner sikkert få udarbejdet oversvømmelseskort eller tilsvarende. Det vil være en smal sag for vandforsyninger at se, om boringer eller andre kritiske installationer vil være berørt af disse områder og at tage højde for risikoen for oversvømmelser.

Selv små vandforsyninger med en enkelt eller flere boringer kan med et topografisk kort i hånden relativt enkelt se, hvordan boringen/vandværket ligger kotemæssigt i forhold til tærskler i terrænet.

Den øgede opmærksomhed på oversvømmelser af underjordiske borehuse kan også give anledning til en opmærksomhed på, om borehuse er placeret med terrænfald væk fra huset, udstyret med alarm for "vand på gulv" samt evt. tømmepumpe.



