

Klimaendringer i tettsteder – Virkninger og tiltak på avløpsanlegg

Av Oddvar Lindholm

Oddvar Lindholm er professor ved Institutt for matematiske realfag og teknologi UMB

Innlegg på Juleseminaret i Vannforeningen 12. desember 2007

Sammendrag

Klimaforskere har ved hjelp av globale klimamodeller med meget grov oppløsning beregnet at nedbørmengdene over større områder i Norge vil øke med 15 – 20 %, avhengig av sesong på året og landsdel. Imidlertid viser referansene til utenlandsk litteratur at utenlandske klimaforskere mener regnintensitetene til de kortere regnskyllene og over mindre areal, som er de mest skadelige for urbane områder, vil øke mye mer enn nedbørmengdene sett som et middel over større områder og lengre perioder. Økninger i nedbørintensiteter på opp til 50 % og 60 % ventes i h.h.v. Danmark og Sverige for nedbør på timebasis og med utstrekning som tilsvarer en middels by. Dette forutsettes å kunne skje i løpet av perioden 2071 – 2100.

Videre vil havnivået stige betydelig i løpet av dette århundret. Det vil også

bidra til større flomskader i byene og overløpsutslipp (SFT 2008) da avløpet vil stuve seg enda mer opp i ledningssystemet når hav og fjord reduserer den hydrauliske kapasiteten i avløpssystemene. Stormflo kommer på toppen av havnivåstigningene. Dette er ytterligere en økt risikofaktor for økning av flomskader og forurensningsutslipp.

For Fredrikstad og Bergen er det, som masterprosjekter ved Institutt for matematiske realfag og teknologi UMB, analysert omfanget av flomskader og forurensningsutslipp før og etter klimaendringer. Det viste seg at dobbelt så mange bygninger vil flomskades etter de klimeffektene som kan inntre om ca 30 år, i forhold til nåværende situasjon. Forurensningsutslippene vil dessuten kunne øke 40 – 100 % via overløpene i fellesavløpsanleggene.

Bakgrunnssituasjonen og endringer i klima og havnivå

Det er mange årsaker til at flomskadene har økt i de senere årene. Deler av infrastrukturen forfaller eller holder ikke tritt med økende belastning som blant annet skyldes nye utbygninger, fortetting og utilstrekkelig vedlikehold. Videre er vannets naturlige flomveier endret. Byene fortettes med flere tette overflater som bygninger og asfalt. Naturlige grøfter og bekkefar er lagt i rør og myrområder og dammer er drenert. En annen mer ukontrollerbar årsak til økningen i flomskader er en utvikling de siste ti årene i nedbør og temperaturmønsteret i deler av landet, som har gitt dels større nedbørvolum, dels mer intens nedbør. Dette har bl.a. resultert i situasjoner med meget høy avrenning fra permeable flater etter regn på meget oppbløtt mark. Det vi ser er sannsynligvis starten på en langvarig forverring av klimaet med tanke på flomfare, og dette må tas inn i risikovurderinger.

Som følge av drivhuseffekten rundt vår klode er det antatt at vi i mange ti år fremover vil ytterligere få større og mer intense nedbørmengder inn over Norge. Dette henger sammen med at varmere luft kan inneholde mer luftfuktighet og med at det forventes endringer i atmosfærens sirkulasjonsmønster over våre områder. Ved at flere dager pr. år har regn og ved at marken oftere og i lengre perioder har et høyt innhold av vann vil dette øke sannsynligheten for at avrenningskoeffisientene også øker. Dette vil si at samme regnintensitet som før vil

kunne gi større flommer i et nytt klimaregime.

Det er derfor flere grunner til at klimaeffektene kan gi oftere og større skadeflommer i avløpsledningsnettene og dermed større skader på kjellere, lagre, infrastruktur, etc.

Som vist nedenfor har utbetalinger for vannskader i mill. kr/år fra forsikringsselskapene i Norge, utviklet seg raskt fra 1983 til år 2001 (Vannskadekontoret ved NBI).

1983 - 293 mill. kr

1999 - ca. 1500 mill. kr

2001 - ca. 2000 mill. kr

Kostnadene representerer alle slags vannskader, men flommer i byer har bidratt sterkt til den store økningen. De siste 10 årene har vannskadene øket dobbelt så mye som brannskadene.

EU har nå vedtatt flomdirektivet "Om vurdering og forvaltning av oversvømmelser" (2006/0005/(COD)). Dette vil sannsynligvis også om kort tid bli implementert i norsk lov. Her settes det krav til å utføre analyse av flomrisiko, fastsetting av, et for samfunnet, akseptabelt flomrisikonivå og tiltaksplaner for å minke flomrisikoen til et akseptabelt nivå. Direktivet har angitt frister for de ulike kravene og direktivet gjelder både for urbane områder og større nedslagsfelt. Begrunnelse for direktivet er bl.a. at flomskader som følge av klimændringer og utvikling i de urbane områdene har økt overraskende mye i Europa. Mellom 1998 og 2002 var Europa utsatt for 100 større ødeleggende flommer, med 700 døde og

økonomiske forsikrede tap på minst 25 milliarder Euro.

Klimaendringene i Norge har vært gjenstand for en betydelig forskningsvirksomhet i et større prosjekt kalt RegClim. Universitetene i Oslo og Bergen, Meteorologisk institutt, NILU, Havforskningsinstituttet og Nansensenteret står bak dette prosjektet.

Forandringer i nedbør i Norge de neste 50 årene kan, ifølge RegClim-prosjektet, ventes å bli som følger. Langs vestsiden av Norge vil nedbørvolumet i året øke over 20 % langt opp i Nordland. Østlandet vil få økninger i området ca. 10 % i gjennomsnitt.

Antall døgn med nedbør øker ikke like mye som mengdene med nedbør. Dette betyr at nedbøren kan bli mer intens. For eksempel beregnes Vestlandet å få to flere dager i året med over 50 mm. Det er videre beregnet mer enn doblet risiko for intens nedbør på Vestlandet, indre deler av Trøndelag og på kysten av Troms og Finnmark. Med intens nedbør menes mengder per døgn som i dagens klima kun overstiges en gang hvert år. Om vinteren beregnes tilsvarende en doblet risiko for intens nedbør på kysten av Vest-Finnmark, på Vestlandet og nordlige deler av Østlandet.

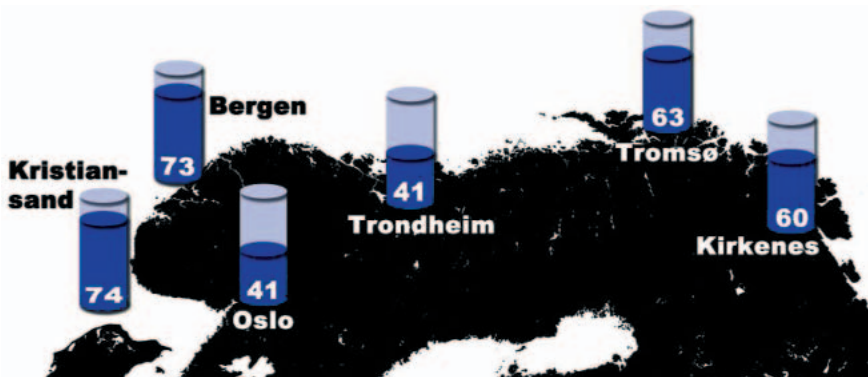
De klimaprognoiser som forskerne bruker nå er basert på simuleringer med globale klimamodeller, og de har en svært grov oppløsning med grid-celler på mer en tusen km² og tidsoppløsning i størrelsesorden dager. De kan dermed egentlig ikke brukes for å beregne enkeltvise byflommer. For beregninger av flommer i byområder

og avløpsnett trenger man nedbørintensiteter som er representative for arealer på i størrelsesorden 10 km² med tidsoppløsninger ned mot 10 minutter.

Det er ikke bare for fremtiden at regnintensiteter og regnmengder vil øke. Det har allerede skjedd en betydelig økning i de årene vi har lagt bak oss. Analyser av data fra ulike nedbørstasjoner i årene 1968 til 2000, har vist at visse lokaliteter har for de fleste regnvarigheter en økning i regnintensitetene i disse årene. På Blindern har nedbørintensitetene økt med oppimot 40 - 50 % bortsett fra for de helt korte regnvarighetene. Man ser for eksempel at for en regnvarighet på 45 minutter har regnintensiteten gått opp fra 11 til 16 mm/time, dvs. 45 % økningen på 32 år. For andre lokaliteter, som på Vestlandet, har regnvolumene økt, uten at regnintensitetene syntes å ha økt i de 32 årene mellom 1968 og 2000, for regnvarigheter av betydning (Lindholm, O., Engan, J. A., Rapp, Ø., Petersen-Øverleir, A. og Markhus, E. 2003).

Havstigning

At havet stiger minker kapasiteten til avløpssystemene i kystområdene og fører til økede overløpsutslipp og til oftere og større oppstuvninger i avløpssystemene.



Figur 1. Midlere vannstandsøkning (i cm) langs norskekysten i år 2100 relativt år 2000 for scenario A2. Drange et al. (2007)

Som en referanse representerer de lyse sylindrene en vannstandsøkning på 100 cm. Inkluderer man usikkerheter kan vannstanden øke med vel 30 cm i tillegg til det som er vist her.

Noen internasjonale erfaringer

Tabell 1 viser noen aktuelle tiltak man kan vurdere for å motvirke de økede vannføringene som følge av klima-effekter. For å minne om at tiltakene alltid også har andre følger enn bare det å motvirke klimaendringenes skadelige konsekvenser, er tabell 1 fra en rapport fra Toronto-Niagara Region Study (Watt et. al 2003) oversatt her. Tabellen viser at det å oppdimensjonere eksisterende ledninger ble ansett som uøkonomisk, dersom ikke ledningen likevel skulle skiftes ut av andre grunner eller hvis det er en kortere flaskehals.

Forskning og erfaringer fra Danmark
Spildevandskomiteen i Danmark (2005) anbefaler å legge til et sikker-

hetstillegg for klimaforandringer (15-30 %) når man dimensjonerer avløps-systemer for overvann, samt for usikkerhet i fortetningen, usikkerhet med fremtidig maksimal vannstand i resipienten, etc.

Grum et al. (2006) mener vi er inne i en periode med ekstraordinære klimaforandringer som vil påvirke urban avrenning og forurensning sterkt. På tross av mange usikkerheter er tendensen klar; ekstreme nedbørtilfeller som vil forårsake flommer i byer vil opptre oftere som en følge av klimaforandringer.

Basert på data fra Danmark har Grum et al. funnet at ekstreme regnhendelser vil opptre dobbelt så ofte det man har observert de siste ti-årene. For eksempel vil et 1-timesregn med gjentaksintervall 10 år, vil få et gjentaksintervall på 3,4 år.

DHI og PH-Consult (2005) anbefaler at avløpsanlegg allerede i dag oppgraderes ved nyanlegg og rehabilitering til de forventede nedbørforhold. Danmark har tre likestilte klima-

Tiltak	Fordeler	Ulemper og begrensninger
Installere større rør for å unngå tilbakestuvning med mer overløpsutslipp	Sikker transportkapasitet i henhold til ønskede krav	For store kostnader hvis ikke det er som en del av et normalt fornyelsesprogram, eller bare utvidelse av korte flaskehals
Frakobling av takflater fra eksisterende avløpsnett, med etterfølgende infiltrasjon	Minker overløpsutslipp og oversvømmelser. Hvis takvann går på plener minker vannforbruket	Kostnader for eiere. Eiendommen er ikke alltid stor nok til infiltrasjon. Kan gi for mye overvann til naboer
Anleggelse av tørre dammer. Overvann sendes til offentlige arealer	Minker overløpsutslipp og oversvømmelser. Overvann kan infiltrere til grunnvannet.	Offentlig arealer som, f.eks deler av skolegårder, må kunne brukes som tørre dammer, og kan derfor ikke brukes igjen før alt er drenert ut.
Struping av innløpet i gatesluk og bruk av små midlertidige "pytter" i gater og parkeringsplasser.	Mindre toppbelastning som fører til mindre overløpsutslipp og mindre oversvømmelser	Vanddammer i gatene kan forstyrre trafikken. Mulige vannskader på eiendommer kan gi erstatningsansvar
Økning av volum i våte dammer.	Mindre overløpsutslipp og mindre oversvømmelser.	Kostnadene kan bli høye. Krever mer areal som kanskje ikke er tilgjengelig
Infiltrasjonsgrøfter eller infiltrasjonsmagasiner	Mindre overløpsutslipp og mindre oversvømmelser	Krever jordegenskaper egnet for infiltrasjon

Tabell 1. Noen fordeler og ulemper ved noen aktuelle tiltak i et fellesavløpssystem for kompensasjon av klimaendringer (Watt et al 2003)

scenarier. I dag er det bare scenariet A2 som har en oppløsning av interesse for urbane forhold. Ifølge A2 forventes de dimensjonerende en-times regnintensiteter å bli 20 – 50 % større. Det anbefales følgende: "Den bedste anbefaling i dag må derfor være at gange nuværende dimensjoneringsregn med en faktor på 1,2 – 1,5".

DHI og PH-Consult (2005) har gjennomført en analyse av økningen i oppstuvningsforholdene som følge av klimaendringer, i et felt i Odense i Danmark. Feltet har delvis separat-system 273 ha (87 ha redusert areal) og fellesavløpssystem på 178 ha (50 ha redusert areal). Det er allerede

oppstuvningsproblemer med dagens nedbørmønster. Feltet ble analysert med datamodellene MOUSE og MIKE 21. Den første kjører rørsystemet mens den andre simulerer overflateavrenningen. Modellene utveksler data om hvor mye vann som strømmer ut og inn av kummene.

Beregningene viste at ved en økning i nedbørintensiteten med klimafremskrivningen på 20 % økte det oversvømmede arealet fra 10 300 m² til 14 400 m². Hvis man ytterligere økte intensiteten med et sikkerhets-tillegg på 20 % oppå dette, økte det oversvømmede arealet til 21 500 m².

I Miljøstyrelsens rapport 9-2006 (Arnbjerg-Nielsen 2006) sies det at:

“Klimaendringer har allerede medført endringer i nedbørstrukturen. Denne utviklingen må forventes å fortsette. Det vil komme færre regnhendelser, men de ekstreme regnhendelser vil bli vesentlig kraftigere. Endringer i nedbørstrukturen har avgjørende betydning for kloakksystemenes funksjon. Innledende undersøkelser tyder på at kloakksystemene enkelte steder bør ha fordoblet kapasitet for å unngå skader i byområder i fremtiden”. ”det er påvist at det allerede er skjedd vesentlige endringer av ekstremregn i Europa.” ”ekstremregn vil bli kraftigere i fremtiden, - og fremtiden er begynt. Endringene for punkt-nedbør i høy tidsoppløsning vil bli meget voldsomme. Bearbeidningen tyder på at den dimensjonsgivende regnintensitet for små og mellomstore avløpssystemer fordobles. Kvantifisering er forbundet med stor usikkerhet og er antagelig konservativ.”

Arnbjerg-Nielsen (2006) har gjennomført en analyse av 41 danske regnmålere og deres registreringer i 20 år. Disse viser at dagens regnintensitet-varighet-frekvenskurver ikke lenger er gyldige, da betydelige klimaendringer allerede er skjedd.

Forskning og erfaringer fra Storbritannia

Storbritannias Office of Science and Technology (2004) gjennomførte et forskningsprogram kalt "Foresight", som viste at flomrisikoen vil øke betydelig de neste 100 år. Konklusjoner fra programmet er bl.a.: "Over the next 100 years, if current levels of expenditure and approaches remain unchanged: Risk of flooding from

rainfall could increase between three and six times.

Annual economic damage could increase from 1 billion pounds to between 1,5 billion pounds and 21 billion pounds by the 2080s, depending on scenario.”

Forsikringsbransjen har hatt voldsomme økninger i skadeutbetalingene de seneste årene. De vet også at vi ennå bare er i starten på utviklingen av klimaskadene. Dette gjør at de revurderer sin strategi for slike forsikringer. I Storbritannia har forsikringsskadene på grunn av stormer og oversvømmelser doblet seg i perioden 1998-2003 (til 6 milliarder pund) i forhold til foregående femårsperiode. Dette frykter man kan tredoble seg videre innen 2050 på grunn av klimaendringene. (Greater London Authority 2005)

Werrity, A. et al (2002) fant at i Edinburgh vil kortvarige regn bli 60 % sterkere, noe som vil resultere i mer urbane flommer i avløpsnett og dreneringsnett.

Farrer (2005) har lagt frem resultater fra et 2-1/2-års prosjekt kalt "Climate Change and the Hydraulic Design of Sewerage Systems", utført av et team fra konsulentfirmaet MWH, HR Wallingford, the Meteorological Office og Imperial College i UK. Prosjektet beregnet potensielle effekter av klimaendringer på avløpssystemer i byer i UK. Det er sannsynlig at sommeren vil bli tørrere, men at sjeldne regn vil bli mye kraftigere med større regnintensitet.

Beregnete endringer i regnintensitet og avrenningsstørrelse i fire byer er gjort i UK.

Man har tatt for seg fem avrenningsområder i fire byer. Klimaeffekten får meget forskjellig virkning avhengig av hvor i landet byen ligger. Det er også klart at avrenningsens størrelse/flom vil øke meget mer enn økningen i selve regnet. Dette skyldes at klimaendringene ikke bare gir kraftigere regn, men forårsaker avrenningsforhold som gjør at større andel av regnet renner av fra feltet og at den maksimale avrenningsintensiteten øker.

Forskningen viste at for mange områder i UK vil klimaendringene resultere i en økning i regnintensitetene på mer enn 1,4 ganger dagens regn, som igjen vil gi en dobling av flomfrekvens og avrenningsvolum.

Prosjektet viste videre at antall bygninger i byer som utsettes for vannskader for en 10-årsflom, vil øke fire ganger innen år 2080. Dette er både flommer fra byvassdrag og fra avløpssystemet. Antall bygninger som vil flomskades p.g.a. tilbakeslag fra avløpsnett vil doubles.

Forskning fra Sverige

Semadeni-Davies et al. har simulert virkninger av klimaendringer i Helsingborg, på bl.a. utslipp fra overløp i fellesavløpssystemer. Det er 15 overløp i nettet.

Beregningene ble gjort med avløpsdatamodellen MOUSE og man brukte dataserien med nedbør og andre relevante parametere fra perioden 1994 til 2003, dvs. 10 år med kontinuerlig simulering. Man simulerte samme felt med en klimamodell kalt RCAO, utviklet av Sveriges meteorologiske og hydrologiske institutt (SMHI). Modellen gir kontinuerlige data for

perioden 2071 – 2100. Klimamodellen bygger på IPCC (FNs klimapanel) sine scenarier A2 og B2.

Over de 10 årene 1994 – 2003 gikk ca. 800 000 m³ i overløpene, mens man kan vente at over en 10-årsperiode etter 2071, vil nesten 2,5 mill. m³ gå i overløpene. Det vil si at mens nedbørmengdene kanskje øker i området ca 20 % vil overløpsmengdene øke mer enn 200 %. Dette er det man kan kalle en sterk ikke-lineær sammenheng mellom årsak og virkning.

Olsson et al. (2007) har brukt en klimamodell for å lage nedbørs-scenarier for 30 minutters regn og med utbredelse som den Kalmar by har. De brukte den såkalte Delta Change method (DC). Nedbørintensitetene ble beregnet for Kalmar for år 2071 – 2100.

Resultatet ble at de høye regnintensitetene, som er av interesse for flomberegninger, økte 20 – 30 % for sommerregn og 50 – 60 % for høstregn. Med disse regnscenariene ble avløpsnett i et boligfelt i Kalmar beregnet med hensyn til oversvømmelser. Man fant at antallet kummer som ble oversvømmet økte med 45 % i forhold til dagen klima.

Forskning og erfaringer fra USA og Australia

Økning i vannbårne sykdommer forventes som følge av klimaendringers påvirkning.

Paul Epstein ved Centre for Health and the Global Environment i Boston sier i New Scientist 29. juni 2002, at det første utbruddet av "West Nile virus" i New York i 1999 kom etter en tre ukers tørke. Dette skapte ideelle

forhold for mosquitoen *Culex pipiens* som formerte seg i slammet i avløpsledningene som er rikt på organisk stoff og fuktighet. Slammet avsettes i tørrvæer og ved langvarige tørker skylles ikke dette ut av regnskyll og myggen får tid til å formere seg før neste regn spyles slammet ut. I mange andre byer har sykdomsutbrudd kommet etter at større regn kommer etter lengre tids tørkeperioder.

John Hopkins Bloomberg School of Public Health (2001) utførte en studie hvor man fant følgende sammenhenger: 51 % av sykdomsutbruddene forårsaket av vanntransporterte mikroorganismer kom rett etter ekstrene regnskyll, som i størrelse var i gruppe med de 10 % største regnene i hele studieperioden.

Prosjekter fra Norge - Økninger i flomskader og overløpsutslipp som følge av klimaendringer

Det er utført en del beregninger av hvor mye overløpsutslippene kan forventes å øke i noen byers bydeler. Dette er gjort i Bergen, Fredrikstad, Helsingborg og Trondheim. Av disse eksemplene går det frem at overløpsutslippene enkelte steder kan mer enn dobles som følge av klimaeffektene.

For en bydel, som ligger rundt Vågen og Bryggen i Bergen, og en bydel kalt Veum i Fredrikstad ble både økningene i flomskader og økningen av overløpsutslipp beregnet som følge av antatte klimaendringer. I Bergen (Madsen 2007) ble det bl.a. benyttet et regn med gjentakintervall 30 år. Dette ble økt med 20 %, som skal representere klimasituasjonen i

Bergen om høsten i år 2030. Samtidig ble det antatt at havnivået øker 25 cm innen 2030. Dette resulterte i en økning av bygninger som flomskades fra 168, for et 30-årsregn i dagens klima, til 264 i år 2030. Når alle regnene som ble målt i år 2002 ble økt med et klimatillegg på 20 % og havnivået ble økt med 25 cm, økte overløpsutslippene per år fra 208 196 m³ per år til 480 555 m³ per år, dvs. mer enn en dobling av utslippene.

I Veum i Fredrikstad (Hardang 2007) ble situasjonen for et nåværende 50-årsregn beregnet. Dette regnet ble økt med 15 % i intensitet for å simulere klimaendringer, men havstigningen ble det ikke regnet med. Resultatet ble at antallet flomskadede bygninger økte fra 62 i dagens klima til 115 etter et klimatillegg på 15 %.

Når alle regnene i året 1981, som var et midlere nedbørår, ble økt med et klimatillegg på 15 %, økte overløpsutslippene i Fredrikstad med 46 %.

Disse beregningene viser at konsekvensene i form av flom og forurensninger øker betydelig mer prosentvis enn det regnøkningen i seg selv kunne tilsi.

Kompenserende tiltak

Tiltak for kompensasjon av fremtidige økninger i forurensningsutslipp og flomskader i byer og tettsteder på grunn av klimaendringer kan sorteres på følgende hovedprinsipper:

- A) Redusering av tilrenning til avløpssystemene med infiltrasjon til grunnen ved frakobling i eksisterende systemer og ikke-tilkobling i

nye forteettinger og utbygninger. Dette benevnes normalt som lokal overvannsdiskonering (LOD).

- B) Forsinkelse og demping av flomtoppene før vannet tilføres avløps-systemet ved bruk av strupeplater på gatesluk, åpne dammer, åpne renner og andre åpne vannveier, våtmarker etc. Benevnes også som LOD-tiltak.
- C) Fordrøyningstiltak i selve avløps-nettet, som fordrøyningssystem av rørpakker, eller i plasstøpt betong, heving av overløpskanter opp til et nivå som ikke øker flomskadene for mye, bevegelige overløpskanter som til enhver tid demmer opp mest mulig vann i selve rørsystemet oppstrøms, etc. For-

drøyningssystem i kombinasjon med selve overløpet kan utformes slik at fraskilling av partikler kan skje før overskuddsvannet går i overløpet når bassenget er fylt opp.

- D) Rensende overløp som oppkonsentrerer forurensningene og sender dette til avløpsrenseanlegget.
- E) Fordrøyningssystem i avløpsrenseanlegg for å utjevne topper i vannføringen. Dette minker forurensningsutslippene fra utløpet og via overløp umiddelbart før og i renseanlegget.

Tabell 2 viser en prinsipiell sortering av tiltak mot klimaskader fordelt på offentlig og privat sektor.

Offentlig/privat	Sektor	Tiltak
Offentlig ansvar	Administrasjon og planlegging	Inkludere klimaendringer i langtidsplanleggingen for relevante samfunnssektorer og i arealplaner. Utføre tilleggsutredninger i risikoområder i byplanleggingen og beredskapsplanleggingen med tanke på sterke regn.
	Utredninger og kommunikasjon	Kartlegge oversvømmelsesrisiko og lokale effekter p.g.a. store regn. Utrede behov for sanering av regnvannsavløp og lokal overvannshåndtering. Utvikle systemer for varsel for ekstreme regn. Informere beboere om farer. Kartlegge behov for beskyttelsestiltak.
	Teknisk- og økonomiske tiltak	Forbedre håndteringen av regn- og overflatevann. Vurdere bruk av avgiftslettelse ved nyttige tiltak vedrørende overvannshåndteringen.
	Krav og reglement	Endringer i arealplaner og andre kommunale planer. Retningslinjer for håndtering av overvann på ulike nivåer i byplanleggingen. Endringer i sanitærreglementet og VA-normen.
Privat ansvar		Tegne dekkende forsikringer. Bygge forsvarlig i soner med flomrisiko. Forbedre håndteringen av overvann på egen tomt. Heve elektriske kontakter og verdifulle gjenstander i kjellere. Montere tilbakeslagsventiler.

Tabell 2. Typer tiltak mot klimaeffekter sortert på sektorer

Det er viktig å oppmuntre til eller eventuelt pålegge tiltak for å infiltrere eller forsinke/fordrøye overvannet ved kilden. Kilden er ofte hos private på grunneieres egne tomter. Det vannet som ikke kan tas vare på der må tas hånd om av kommunale tiltak.

Et aktuelt kommunalt tiltak som ikke er et såkalt LOD-tiltak, kan være å føre avløpet fra et nyutbygget felt/fortettingsområder nedstrøms flaskehalsen og kritiske overløp, til et sted i nettet som har bedre kapasitet.

Noen konkrete aktuelle LOD-tiltak kan være:

- Nye taknedløp bør ikke koples til ledningsnettet.
- Eksisterende taknedløp frakobles ledningsnettet og ledes fortrinnsvis ut på permeable flater, som gressflater, til regnbed etc.
- Kantstein anlegges ikke langs kjørearealer. Eksisterende kantstein fjernes om mulig.
- Grunne slake gressbevokste grøfter erstatter rennestein, hvis det er hensiktsmessig.
- Sluk kobles ikke direkte til ledningsnettet hvis mulig.
- Antall sluk reduseres.

Hvordan kan vi nå forholde oss til virkningene av klimaendringene?

Punktene nedenfor kan være en passende fremgangsmåte for en kommune som frykter virkninger av klimaendringene på avløpsystemene og bebyggelsen denne betjener:

- Igangsetting av målinger av nedbør og avrenning. Dette dels for å skaffe mere pålitelig nedbørdata, og dels

fordi avløpsmodeller må kalibreres mot målinger

- Beregninger av nåsituasjonen for flomskader ved ulike gjentakingsintervall og overløpsutslipp
- Valg av fremtidige scenarier (nedbør for ekstreme regn, fremtidige tidsserier for regn, havstigning, stormflo, avrenningsforhold)
- Beregne økning i flomskader og overløpsutslipp som følge av klimaendringer
- Analysere optimale mottiltak. Veie total samfunnsnytte mot kostnad
- Justere kommunale planer (Arealplan, hovedplan avløp, beredskapsplan, etc.)

For å få data tilpasset lokale forhold må målinger av korttidsnedbør starte hvis man ikke allerede har startet med slike målinger. En målekampanje over noen måneder eller helst ett år bør starte også for avrenninger i avløpsnettet, slik at datamodeller kan kalibreres for å gjelde de lokale forholdene.

De fremtidige scenariene må velges i samråd med klimaekspertise. Analysene for nåsituasjonen kontra den fremtidige klimasituasjonen vil vise om man får uakseptable forhold og når de vil oppstå.

Tiltaksberegninger gjennomføres for å finne et optimalt sett med tiltak. Ved planleggingen er det viktig å ta hensyn til de totale samfunnsskadene og ikke bare kommunens egne kostnader og skader. Man vil da kunne foreta et optimalt valg av tiltak sett fra samfunnets synspunkt.

Til slutt er det viktig å oppjustere berørte kommunale planer som kom-

muneplan, arealplaner, hovedplan avløp og beredskapsplanen.

Referanser

Arnebjerg-Nielsen, K. 2006. "Klima-effekters betydning for ekstremregn og dermed funksjonen af afløbs-systemer – Litteraturstudie". Miljøstyrelsen Arbejdsrapport nr. 9 2006. København.

DHI og PH-Consult. 2005. "Afløbs-systemer under påvirkning af klima-ændringer- Hovedrapport". København.

Drange, H., Marzeion, B., Nesje, A. og Sorteberg, A. 2007. Opptil én meter havstigning langs Norskekysten innen år 2100. Cicerone Mars 2007. Oslo.

Epstein, P. "Climate blamed for upsurge in disease." New Scientist 29 June 2002.

Evans, E., Ashley, R., Hall, J., Penning-Rowsell, E., Saul, A., Sayers, P., Thorne, C. and Watkinson, A. 2004. "Foresight. Future Flooding." Office of Science and Technology, London.

Farrer, K. 2005. "Climate change project produces tools to cope with flooding in urban areas". Water & Wastewater International, September 2005.

Greater London Authority. 2005. "Adapting to climate change: a checklist for development" Nov. 2005. London.

Grum, M., Jørgensen, A.T., Johansen, R.M. and Linde, J.J. 2006. "The effect of climate change on urban drainage: an evaluation based on regional climate model simulations". Water Science & Technology Vol 54 No 6-7 pp 9–15 © IWA Publishing 2006.

Hardang, H. 2007. "Analyse av virkninger av klima på flomskader og overløpsutslipp i Veumdalen, Fredrikstad". mastergradsoppgave. Institutt for matematiske realfag og teknologi, UMB.

John Hopkins Bloomberg School of Public Health. "Extreme precipitation linked to waterborn disease outbreaks". American Journal of Public Health. August 2001.

Lindholm, O., Engan, J. A., Rapp, Ø., Petersen-Øverleir, A. og Markhus, E. 2003, "Revurdering av beregnings-kriterier for avløpssystemer, flom i kommunale avløpssystem", NIVA rapport nr. 4652-2003, Oslo.

Madsen, A., B. 2007. "Flomskader og forurensningsutslipp i Bergen. Analyse av klimaendringers virkninger". Mastergradsoppgave. Institutt for matematiske realfag og teknologi UMB.

Miljøstyrelsen. 2006. Katalog over tiltag til reduction af effekten fra klimaændringer på afløbssystemer - Tillægsrapport". Miljøprojekt 1124. København.

- Office of Science and Technology. 2004.
<http://www.foresight.gov.uk/fcd.html>
- Olsson, J., Berggren, K., Olofsson, M. og Viklander, M. 2007. "Applying climate model precipitation scenarios for urban hydrological assessment: A case study in Kalmar City, Sweden". Licentiate thesis. Luleå University of Technology.
- RegClim. 2000. "Klima i Norge om 50 år". Oslo.
- Statens forurensningstilsyn. 2008. "Klimaendringer – Veiledning om mulige tiltak i avløpsanlegg". TA-2317/2007.
- Semadeni-Davies, A., Hernebring, C., Svensson, G. and Gustafsson, L-G. Udatert. "The impacts of climate change and urbanisation on urban drainage in Helsingborg". Helsingborg Stad Sverige.
- Watt, W. E., Waters, D. and McLean, R. 2003. "Climate Change and Urban Stormwater Infrastructure in Canada: Context and Case Studies". Report 2003-1. Dept. of Civil Engineering. Queen's University. Canada.
- Werrity, A., Black, A., Duck, R., Finlinson, W., Shackley, S., Crichton, D. 2002. "Climate change. Flood Occurrences review". Program research findings No. 19. www.scotland.gov.uk/cru/resfinds.