

Analyse av klimatilpasningstiltak En casestudie av overvannsnett på Bogafjell i Sandnes kommune

Mastergradsoppgave ved Institutt for matematiske
realfag og teknologi UMB 2012

Av Ina Bekkum

Begrepet *klima* kan forklares som en beskrivelse av gjennomsnittsværet på et sted eller et område, slik det fremkommer av enkeltobservasjoner bearbeidet ved statistiske metoder etter internasjonale retningslinjer. Jordens klima relateres til energimengden lagret i klimasystemet, som hovedsakelig påvirkes av strålingsenergien fra solen. Med klimaendring menes en varig global endring av klima grunnet en forstyrrelse eller endring i den globale energibalansen. Forskere har aldri vært sikre på at klimaendringene vi står overfor i dag i stor grad utspiller seg som følge av antropogen aktivitet. Menneskelige utslipp av karbondioksid har ført til økt drivhuseffekt i atmosfæren, noe som igjen har gitt en global oppvarming. For norske forhold regnes det med at den globale oppvarmingen vil gi blant annet økte årsmiddeltemperaturer, kortere snøsesong, økt årsnedbør og flere dager med høye nedbørsverdier.

Det er klart at flomskader forårsaket av overvann har økt de senere år, særlig i tettsteder og byer. Den økte urbaniserings-

graden har ført til en større fortetting i urbane strøk, hvor de permeable flatene dekkes med impermeabel asfalt og bebyggelse. Dette fører til en større mengde overvann som må renne av på overflaten, i stedet for å infiltreres i jorden. Økte regnintensiteter, som følge av klimaendringene, har stor påvirkning på avløpssystemet. Store nedbørmengder genererer mer overvann og gir økt avrenning. For at avløpssystemet skal kunne takle de endrede forutsetninger skissert ovenfor, må det tas hensyn til fortetting og klimaendring gjennom en klimatilpasset overvannshåndtering. En klimatilpasset overvannshåndtering vil søke å redusere risikoen for urban flom ved redusert tilrenning til avløpssystemet og forsinkelse av flomtoppene. Det har vist seg at tiltak i kategorien *åpne og lokale overvannsløsninger* er velegnede tiltak for klimatilpasning.

For å simulere klimaendringenes effekt på avløpssystemet og klimatilpasningstiltakenes avbøtende virkning kan man benyttes seg av urbanhydrologiske av-

løpsmodeller. I denne oppgaven er det gjennomført et casestudie av overvannsnettet på Bogafjell i Sandnes kommune. Det er gjort simuleringer av enkeltregn i form av symmetriske nedbørshyetogram, med og uten klimatillegg – i Rosie/ArcGIS med MOUSE/MIKE URBAN som beregningsmotor – for å teste tiltaksprinsipper som frakopling av overvann, fordrøyning av overvann og kapasitetsøkning i ledningsnett.

For å teste klimatilpasningstiltakenes hydrauliske effekt som mottiltak mot klimaendringer søkes det å finne tiltakenes avbøtende skadevirkning ved et 100-års regn med 50 % klimatillegg. På bakgrunn av resultatene fra den hydrauliske analysen gjøres det en økonomisk analyse av tiltakene, hvor en kost-/effektanalyse står sentralt. Effektivitetsmålet er at klimatilpasningstiltakene skal bringe skadenivået ved et 100-års regn med 50 % klimatillegg ned til dagens skadenivå ved nåværende 100-års regn. Tiltakenes lønnsomhet beregnes ved å finne investeringens netto nåverdi, og tiltakene antas å være lønnsomme dersom netto nåverdi er positiv eller lik null.

Av tiltakene som testes oppnår alle effektivitetsmålet om å bringe skadenivået ned til referansesituasjonen, utenom *frakopling av overvann fra takarealer*. Dette tiltaket kan ikke implementeres i hele feltet, noe som antas å være grunnen til at målet ikke oppnås. Under de gjeldende forutsetninger er det *frakopling av overvann fra takarealer* og et kombinasjonstiltak med *frakopling av overvann fra takarealer* og *fordrøyning av overvann på overflaten* som kan anses som lønn-

somme klimatilpasningstiltak på Bogafjell. Av disse to er det bare kombinasjonstiltaket som oppfyller effektivitetskravet.

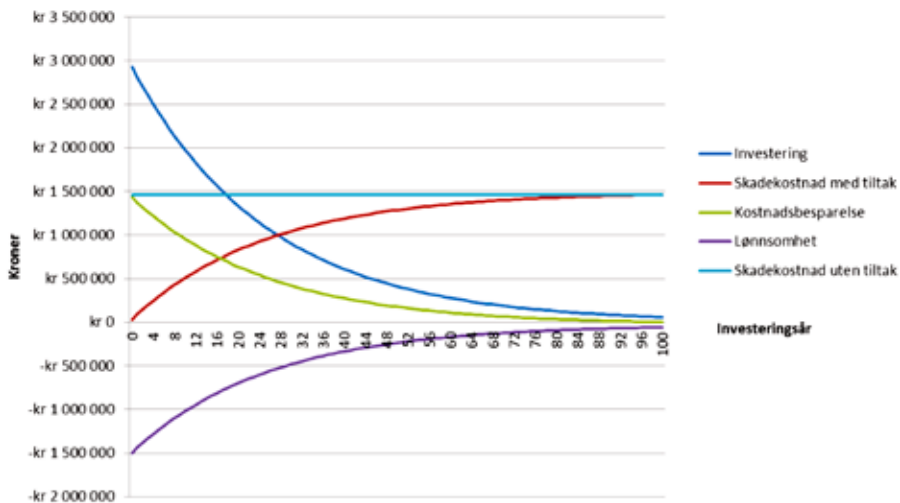
På bakgrunn av resultatene ser vi at klimaendringene vil ha konsekvenser for ledningsnettet på Bogafjell i form av flere oversvømmelser fra kummer og flere skader på hus og bygninger. Avløpssystemet på Bogafjell er sårbart i forhold til en økning i andelen tette flater. Det spekuleres i om det muligens vil være samfunnsøkonomisk lønnsomt med et høyere skadenivå enn referansesituasjonens nivå i et nytt klimaregime på Bogafjell. For å gjøre en samfunnsøkonomisk vurdering av avløpssystemet på Bogafjell og klimatilpasningstiltakenes lønnsomhet, bør en hydraulisk og økonomisk analyse gjennomføres med et så detaljert skade- og kostnadsbilde som mulig.

I figur 1 presenteres resultatet fra lønnsomhetsanalysen av klimatilpasningstiltak; *fordrøyning av overvann på overflaten*.

I figur 1 vises klimatilpasningstiltak; *fordrøyning av overvann på overflaten*, og tiltakets lønnsomhet relatert til investeringsår. Investeringsår 0 representerer en investering i dag (2012), mens investeringsår om 100 år representerer en investering gjort i år 2110. Analysen omhandler, som tidligere, de totale kostnadene over 100 år – fra i dag til år 2110. Alle kostnader er totale kostnader i nåverdi med stigende klimatillegg.

Den mørkeblå kurven viser investeringsutgiftene (direkte anleggskostnader ved bygging av tiltaket) relativt til investeringsåret. Som vist i figuren vil investeringsens nåverdi synke jo lengre bort vi

Fordrøyning



Figur 1. Tiltakets lønnsomhet relatert til investeringsår, klimatilpasningstiltak; fordrøyning av overvann på overflaten.

beveger oss fra år 0. I år 0 er investeringsutgiften på kr 2 929 186, mens nåverdien av en investering som gjøres i eksempelvis investeringsår 40 (år 2052) er 610 117 kr. Den røde kurven representerer de totale skadekostnadene ved gjennomføring av tiltak relatert til investeringsår, regnet som nåverdi. Det vises i figur 1 at de totale skadekostnadene ligger på et lavt nivå på 32 544 kr, dersom investeringen skjer i år 0, og øker med investeringsåret, opp til samme nivå som de totale skadekostnadene uten gjennomføring av tiltak i løpet av de 100 årene. Krysningpunktet mellom den mørkeblå kurven og den røde kurven viser ved hvilket investeringsår nåverdien av de totale skadekostnadene ved gjennomføring av klimatilpasningstiltaket er like store som nåverdien av investeringen. Dette krysning-

punktet finner sted i investeringsår 27, noe som tilsier at en investering før år 27 gir totale skadekostnader mindre enn investeringsutgiften, mens etter år 27 vil skadekostnadene være større enn investeringsutgiften. Dette betyr ikke at prosjektet er lønnsomt før år 27, da tiltakets lønnsomhet måles etter om kostnadsbesparelsen ved gjennomføring av tiltak er større enn tiltakets investeringsutgifter.

Den lyseblå linjen viser de totale skadekostnader uten gjennomføring av tiltak, og ligger derfor konstant på 1 464 087 kr. Krysningpunktet mellom den lyseblå linjen og den mørkeblå kurven viser ved hvilket investeringsår nåverdien av de totale skadekostnadene uten klimatilpasningstiltak er like store som nåverdien av investeringen.

Den grønne kurven viser kostnads-

besparelsen ved gjennomføring av tiltaket, og er i praksis differansen mellom skadekostnad uten tiltak (lyseblå linje) og skadekostnad med tiltak (rød kurve). Dersom tiltaket gjennomføres i år 0 er besparelsen 1 413 543 kr, mens besparelsen i år 40 er på 275 281 kr, regnet som nåverdi. Det er denne kurven, som sammen med den mørkeblå kurven, gir grunnlag for tiltakets lønnsomhetskurve. Den lille kurven viser tiltakets lønnsomhet, netto nåverdi. For at tiltaket skal være lønnsomt må denne kurven være lik eller større enn null. Eller forklart på en annen måte; besparelsen (den grønne kurven) må være større enn investeringen (den mørkeblå kurven). Som vi ser i figuren går lønnsomhetskurven mot null, men er fortsatt negativ ved år 100. Dette forteller oss at tiltaket ikke vil bli lønnsomt i løpet av de neste 100 år ved de forutsetninger som gjelder for analysen.

Nedenfor er de viktigste funnene fra arbeidet med oppgaven presentert kort: En økning i nedbørintensitet som følge av klimaendringer vil ha konsekvenser for ledningsnett på Bogafjell i form av flere oversvømmelser fra kummer og flere skader på hus/bygninger.

Avløpssystemet på Bogafjell er meget sårbart i forhold til en økning av andelen tette flater, noe som bør tas hensyn til ved videre utbygging av feltet.

De totale skadekostnadene omhandlende skader på hus/bygninger antas å være omtrent 5 975 000 kr i løpet av de neste 100 årene forutsatt at klimaendringene øker lineært til en 50 % økning i nedbørens intensitet. Dette representerer ikke de totale skadekostnadene for

feltet, som også antas å inkludere skader på blant annet veg, avløpssystem og rekreasjonsområder.

Det er bare klimatilpasningstiltakene med kombinasjon av *frakopling av overvann fra takarealer* og *fordrøyning av overvann på overflaten*, og *frakopling av overvann fra takarealer*, som etter gjeldende forutsetninger som kan anses som lønnsomme investeringer. Av disse to tiltakene er *frakopling av overvann fra takarealer* mest lønnsom. Dette tiltaket oppfyller ikke det gitte effektivitetsmålet om å bringe skadenivået ved 50 % klimatillegg ned til dagens nivå. Dette bringer opp spørsmålet om det er samfunnsøkonomisk lønnsomt med et høyere skadenivå i et nytt klimaregime, og om det vil være mer gunstig å reparere skader enn å forebygge dem på Bogafjell.

Avløpssystemet på Bogafjell er ifølge modellen sårbart for regn med lavt gjentakintervall, og man har allerede i dag oversvømmelser ved nedbørshendelser med 10-års gjentakintervall. Med 50 % klimatillegg får man etter gjeldende forutsetninger oversvømmelser ved 2-års gjentakintervall, og skader på hus/bygninger ved 5-års gjentakintervall. Systemet kan synes å være noe underdimensjonert i forhold til dimensjonerende norm i dag, og vil med økte klimaendringer ikke overholde dimensjoneringskriteriet uten gjennomføring av tiltak. Likevel antas avløpssystemet å være noenlunde godt rustet til å motstå klimaendringene, mye grunnet at ledningsnett er anlagt som separatsystem, som antas å være robust når det gjelder skader.