

Nytt rammeverk for dimensjonering av blågrønn infrastruktur for overvannshåndtering

Av Vincent Pons, Tone Merete Muthanna, Jean-Luc Bertrand Krajewski og Edvard Sivertsen

Vincent Pons (M.Sc) er Ph.D- kandidat ved Institutt for bygg- og miljøteknikk, NTNU & Institut National Des Sciences Appliquées (INSA Lyon).

Tone Merete Muthanna (Ph.D) er professor ved Institutt for bygg- og miljøteknikk, NTNU.

Jean-Luc Bertrand-Krajewski (Ph.D) er professor ved INSA Lyon.

Edvard Sivertsen (Dr.ing.) er seniorforsker ved SINTEF Community.

Summary

A new framework for dimensioning of green infrastructure for stormwater management. Cities will receive increasing amounts of stormwater due to climate change and more intense rainfall. Green infrastructure will be part of the solution to deal with this increase in stormwater. A new framework for dimensioning green infrastructure has been developed as part of a doctoral thesis in Klima 2050. The framework assesses the performance of green infrastructure in all three steps of the 3-step approach for stormwater management and proposes to move away from one event-based dimensioning to look at both continuous simulations and a wide range of rainfall events.

Sammendrag

Byer og tettsteder vil få økende mengder overvann på grunn av klimaendringer og mer intens nedbør. Blågrønn infrastruktur vil være en del av løsningen for å håndtere denne økningen i overvannsmengder. Et nytt rammeverk for å dimensjonere blågrønn infrastruktur er utviklet i et doktorgradsarbeid i Klima 2050. Rammeverket vurderer ytelsen til blågrønn infrastruktur i alle

tre leddene i 3-trinnstrategien og foreslår å gå bort fra én hendelse-basert dimensjonering til å se på både kontinuerlige simuleringer og et bredt spekter av regnhendelser.

Innledning

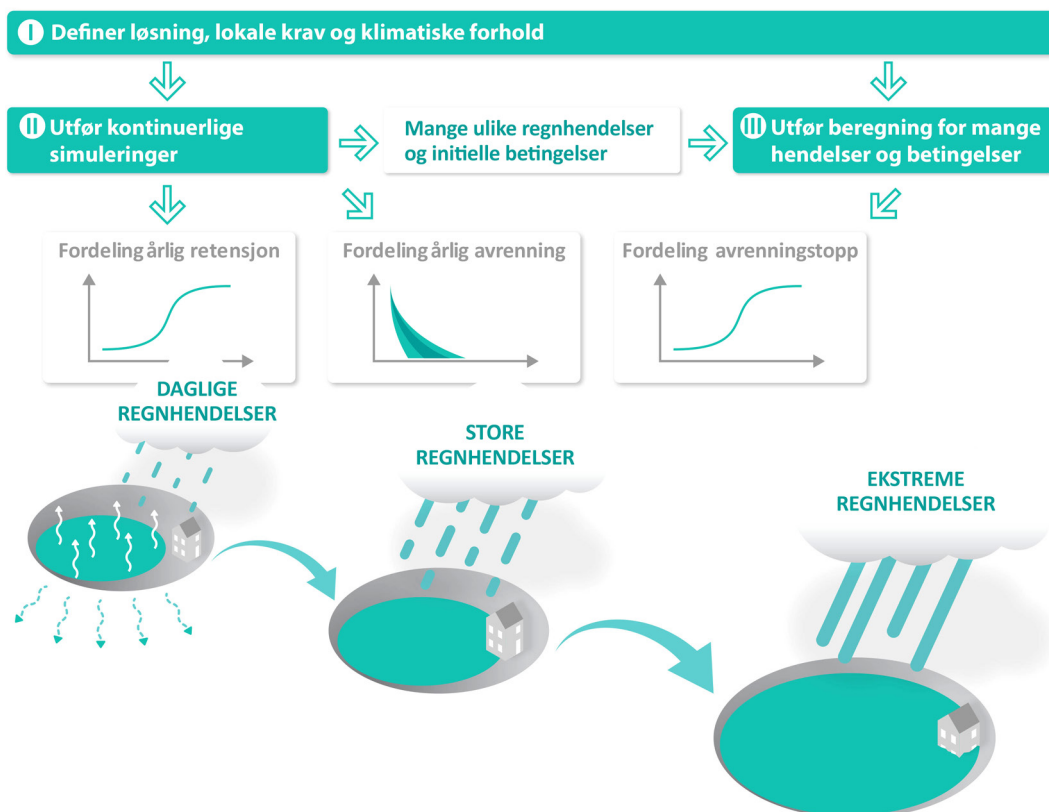
Blågrønn infrastruktur for å håndtere overvann vil være viktige løsninger for å møte økende mengder overvann som følge av urbanisering og klimaendringer. I Norge brukes 3-trinnstrategien til å håndtere overvann, hvor 1) det daglige regnet skal håndteres lokalt med retensjonsbaserte løsninger, 2) kraftigere regn skal håndteres med detensjonsbaserte løsninger, mens 3) ekstreme nedbørmengder skal håndteres med en sikker flomvei. Hvordan de ulike løsningene innenfor hvert trinn skal dimensjoneres og hvordan de samhandler med hverandre er imidlertid ikke klart. En enhetlig tilnærming til dimensjonering mangler fortsatt i Norge og det er behov for å kople ulike fagfelt som klimatologi, urban hydrologi og risikokvantifisering for å øke forståelsen av hvordan de tre trinnene i 3-trinnstrategien kan jobbe sammen for å gi en robust og klimatilpasset overvannshåndtering i byer og tettsteder.

I Klima 2050 (www.klima2050.no) har vi jobbet både vitenskapelig og praktisk med ulike nye løsninger for overvannshåndtering. Det er viktig med et solid vitenskapelig grunnlag når nye løsninger skal utvikles, forstås og dimensjoneres. Våre PhD- og masterstudenter har gitt et stort og viktig bidrag til dette. Samtidig er det viktig med en praktisk tilnærming til de nye løsningene. Dette er viktig for å demonstrere ytelse i stor skala og under reelle forhold. I Klima 2050 har vi gjort dette i nært samarbeid med partnerskapet gjennom egne pilotprosjekter. Nøkkelen til suksess har vært å kombinere disse to tilnærmingene, der man tar utgangspunkt i en teoretisk tilnærming og gjøre denne om til et praktisk rammeverk. Et slikt nylig utviklet rammeverk i Klima 2050 er rammeverk for dimensjonering av blågrønn infrastruktur, som er overensstemt med den norske 3-trinnsstrategien for overvannshåndtering. Ramme-

verket gir også føringer for hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer. Arbeidet er publisert i to nylige vitenskapelige artikler (Pons m.fl., 2022 a og b) og vil bli presentert kort under.

Nytt rammeverk for dimensjonering

En skjematisk oversikt over de enkelte delene i det nye rammeverket er gitt i Figur 1. Del I handler om å velge løsninger, få oversikt over lokale krav, finne relevante modeller og tilgjengelige hydro-meteorologiske data. I del II gjøres det en kontinuerlig simulering av ulike løsninger basert på lange tidsserier og under ulike scenarier for å beregne fordelingen av årlig retensjon og avrenning fra valgte løsninger. Simuleringene forutsetter at det løsningen er godt beskrevet med en hydrologisk modell som tar høyde for evapotranspirasjon, infiltrasjon og fordryningsmekanismer. Videre kreves det temperatur- og



Figur 1. Skjematisk fremstilling av det nye rammeverket.

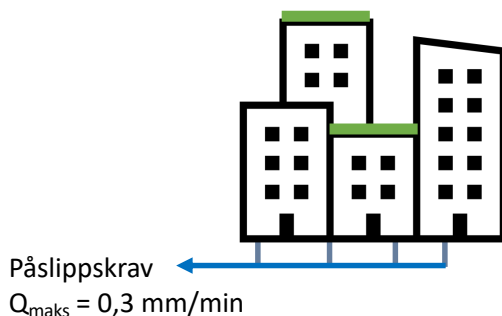
nedbørsdata med høy tidsoppløsning. I del III av rammeverket lages det et stort antall regnhendelser for en gitt returperiode, der hendelsene har ulike initialbetingelser bestemt ut ifra den kontinuerlige simuleringen og forskjellig fordeling av nedbørsintensiteten. Ved å beregne funksjonen til valgt løsning for mange hendelser vil man få informasjon om hvor robust og pålitelig løsningen er, samtidig som man vil få informasjon om når og hvor ofte løsningen ikke klarer å håndtere overvannet.

Den kontinuerlige simuleringen vil gi grunnlag for å vurdere løsningens funksjon etter trinn 1 og trinn 2 i 3-trinnstrategien og vil kreve enten lange tidsserier med fin oppløsning eller en nedskaleringmodell og lange tidsserier med daglig oppløsning. Den lokale hendelsesbaserte tilnærmingen vil gi grunnlag for vurderinger knyttet til trinn 2 og trinn 3 i 3-leddstrategien og vil kreve intensitet-varighet-frekvens (IDF)-kurver, en nedskaleringmodell og startbetingelser hentet fra den kontinuerlige simuleringen.

Det foreslåtte rammeverket er et nytt paradigme i måten blågrønn infrastruktur dimensjoneres og vurderes for å håndtere overvannet etter 3-trinnsstrategien, der man går fra å vurdere én hendelse til å studere funksjonen til den blågrønne infrastrukturen for et bredt spekter av hendelser, inkludert under hvilke hendelser infrastrukturen ikke klarer å håndtere overvannet. Det foreslåtte rammeverket er spesielt relevant i urbane områder med økende urbanisering og/eller økende utfordringer knyttet til klimaendringer. Rammeverket vil gi mer robust og pålitelig informasjon om ytelsen til de blågrønne infrastrukturløsningene sammenlignet med den tradisjonelle tilnærmingen.

Eksempel på bruk

For å demonstrere det nye rammeverket vil vi bruke et eksempel med et nytt bygg som skal bruke et grønt fordrøyende tak til lokal overvannshåndtering. Lokale krav fra kommunen krever at vi bruker en returperiode på 20 år og at utslippet fra taket som helhet ikke overstiger 0,3 mm/min. Basert på beregnet konsentrasjonstid og lokale IVF-kurver, er det beregnet et nødven-

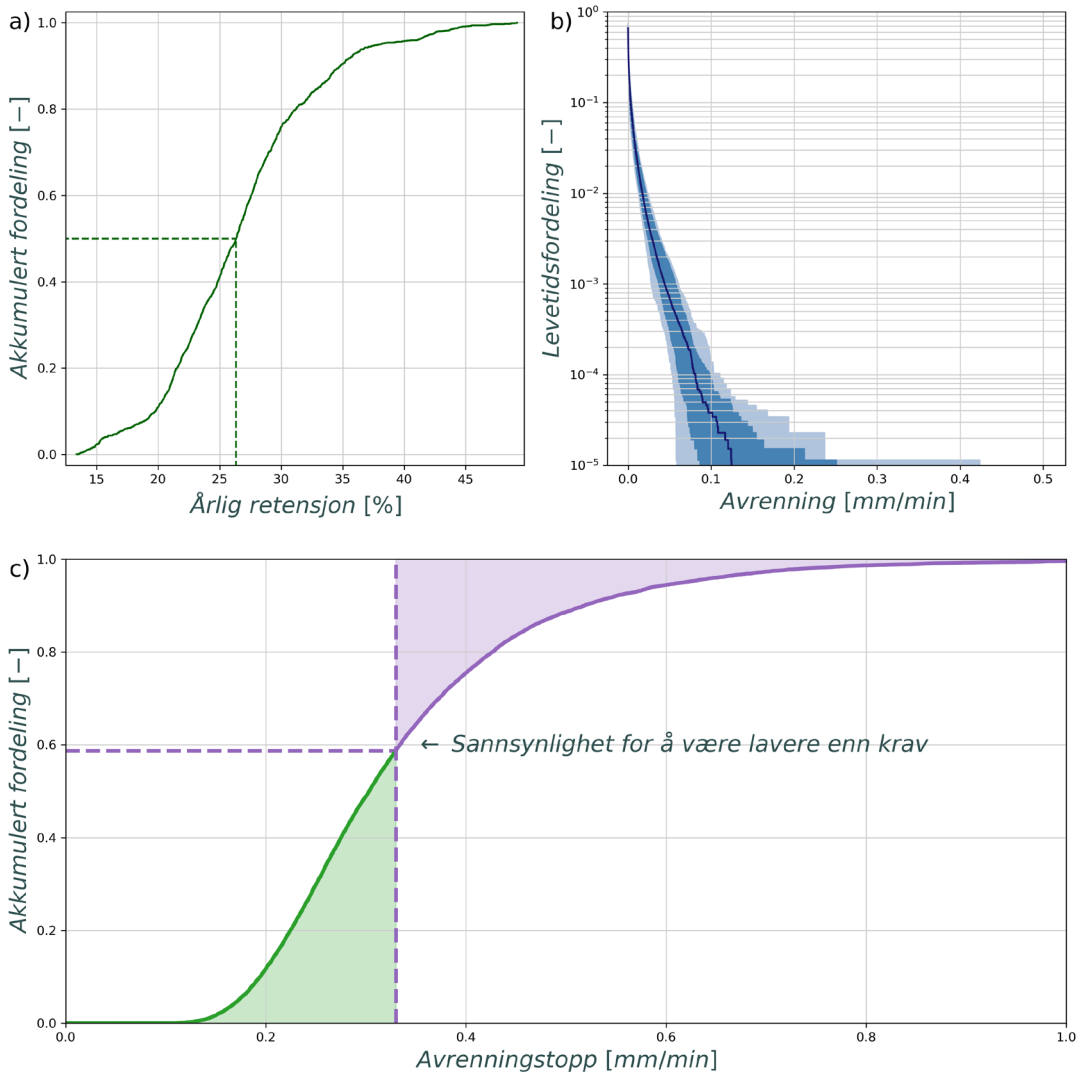


Figur 2. Eksempel på et bygningskompleks som håndterer overvannet med grønne fordrøyende tak.

dig areal av det fordrøyende taket for å håndtere en tradisjonell dimensjonerende 20-års regnhendelse, se Figur 2. Med dette som utgangspunkt kan vi benytte det nye rammeverket og se hvilken tilleggsinformasjon vi kan fremskaffe for å få en bedre oversikt over hvordan det grønne fordrøyende taket vil fungere under lokale forhold og forskjellige regnhendelser.

Del I: Vi har allerede bestemt hvilken løsning og hvilket lokalt krav vi må forholde oss til, men i tillegg har vi tilgjengelig 30 år med værdata med en tidsoppløsning på 1 minutt som er et fint grunnlag for den kontinuerlige simuleringen i del II.

Del II: Med 30 års klimadata tilgjengelig kan vi gjøre en langtids kontinuerlig simulering som kan oppsummeres i form av fordelingskurver og varighetskurver av ulike hydrologiske størrelser. Figur 3a viser fordelingen av den årlige retensjonen til det grønne fordrøyende taket. Taket i vårt eksempel har en median årlig retensjon lik 25 %, som forteller oss at vi kan forvente at 25 % av den årlige nedbøren håndteres gjennom evapotranspirasjon og fordamping, og således aldri vil nå ledningsnettet. Figuren viser også at det er en nokså stor naturlig årlige variasjon i retensjonen mellom ca. 10 % til 45 %. Dette viser ytelsen av taket etter trinn 1 i 3-trinnsstrategien. Figur 3b viser beregnet varighetskurve for avrenningen fra taket og er et estimat på hvor ofte/lang tid avrenningen fra taket overskrider en gitt verdi. Figuren viser median-verdien (svart kurve) og naturlig variasjon (blå skraverte felt). Fra figuren kan vi se at verdien 0,1 mm/min kan



Figur 3. Resultater fra kontinuerlig simulering som viser fordeling årlig retensjon (a) og naturlig variasjon i avrenningen (b), i tillegg til resultater fra mange hendelsesbaserte simuleringer med ulike 20 års regnhendelser og startbetingelser som viser fordelingen av avrenningstopp (c).

forventes å overskrides 20 minutter per år, men at den naturlige variasjonen fra år til år viser at denne overskridelsen kan variere fra 0 minutter til ca. 1 time. Vi ser også at basert på historiske data, er det svært liten sannsynlighet for at avrenningen skal overstige 0,3 min/min. Dette viser ytelse av taket under normalsituasjon etter trinn 2 i 3-trinnsstrategien.

Del III: Basert på resultatene fra den kontinuerlige simuleringen med langtids klimadata, kan vi hente ut både forskjellige startbetingelser

(for eksempel graden av fuktighet i det fordrøyende laget) og hvor sannsynlige disse er. Kombineres disse med ulike fordelinger av nedbørsintensiteten kan vi konstruere mange ulike regnhendelser med samme returperiode. I vårt eksempel er det konstruert 10 000 forskjellige lokale hendelser med returperiode 20 år. Figur 3c viser fordelingen til disse 10 000 avrenningstoppene der kurven gir sannsynligheten for at avrenningen fra det grønne fordrøyende taket ligger under angitt verdi. Vi ser at sannsynlig-

heten for å være under det oppgitte kravet på 0,3 mm/min er 0,6, det vil si at vi er under kravet for 60 % av 20-års hendelsene. Kurven kan deles inn i et “velfungerende”-område hvor det grønne fordrøyende taket oppfyller kravene (grønt område) og et «svikt»-område der det grønne fordrøyende taket ikke oppfyller kravene (lilla område). Svikt-området gir nyttig informasjon om hvor ofte den blågrønne infrastrukturen ikke oppfyller kravene og hvor alvorlig avviket vil være. Dette viser ytelsen til taket under mer ekstreme hendelser og vil gi informasjon om trinn 2 og trinn 3 i 3-trinnsstrategien.

Konklusjon

Et nytt rammeverk for å dimensjonere blågrønn infrastruktur i samsvar med 3-trinnsstrategien er utviklet i Klima 2050. Rammeverket foreslår å gå bort fra én hendelse-basert dimensjonering til å se på både kontinuerlige simuleringer og et bredt spekter av regnhendelser for å si noe om

funksjonen til løsningen under trinn 1 og trinn 2 i 3-leddstrategien. Samtidig vil man få informasjon om når løsningen ikke fungerer, noe som vil være retningsgivende for dimensjonering av flomveiene (trinn 3). Det er også utviklet en ny metode basert på statistisk-temporal-nedskalering for å kunne vurdere den fremtidige ytelsen til løsningen(e) ved å bruke det samme rammeverket.

Referanser

Pons, V., T. M. Muthanna, E. Sivertsen and J.-L. Bertrand-Krajewski (2022a) Revising green roof design methods with downscaling model of rainfall time series, *Water Science & Technology*, Vol 85 No 5, 1363 doi: 10.2166/wst.2022.023

Pons V., R. Benestad, E. Sivertsen, T.M. Muthanna and J.-L. Bertrand-Krajewski (2022b) Forecasting green roof detention performance by temporal downscaling of precipitation time-series projections, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol 26, 2855–2874; doi. org/10.5194/hess-26-2855-2022