

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for landskap og samfunn
Institutt for landskapsarkitektur - Landskapslaboratoriet

Sak: 17/06042-13

Årsrapport 2018

Grønne tak forskningsinfrastruktur i Landskapslaboratoriet

Forfattere:

Julie Trommald – Bergknapp as og NMBU
Vegard Nilsen – REALTEK
Ragna Berg - LANDSAM



Foto: Sindre Nyborg

Grønne tak for tverrfaglig forskning ble etablert i Landskapslaboratoriet våren 2018 som et resultat av Astri Sommer Øyre og Julie Trommalds Masteroppgave [«Etablering av Bia, en forskningsinfrastruktur med grønne tak»](#) gjennomført på Fakultet for realfag og teknologi. Prosjektering og bygging av takene inngikk som en del av masteroppgaven.

Bakgrunn for forsøket:

En økende grad av urbanisering har ført til mer gjentetting av grønne flater i byer. Dette, sammen med at klimaendringene fører med seg hyppigere forekomster av ekstremnedbør skaper et problem med overvannshåndteringen i byer. En mulig løsning på overvannsproblematikken er å erstatte eksisterende svarte tak med grønne løsninger.

Lokal overvannshåndtering innebærer at man skal håndtere overvann som følge av regnvann, sludd eller snøsmelting der nedbøren treffer bakken. Takene i Landskapslaboratoriet ble etablert for å teste effekten av grønne tak ved et typisk østlandsklima.

Forskningsinfrastrukturen er støttet av [BIA \(Brukerstyrt innovasjonsarena\)](#) og er et tverrfaglig samarbeidsprosjekt mellom Norges Vassdrags og energidirektorat (NVE), Bergknapp AS, Protan AS, Leca Norge og Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) ved fakultet for landskap og samfunn (LANDSAM) og fakultet for realfag og teknologi (REALTEK).

I samarbeidet ble det signert en avtale med varighet 5 år, som omfatter etablering, drift, finansiering og avvikling av forsknings- og demonstrasjonsanlegget for grønne tak.

Det ble etablert en bedriftsgruppe med en person fra hver part. Gruppen har ansvar for drift av anlegget innenfor rammene i avtalen. Gruppen har også ansvar for å utarbeide en kortfattet årsrapport hvert år. Rapporten oversendes samarbeidspartene og arkiveres i NMBUs arkivsystem P360 (sak 17/06042).

I 2018 ble det gjennomført vedlikehold en gang, 19.08.18. Det ble luket ugras og gjødslet med 4 kg. Nitrat.

Etter at takene var etablert har det vært avlagt ytterligere to masteroppgaver:

- Jogeir Ueland: [Effekten av Bia, en forskningsinfrastruktur med grønne tak, innledende studier](#)

- Eivind Andreas Foslien Fordal: [Avrenning fra to grønne tak ved forskningsinfrastrukturen "Bia" i Ås kommune](#)

Sammendrag av Astri Sommer Øyre og Julie Trommalds Masteroppgave «Etablering av Bia, en forskningsinfrastruktur med grønne tak», skrevet av Julie Trommald (nå ansatt hos samarbeidspartner Bergknapp as):

Bia – en forskningsinfrastruktur med grønne tak

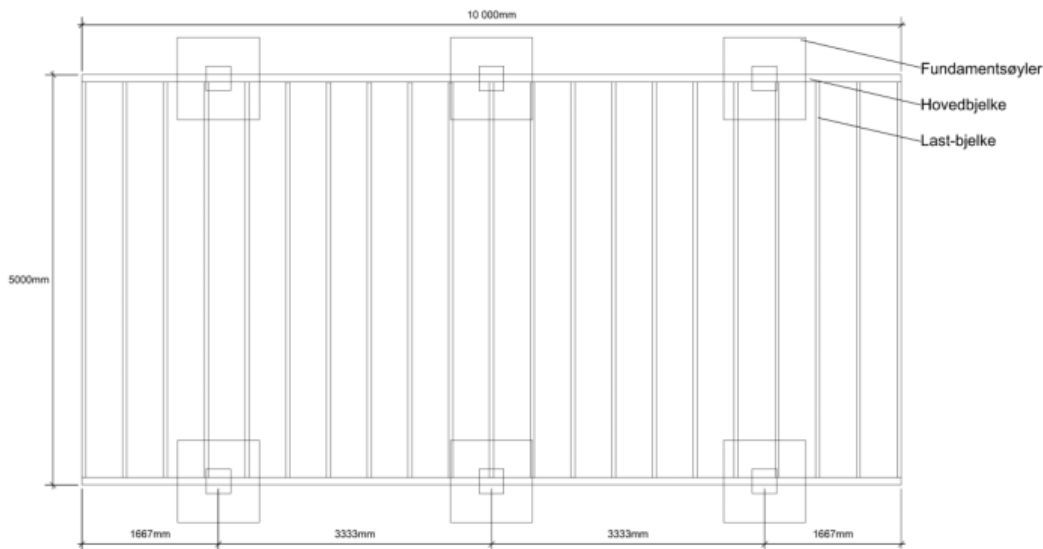
Bia er en forskningsinfrastruktur som består av tre forsøkestak, hvorav to av takene har en oppbygning med knust leca og sedummatter og det tredje taket er et svart referansetak. Bakgrunnen for etableringen er økte skader på infrastruktur på grunn av et villere og våtere klima. I samspill med sedumplantene er teorien at lecalaget vil kunne redusere både intensiteten og mengden avrent vann ved kraftige nedbørhendelser.

Våren 2018 ble forskningsinfrastrukturen etablert på Planteskolen (Åsbakken 10, 1430 Ås) med Landskapslaboratoriet som eier. Prosjektet har en ramme på fem år med samarbeidspartene Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) ved fakultet for landskap og samfunn (LANDSAM) og Fakultet for realfag og teknologi (REALTEK), Norges Vassdrags og energidirektorat (NVE), Bergknapp AS, Protan AS og Leca Norge. Masterstudentene Astri Sommer Øyre og Julie Trommald stod for prosjektering og gjennomføring av etableringen.



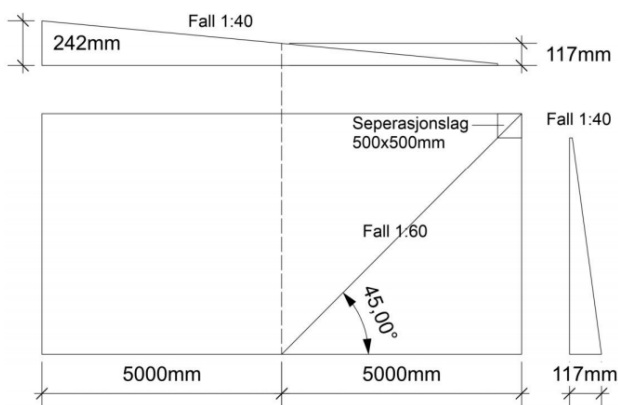
Figur 1: Plassering av Bia er markert i blått.

Hvert av takene har en størrelse på 50 m² og er plassert på seks søyler, se figur 2.



Figur 2: Forsøktakense bærende konstruksjon og fundamentsøyler (Øyre, A. S.).

Takene er konstruert slik at de kan simulere nedbør for et tak på 200 m². Fall og fallretning for takene er illustrert i figur 3.



Figur 3: Valg av fallretning på forsøksstak, med nødvendig høyde på isolasjon (Øyre, A. S.).

To av takene har oppbygning med 15 cm med knust leca lettklinker (0-6 mm) og sedummatter. Lecalaget skal fungere som et magasinerende sjikt ved at vann kan lagres inni og mellom lecapartiklene. På denne måten vil denne grågrønne løsningen kunne håndtere større nedbørsmengder, se figur 4.



Figur 4: illustrasjon av den grågrønne løsningen. I illustrasjonen er det tegnet inn sluk med restriktor. Det er ikke benyttet sluk med restriktor i forskningsinfrastrukturen (Bergknapp AS).

NVE ferdigstilte instrumenteringen 12. juli, og siden da har forskningsinfrastrukturen logget data. Det har vært noen utfordringer med måleutstyret, men dette er ordnet opp. I tabell 1 er de ulike instrumentene listet opp med antall, parameter og type.

For å kunne sammenlikne avrenning fra takene med nedbør ble det montert en nedbørmåler to meter fra det midterste taket på nordøstlig side. Nedbørmåleren kan ikke benyttes som målestasjon den ikke oppfyller krav for nærliggende trær og bebyggelse. Nedbørmåleren har de samme forutsetningene som forsøksstakene, og det var nødvendig for avrenningsberegninger at det var en nedbørmåler plassert ved siden av forsøksstakene. Lufttemperatur- og luftfuktighetssensor ble montert på nedbørmåleren.

For å måle avrenning er det plassert IBC-container med en kapasitet på 1000 liter. Hver container har en trykksensor som måler vannivået. Når vannivået er på 900 liter tømmes tanken til 300 liter ved hjelp av en pumpe. NVE ser på muligheten for at containeren tømmes ved tørrvær slik at det eventuelt ikke blir noen oppholdstid hvis containeren må tømmes under en nedbørperiode. Per dags dato logges avrenningen som l/min. NVE ser på muligheten for å kunne loggføre avrenningen som mm/s.

På det sørlige taket ble det montert en vindsensor.

For å kunne beregne evapotranspirasjon for plantene ble det montert et netto radiometer for å måle strålingsbalansen for innkommende og utgående kortbølget stråling, og utgående langbølget stråling. Det ble også montert to infrarøde radiometre for å måle overflatetemperaturen ved hjelp av infrarød stråling

Mellom hver søyle og hovedbjelkene ble det montert kompresjonslastceller med et tilhørende digitalt grensesnitt. Det er seks veieceller per konstruksjon, og summen av disse fungerer som en punktvekt

for hver konstruksjon. Ved å montere veieceller blir det mulig å måle den totale vannbalansen i forsøksstakene på forsøksstakene til enhver tid. Dette muliggjør presis måling av fordampning, og gir en direkte måling av gjenværende fordrøyningskapasitet. Målinger viser at det er relativt store svingninger i vekten på takene gjennom en dag uten nedbør. Årsaken til dette kan være trykk- og strekkrefter i treverket som er fundamentet til taket (samtale mellom Jogeir Ueland, en av masterstudentene høsten 2018, og Knut Møen, NVE).

På begge takene med finknust LECA og sedumdekke ble det montert åtte temperatursensorer. Fire ble lagt i bunnen av LECA-laget, og fire ble lagt i sjiktet mellom finknust LECA og sedum. Sensorene er plassert 1,5 m inn fra hvert hjørnepunkt.

For fase to av prosjektet er det tenkt at det skal kunne påføres kunstig regn. Dette er for å stresse taket og se hva maksimal fordrøyd vannmengde kan være. For å gjøre dette ble det montert en elektromagnetisk mengdemåler

Det ble satt ut et instrumentskap med en datalogger og styringsenhet av typen 9210B. Denne er basert på et Windows CE operativsystem, og er designet for å fjernovervåke og kontrollere systemene. Alle sensordata som logges lokalt overføres til løpende til NVEs hydrologiske database

Tabell 1: måleinstrumenter tilknyttet forskningsinfrastrukturen.

Antall	Parameter	Type
1	Nedbørmåler	Ott "Pluvio ² "
1	Netto radiometer (lang og kortbølge)	Apogee "SN-500"
2	Infrarød radiometer (Overflatetemperatur)	Apogee "SI-421"
2	Åttekanals temperaturprofil (jordtemperatur sensor)	Microstep-MIS "Digital Temperature Profiler Probe TPP"
18	Digitalt lastcellegrensesnittkort	Keynes Control "Single Channel Full Bridge Strain Gauge Interface – SDI-12"
18	5 tonns veieceller	PT-Global "LPX-5000kg"
1	Temperatur og relative luftfuktighetsmåler	Campbell "CS-215"
3	Vannivåsensor	Seametrics "Aquistar PT-12"
1	Vindmåler	RM Young "Model 05103"
1	Elektromagnetisk strømningsmåler DN40 (kunstig sprinklersystem)	Krohne "Optiflux 2050C"
1	Controller og datalogger	Sutron "9210B"
3	Sump pumpe	Grundfos Unilift KP 350 240VAC/700W 14 m ³ /h
3	Avløpsakkumuleringstank	IBC 1000 litre

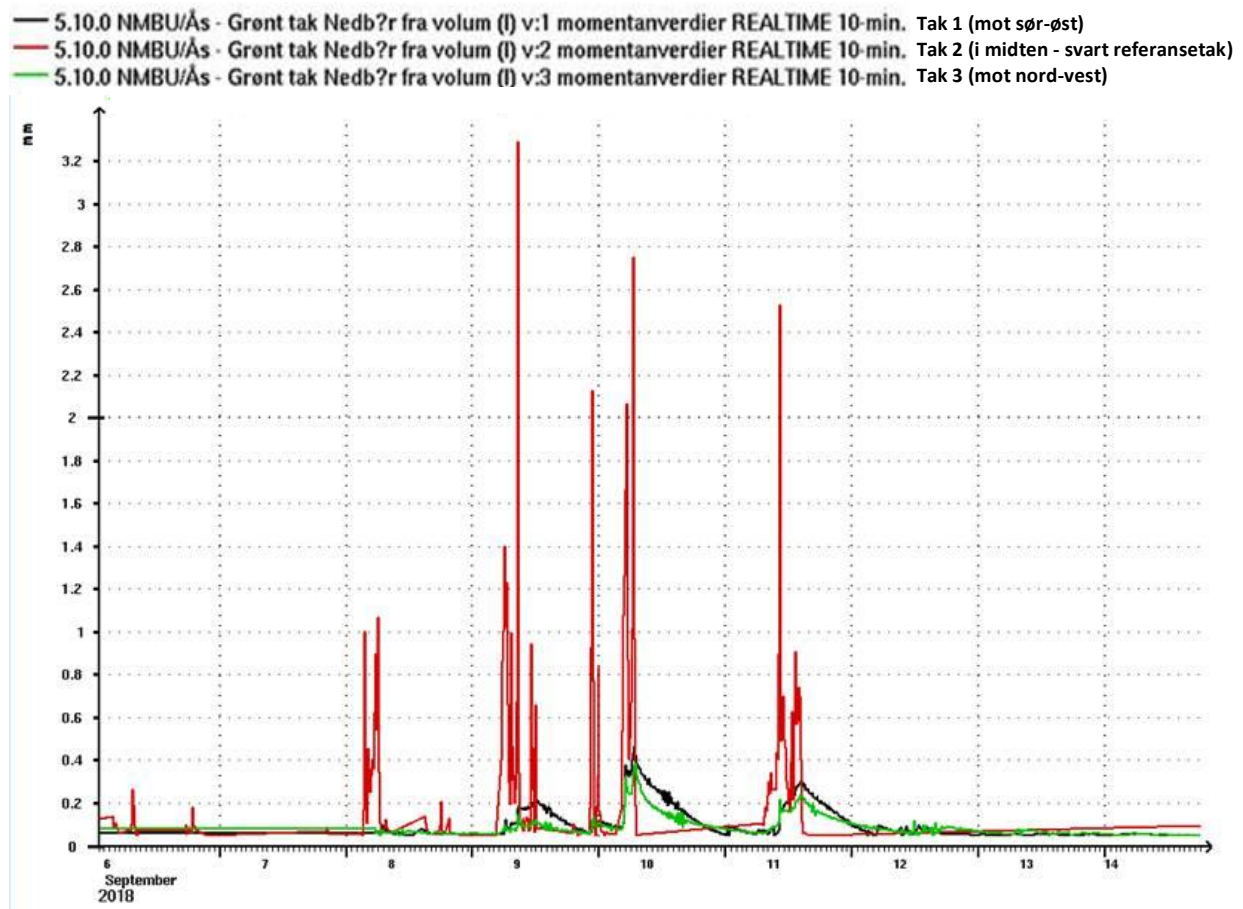
Bidrag til årsrapport fra REALTEK, Fakultet for realfag og teknologi, ved Vegard Nilsen:

Det er i 2018 avlagt tre masteroppgaver på det grønne taket:

1. Astri Sommer Øyre og Julie Trommald: *Etablering av Bia, en forskningsinfrastruktur med grønne tak*
2. Jogeir Ueland: *Effekten av Bia, en forskningsinfrastruktur med grønne tak, innledende studier*
3. Eivind Andreas Foslien Fordal: *Avrenning fra to grønne tak ved forskningsinfrastrukturen "Bia" i Ås kommune*

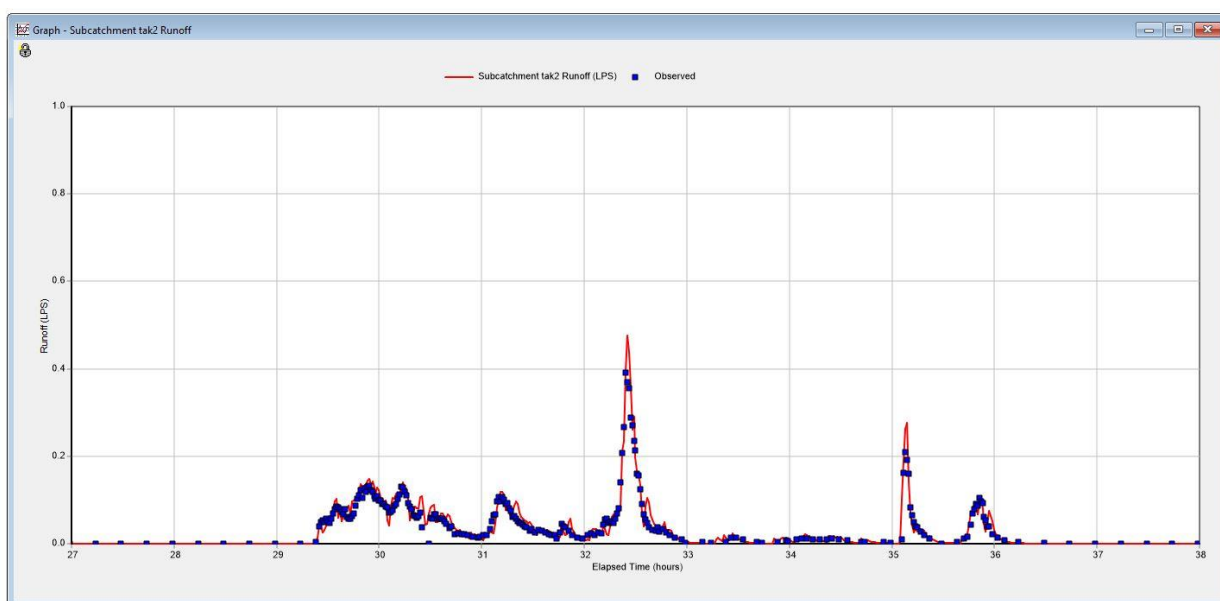
Oppgaven til Øyre og Trommald omhandler selve etableringen av takene og er oppsummert på s. 2-5 i årsrapporten.

Oppgaven til Ueland gjør en foreløpig analyse av avrenningsmålingene som er gjort ved taket i perioden 12.07.2018 til 19.11.2018. Resultatene fra den relativt korte måleperioden viser at de grønne takene reduserte totalavrenningen med 41 % for hele måleperioden sammenliknet med det sorte taket. I tillegg minsket maksavrenningen fra de grønne takene med en faktor på opptil 10 sammenliknet med det svarte taket (Figur 5). Takene ser ut til å fungere best i de varme sommermånedene hvor nedbøren ofte er intens men kortvarig. Det er ofte gode og lange nok tørre perioder mellom nedbørhendelser om sommeren, slik at takene får hentet seg inn mellom nedbørperiodene og dermed beholder den gode effekten. Effekten av takene var vesentlig dårligere i oktober og november da en kombinasjon av kaldt vær med hyppig nedbør senket kapasiteten til takene. Det var relativt liten forskjell på de grønne takene og det sorte referansetaket i perioden 15.10.18 til 19.11.18.



Figur 5: Målt avrenning (mm/10 min) fra de tre takene for en nedbørperiode i september 2018 (figur fra Knut Møen, NVE).

Oppgaven til Fordal forsøker å modellere avrenningen fra både de grønne takene og det sorte referansetaket ved hjelp av programpakken SWMM (Storm Water Management Model, USEPA). Dette er et program for overvannsberegninger som er mye brukt verden over og som inneholder en egen modul for tiltak for lokal overvannshåndtering, inkludert grønne tak. Utfordringen er at delmodellen for de grønne takene krever at en rekke parametere bestemmes på en fornuftig måte, og for mange av disse parametere er det vanskelig å estimere gode verdier basert på takets design alene – parametere må i stedet behandles som kalibreringsparametere. Fordal har forsøkt å kalibrere inn noen av disse parametere ved å skru på dem manuelt og måle tilpasningen til målt avrenning med Nash-Sutcliffe-kriteriet. Rimelig god tilpasning kan oppnås, men parametere må gjerne settes til verdier som er fysisk lite realistiske og en modell som er kalibrert for én hendelse gir ikke nødvendigvis noen god prediksjon for en annen hendelse. For det sorte taket gir SWMM, som forventet, meget god overensstemmelse med målte verdier (Figur 66) ettersom avrenningen fra det sorte taket er tilnærmet lik nedbørintensiteten multiplisert av arealet med taket. Dette er mer en bekreftelse på at nedbør- og avrenningsmålingene er gode enn at SWMM-modellen er spesielt treffsikker.



Figur 6: Målt (blå prikker) og modellert avrenning (rød kurve) fra SWMM for det sorte referansetaket.