



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI



M-450|2015

NIBIO RAPPORT | NIBIO REPORT

VOL.: 1, NR.: 40, 2015

Erfaringer med grønne tak i 7 norske byer i perioden 2014-2015



HANS MARTIN HANSLIN (NIBIO) OG BIRGITTE GISVOLD JOHANNESSEN (NTNU)

TITTEL/TITLE

Erfaringer med grønne tak i 7 norske byer i perioden 2014 - 2015

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Hans Martin Hanslin (Nibio) og Birgitte Gisvold Johannessen (NTNU)

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
11.12.2015	1/40/2015	Åpen	10053	2015/868
ISBN-NR./ISBN-NO:	ISBN DIGITAL VERSJON/ ISBN DIGITAL VERSION:	ISSN-NR./ISSN-NO:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
ISBN 978-82-17-01496-6		ISSN 2464-1162	26	5

OPPDRAUGSIVER/EMPLOYER:

Miljødirektoratet

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Einar Flaa

STIKKORD/KEYWORDS:

Grønne tak, lokalt overvann, LOD, Sedum

Green roofs, stormwater management,
Sedum

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Grøntmiljø

Urban greening

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Grønne tak demper og fordrøyer avrenning etter nedbør og er etablert som et tiltak for lokal overvannsdiskonponering. Det mangler en del kunnskap om hvordan grønne tak fungerer under nordlige forhold og hvordan de kan etableres som robuste løsninger med godt dokumentert effektivitet. GT kan i tillegg bidra til ulike urbane økosystemtjenester, særlig knyttet til biologisk mangfold og estetikk. Foreløpig mangler en kunnskap og dokumentasjon på hvordan vegetasjonen på grønne tak fungerer og bidrar til ulike tjenester i ulike klima over tid.

Rapporten strukturerer og dokumenterer oppbygning av 8 eksperimentelle ekstensive tak i Oslo, Bærum, Drammen, Sandnes, Bergen, Trondheim og Tromsø og vurderer tilstanden to vekstsesonger etter etablering. På takene er det etablert ruter med ulik oppbygning av dreneringslag, vekstmasser og matter med bergknapparter. Det er etablert 4 hovedsystemer av kombinasjoner oppbygning og vegetasjonsmatte, men med ulike tilpasninger lokalt og i forhold til helning på takene, er det totalt etablert 17 ulike systemer på disse takene. Et felles referansesystem inngår på alle takene.

Rutiner for drift, ettersyn, gjødsling og lusing av ugras varierer en del mellom takene, så det er behov for en viss standardisering av skjøtsel. Det gjelder spesielt gjødsling og lusing. De fleste løsningene fungerer tilfredsstillende med et tilstrekkelig vegetasjonsdekke, men det er enkelte løsninger og lokaliteter som viser store avvik. Det er kombinasjoner oppbygning, vegetasjon og klima som avdekker noen kritiske faktorer for funksjon av takene. Så langt har lav



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

vinteroverlevelse i Tromsø, varierende evne til å tette hull i vegetasjonsdekket og betydelige forskjeller i blomstring og estetisk uttrykk vært de viktigste forskjellene. Etter en god etablering i 2014 var det betydelig større forskjell mellom systemene i 2015. Artssammensetning i vegetasjonsmattene og bruk av fremmede arter med svært høy og potensielt høy risiko effekt på biologisk mangfold er av de sentrale problemstillingene vi undersøker.

For tre av takene måles det avrenning. Vi dokumenterer instrumentering og funksjon av disse takene. Foreløpige resultater viser forskjeller mellom ulike takoppbygninger og at effektiviteten varierer gjennom året og mellom byer. Det er allikevel for tidlig å konkludere om effektiviteten av de ulike systemene. For å få gode estimater på funksjon av takene og de ulike oppbygningene, må effektiviteten og vegetasjonsutviklingen følges over tid. Det er derfor viktig å opprettholde disse takene i noen år framover. Særlig den klimatiske spredningen av takene gir unik informasjon som kan bidra til å forbedre bruken av grønne tak som et tiltak for lokal overvannsdiskonering og leveranse av multiple økosystemtjenester.

LAND/COUNTRY: Norge/Norway
FYLKE/COUNTY: Rogaland
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Klepp
STED/LOKALITET: Særheim

GODKJENT /APPROVED



NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

FORORD

Denne rapporten svarer på en bestilling fra Miljødirektoratet på å samle og analysere tilgjengelige data fra grønne tak i 7 norske byer.

Birgitte Gisvold Johannessen ved Institutt for vann- og miljøteknikk ved NTNU har beskrevet instrumentering, målinger og resultatbehandling for avrenningsdata og samlet informasjon om oppbygning av takene, mens Hans Martin Hanslin ved avdeling Grøntanlegg og miljøteknologi i Nibio har vurder bildematerialet, vegetasjonen og sammenstilt rapporten.

Klepp, 11.12.15

Hans M. Hanslin

1 INNLEDNING

Grønne tak kan holde igjen en vesentlig del av nedbøren og forsinke avrenningen fra takene. De kan derfor brukes som et tiltak for å håndtere lokalt overvann og redusere påslipp til ledningsnett (Noreng et al. 2012, Braskerud 2014a,b, Locatelli et al. 2014). Grønne tak er derfor et av flere tiltak som kan redusere behovet for å oppskalere ledningsnett etter hvert som byer og tettsteder vokser og fortettes. Det er nå etablert en ny Norsk standard (NS 3840) for grønne tak og utviklet et planleggingsverktøy som Blågrønn arealfaktor (Dronninga Landskap et al. 2013) som kan bidra til å integrere grønne tak i byutviklingen og sikre kvaliteten i nye utbygginger.

I tillegg til å håndtere lokalt overvann, kan grønne tak ha flere funksjoner og bidra til leveranse av ulike økosystemtjenester og et bedre bymiljø (Oberndorfer et al. 2007, Lundholm og Williams 2015). De fleste av disse er knyttet til biologisk mangfold og estetikk der grønne tak kan fungere som erstatningshabitat for ulike arter, levere pollen og nektarressurser til pollinerende insekter, osv. Grønne tak kan derfor brukes aktivt for å legge til rette for mer natur i byene der de pedagogisk og estetiske aspektene ikke skal undervurderes. Dette er et ledd i prosessen med å flytte fokus fra vann som et problem til å bruke vann som en ressurs.

Kunnskap om oppbygning og funksjon av grønne tak er stort sett etablert i tørrere og mer kontinentale områder som Tyskland og Sør-Sverige. I hvor stor grad denne kunnskapen kan overføres til norske forhold har vært vanskelig å vurdere. Erfaringer så langt viser at overføringsgraden er høy for sentrale deler av Østlandet, men det er rapportert noen problemer med vegetasjonen (Noreng et al. 2012). Norge er preget av store gradienter i nedbørsfrekvens og nedbørsmengder, vinterklima og lengde på vekstsesongen. Disse forskjellene kan ha store konsekvenser både for hvordan grønne tak fungerer og hvordan vegetasjonen på dem utvikler seg over tid. Det har derfor vært et stort behov for å dokumentere både hvordan avrenning fra grønne tak påvirkes av oppbygning og hvordan vegetasjonen og systemene fungerer under ulike klimaforhold.

I prosjektet «Fremtidens Byer» ble det vår og forsommer 2014 etablert grønne tak i syv norske byer med god klimatisk og geografisk spredning. Her kan en sammenligne hvordan ulik oppbygning av takene påvirker avrenning under ulike klimaforhold. Denne rapporten beskriver oppbygning og tekniske løsninger for de ulike takene og rutene. Vi beskriver også systemene for måling av avrenning fra rutene i Bergen, Sandnes og Trondheim og presenterer noen resultater på vannretensjon fra startfasen. Underlagsdata er hentet i perioden frem til november 2015 og består av fotodokumentasjon, spørreskjema, dokumenter fra etableringen, befaring på et utvalg lokaliteter, og samtaler med kontakter. Vi trenger lengre tidsserier for å kunne evaluere om vegetasjonen utvikler seg som ønsket og effektiviteten i å holde tilbake nedbør, så denne rapporten er i hovedsak en dokumentasjon på anleggene per 2015.

2 BESKRIVELSE AV TAKENES OPPBYGGING

Oppbyggingen av grønne tak tar hensyn til helningsvinkel på taket og klimaet takene installeres i (Noreng et al. 2012). I tillegg har de ulike leverandørene ulike tekniske løsninger for oppbygging. I denne rapporten ser vi kun på ekstensive løsninger. Det vil si relativt tynne tak, vanligvis med sedumvegetasjon (bergknapp) som krever lite vedlikehold. Oppbyggingen starter oftest med en rotmembran og et filtag for å beskytte taket under. Filten holder også på en del vann. Over dette kommer det oftest et dreneringslag, før et lag substrat/vekstmedium etterfulgt av prefabrikerte matter med sedumvegetasjon. Ofte benyttes det ikke et eget lag med substrat, men sedumattene legges direkte på dreneringslaget, eventuelt med en duk i mellom. Leverandørene på det norske markedet har forskjellige løsninger både for teknisk oppbygging av takene og i sammensetning av vegetasjonsmattene. De tekniske løsningene er derfor oftest kombinert med en spesifikk vegetasjonsmatte. Når en skal vurdere vegetasjonsutviklingen klarer en derfor ikke å skille effektene av kombinasjonen av tekniske løsninger og sammensetning av vegetasjonsmatten. I denne rapporten omtaler vi derfor disse spesifikke kombinasjonene av vegetasjon og oppbygging som systemer. En oversikt over hvor takene er lagt ut og grunndata er gitt i Tabell 1, mens en beskrivelse av hvordan de ulike systemene er bygd opp er gitt i Tabell 2 og Tabell 3. Sammensetning av vegetasjonsmattene er gitt i Tabell 4. Fordeling av de ulike systemene på de ulike takene er gitt i Vedlegg 1. Leverandørene Veg Tech, Zinco, Vital Vekst og Bergknapp har bidratt til etablering av takene, enten med standardløsninger, mer eksperimentelle utprøvinger eller en kombinasjon av disse. Dette bidraget er svært verdifullt for denne utprøvingen. Ved start av prosjektet ble det gjort avtaler om anonymisering av forsøksrutene slik at en lettere kunne teste ut nye løsninger. De ulike systemene er derfor ikke identifisert i rapporten.

Det ble valgt et felles referansesystem for alle byene, som ulike lokale tilpasninger skulle sammenlignes med. Felles referanse for alle byene er systemet 1A for flate tak og 1B for hellende tak. Det er da enten en oppbygging med 10 mm filtmatte for tak med helning over 4 grader eller et 25 mm tykt Nophadrain 5+1 dreneringssystem for flate tak. Takene er stort sett lagt ut på homogene takflater i små avgrensede ruter, der de ulike kombinasjonene av oppbygging og vegetasjonsmatte ligger side om side. Det er de lokale kommunene som har vært ansvarlige for å legge ut takene, av og til i samarbeid med lokale entreprenører. Hvert tak har en lokal kontaktperson som er listet i Vedlegg 3.

Tabell 1. Oversikt over grønne tak etablert i prosjektet Fremtidens Byer i 2014. Taket i Langmyrgrenda i Oslo, ble etablert i 2009.

Kommune	Oslo1	Oslo2	Bærum	Drammen	Sandnes	Bergen	Trondheim	Tromsø
Adresse	Strømsveien 102, 11. etg.	Langmyrgrenda 34b, garasjetak	Kalvøya, toalettanlegg	Lyngvn. 10, garasjetak	Rovikheimen, varmesentral	Nygårdstangen, pumpestasjon	Risvollan bl, bod	Rådhuset, 5. etg
Takvinkel (°)	flatt	3	27	20	15	15	9	flatt
Rutestørrelse (m ²)	7,7	8,0 (2,0 x 4,0)	5,6 (2,8 x 2)	4,2 (1,2 x 3,5)	8,5 (1,6 x 5,3)	7,7 (1,6 x 4,9)	14,8 (2,0 x 7,5)	9
Antall ruter	5	3	6	12, halvparten vannes	4	5	4	6
Eksposering	SV	N	3 tak i forskjellige retninger	SØ og NV	N-NØ	Ø	Ø	SV
Måling avrenning	Nei	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei

Tabell 2. Oversikt over oppbygning av systemene som testes ut på grønne tak etablert i prosjektet Fremtidens Byer. Med system menes spesifikke kombinasjoner av vegetasjon og tekniske løsninger for oppbygning av drenering. Nummer gitt i raden for vegetasjon viser hvilke vegetasjonsblandinger i Tabell 4 som er brukt. Lokale tilpasninger av oppbygninger er gitt i Tabell 3. Plassering av de ulike systemene på de ulike takene er vist i Vedlegg 1. Systemene 2A-2D bruker et vekstmedium basert på knust og fraksjoner teglstein, torv, Leca og kompostert hageparkavfall. System 3A bruker et vekstmedium av pimpstein, lavagrus og noe organisk materiale.

System	1A	1B	2A	2B	2C	2D	3A	3B	4A	4B	4C
Plassering	Oslo1 Oslo2 Tromsø	Oslo2 Bærum Drammen Sandnes Bergen Trondh.	Oslo1 Tromsø	Bærum Drammen Sandnes	Bergen	Trondh.	Oslo1 Tromsø	Bærum Drammen Sandnes Bergen Trondh.	Oslo1	Tromsø	Bærum Drammen Sandnes Bergen
Filtduk		10 mm VT	4 mm filtduk	5 mm SSM45	5 mm SSM45	5 mm SSM45	-	25 mm Grodan	5 mm Filtduk	10mm Filtduk	10 eller 3,1 mm
Drenslag	25 mm Nophad rain 5+1 (XMS 0-4)	-	25 mm drenin g (FD 25-E)	75 mm Floraset FS75 med brønner opp	75 mm. Floraset FS75 - brønner ned	25 mm Flodrain FD25-E	10 mm Oldroyd 10B	-	20 mm Oldroyd XV green 25	20 mm Oldroyd XV green 25	-
Separasjon	(10 mm VT for Oslo2)-	-	0,6 mm Filtduk	0,6 mm Filtduk	0,6 mm Filtduk	0,6 mm Filtduk		-	-	-	-
Substrat (mm)	-	-	40	50-60	Ikke oppgitt	50-60	40	-	-	-	-
Vegetasjon	1	1	3	3	3	3	2	2	5	4	4 (5 iBærum)

Tabell 3. Lokale tilpasninger i oppbygning av taksystemene som testes på grønne tak etablert i prosjektet Fremtidens Byer. Med system menes spesifikke kombinasjoner av vegetasjon og tekniske løsninger for oppbygning av drenering. Plassering av de ulike systemene på de ulike takene er vist i Vedlegg 1.

System	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Plassering	Oslo1	Drammen	Bergen	Trondheim	Tromsø	Tromsø
Matte			3,1 mm Colorgen T600			
Drenslag	10 mm Oldroyd 10B			21 mm Oldroyd XV 20 Green Xtra	Drensmatte	Torvtakblanding
Separasjon				0,6 mm Filtduk SF	Filtmatte	
Substrat	Pimpsteinblanding	Ferdigdyrkede moduler med blanding av pimpstein, lavagrus og noe organisk	Gressarmeringskassetter med pimpsteinblanding. Et par cm substrat fra system 2 på toppen	Blanding lavasand, pimpstein og kompost	50% torvbasert Rhododendronjord, 50 % lava og pimpsteinblanding	Torvtakblanding
Tykkelse substrat (mm)	80	80-90	Ca 60	50	100	200
Vegetasjon	Blanding 2 og stiklinger i halve ruta	Blanding 2	Blanding 4	Blanding 2	Lokalt innsamlet kreklingmatte	4 år gamle pluggplanter krekling

Tabell 4. Vegetasjonssammensetning i sedummatter lagt ut i rutene. Listen baserer seg på informasjon fra leverandørene. For noen av blandingene er det oppgitte et minimum antall arter og sorter som skal forekommer i mattene. Blanding 5 har bare materiale med norsk opphav. Taksonomi følger Artsdatabanken for arter som forekommer i Norge og The Plant List for arter ikke registrert i Norge. Det er uavklart taksonomisk status for noe av materialet, f eks. *Sedum album* 'murale'. Risikovurdering fra Artsdatabanken per november 2015. Risikovurderingene er for artene ikke varianter eller kultivarer. Faktisk risiko kan variere mellom varianter og kultivarer, men det har vi ikke data til å vurdere.

Art/takson/kultivar		Populærnavn	Blanding 1	Blanding 2	Blanding 3	Blanding 4	Blanding 5	Risiko
<i>Sedum acre</i>	L.	Bitterbergknapp	1	1			1	Norsk art
<i>Sedum album</i>	L.	Hvitbergknapp	1			1	1	Norsk art
<i>Sedum album</i> 'Lime'	L.	Hvitbergknapp	1					
<i>Sedum album</i> 'Murale'	L.	Hvitbergknapp	1	1				
<i>Sedum album</i> 'Coral Carpet'	L.	Hvitbergknapp	1	1				
<i>Sedum album</i> blanding	L.	Hvitbergknapp			1			
<i>Sedum anglicum</i>	Huds.	Kystbergknapp					1	Norsk art
<i>Sedum hispanicum</i> (var. <i>minus</i>)	L.	Gråbergknapp		1				Potensielt høy
<i>Sedum lydium</i>	Boiss.	Lydisk bergknapp		1				Ingen kjent
<i>Sedum pulchellum</i>	Michx.		1					Ikke vurdert
<i>Sedum reflexum</i> (= <i>S. rupestre</i> L.)	L.	Broddbergknapp		1	1	1		Norsk art
<i>Sedum rupestre</i>	L.	Broddbergknapp				1		Norsk art
<i>Sedum sexangulare</i>	L.	Kantbergknapp	1	1	1			Potensielt høy
<i>Hylotelephium ewersii</i>	(Ledeb.)	Høstbergknapp	1					Lav

Tabell 4 forts.

Art/takson/kultivar		Populærnavn	Blanding 1	Blanding 2	Blanding 3	Blanding 4	Blanding 5	Risiko
<i>Phedimus hybridus</i>	(L.)	Sibirbergknapp	1					Svært høy
<i>Phedimus hybridus</i> 'Immergrünchen'	(L.)	Sibirbergknapp			1			
<i>Phedimus kamtschaticus</i>	(Fisch.)	Gullbergknapp	1	1		1		Lav
<i>Phedimus kamtschaticus</i> var. <i>floriferum</i>	(Fisch.)	Gullbergknapp	1	1				
<i>Phedimus kamtschaticus</i> var. <i>floriferum</i> 'Weihenstephaner Gold'	(Fisch.)	Gullbergknapp			1			
<i>Phedimus spurius</i>	(M.Bieb.)	Gravbergknapp				1		Svært høy
<i>Phedimus spurius</i> sorter	M.Bieb.)	Gravbergknapp			1			Svært høy
Antall arter og sorter (minimum)			11	9	6	5	3	
Tykkelse matte (mm)			30	30	20	30	30	

3 VEGETASJON ETABLERT PÅ TAKENE

De fleste takene ble etablert med ferdigproduserte sedummatter med noe ulik sammensetning. Artssammensetning og opprinnelse for materialet brukt varierer mellom leverandørene. For takene i Oslo og Bærum er det også benyttet en matte basert kun på innsamlet norsk material. Det er noe forskjell i tykkelse på vegetasjonsmattene og hvilke substrat og fiber som binder dem sammen. En oversikt er gitt i Tabell 4. Et par tak ble etablert med krekling og et tak med et supplement av sedumstiklinger. Det er brukt totalt 12 arter av «*Sedum*» i mattene. Noen av artene er flyttet fra *Sedum* til *Phedimus* og *Hylotelephium* slektene.

Bitterbergknapp og hvitbergknapp inngår i alle blandinger, mens resten av artene er brukt på mellom 1 og 3 blandinger. Det brukes flere norske arter på takene (bitterbergknapp, hvitbergknapp, kystbergknapp og broddbergknapp) selv om opprinnelsen for mye at dette materialet nok er utenlandske genotyper. Unntaket er blanding 5, der det kun er brukt materiale innsamlet i Norge. Vi har ikke kjennskap til i hvor stor grad det kontrakt dyrkes matter med norsk Sedum materiale i utlandet.

Sibirbergknapp og gravbergknapp brukes på noen av mattene. Disse to artene er vurdert til svært høy risiko for naturmangfoldet av Artsdatabanken og bruken av disse er regulert av Vedlegg 1 i «Forskrift om fremmede organismer». Det kreves tillatelse til bruk i kommuner med forekomst av naturtypen åpen grunnlendt kalkmark i Oslofeltet i Østfold, Akershus, Oslo, Vestfold, Hedmark, Oppland, Buskerud og Telemark. Det står også spesifisert at «Forbudene gjelder ikke kultivarer eller varieteter, eksempelvis sterile varianter, som ikke kan medføre fare for uheldige følger for det biologiske mangfold». Det er noe vanskelig å vurdere hvordan dette skal tolkes i denne sammenhengen. Det foreligger neppe data som kan underbygge valg av eventuelle kultivarer som har begrenset spredningsmulighet (med unntak da av sterile varianter). Kantbergknapp og gråbergknapp som begge er vurdert til potensielt høy risiko for naturmangfoldet forekommer også på noen av mattene.

Inntil videre bør en være aktsom når det gjelder bruk av arter med potensielt høy risiko i områder med nærhet til naturområder egnet for *Sedum*. Det bør her også foretas en vurdering av genetisk introgresjon og overføring av gener og egenskaper til lokale populasjoner ved bruk av fremmede genotyper av norske arter på grønne tak.

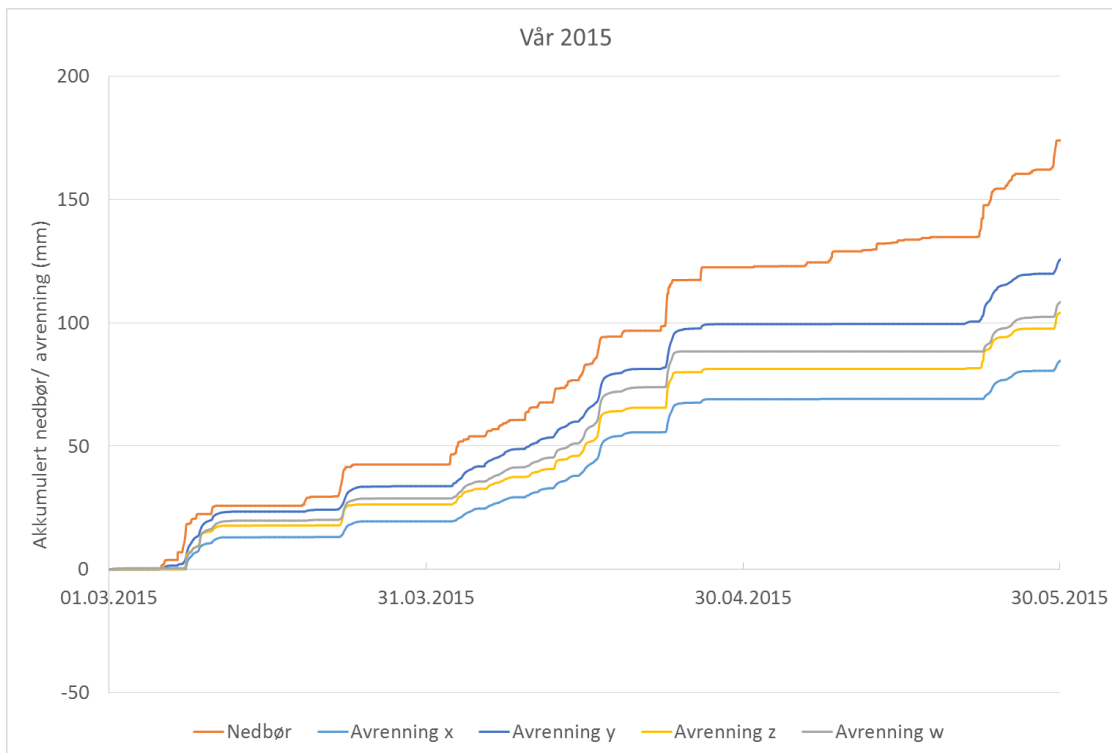
HB Naturforvaltning (2015) gjennomførte en botanisering på takene i Drammen for å dokumentere forekomst av svartelistede arter. De fant at forholdsvis få arter var etablert på takene, noen få dominerte. Hvitbergknapp, gravbergknapp, sibirbergknapp, gullbergknapp og høstbergknapp dominerte i flere av rutene. Flere arter ble ikke funnet deriblant de to norske artene broddbergknapp og bitterbergknapp samt gråbergknapp og *Sedum pulchellum*. Bortsett fra hvitbergknapp ble takene dominert av utenlandske arter. Det illustrerer at det kan være vanskelig å vurdere hvordan vegetasjonen i rutene utvikler seg over tid, da startpunktene er dårlig definert.

4 SYSTEM FOR MÅLING AV AVRENNING

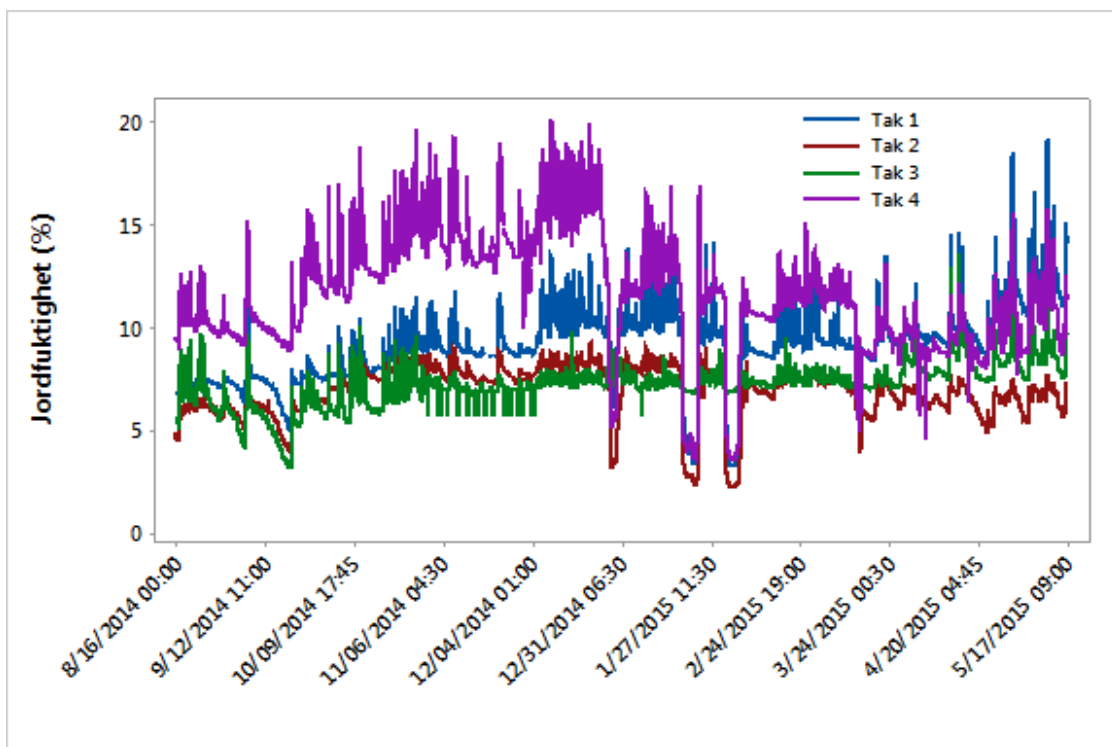
På takene i Sandnes, Bergen og Trondheim er det montert utstyr for oppsamling og måling av avrenning fra enkeltrutene. Vann fra rutene ledes ned i en separat takrenne som fører til en oppsamlingsdunk per rute. I denne dunken måles endringer i vannstand med en trykksensor plassert i bunnen av dunken. Avrenning kvantifiseres ut fra endring av vannstand i forhold til areal av dunken og takarealet. Når dunken er full, tømmes den automatisk med en pumpe. Det måles også nedbør, lufttemperatur og temperatur og jordfuktighet i mattene. Instrumentering er vist i Tabell 5. Dette arbeidet har vært i en innkjøringsfase med kalibrering av nedbørssensorer og trykksensorer, kvalitetssikring av data og etablering av rutiner for automatisert dataanalyse. Det er derfor for tidlig å si noe om effektiviteten og sammenligne ulike oppbygninger av takene. Et typisk forløp fra våren 2015 ved forsøksanlegget i Trondheim er vist i Figur 1. Figuren viser at det er individuelle forskjeller mellom de ulike takoppbygningene i Trondheim, men før ytterligere analyser er foretatt kan man ikke si noe om forskjellene er signifikante eller ikke. Foreløpige estimater viser at mellom 15 og 30 % av nedbøren tilført takene (akkumulerte data) aldri vil nå avløpssystemene. Effekten varierer med årstidene. Hvis man studerer prosent tilbakeholdelse kan det se ut til at takene i Trondheim har best effekt etterfulgt av Sandnes og til sist Bergen. Studerer man imidlertid mm nedbør tilbakeholdt er det Bergen som viser de beste resultatene. Dette er et resultat av store forskjeller i nedbørsmengder byene imellom, hvor Bergen har mest nedbør. Enkelte episoder er foreløpig ikke analysert. Erfaringene så langt viser at instrumenteringen vil kunne gi gode estimater for retensjon av nedbør for takene for de ulike systemene som testes.

Disse takene bruker det samme prinsippet for registrering av avrenning av nedbør som tak installert av Bent Braskerud i 2009 (Oslo2). Effekten på avrenning fra dette taket er godt dokumentert i flere rapporter (blant annet Braskerud 2014 a og b). Resultatene viser at grønne tak demper og forsinker avrenningen, men effekten varierer med årstiden og varighet på nedbøren. Oppsummert over 5 år viser resultatene en tilbakeholding av mellom 50 og 75 % av de mest intense nedbørsepisodene gjennom året, mens mellom 25-55 % av totalen holdes tilbake i perioden mai-september. Oppbygningen av takene ser ut til å være viktig. Her kan resultater fra de nye takene i Sandnes, Bergen og Trondheim helt klart bidra til å dokumentere effektiviteten med ulik oppbygning av takene og nedbørsforhold. Her vil vi også få estimater for tak uten snø om vinteren.

Det registreres også jordfuktighet og jordtemperatur i rutene. Temperaturmålingene ser ut til å fungere bra, som forventet med noe forskjell mellom rutene. De fanger alle opp mønstrene i lufttemperatur. Jordfuktighet måles som volumprosent og må kalibreres for hver enkelt rute for å gi direkte sammenlignbare verdier. Figur 2 viser forløpet for ukalibrerte registreringer for taket på Sandnes. Uten kalibrering viser registreringene kun relative endringer over tid.



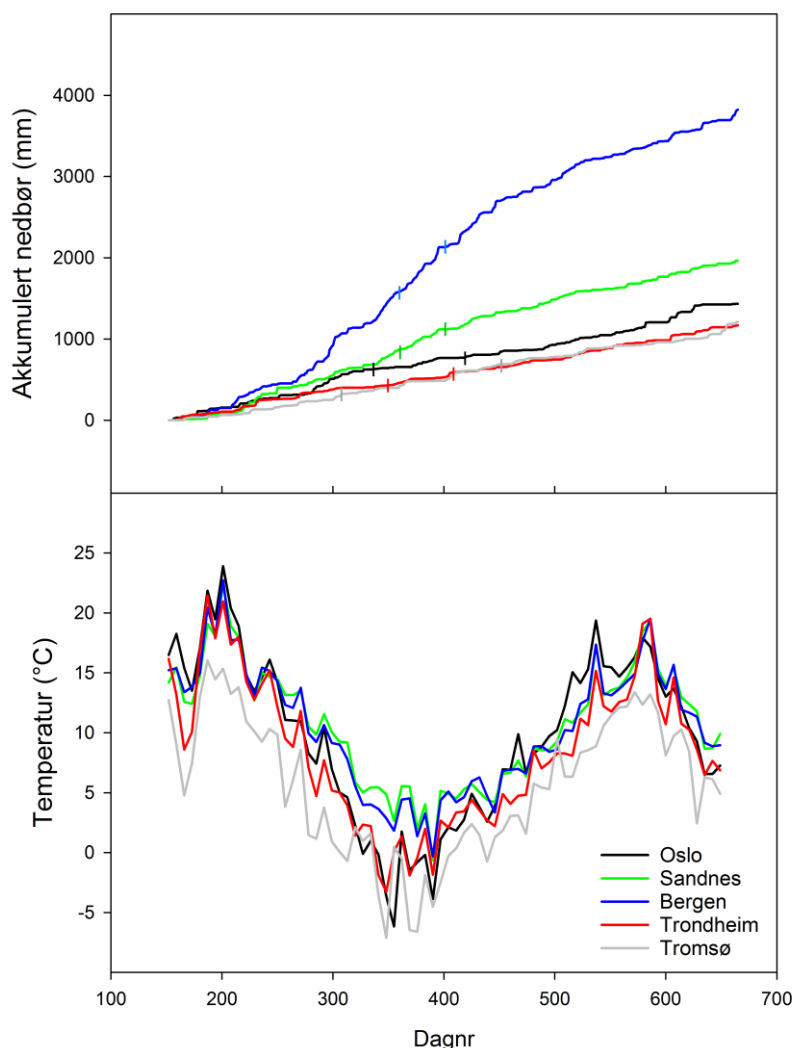
Figur 1. Eksempel på akkumulert nedbør fra takene på Risvolla i Trondheim fra november 2014 til september 2015. De fem ulike systemene er vist med ulike farger.



Figur 2. Ukalibrerte registreringer av jordfuktighet (volumprosent) i rutene på taket i Sandnes fra 16. august 2014 til 17. mai 2015.

Tabell 5. Instrumentering på takene i Sandnes, Bergen og Trondheim der det måles avrenning fra rutene. Registreringer fra sensorene logges med en Sutron 9210 datalogger. Frekvens for lagring av avrenningsdata øker fra 1 g/time opp til 1 g/min når det er raske endringer (terskelverdi for endring er 5 mm). Data loggeren drives med et 12 V batteri som lades med faststrøm 230V. Data overføres til NVEs database Hydra II via et GSM modem.

Sensor	Type	Måleintervall	Loggeintervall
Nedbør	Lambrecht 1518 H3, oppvarmet	0-10 mm/min	1 min
Lufttemperatur	Campbell CS215	-40 - +70 °C	15 min
Luftfuktighet	Campbell CS215	0 – 100 % RH	15 min
Jordtemperatur	Decagon 5TM VWC&Temp	-40 - +60 °C	15 min
Jordfuktighet	Decagon 5TM VWC&Temp	1 (luft) – 80 (vann)	15 min
Trykksensor Trondheim	Campbell S12C med keramisk sensor	0-10 mVs	Se tabelltekst
Trykksensor Sandnes og Bergen	Aquistar trykksensor med SDI-12	0-3,5 mVs	Se tabelltekst



Figur 3. Akkumulert nedbør (mm) og lufttemperatur for nærmeste målestasjon i nærheten av de grønne takene i dager etter 1. januar 2014. Kurvene starter 1. juni. Data for Drammen og Bærum overlappet stort sett med Oslo. Vertikale linjer på nedbørskurvene viser første og siste dag med frost i vinterperioden.

5 ETABLERINGSFASEN 2014-2015

Tilstanden for vegetasjonen ble vurdert fra bildematerialet og svar på et enkelt spørreskjema for innhenting av driftsinformasjon, vedlikeholdsrutiner osv. Spørreskjema er gitt i Vedlegg 2 og resultatene er oppsummert her. Takene i Sandnes og Tromsø ble besøkt og undersøkt nærmere for å vurdere i hvor stor grad bilder kan brukes til å beskrive tilstanden. Taket i Oslo ble besøkt på en enkel befaring. En oppsummering av klima for de ulike byene fra 1. juni 2014 til oktober 2015 er vist i Figur 3. Oslo, Bærum og Drammen hadde stort sett de samme klimaforholdene i perioden. Derfor er bare klimadata fra Oslo vist. Bilder over utvikling over tid for de ulike rutene er vist for hver by i Vedlegg 4. Det var stor forskjell i hvor ofte utviklingen er dokumentert på de ulike takene, så alt bildematerialet er ikke bruk for byene der det var dokumentert med høy frekvens. Forskjellig utsnitt, vinkel og lyssetting gjør sammenligning mellom takene i de forskjellige byene noe vanskelig.

Vurdering av vegetasjonsutvikling

Det var noe forskjell i vegetasjonens tilstand ved utlegging, særlig mattene til system 1A og 1B var glisne og tørkepreget. De fleste takene ble vannet godt under etableringen, noen fram til juli 2014. Med et par unntak var det god etablering og god blomstring i alle rutene på alle takene sommeren 2014. Vanningen var nok avgjørende for god etablering på de av takene som ble anlagt under tørre forhold våren 2014. Tilstand høsten 2014 er vanskelig å vurdere ut fra bildematerialet, men det ser ut til å være god dekning i alle ruter ved inngangen til vinteren 2014/2015 (med unntak av et par rute i Drammen). Alle kombinasjonene fungerte akseptabelt til godt på minst 3 av takene sommeren og høsten 2015.

Med utgangspunkt i bildematerialet ble vegetasjonens tilstand vurdert på en skala fra 1 (ikke akseptabel) til 4 (god) basert på vitalitet og dekningsgrad av vegetasjonen. En vurdering på 3 eller 4 i vekstsesongen anses om akseptabel. Forekomsten av ugras ble ikke vektlagt, da det ikke var systematikk i om bildene ble tatt før eller etter eventuell luking. Sammenligning av de ulike sedummattene i ulike deler av sesongen avdekker noen tendenser (Tabell 6). Kanskje den tydeligste tendensen så langt er at systemene som baserer seg på bare en filtduk og en tynn vegetasjonsmatte (eventuelt med et dreneringslag under på flate tak) stort sett scorer høyt og stabilt (Systemene 1A-B, 4A-C), mens systemene med bruk av substrat er noe mer variable. Denne tendensen må undersøkes nærmere, men det er helt klart at det er mange faktorer i oppbygningen og valg av vegetasjon som spiller inn og påvirkes av lokalt klima. Det er for tidlig å konkludere om egnetheten av de ulike systemene.

Systemene 1A og 1B oppfattes som noe bedre enn de andre da moser dekket mye av de åpne arealene og flere større arter gir en bedre dekning og et mer frodig inntrykk. Unntaket var i Tromsø, der dette systemet hadde stor dødelighet. Et par av de andre kombinasjonene av sedumblanding og oppbygning av takene var betydelig mer variable. Dette gjaldt spesielt kombinasjonene med vegetasjonsblanding 2 og 3. Det ser allikevel ut til å være en fordel med flere arter i blandingen, særlig der det estetiske aspektet er viktig. Det gir både lengre blomstringssesong og større arealdekning. Noen av de mer storvokste artene begynner også veksten noe tidligere enn de småvokste artene. Skuddene i mattene med de småvokste arter er like vitale, men har en lavere dekningsgrad og vurderes derfor noe lavere. Dette gjelder

spesielt mattene med norsk materiale. Noen av de lokalt tilpassede blandingene ga også et godt vegetasjonsuttrykk som L2 i Drammen, L3 i Bergen og L4 i Trondheim. Gjennomgående hadde disse et noe tykkere vekstmedium enn standardløsningene, men det er vanskelig å trekke konklusjoner med så lite datagrunnlag etter bare to år. For noen av rutene er det vanskelig å vurdere om åpne områder som ikke gror igjen skyldes slurv under utlegging eller andre forhold som ikke skyldes egenskapene til vegetasjonsmatten. Det er tydelig en spredning av arter mellom mattene, antakelig fra fragmenter under eller etter etableringen. Det er også noen arter som vokser over i naboruten.

Tabell 6. Vurdering av vegetasjonens tilstand og visuelt inntrykk basert på vitalitet og dekning (på en skale fra ikke akseptabelt =1 til god =4) for de ulike systemene. Det var ikke bildemateriale til å vurdere alle periodene på alle lokalitetene. Merk at vurderingene på våren er mer basert på dekning enn vitalitet.

	Oslo	Bærum	Drammen	Sandnes	Bergen	Trondheim	Tromsø
Sommer 2014							
1A-B			4		4		4
2A-D			1		4		4
3A-B			2		4		4
4A-D			2		4		3
L1-4			4		4		
Vår 2015							
1A-B	3		2		3	3	1
2A-D	2		1		2	1	2
3A-B	3		1		2	2	1
4A-D	3		2		2	-	2
L1-4	-		2		2	2	-
Sommer 2015							
1A-B	4	3-4	4	4	4	4	1
2A-D	3	3	2	4	3	3	2
3A-B	3	3	1	3	3	3	2
4A-D	3	3-4	3	3	3	-	2
L1-4	-	2	4	-	3	4	-
Høst 2015							
1A-B			4	4	4	4	1
2A-D			2	4	3	3	2-3
3A-B			1	3	3	3	2-3
4A-D			3	3	3	-	3
L1-4			4	-	3	4	-

Blomstringen utgjør en viktig komponent av det estetiske uttrykket og andre tjenester som leveranse av pollen og nektar til pollinerende insekter. Etter en god blomstring på alle takene

i 2014, var blomstringen i 2015 mer variabel. En kald og våt vår og forsommer forsinket blomstringen på flere tak. Blomstringen startet tidligst i ruter med kun norske arter (Oslo1), mens noen av de storvokste artene blomstret tidligst på noen av de andre takene. Best blomstring ble observert i system 1A og 1B på flere av takene. Det var ingen eller svært lite blomstring i Tromsø i 2015. Det ble observert store mengder humler på flere av takene i blomstringsperioden som varer flere uker fra juli til august.

Gjødslingspraksis

Det var stor forskjell i gjødslingspraksis mellom takene, fra ingen gjødsling til maksimalt tre gjødslinger i løpet av 2015. Takene i Oslo, Bærum og Bergen ble ikke gjødslet etter etablering. På gjødslete tak ble det benyttet ulike mengder og kombinasjoner av lettløselig og mer langtidsvirkende gjødsel. Takene i Tromsø ble gjødslet i august 2015 med 40 g/m² granulert Weibull Hagegjødsel, NPK 11-5-18 (med mikronæring), Sandnes gjødslet med 21 g Osmocote 70 og 9 g Gro Power Premium Green NPK 5-3-1 pr m² i april og juni 2015 og Drammen gjødslet med en liten mengde pelletert hønsegjødsel NPK 12-2-16 tidlig april, en liten mengde vanlig fullgjødsel NPK 12-4-18 i slutten av april og starten av juni. I Trondheim ble det gjødslet med 30 g/m² standard hagegjødsel NPK 12-5-18 i mai.

Noen av takene uten gjødsling har hatt et akseptabelt vegetasjonsuttrykk til nå, selv om en sterk rødfarging store deler av vår og sommer som i Oslo tyder på en næringsmangel i kombinasjon med tørke. Det er ikke et poeng at *Sedum* vegetasjonen skal vokse mest mulig, men kunne opprettholde et jevnt dekke som er i stand til å tett hull i vegetasjonen. Dette er også viktig for den estetiske kvaliteten. Kanskje enda viktigere er at gjødsling bidrar til å holde vegetasjonen frisk og i stand til å produsere og lagre nok ressurser til å herde skikkelig og overleve vinteren. Vinterfysiologien til bergknapp arter under nordlige forhold er lite undersøkt, men vi antar at som for andre planter kan næringsmangel (og til en viss grad overgjødsling) sterkt påvirke herdeprosessen og vinteroverlevelsen.

Over tid vil det nok være en sammenheng mellom vekst og blomstring, der en for sterk næringsuttynning kan gå på bekostning av blomstringen (Clark og Zheng 2014). Gjødslingen er nok særlig viktig der det er større nedbør og utvasking av næringsstoffer utenom vekstsesongen (Sandnes, Bergen) og der det har vært stor utgang gjennom vinteren (Tromsø). *Sedum* reagerer stort sett positivt på gjødsling, så kontrollert gjødsling kan brukes aktivt for å få i gang vekst etter vanskelige perioder. Lett tilgjengelig næring kan brukes til å få igang veksten om våren, men langtidsvirkende gjødsel har en mer varig effekt (Lubell et al 2013).

For ekstensive tak, anbefaler tyske retningslinjer en gjødsling med 5 g N per m² med langtidsvirkende gjødsel med en næringsfrigjøring i løpet av 4-5 måneder (FFL 2008). Disse retningslinjene er også et godt utgangspunkt for norske forhold der gjødsling vår/forsommer passer bra med plantenes behov og opptak, samtidig som en unngår unødvendig næringslekkasje på høsten. Det kan hende gjødselmengden må justeres noe opp i de mer nedbørrike områdene av landet. Gjødslingsanbefalinger fra produsenter og leverandører: Bergknapp: 50 g/m²/år fordelt på mars/juni. 70 % langtidsvirkende (eks Osmocote) og 30 % fullgjødsel. Veg Tech: maksimalt en gang per år i vekstsesongen med Veg Techs tagjødsel (40 g/m²). Zinco: 25 g/m² langtidsvirkende N-P-K: 20-6-11. Anlegg & utemiljø: 20 g/m² pr gjødsling, to ganger per vekstsesong med Osmocote Flora, Plantacote eller Everris (4-5

måneders virkningstid) eller tilsvarende langtidsvirkende gjødsel helst med en N-K-P sammensetning på 15-9-11. Kalking med 2-3 års mellomrom. For vegetasjon på mineralullmatter anbefaler Vital Vekst fullgjødsel 25 g/m² N-P-K 11-5-18 eller liknende to ganger i året.

Kanadiske forsøk har vist at en mengde på 10 g N/m² ga god blomstring, bladfarging og vekst uten negative effekter på overvintring (Clark og Zheng 2014). Dette er det dobbelte av FVV anbefalingene. Mengden gjødsel som behøves for å nå en slik balanse vil variere mellom systemtyper og klima og må vurderes opp mot lekkasje av næringsstoffer fra taket. Lettløselig gjødsel gir betydelig lekkasje av næringsstoffer til avløp (Emilsson et al 2007). Balansert langtidsvirkende NPK gjødsel ga like bra overvintring av *Sedum* som tilsvarende gjødsel med en økt andel P og K (Clark og Zheng 2012). Det er lite studier på sammenhengen mellom næringsforsyning og overvintring av *Sedum*. Hvis det viser seg å være problemer med overvintring i deler av landet, er dette et moment en bør se nærmere på sammen med fuktigheten i vekstmediet.

Ugras og luking

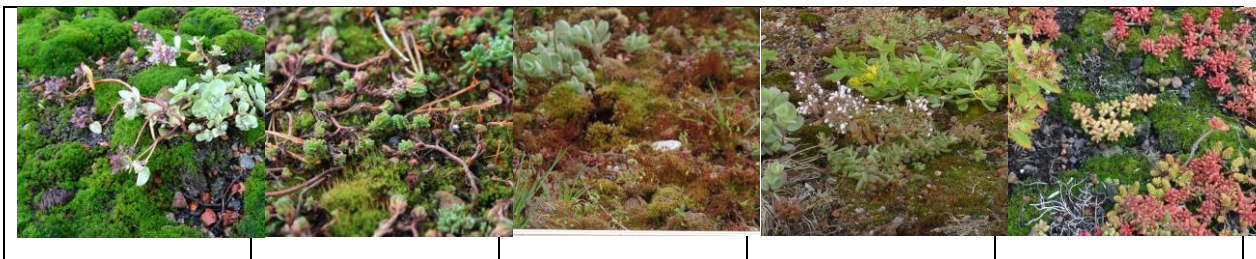
Det var ulik grad av etablering av ugras på takene. Både lokale forhold som avstand til frøkilder av ugras og klimaforhold og hvor mye som har fulgt med mattene ved legging ser ut til å ha vært av betydning. En forventer et vesentlig større frøregn på en del av de lavere takene som på Sandnes, sammenlignet med Oslo og Tromsø som ligger flere etasjer over bakkenivå, men det er vanskelig å skille mellom hva som var i mattene ved utlegging og hva som har kommet etterpå. På et par lokaliteter var det stor forskjell i etablering av ugras mellom de ulike rutene, så lokale forhold som er gunstige for etablering og vekst av ugras kan forsterke forskjellene mellom rutene. Tunrapp, ulike små melker og vanlig arve var vanlige ugras på takene, men også større ugras som åkerdylle, løvetann, geitrams, tistler og åkersvineblom hadde flere forekomster. Det var bare beskjedne forekomst av pionertrær som bjørk og selje på et par av takene. Svingel forekom også på noen av takene og hvitkløver dannet noen tuer i et par ruter.

Det har også vært ulik tilnærming til luking. Noen har systematisk luket månedlig eller en til to ganger i løpet av sommeren, mens andre har sett på ugrasproblematikken som en del av forsøket og ikke luket. Anbefalt skjøtsel fra leverandører innebærer luking. For fortsettelsen av prosjektet anbefales det å luke ugras minst et par ganger gjennom vekstsesongen, f.eks. juni og august. Dette spesielt for å unngå at ugraset begynner å sette frø, noe som vil akselerere problemet. Vanligvis vil det meste av ugraset dø i en tørkeperiode, men sommeren 2015 var så fuktig at mange av takene var jevnt fuktige. Dette ga gode vekstforhold også for annen vegetasjon enn *Sedum*. Det var gjennomgående mindre problem med ugras på de tørreste takene, som i Oslo (selv om høyden over bakken også reduserer mengden ugrasfrø som kommer utenfra). Kontroll på ugraset er en viktig del av langsiktig skjøtsel for å opprettholde funksjon og kvalitet på takene (McIntyre og Snodgrass 2010, Weiler og Scholz-Barth 2011). Det er spesielt viktig i klima der lengre perioder uten tørke letter etablering av ugras.

Moser

Moser kan over tid etablere seg naturlig på grønne tak. Der kan de ha en nyttig funksjon ettersom de bidrar til å holde på vannet og kan fylle hull i vegetasjonsdekket (Cronberg 2008) Det gir også et bedre estetisk uttrykk enn matter med åpne flekker. Moser kan nok under noen omstendigheter ha en negativ effekt på vekst og overlevelse av *Sedum* arter gjennom konkurranse og redusert uttørking av vekstmediet utenfor vekstsesongen, men det vet en foreløpig for lite om. Observasjoner fra Drammen kan tyde på at gjødsling reduserer forekomsten av moser.

Det har vært ulik utvikling av mosevegetasjonen i rutene. En av Sedumblandingene (nr. 1) inneholder en del mose i utgangspunktet og markedsføres som sedum-mose matte. I disse mattene har mosene en viss dekning på de fleste lokaliteter. På noen lokaliteter som i Tromsø har et par av moseartene hatt en sterk vekst. Det er minst 3-4 mosearter i blanding 1. Det er noe mose i alle mattene (Figur 4), og de sprer seg som fragmenter fra en rute til en annen. I Sandnes var det betydelig etablering av moser også i blanding 3 og 4. Blanding 3 ga også en del mose i Bergen. Vanning i Drammen ser så langt ikke ut til å ha påvirket moseveksten, men det er vanskelig å vurdere ut fra bildene.



Figur 4. Detaljbilder av moser i system 1A Tromsø, 4D Sandnes, 1B Bergen, 1B Trondheim (ved legging) og 2B Drammen.

Overvintring

Det har vært litt utgang av planter de fleste stedene. Dette har stort sett vært begrenset til mindre hull i vegetasjonsdekket. Unntaket er Tromsø, der stor utgang av planter for et par av mattene har reduserte vegetasjonsdekket betydelig. Dette resultatet er nok en kombinasjon av vinterforhold og en kald vår og forsommer. Datagrunnlaget er beskjedent, men ut fra disse observasjonene, ser det ut til at sedummattene så langt klarer vinterklima på takene bra, men mer ekstreme forhold kan gi store utslag.

Et argument for å bruke arter som sibirbergknapp og gravbergknapp er at de har bedre vinterherdighet enn norsk materiale (uttalelse fra Norsk forening for grønne tak til Høring om forskrift om fremmede organismer). Det må skaffes bedre dokumentasjon på dette, samtidig med en vurdering av egenskapene til norsk materiale. I Tromsø var det utgang av flere arter over vinteren i system 1A, kanskje særlig hvitbergknapp, men de fleste artene ble redusert. Noen større individer av *Phedimus* arter og særlig høstbergknapp overlevde vinteren sammen med noen glisne, små tuer av 3-4 av de mindre artene. Vi kan ikke ut fra vurdering av bildemateriale fra 2014 og 2015 konkludere nærmere om herdighet på arts- eller

sortsnivå. Inntrykket fra alle takene er at mange arter mister mye eller mesteparten av bladene under vinteren. Dette kan nok variere en del fra år til år. Høstbergknapp og gullbergknapp overvintrer med vekstpunktet og opplagsnæring under bakken, noe som kan forklare hvorfor de klarer både kaldere og fuktigere vintre.

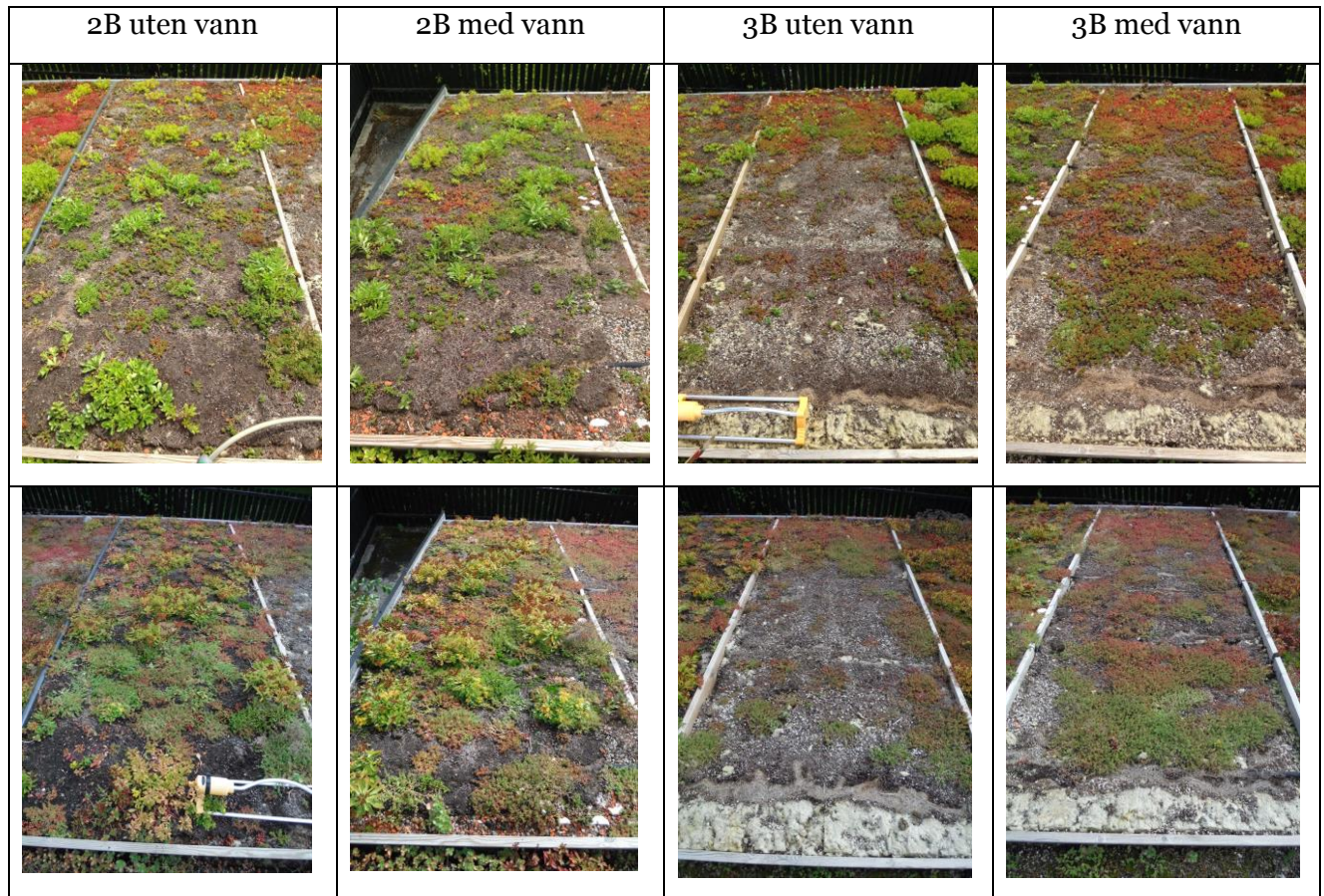
Det har vært få tekniske problemer med matter og substrat. Der netting eller steinullmater har blitt eksponert, har det vært problemer med fugl som har økt skadene noe ved å dra i netting og steinullmatter (Figur 5). Takrenner og nedløp har fungert på alle takene. Noe rensing av takrenner må til, men har ikke påvirket avrenningsmålinger for takene der dette er installert. Ettersyn med takene varierer fra ukentlig til månedlig i vekstsesongen og månedlig til sjeldnere i løpet av vinteren.



Figur 5. Detaljer skader på matter. Til venstre eksponerte Grodan matte og til høyre eksponert armeringsnett i vegetasjonsmatte.

Vanning Drammen

Halvparten av rutene i Drammen blir vannet. Vanning ble startet i slutten av april 2015 med spreder, siden 3. juli med svetteslange med 3 x 30 min hver dag. Effekten av vanning i rutene i Drammen er i beste fall svak og ikke entydig. Det var generelt liten forskjell i vurderingen av ruter med og uten vanning innen det samme systemet. For noen kombinasjoner kom ruter med vanning dårligere ut enn kontrollene og motsatt for andre systemer. Økt vanning så ikke ut til å gi raskere reparasjon av hull i vegetasjonsdekket. Vanning hadde kun en svak positiv effekt på vegetasjonen i mattene av system 2B og 3B, som utviklet seg dårlig i Drammen (Figur 6). Datagrunnlaget (og detaljnivået) er for lite til å konkludere ut over det. Liten effekt av vanning samsvarer med observasjoner gjort av Bent Braskerud på Oslo2 (Braskerud 2014a). I forhold til vanningsmengden hadde vi forventet en større effekt, men den ekstra vanningen kan ha bidratt til større utvasking av næringsstoffer. Vanning vil da ikke gi utslag i økt vekst, men kan redusere dødelighet under svært tørre forhold. To problemstillinger som bør vurderes er om en må gi mer gjødsel for å få utbytte av vanning i form av et tettere vegetasjonsdekke og om vanning kun bør benyttes i spesielt tørre perioder.



Figur 6. Sammenligning ruter med og uten vanning for systemene 2B og 3B i Drammen 8. juni (øverst) og 4. september 2015 (nederst).

Krekling Tromsø

Etablering av kreklingtakene har så langt ikke vært noen stor suksess. Begge rutene har lav vegetasjonsdekning og mye dødt bladmateriale på plantene. Det ble etablert forholdsvis store planter i rutene, hhv. gamle pluggplanter og lokalt innsamlete matter med krekling. I andre sammenhenger har det vist seg mer krevende å etablere større planter enn mindre planter som kan ha et bedre forhold mellom rot og skudd. Forsøkene har vist at krekling overlever selv store tørkeskader, og kan komme med ny vekst året etter. Det er også mer tilfredsstillende næringsforsyning i vekstmediet med en blanding med Rhododendronjord og pimpstein der plantene har en normal bladfarge, sammenlignet med vekstmediet til torvtak som gjennomgående ga gule blader (Figur 7). Gul bladfarging kan være et symptom på flere typer ubalanse i næringsforsyningen, men dette ble ikke undersøkt nærmere. Konklusjonen så langt er at krekling har et potensial som alternativ vegetasjon til ekstensive grønne tak, men oppbygning av takene må optimaliseres og testes under et større spenn klimaforhold.



Figur 7. Krekling i ruter anlagt med system L5 (til venstre) og L6 (til høyre) i Tromsø.

Skygge i Bærum

Takene i Bærum har noe ulik eksponering og særlig ett har mer skygge enn de andre. Datagrunnlaget er noe lite, men det ser så langt ut til at skygge favoriserer de storvokste artene over de lavvokste. Dette bør undersøkes nærmere.

6 KONKLUSJON OG FORSLAG TIL OPPFØLGING

Etter en god etableringssesong 2014, ble betydelige forskjeller mellom løsningene observert i løpet av våren og sommeren 2015. Forskjellene mellom rutene og takene gikk direkte på vegetasjonsutvikling, blomstring, ugras og overvintring. Det er allikevel for tidlig å trekke konklusjoner om hvordan de ulike systemene fungerer opp mot hverandre. Det er tydelig et samspill mellom takenes oppbygning, vegetasjonssammensetning og klima. Det er derfor viktig at det legges til rette for oppfølging av de etablerte takene i noen år framover. Det gjelder både for hvert tak lokalt i kommunene og i Miljødirektoratet sentralt. Disse takene representerer et unikt system med de store klimatiske gradientene fra nord til sør og øst til vest og den store bredden i de systemene som testes ut.

Utstyr og rutiner for registrering av avrenning fra takene ser ut til å fungere, men må optimaliseres noe med kalibrering og oppfølging ved tekniske problemer. Vi forventer gode estimater på effekten av de ulike systemene i løpet av 2016, men dette er også et løp som må følges over tid for å få med ekstremepisoder.

For å få mest mulig informasjon fra takene, er det behov for en standardisering av oppfølgingen av takene. Vi anbefaler følgende tiltak:

- Gjødning gjennomføres minst en gang i året, helst vår/forsommer med en blanding av lettløselig og langtidsvirkende gjødsel, totalt 5-10 g N per m² per år etter anbefalingene fra leverandørene.
- Luking gjennomføres en eller to ganger i året, avhengig av behov, gjerne i juni og august.
- Fotografering: Et oversiktsbilde for hver rute og et detaljbilde sentralt eller i hjørnet av hver rute (et 50 x 50 cm område er tilstrekkelig). Det er en stor fordel om bildene tas i overskyet vær og at detaljbildene tas med tilstrekkelig oppløsning til å se enkeltskudd. Månedlige bilder er bra, men hvis en ikke klarer det er bør en ta bilder vår, sommer og høst. F eks tidlig mai, juli og ut i september. Eksempler på gode utsnitt er gitt i Vedlegg 5.

7 LITTERATURREFERANSER

- Braskerud BC. 2014a. Grønne tak og styrtregn. Effekten av ekstensive tak med sedumvegetasjon for redusert avrenning etter nedbør og snøsmelting i Oslo. NVE Rapport nr 65/2014
- Braskerud BC. 2014b. Styrtregn og avrenning fra grønne tak med sedumvegetasjon. VANN 04 2014.
- Clark Mj, Zheng Y. 2014. Fertilizer Rate And Type Affect Sedum-Vegetated Green Roof Mat Plant Performance And Leachate Nutrient Content. *Hortscience* 49: 328-335.
- Clark MJ, Zheng Y. 2012. Evaluating fertilizer influence on overwintering survival and growth of sedum species in a fall-installed green roof. *Hortscience* 47:1775-1781.
- Cronberg N. 2008. Mosses as a component on green roofs: establishment, specific technical properties and diversity. *Sustainability* Nov. 2008.
- Dronninga Landskap, COWI og C.F.Møller (2013): Blå grønn faktor (BGF) – veileder om BGF i byggesaksbehandling, beregning, juridisk forankring og eksempelsamling. Rapport til Bærum og Oslo kommuner/Fremtidens byer/MD.
- FLL. 2008. Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing – Green Roofing Guideline. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau. Bonn, Tyskland
- HB Naturforvaltning (2015) Befaringsrapport. Bestemmelse av planteinnhold på grønt tak i Lyngveien 10, Drammen kommune. NOTAT 1-2015.
- Locatelli L, Mark O, Mikkelsen PS, Arnbjerg-Nielsen K, Jensen MB, Binning PJ 2014. Modelling of green roof hydrological performance for urban drainage applications. *Journal of Hydrology* 519: 3237-3248.
- Lubell JD, Barker KJ, Elliott GC. 2013. Comparison of Organic and Synthetic Fertilizers for Sedum Green Roof Maintenance. *J. Environ. Hort.* 31:227–233.
- Lundholm J, Williams NS. 2015. Effects of vegetation on green roof ecosystem services. I: Sutton, R. ed. *Green Roof Ecosystems* (Springer) pp. 211-232.
- McIntyre L, Snodgrass EC. 2010. *The Green Roof Manual: A Professional Guide to Design, Installation, and Maintenance*. Timber Press.
- Noreng K, Kvalvik M, Busklein JO, Ødegård IM, Clewing CS, French HK. 2012. Grønne tak. Resultater fra et kunnskapsinnhentingsprosjekt. Prosjektrapport nr. 104 2012 SINTEF Byggforsk
- Oberndorfer EC, Lundholm JT, Bass B, Coffman R, Doshi H, Dunnett N, Gaffin S, Köhler M, Liu K, Rowe B. 2007. Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions and services. *BioScience* 57: 823-833.
- Weiler S, Scholz-Barth K. 2011. *Green Roof Systems: A Guide to the Planning, Design, and Construction of Landscapes over Structure*. John Wiley & Sons.

OVERSIKT VEDLEGG

Vedlegg 1. Oppbygging av rutene

Vedlegg 2. Spørreskjema grønne tak

Vedlegg 3. Oversikt kontaktpersoner

Vedlegg 4. Bildegalleri

Vedlegg 5. Eksempler på bildeutsnitt

VEDLEGG 1. OPPBYGGING AV RUTENE

Det ble benyttet flere lokale tilpasninger, så oppbygningen presenteres by for by. Oppbygningen av de ulike systemene er gitt i Tabell 2 og 3.

OSLO1

Rute	1	2	3	4	5
System	1A	2A	3A	4A	L1

OSLO2

Rute	1	2	3
System	1A		1B

BÆRUM - 3 toalettanlegg , et ved rostadion, et nord og et sør på øya. På hvert tak er det plass til to taktyper; en på hver side. Utlegging av systemene er noe usikker så plassering må kontrolleres på stedet. Tak i NØ er påvirket av en del skygge.

Rostadion	
Felles	2B
Dør	

Nord-øst	
4C	1B
Dør	

Sør-vest	
Felles	3B
Dør	

DRAMMEN – Flere ruter av hver type, halvparten vannes

	Vannes ikke			Vannes		
Garasje port	1B	4C	L2	1B	4C	L2
	1B	3B	2B	1B	3B	2B

SANDNES

Rute	1	2	3	4
System	1B	2B	4D	3B

BERGEN

Rute	1	2	3	4	5
System	1B	3B	2C	4D	L3

TRONDHEIM

Rute	1	2	3	4
System	1B	3B	2D	L4

TROMSØ

Rute	1	2	3	4	5	6
System	1A	2A	3A	4B	L5	L6

VEDLEGG 2. SPØRRESKJEMA GRØNNE TAK

By:

Adresse:

Generell informasjon:

Hvilken eksponering har taket (N, S, Ø, V)?

Ble det vannet under etableringen?

Hvor ofte inspiseres taket (sommer/vinter)?

Har det vært tekniske problemer i forhold til matter og substrat?

Hvordan har avløp fungert (problemer med løv osv i takrenne)?

Har det gitt problemer med målingene og er dette evt. rapportert for takene der det måles avrenning?

Har det vært mye tråkk på taket (og evt. skader på vegetasjonen)?

Hvordan har dere gjødslet takene (Type, mengde, hvor ofte og når)?

Hvor mye tid/ressurser bruker dere på oppfølging av takene?

Så noen spørsmål der jeg ønsker dere skal sammenligne eller rapportert for hver rute

Hvordan var tilstanden etter vinteren (døde planter, manglende vegetasjon og lignende)?

I hvor stor grad dekkes hullene i vegetasjonen utover sommeren?

Hvordan har fargen på Sedum vært (grønn vs rød)?

Hvordan har blomstringen av Sedum vært i år?

Har det etablert seg mye ugras?

Hvilke ugras har vært vanlige (bjørk, selje, tunrapp osv)?

Har dette blitt luket, og hvor ofte?

Hvor mye mose er det på takene (ingen, små tuer, flekker osv)?

Annen relevant informasjon?

VEDLEGG 3. OVERSIKT KONTAKTPERSONER

Informasjon om oppbygging og drift av de ulike takene er skaffet fra de respektive kontaktpersonene. Det er også disse som har framskaffet bildematerialet som er brukt i vurderingen av takene.

Ivar D. Kalland, Bergen. Ivar.Kalland@Bergen.kommune.no.

Torbjørn Hansen, Bærum. Torbjorn.Hansen@baerum.kommune.no.

Pedro Ardila, Bærum. Pedro.Ardila@baerum.kommune.no.

Marianne Gjøv Dahl, Drammen. mgd@drmk.no.

Terje Laskemoen, Oslo1. terje.laskemoen@bym.oslo.kommune.no.

Bent C. Braskerud, Oslo2. bent.braskerud@vav.oslo.kommune.no.

Thorleif Nyman, Sandnes. Thorleif.Nyman@sandnes.kommune.no.

Eva Guin, Sandnes. Eva.Guin@sandnes.kommune.no.

Torben Marthinus, Tromsø. Torben.Marthinus@tromso.kommune.no.

Birgitte G. Johannessen, Trondheim. birgitte.g.johannessen@ntnu.no.

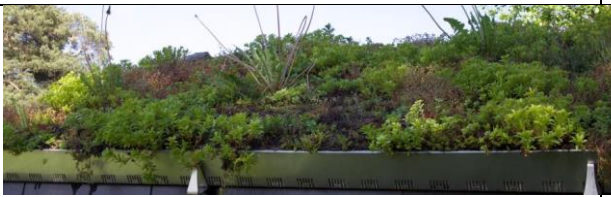
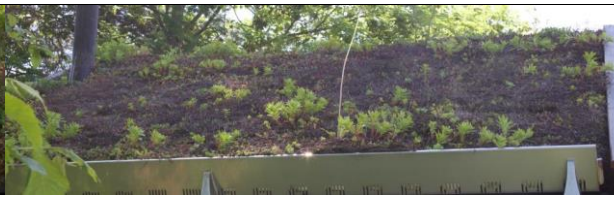




VEDLEGG 4. BILDEGALLERI

Et utvalg av bildene som er brukt til å vurdere dekning og vitalitet i rutene med de ulike systemene. Bildene er tatt av kontaktpersonene for hvert tak, listet i vedlegg 3.

BÆRUM

Plassering av systemene på de ulike takene er mangelfullt dokumentert og må kontrolleres på stedet. Angivelse av system på takene derfor noe usikker. Oppbygning av fellesløsning må dokumenteres.

9. juni 2015

	2B	Felles
Båtsporens hus		
	1B	4C
Nord-øst		
	3B	1B
Sør-vest		









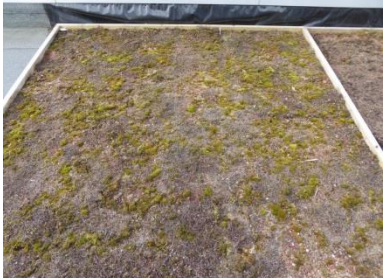



22. september 2015

	2B	Felles
Båtsporens hus		

OSLO2 er godt dokumentert i flere rapporter fra Braskerud. Dette er et eldre tak så vi viser bare dagens situasjon her. 1A til venstre og 1B til høyre med en nyetablert rute basert på system 2 i midten.















TROMSØ



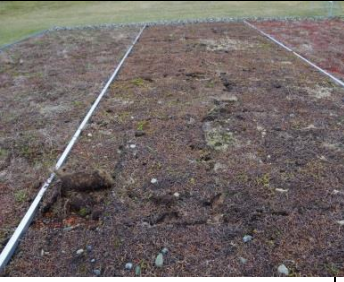




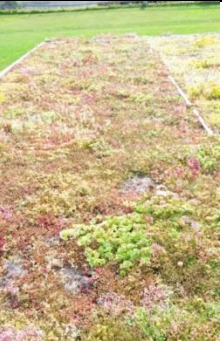




	1A	2A	3A	4B
21/7 2014				
29/8 2014				
12/5/2015				


















OSLO1

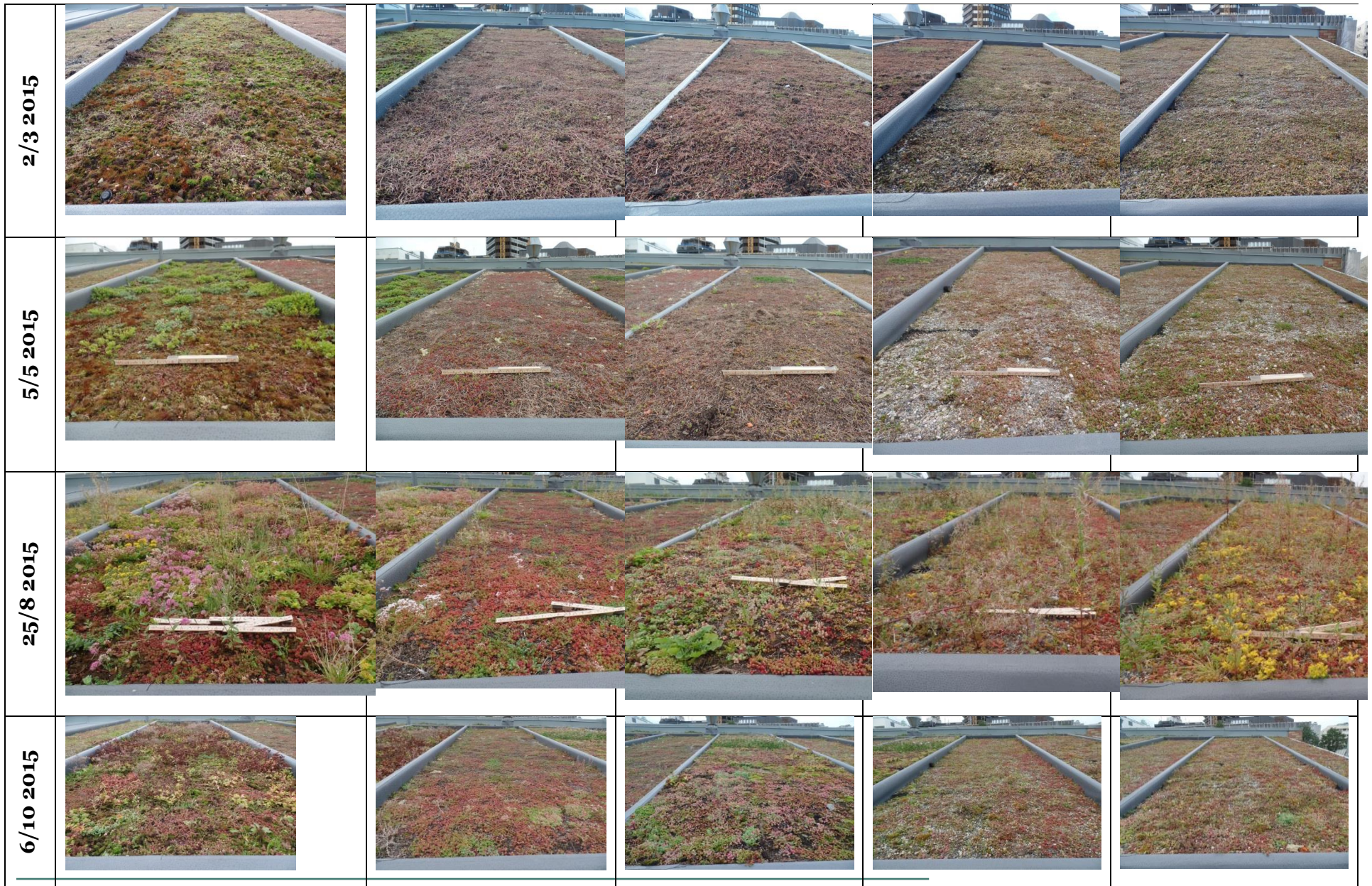
	1A	2A	3A	4A
16/4 2015				
4/6 2015				
3/7 2015				

TRONDHEIM



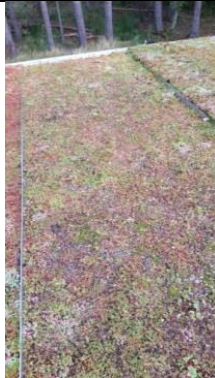





	1B	3B	2D	L6
22/4 2015				
12/8 2015				
2/9 2015				

BERGEN











	1B	3B	2C	4D	L3
26/6 2014					
4/8 2014					
4/11 2014					

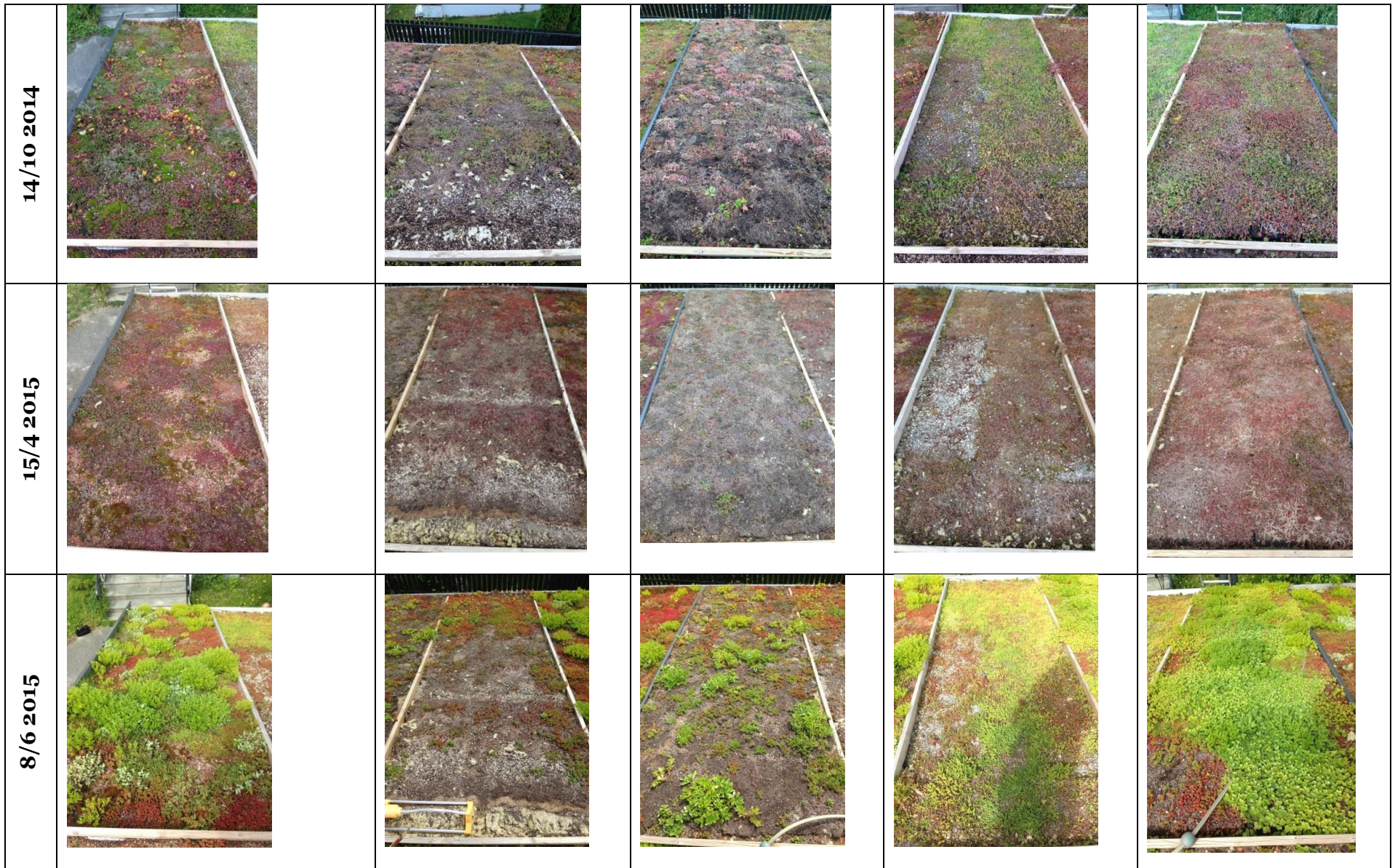


SANDNES

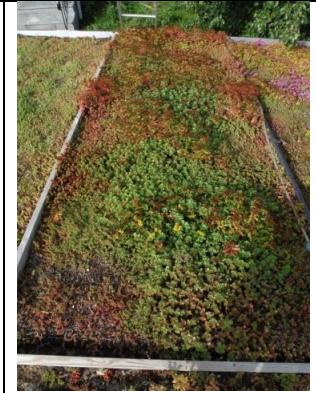
	1B	2B	4D	3B
August 2015				
8/11 2015				

DRAMMEN – uten vanning

	1A	2B	3C	4D	L2
3/7 2014					
15/8 2014					



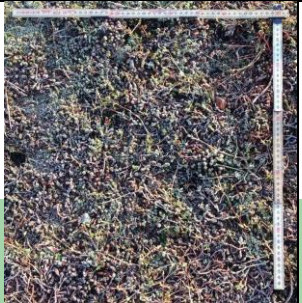











4/9 2015



VEDLEGG 5 EKSEMPLER PÅ BILDEUTSNITT

Eksempel på 50 x 50 cm utsnitt fra ruter på tak i Trondheim, Tromsø og Sandnes høsten 2015. Bildene er tatt omtrent vinkelrett på rutene og gir et godt grunnlag for å vurdere vegetasjonen. Bildene fra Trondheim har noe rim på skuddene.

	Rute 1	Rute 2	Rute 3	Rute 4
Trondheim 30/10 2015				
Tromsø 25/10/2015				
Sandnes 8/11/2015				



Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.

Forsidefoto: Arne Sæbø

nibio.no