



NIBIO
NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

IFE Institutt for
energiteknikk



Målkonflikter ved bruk av solpaneler på grønne tak

NIBIO RAPPORT | VOL. 10 | NR. 12 | 2024



Hans Martin Hanslin, Lina Mathea Gunvaldsen, Sean Erik Foss, Erling W. Eriksen, Mari Benedikte Øgaard

TITTEL/TITLE

Målkonflikter ved bruk av solpaneler på grønne tak

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Hans Martin Hanslin, Lina Mathea Gunvaldsen, Sean Erik Foss, Erling W. Eriksen, Mari B. Øgaard

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
31.01.2024	10/12/2024	Åpen	53524	22/01564
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03442-1	2464-1162	54	0	

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Oslobygg KF

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Ulf Brage Moe

STIKKORD/KEYWORDS:

Kombinasjonstak, grønne tak, solcellepaneler

Combined green roofs, solar panels

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

grøntmiljø, energi, LOD, bærekraft

urban greening, energy production, sustainability

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Takflater i byene skal helst være flerfunksjonelle der det skal produsere energi, håndtere overvann, bidra til biologisk mangfold, bidra til å kjøle ned byen i varme perioder osv. Slik flerbruk av takflater kan gi en del målkonflikter, men også noen synergier. I et prosjekt for Oslobygg ble målkonflikter ved bruk av solcellepaneler på grønne tak undersøkt. Prosjektet ble gjennomført med befaringer av kombinasjonstak med målinger og prøvetaking på tak, målrettede intervjuer og en workshop med næringsaktører og byggeiere. Til sammen 10 kombinasjonstak ble inkludert i befaringsene.

Prosjektet avdekket svakheter på flere nivå - fra selve konseptutviklingen, til anbud og kontrakter, og videre gjennom anleggsfasen, vedlikehold og drift. Rapporten tar for seg disse svakhetene og drar sammen en syntese og presenterer noen anbefalinger som kan brukes aktivt i implementeringen av klima- og overvannstrategier. Undersøkelsene viste tydelig konflikter mellom optimalisering og vedlikehold av vegetasjonen og energiproduksjonen for de fleste takene, men det er også eksempler på tak der det fungerer godt. Synergiene i form av mer effektiv energiproduksjon var mindre tydelige, men også mindre undersøkt. Flere av disse konfliktene kan unngås ved bedre prosjektering og involvering av leverandører i en tidlig fase. I tillegg til dette er det et stort behov for opplæring og instruksjoner for driftspersonell, både for den grønne delen av taket og for panelene.

GODKJENT /APPROVED

Håkon Borch

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Hans Martin Hanslin

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Innhold

Sammendrag	5
1 Innledning.....	6
2 Begreper brukt i rapporten	7
3 Driftserfaringer	8
3.1 Metoder.....	8
3.2 Lokalteter.....	9
3.2.1 Gransletta barnehage	9
3.2.2 Grorud flerbrukshus	11
3.2.3 Hasselhaugen barnehage	13
3.2.4 Jordal Amfi	16
3.2.5 Løren skole	18
3.2.6 Munkerud miljøbarnehage	20
3.2.7 Ruseløkka skole	22
3.2.8 Solfjellshøgda helsehus	25
3.2.9 Vollebekk barnehage.....	27
3.2.10 Storbylegevakten	29
3.3 Generelle resultater	31
3.3.1 Kombinasjonstak.....	32
3.3.2 Driftspersonell.....	33
3.3.3 Arbeid i høyden	34
3.4 Konklusjon driftserfaringer.....	35
4 Effekter på strømproduksjonen	37
4.1 Skygging fra vegetasjon	37
4.2 Redusert omgivelsestemperatur	38
5 Effekter på vegetasjonen.....	42
5.1 Gjennomføring	42
5.2 Ugras.....	42
5.3 Tråkk og slitasje	43
5.4 Skyggeeffekter	43
5.5 Overvannshåndtering.....	43
6 Erfaringsinnhenting næringsaktører	45
6.1 Tekniske utfordringer – installering og drift solcellepaneler.....	45
6.2 Tekniske utfordringer – installering og drift grønne tak.....	45
6.3 Erfaringer Oslobygg	46
6.4 Oppsummering	47
7 Syntese.....	48
7.1 Tydelige konflikter og konsekvenser – usikre synergier	48
7.2 Riktig valg og kombinasjon av løsninger	48

7.3	Taket som arbeidsplass – slitasje som kritisk punkt	49
7.4	Kursing og driftsinstruks	49
8	Anbefalinger	50
8.1	Overordnet strategi	50
8.2	Prosjektering.....	50
8.3	Tekniske løsninger	50
8.4	Gjennomføring	51
8.5	Drift.....	51
	Referanser	52

Sammendrag

Takflater i byene skal helst være flerfunksjonelle der de skal produsere energi, håndtere overvann, bidra til biologisk mangfold, bidra til å kjøle ned byen i varme perioder osv. Slik flerbruk med maksimal utnytting av takflaten kan gi en del utfordringer med målkonflikter, men også noen synergier.

For å svare ut noen av disse utfordringene, ble det gjennomført et prosjekt for Oslobygg med finansiell støtte fra Regionale Forskningsfond Oslo. Prosjektgruppen bestod av Institutt for energiteknikk (IFE), Over Easy Solar AS og Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) med ansvar for hhv. effekter på paneler og energiproduksjonen, driftserfaringer, og effekter på vegetasjonen. Prosjektet ble gjennomført med befaringer av kombinasjonstak med målinger og prøvetaking på tak, målrettede intervjuer og en workshop med næringsaktører og byggeiere. Til sammen 10 kombinasjonstak ble inkludert i befaringene.

Prosjektet avdekket svakheter på flere nivå - fra selve konseptutviklingen, til anbud og kontrakter, og videre gjennom anleggsfasen, vedlikehold og drift. Rapporten tar for seg disse svakhetene og drar sammen en syntese og presenterer noen anbefalinger som kan brukes aktivt i implementeringen av klima- og overvannstrategier. Kunnskapsnivået utvikles raskt, så en tidlig dialog med utførende parter anbefales i alle prosjekter.

Undersøkelsene viste tydelig konflikter mellom optimalisering og vedlikehold av vegetasjonen og energiproduksjonen for de fleste takene. Synergiene i form av mer effektiv energiproduksjon var mindre tydelige, men også mindre undersøkt. Flere av disse konfliktene kan unngås ved bedre prosjektering og involvering av leverandører i en tidlig fase. Dette gjelder spesielt valg og kombinasjon av løsninger med nøkkelpunkter som tilstrekkelig høyde på panelene over vegetasjonen, tydelig avgrensning av arealer der det ikke skal være vegetasjon under panelene, tilrettelegging for anleggsarbeid og drift på tak med gangstier og gressarmeringsmattor for å redusere tråkkslitasje på vegetasjonen, vannuttak for vasking av paneler og nødvanning av vegetasjon ved sterk tørke, rutiner for fjerning av smuss, skader og skygging av paneler samt ugraskkontroll. I tillegg til dette er det et stort behov for opplæring og instruksjoner for driftspersonell, både for den grønne delen av taket og for panelene. Dette er kanskje den viktigste enkeltfaktoren for bedre kombinasjonstak.

1 Innledning

Oslo kommune har en svært ambisiøs klimastrategi «Klimastrategi for Oslo mot 2030», der en mer aktiv bruk av takflater er en integrert del av strategien for en mer klimarobust by. Dette er konkretisert i «Strategi for grønne tak og fasader» som understøtter målene i klimastrategien og i en handlingsplan for overvannshåndtering. En uttalt målsetting i klimastrategien er også at en større andel av energien skal produseres lokalt. Så, takflatene skal være flerfunksjonelle der de skal produsere energi, håndtere overvann, bidra til biologisk mangfold, bidra til å kjøle ned byen i varme perioder osv. Vi ser også helt klart en økende tendens til utvidet bruk av tak til matproduksjon, opphold, rekreasjon og undervisning.

Funksjonene til de grønne takene bygger på enkle prinsipper. Et jordlag og et dreneringssjikt holder på vannet, reduserer avrenning og gir vann til vegetasjonen. Dette har videre blitt utviklet til blå-grønne tak der ulike magasinløsninger holder mer vann og styrer avrenning. For solcellepaneler på grønne tak er det viktigste å unngå at vegetasjonen skygger eller ødelegger panelene og at ikke solcellepanelene skygger for mye for vegetasjonen. Her er vi ved de direkte årsakene til eventuelle målkonflikter. Behovet for å hindre skygge på panelene, og skyggen fra panelene på vegetasjonen, gir begrensninger på hvilken type vegetasjon en kan ha, som igjen styrer hvordan jordlaget skal bygges opp. Dette påvirker sterkt evnen til å håndtere overvann og mulighet for biologisk mangfold. Solcellepaneler på grønne tak kan derfor raskt gi suboptimal ytelse på de andre funksjonene.

Dagens kunnskap om kombinasjon av solceller og grønne tak som et system er svært begrenset. Dette gjelder også vitenskapelige publikasjoner. For å kunne optimalisere slike systemer, trengs det mer kunnskap om hvordan ulike typer grønne tak påvirker produksjon av solenergi positivt og negativt. Det er for eksempel forventet at det grønne taket vil redusere omgivelsestemperaturen og økt produksjon av solenergi, men det mangler data på hvor stor effekt som kan forventes og kunnskap om hvordan design på solcelleanlegg og type grønt tak spiller inn. I tillegg er det forventet at skygning fra vegetasjon både kan gi produksjonstap og raskere degradering av solcellepanelene. Det er også nødvendig med mer kunnskap om hvordan solcelleanlegget påvirker de ulike funksjonene taket har. I tillegg kommer vurderinger av vedlikeholdsbehovet for takene.

For å svare ut noen av disse utfordringene, ble det gjennomført et prosjekt for Oslobygg med finansiell støtte fra Regionale Forskningsfond Oslo for å dokumentere målkonflikter og andre utfordringer med kombinasjon av vegetasjon og solcellepaneler på tak. Prosjektgruppen bestod av Institutt for energiteknikk (IFE), Over Easy Solar AS og Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) med ansvar for hhv. effekter på paneler og energiproduksjonen, driftserfaringer og effekter på vegetasjonen. Prosjektet ble gjennomført med befaringer av kombinasjonstak med målinger og prøvetaking på tak, målrettede intervjuer og en workshop.

2 Begreper brukt i rapporten

Bifacial panel - solcellepaneler som produserer strøm på begge sider av panelet.

Blågrønt tak – et tak som kombinerer vegetasjon og tekniske løsninger for å holde tilbake vann

DT - Driftstekniker.

Ekstensivt grønt tak – takoppbygging med et tynt lag vekstmasse (3- 10 cm) og lavtvoksende vegetasjon med lavt skjøtselsbehov.

Etableringsperiode - En periode på ca. 1-3 år etter installasjon av et grønt tak der vegetasjonen krever jevnlig skjøtsel for å etablere seg tilstrekkelig på taket.

FDV – Dokumentasjon til forvaltning, drift og vedlikehold

Fordrøyning Et systems (f.eks. et grønt tak) evne til å holde tilbake regnvann for å unngå overbelastning av avrenningssystemer.

Hjelpeså - et vedlikeholdstiltak gjort på grønne tak hvor frø eller stiklinger av ønsket vegetasjon sås for å øke vegetasjonsdekket.

Intensivt grønt tak - takoppbygging med et tykkere lag vekstmedium (ofte rundt 20 - 40 cm) og høytvoksende vegetasjon med høyt skjøtselsbehov.

Kombinasjonstak - Et grønt tak kombinert med et solcelleanlegg.

Monofacial panel- Ensidig, brukt om solcellepaneler som kun produserer strøm på en side av panelet.

Sedumkassett - En type grønt tak bestående av "kasser" med sedum og tilhørende dreneringslag og vekstmasser som plasseres ved siden av hverandre på tak for å skape et sammenhengende dekke av sedum.

Sedummatter – ferdigprodusert sedumvegetasjon etablert i mattesystemer

TF - Teknisk forvalter

Vekstmasse- Laget i et grønt tak der vegetasjonen slår rot og trekker vann og næring fra.

3 Driftserfaringer

3.1 Metoder

Totalt 10 tak var inkludert i studien om driftserfaringer derav fire barnehager, to skoler, to idrettsanlegg og to helseinstitusjoner. En generell oversikt over eiendommene og deres systemer er inkludert i Tabell 1. Under befaring ble det gjennomført intervju av driftstekniker (DT) og/eller teknisk forvalter (TF) av eiendommen.

Før befaringene ble det holdt møter med hele eller deler av prosjektgruppen for å etablere befaringenes fokus og daværende informasjonsbehov i henhold til intervjuene. Deretter ble intervju spørsmålene utviklet, samt en liste over hvilke aspekter av takene som skulle fotograferes. Intervjumalen og listen over fotobehov ble videreutviklet gjennom prosessen av befaringene. Intervju spørsmålene fokuserte i hovedsak på:

- Opplevelse av anlegget
- Tilrettelegging og HMS
- Tilstand av solcelleanlegget
- Tilstand av det grønne taket
- DT/TFs opplevelse av egen rolle
- Kontrollrutiner

Da dette var etablert ble DT på eiendommene kontaktet og befaringer av takene ble avtalt. På et av takene var det krav om fallsikringskurs og -utstyr for å gjennomføre befaringen på taket, og fallsikringskurs ble derfor en del av befaring forberedelsene. På fem av takene var representanter fra IFE tilstede og gjennomførte termisk fotografering av panelene for å undersøke skader ikke synlig for det blotte øyet. På et tak plasserte en representant fra NIBIO ut temperatur- og fuktsensorer. Takene ble hovedsaklig befart i løpet av juni, men grunnet en tørr førsommer og mye nedbør i juli ble det gjennomført en runde til med befaringer på enkelte tak for å etablere eventuelle endringer grunnet nedbør.

Etter hver befaring ble intervju svarene overført til et regneark for å aggregere dataene. Der det var mulig ble også data kvantifisert. Med aggregert og kvantifisert data var det mulig å starte arbeidet med formidling av data for videre bruk i prosjektet. Formidlingen av resultatene vil skje gjennom denne resultatrapporten, samt en presentasjon av rapporten, data og forslag til videre arbeid.

Tabell 1. Oversikt over takene inkludert i studien med data for solcelleanlegget og det grønne taket. For takene der vegetasjonstype er klassifisert kun som sedum er det ikke avklart om det er brukt sedummatter eller strødd stiklinger.

Solcelleanlegg				
Eiendomsnavn	Installert	Installert effekt (kWp)	Monteringshøyde (cm)	Anleggstype
Gransletta barnehage	2018	122	20-30	Horisontal
Grorud flerbrukshus	2021	52.52	10-15	Horisontal
Hasselhaugen bhg	2019	50.6	20	Horisontal
Jordal amfi	2020	124.2	10	Horisontal
Løren skole, bygg 7	2022	45	10	Vertikal
Munkerud Miljøbhg	2019	50	5	Horisontal
Ruseløkka skole	2021	78.4	5	Horisontal
Solfjellshøgda helsehus	2020	258.5	30	Horisontal
Vollebekk bhg	2019	86	5	Horisontal
Storbylegevakten	2023	?	10	Horisontal

Grønt tak				
Eiendomsnavn	Installert	Vannlager	Anleggstype	Vegetasjonstype
Gransletta barnehage	2018	-	Ekstensiv	Sedummatter
Grorud flerbrukshus	2021	Nei	Ekstensiv	Sedum
Hasselhaugen bhg	2019	Ja	Ekstensiv	Sedummatter
Jordal amfi	2020	Ja	Ekstensiv	Sedummatter & -kassetter
Løren skole, bygg 7	2019	Ja	Ekstensiv	Sedummatter
Munkerud Miljøbhg.	2019	Ja	Intensiv	Variert vegetasjon
Ruseløkka skole	2021	Nei	Ekstensiv	Sedum (strødd)
Solfjellshøgda helsehus	2020	Ja	Ekstensiv	Sedum
Vollebekk bhg	2019	Ja	Ekstensiv	Sedummatter
Storbylegevakten	2023	Nei	Ekstensiv	Sedum (strødd)

3.2 Lokalteter

3.2.1 Gransletta barnehage

Adresse: Gransdalen 35, 1054 Oslo, Befaring : L. Gunvaldsen (OE), T. Hebnes (IFE), 29.06.2023.

I 2018 ble Gransletta barnehage ferdigstilt med et ekstensivt sedumtak kombinert med monofacial, horisontale, øst-vest orienterte solcellepaneler på fire separate takflater og vertikale paneler på fasaden til det øverste taknivået. To av takflatene hadde god tilgang. Hverken DT eller TF har adgang til de to resterende takflatene, til høyre og nederst på Figur 1, ettersom disse må bestiges med lift.



Figur 1. Gransletta barnehage. Kartutsnitt: ©Norgebilder.no.

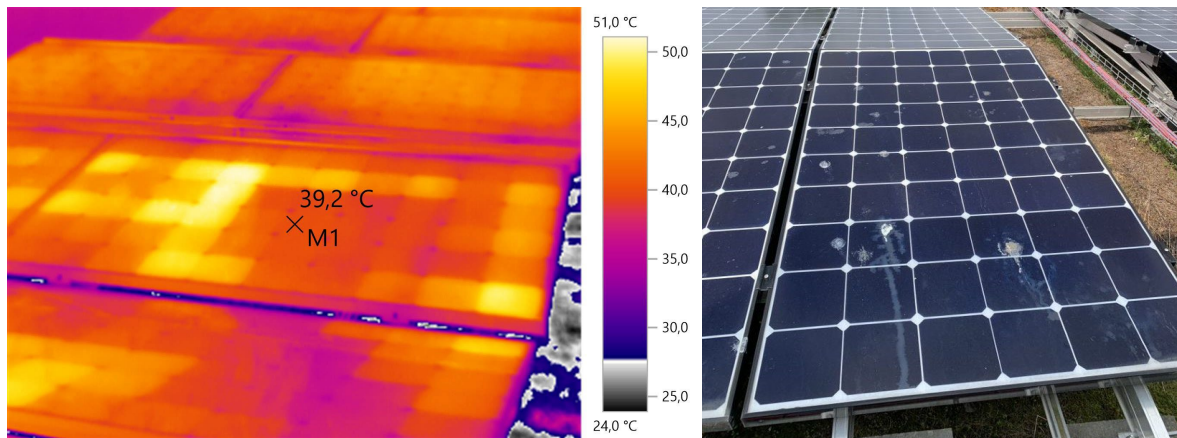
Grunnet bemanningsutfordringer har ikke bygget hatt en driftstekniker (DT) fra januar til juni (2023). Når DT inntreer vil det bli gjennomført visuell kontroll av taket ukentlig. DT anser sitt ansvar for kombinasjonstaket til å innebære innmelding av avvik ved skade eller smuss på panelene, vanning av taket og fjerning av ugress. Grunnet manglende kursing i vedlikehold av solcellepaneler er det ikke blitt meldt inn tilsmussede paneler, ettersom DT ikke vet hva som tilsvarer nok smuss for å melde inn avvik. Teknisk forvalter (TF), som tidligere har arbeidet som DT, etterspør kursing i drift av solcelleanlegg.

Under befaring av taket 29. juni var det grønne taket ikke i optimal stand, med utfordringer som omfattende mosevekst, eksponerte kanter på sedummattene, lite blomstring og til dels ugressvekst (Figur 2). Mose og eksponerte mattekanten kan tyde på næringsmangel. TF meddeler at taket gjødsles 2 ganger i året, men at moseveksten har økt fra tidligere år. Ugressveksten er ikke omfattende. Noe av ugresset når likevel en betydelig høyde av rundt 1,5 m og presenterer da en risiko for skyggelegging av panelene. For å bøte på dette blir ugresset klippet med kantklipper 2 ganger i året. Dette er ikke i henhold til standard grønt tak vedlikehold som baserer seg på lusing av sedumtak. Det var ikke mulig å fastslå om sedumdekket hadde vannlager.



Figur 2. Gransletta barnehage. Blomstring i skyggen av veggen (til venstre) og mosevekst og eksponerte mattekanten (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Både gjødsling, klipping og vanning blir vanskeliggjort av paneloppsettet. Panelene er montert svært tett ca. 20-30 cm over sedumdekket. Monteringshøyde er målt fra bakke til laveste kant av panelet. For vanning og vask av panelene er vannuttaket gunstig plassert rett innenfor døren til taket. På flere områder var kabelbro lagt mellom panelene og gjorde det vanskelig å gå støtt mellom panelene. Kabelbroene var ikke tildekket av kabeldekke. Grunnet kabelbroenes plassering er kablene da utsatt for større slitasjerisiko grunnet ferdsel mellom panelene. Denne ferdselen er hyppigere på et kombinasjonstak enn et vanlig solcelletak grunnet det økte vedlikeholdsbehovet. Slitte kabler, grunnet tråkk på kabler og kabelbro, kan i verste fall gi risiko for elektrisk sjokk og brannstiftelse.



Figur 3. Gransletta barnehage. Avvik eller defekter vist gjennom termografi (til venstre) Foto: IFE, Fugleskitt på paneler (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

I tillegg til tette panel som vanskeliggjør ferdsel og service, ble det ikke funnet koblingspunkter for fallsikringsutstyr på taket. Gesims var under 1 m, noe som tilsier at det ved arbeid under 2 m fra takkanten skal brukes fallsikringsutstyr. Manglende koblingspunkter begrenser drift- og vedlikeholdsarbeidet som er mulig å gjøre på taket innenfor relevant HMS-forskrift.

De horisontale solcellepanelene var tydelig tilsmusset, i stor grad skyldt fugleskitt, som vist i Figur 3. Et interessant funn på Gransletta barnehage var flere paneler med skader, kun synlig gjennom termografi. Figur 3 viser flere paneler med stor variasjon i celledetemperatur innad i panelet. Lyse celler antyder varmedannelse skyldt innvendig feil. Det var ingen åpenbar årsak til disse feilene.

Kortsiktige tiltak vil være å installere fallsikring, bytte ut defekte solcellepaneler og endre DTs vedlikeholdsrutiner til å inkludere luking av ugress, i stedet for klipping. Langsiktige tiltak vil være å etablere årsaken bak omfattende mosevekst og etablere tilgang for DT til de to separate takflatene.

3.2.2 Grorud flerbrukshus

Adresse: Grorudveien 7, 0962 Oslo, Befaring : L. Gunvaldsen (OE), T. Hebnes (IFE), 29.06. & 01.08.2023.

Grorud flerbrukshus sto ferdig i 2020, bygget med et ekstensivt sedumtak på skråtak. I 2021 ble det ettermontert horisontale, grønne, monofacial, sørvendte solcellepaneler oppå sedumlaget. Etter installasjonen ble det aldri signert en serviceavtale for det grønne taket. Dette resulterte i at det ikke ble gjennomført oppfølging av sedumen i det grønne takets "etableringsperiode". På befaring 29. juni informerte DT om en befaring en uke tidligere med sedumleverandør for å forberede en ny serviceavtale for å rette opp i skadene påført av manglende vedlikehold. På befaring 1. august var serviceavtalen fortsatt ikke signert. Manglende utvikling i denne saken kan skyldes fellesferien.



Figur 4. Grorud flerbrukshus. Kartutsnitt:
©Norgebilder.no.



Figur 5. Grorud flerbrukshus. Høy ugressvekst. Foto:
Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

DT for Grorud flerbrukshus er ansatt gjennom en underleverandør og gjennomfører visuell kontroll av taket månedlig på sommeren og hyppigere på vinteren. DT anser sine arbeidsoppgaver relatert til kombinasjonstaket å være å rapportere avvik. For solcelleanlegget ansees dette som å være skadede paneler. For det grønne taket uttrykte DT at han ikke har grunnlag for å bestemme hva som er avvik eller hva som krever vedlikehold, med unntak av eksponerte dreneringslag. DT uttrykte et ønske om kursing i solceller og grønne tak, fra egen arbeidsgiver eller Oslo kommune, både for å bygge DTs vedlikeholdskapasitet og som en generell læringsmulighet. DT la vekt på godene fra økt kursing: “Jo mer kunnskap, jo forttere melder man ifra og jo forttere kommer service.”

På befaringen ble effektene av en manglende serviceavtale erfart. Situasjonen har ført til en omfattende vegetasjonsdød på taket med store områder uten noe vegetasjon. I tillegg har taket erodert, med flere områder med eksponert dreneringslag som konsekvens. I løpet av perioden mellom de to befaringene var omfanget av erosjonen økt og på ett område var dreneringslagene nesten blåst av taket. Fra de eroderte områdene var det tydelig at sedumdekket ikke inneholdt et vannlager.

Enkelte takflater hadde likevel tydelig sedumvekst med noe blomstring. Det ble erfart en liten forskjell i sedumvekst mellom nord- og sørvendte takflater, der de nordvendte flatene hadde litt mer sedumvekst. Et område med stor vekst var bunnen av “takdalene”, noe som sannsynlig kan kobles til vannansamling. På dette området var det noe ugress som vokste over panelkanten (Figur 5), selv om det grønne taket var i svært dårlig stand (Figur 6, Figur 7). Ved en forbedring av det grønne taket kan dette resultere i økt mengde skyggelegging av panelene fra ugress, som kan kunne kreve jevnlig luking. På befaringen i august ble det erfart noe fargeforskjell fra juni, samt noe økt sedumvekst. Taket var fortsatt i relativt dårlig stand og opplevde stor grad av mosevekst.



Figur 6. Grorud flerbrukshus, juni 2023. Eksponerte dreneringslag (til venstre), frodig sedum i takdalen (i midten) og sedumvekst vest på taket (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.



Figur 7. Grorud flerbrukshus, august 2023. Løse dreneringslag og vekstmasser (til venstre), Sedum i takdalen (i midten) og Sedumvekst vest på taket (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Solcellepanelene var svært rene og uten visuelle eller termiske feil. Det har heller aldri kommet inn feilmeldinger om panelene på byggets SD-anlegg. Panelene er montert 10-15 cm over sedumdekket og ligger parallele til takflatene. Panelene er montert svært tett sammen i grupper med god plass mellom gruppene for tilgang. Taket på bygget er godt sikret med koblingsvriere langs hele taket. Tilgangen til taket er via en stige og inn gjennom en lav dør. På vinteren må man bruke lift ettersom den lave døren, i bunnen av takdalen, snør igjen. For eventuell vanning av sedum eller vask av paneler er vannuttaket inne i bygget og vannslange må fraktes via stigen.

Kortsiktige tiltak vil være å overse fullføringen av serviceavtale og medfølgende vedlikehold, blant annet: restaurering av ødelagte dreneringslag, påfylling av vekstmasse, hjelpesåing og gjødsling. Langsiktige tiltak vil være å opprette tilgang til taket på vinteren som ikke krever lift, eller etabler en løsning som holder området rundt døren fri for snø.

3.2.3 Hasselhaugen barnehage

Adresse: Hasselhaugveien 24, 0851 Oslo, Befaring : L. Gunvaldsen (OE), 03.07.2023.

Taket på Hasselhaugen barnehage består av både flate og skrå takflater, hvor de skrå har solcellepaneler og de flate har både solcellepanel og et ekstensivt sedumlag. Barnehagen var ferdig

bygget i 2019, med sedum og horisontale, monofacial, sør-vest og nord-øst orienterte solcellepanel installert i tillegg til vertikale solcellepaneler på den sør-øst orienterte fasaden. Etter installasjon av solcellepanel er takareal tilgjengelig for ferdsel svært lite. På grunn av manglende fallsikring og fallsikringskursing av DT, var befaring 3. juli første gang DT inspiserte taket siden bygget sto ferdig. På befaringstidspunktet var fallsikring nylig blitt installert. Antakeligvis har det vært serviceleverandører på taket med spesialisert utstyr og vedlikeholdt anlegget siden bygget var ferdigstilt.



Figur 8. Hasselhaugen barnehage. Kartutsnitt: ©Norgebilder.no.

Grunnet krav om fallsikring under alt arbeid på taket vil det bli gjennomført mindre jevnlig visuelle kontroller enn på de andre takene. DT følger oppgavene gitt i ORRA, Oslo kommunes digitale system for utdeling av driftsoppgaver og innmelding av avvik, men vet ikke hvor ofte systemet vil kreve inspeksjon av taket. Ved inspeksjonene vil DT undersøke sluk og nedløp, luke ved behov og melde inn tilsmussede eller skadede paneler som avvik. DT etterspurte ikke kursing.

På grunn av takets begrensede areal, skrå takflater uten sedum og ingen sedum under panelene var det totale grønne arealet lite sammenlignet med de andre befarte takene (Figur 9). Uten data på takets isolering- og fordøyingssevne kan en ikke konkludere med takets effekt, men det er mulig dette er et eksempel på et tak hvor kombinasjonen av solceller og sedum fortrenger de positive effektene av sedumtaket. Likevel var sedumtaket fuktig og relativt frodig med flere områder med blomstring. Det var tilnærmet ingen uttørket sedum, og det var ingen tegn på eksponerte dreneringslag. Samtidig besto flere partier av hovedsaklig mose. Både sedum- og mosearealene var i liten grad berørt av ugressvekst, men på noen få områder var ugress vokst over kanten av panelene. En mulig forklaring på fukt- og frodighetsnivået på tross av manglende jevnlig kontroll, kan være takets plassering. Barnehagen er plassert i et område med mye skygge, i le for vinden. I tillegg gir takutformingen og panelene både skygge og le til sedumen. Ved eventuelt behov for ekstra vanning eller vask av paneler er vannuttak plassert på bakkenivå. Vannslange vil derfor måtte fraktes via stige opp til taket.



Figur 9. Hasselhaugen barnehage. Den største sammenhengende flaten med sedumdekke. Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Panelene på Hasselhaugen barnehage var i liten grad tilsmusset og det var ikke erfart skader eller feilmeldinger fra panelene. På de horisontale takflatene var panelene montert ca. 20 cm over sedumdekket. Enkelte tider på dagen forårsaker de skrå takflatene betydelig skygge på enkelte rader av paneler. Dette vises i Figur 10. Denne takutformingen vil trolig redusere produksjonen fra anlegget i nevneverdig grad, og trolig betydelig mer enn det økt ugressvekst ville vært i stand til.



Figur 10. Hasselhaugen barnehage. Mosevekst i sedumdekket (til venstre), blomstring i skyggen (i midten) og område med snublefarer (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Den nylig installerte fallsikringen består av koblingsvriere langs den sør-øst vendte siden av taket. Dette er en forbedring fra tidligere koblingspunkter, men det er likevel ikke mulig å nå hele taket med denne fallsikringen, ved bruk av riktig utstyr. I tillegg presenterte både koblingsvriere og kabelbro snublefarer på de smaleste områdene. I disse områdene var det vanskelig å unngå å trå på kabelbroene. Som et skadebegrensende tiltak er det lagt ut treplater på de mest utsatte områdene som et provisorisk kabeldekke. Det kan antas at dette ikke er like effektiv beskyttelse som et installert kabeldekke, og det vil fortsatt være risiko knyttet til eventuelle slitasjeskader på kablene. DT uttrykte planer om å melde inn feilaktige sikkerhetstiltak på taket.

Kortsiktige tiltak vil være å etablere en tryggere løsning for tråkk på kabelbro og undersøke kvaliteten av fallsikringstiltak og etablere hvilket utstyr som er tilstrekkelig for DT ved arbeid på taket.

3.2.4 Jordal Amfi

Adresse: Jordalgata 12, 0657 Oslo, Befaring : L. Gunvaldsen, G. von Hindte & S.E. Foss (OE), M. Øgaard & T. Hebnes (IFE), H. Hanslin (NIBIO), 13.06.2023, 28.06.2023 (Teams-intervju) & 01.08.2023.

Jordal Amfi var ferdigstilt i 2020 med flere bærekraftstiltak, blant annet et ekstensivt sedumtak og et solcelleanlegg. Solcelleanlegget består av horisontale, monofacial, sør-øst orienterte paneler som står adskilt fra sedumdekket. Dette kan sees i Figur 11, hvor det er tydelig at panelene ikke står på sedum.



Figur 11. Jordal Amfi. Kartutsnitt: ©Norgebilder.no.

Takflaten på Jordal Amfi er i praksis delt inn i tre soner: en sone med solcellepaneler montert over rullestein, en med sedummatter og en med sedumkassetter (Figur 12). Mattene er betydelig tynnere og har ikke vannlager slik som kassettene. DT meddelte at taket var gjødslet i mai 2023, men visste ikke om dette ble gjort hvert år.



Figur 12. Jordal Amfi ved befaring juni 2023 (til venstre) og august 2023 (til høyre). Kassettløsning er plassert til høyre og sedummatter til venstre på hvert av bildene. Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Under befaring 13. juni ble det erfart at sedummattene hadde sterkt redusert sedumvegetasjon, men noe mosevekt. Mattene var svært tørre med tydelig eksponerte kanter, som vil være tildekket av vekst på sunne sedumtak. Grunnet graden av tørke ble det estimert mulig at mattene var for uttørkede til å reddes. Sedumkassettene var frodigere med flere områder med blomstring, men opplevde stor mosevekst og noe ugressvekst. Under befaring 1. august var det betydelig sedumvekst på de tidligere inntørkede sedummattene. Dette var den største forandringen erfart fra juni til august av alle takene, og viser en imponerende hardførhet av sedumen. Det var fortsatt noen områder med tilnærmet ingen sedumvekst, men dette var kun en liten del av takarealet (Figur 13). Sedumkassettene var også frodigere, men hadde fortsatt utbredt mosevekst.



Figur 13. Jordal Amfi August 2023. Mose i sedumkassett (til venstre), tørre områder (i midten) og tett sedumvekst i mattene (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Visuell kontroll av taket blir gjennomført hver andre uke, men kan skje hyppigere da eksterne befaringer på taket gir DT mulighet til å gjennomføre ekstra inspeksjoner. Grunnet manglende kursing anser ikke DT lusing eller vanning som sitt ansvar. Angående solcelleanlegget sjekker DT feilmeldinger på inverter og melder inn tilsmussede eller skadede paneler. I tillegg sjekkes fallsikringssystemene. DT uttrykte et sterkt ønske for kursing i solcelleanlegg og grønne tak, og har foreslått for ledelsen å ansette en DT spesifikt for drift av grønne tak for å holde høy kvalitet på drift og vedlikehold.



Figur 14. Jordal Amfi. Et knust panel (til venstre), skygge fra ugress (i midten) og ugressvekst i kabelbro (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Panelene på Jordal Amfi var i noe grad tilsmusset, hovedsakelig av fugleskitt, som trolig skyldes måker med reir på taket. Måker har også skyld i seks knuste solcellepaneler. DT fortalte at måkene ville plukke stein og slippe de fra luften, noe som tidvis resulterte i knuste paneler. Under befaring ble det erfart 6 knuste paneler. Panelene var meldt inn som avvik før befaring 13. juni og var ikke blitt erstattet ved befaring, 1. august. Panelene er montert ca. 5 cm over steindekket med god tilgang

mellom rekkene av paneler. Under andre befaring ble det erfart ugressvekst mellom panelene, altså ikke i sedumdekket, som skygget for panelene. Kabelbroene har ikke kabeldekke, men grunnet god plass på taket er det ikke nødvendig å trå på kabelbroene. Det ble også erfart ugressvekst i kabelbroene.

For arbeid på taket er nivået av fallsikring god, ifølge DT. Tilgangen til taket kan derimot oppleves problematisk. Utgangen til taket nås gjennom en luke med en tilhørende stige. Det er ikke vannuttak på taket, og vannslange må altså kobles til i bygget og føres opp stigen og ut luken. DT uttrykte et ønske om vannuttak på selve taket.

Kortsiktige tiltak vil være å erstatte de knuste panelene. Langsiktige tiltak vil være å erstatte rullesteinene med et bedre egnet dekkmedium som gir mindre fare for knusing av panelen og etablere årsak bak utbredt mosevekst i sedumkasettene.

3.2.5 Løren skole

Adresse: Økern Torgvei 4, 0580 Oslo, Befaring : L. Gunvaldsen, G. von Hindte & S.E. Foss (OE), M. Øgaard & T. Hebnes (IFE), HM. Hanslin (NIBIO), 13.06.2023, 23.06.2023 & 01.08.2023.

Bygg 7 på Løren skole sto ferdig i 2019, med et ekstensivt sedumtak. I 2022 ble det installert et testanlegg av vertikale, bifacial, sør-vest/nord-øst orienterte paneler som ble utvidet til et fullskala anlegg i 2023, med de nye panelene orientert i sør-øst/nord-vest retning. Under første befaring på Løren skole ble det satt opp temperatur- og fuktsensorer i regi av NIBIO. Data fra dette vil bli brukt i Arbeidspakke 3 av forskningsprosjektet. Figur 16 viser oppsettet av sensorene, samt tilstanden til sedumtaket.



Figur 15. Løren skole. Foto: Over Easy Solar.

Det blir utført visuell kontroll av taket 3 ganger i uken på sommeren og 1 gang i uken på vinteren. På grunn av manglende opplæring om solcelleanlegg anser ikke DT anlegget som del av sitt ansvarsområde. DT ville meldt inn avvik om knuste paneler, men har ikke grunnlag for å melde inn noe annet. Angående det grønne taket anses heller ikke dette som del av DTs ansvarsområde. DT uttrykte at det var gitt beskjed om at vanning ikke var nødvendig, selv om DT selv ville vært villig til å vanne. Det ble uttrykt et ønske om å få solcelleanlegget inn i det sentrale digitale systemet så fort som mulig for å kunne ha oversikt over feilmeldinger.

Vegetasjonen på Løren skole under befaring i juni var svært tørr med noe mosevekst, lite levende sedum og tilnærmet ingen blomstring (Figur 16). Det var likevel ingen områder med eksponert dreneringslag. DT uttrykte at tilstanden i år var i stor kontrast til tidligere år. I 2020 og 2021 skulle taket ha vært spesielt frodig med 10 cm høy vekst, stor grad av blomstring og stor insektsaktivitet. Det var vurdert vanning av sedumtaket, men selv om det er vannuttak på taket er trykket så svakt at DT anser det som for dårlig til å gjennomføre vanning. Serviceleverandør gjødsler taket årlig.

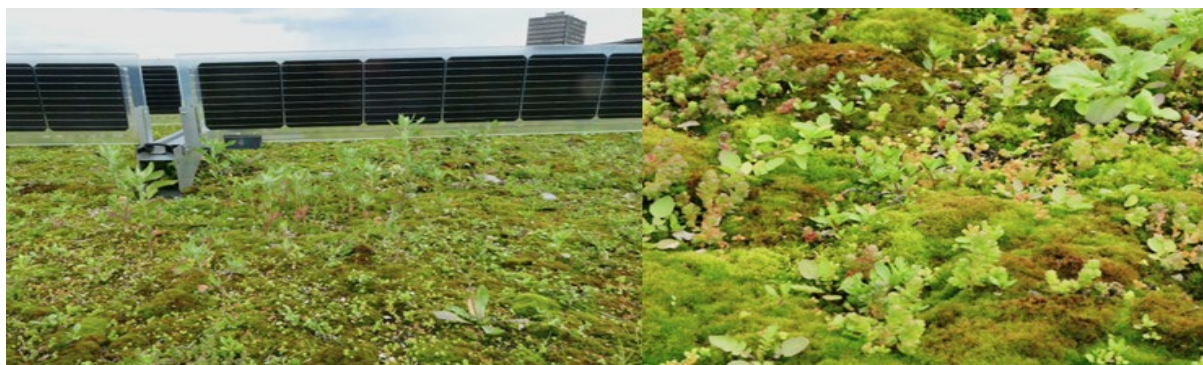


Figur 16. Løren skole. Montering av NIBIO sitt måleoppsett. Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.



Figur 17. Løren skole. Fra luften er det mulig å se forskjellen på sedumlaget etter å ha flyttet solcellepanelene. Bildet er tatt mai 2023. Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

DT foreslo at arbeidet på taket kombinert med en tørr sommer kan ha resultert i mye død sedum, og tror derfor sedumet vil returnere etter endt installasjon. Befaringen utført 1. august viste tydelig økning av sedum- og mosevekst. Sedumveksten var ikke økt like betydelig som på Jordal Amfi, men det ble observert stor grad av nye sedumskudd, noe som kan antyde at graden av sedumdekke vil øke i løpet av sommeren. I tillegg til mose og sedum, hadde også mengden ugress økt noe (Figur 18). Mengden frisk sedum og mose økte jo lengre inn mot midten av taket man kom. Taket har en svak helning fra nordlige og sørlige kant inn mot midten. Forskjellen i frodighet kan dermed antas å skyldes større vannansamling på midten av taket.



Figur 18. Løren skole, august 2023. Bildene er tatt med et annet kamera og har en annen fargemetning med en sterkere grønnfarge enn de andre bildene tatt for rapporten. Ugressvekst mellom panelene (til venstre) og sedumskudd i mosevegetasjonen (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Fra befaring og tidligere arbeid på taket er det tegn på at sedum under solcellepanelene tørker ut saktere enn sedum andre steder på taket. I Figur 16 er det mulig å se hvor solcelleinstallasjonen sto før, da dette området er mindre tørket ut. Denne forskjellen er også tydelig i Figur 19. Både Figur 16 og 19 er fra mai 2023. På befaring i juni 2023 var denne forskjellen i frodighet ikke lenger tydelig. Taket på Løren skole er det eneste befarte taket der det er tatt bilder før, under og etter installasjonen av solcellepanelene. Forskjellene i frodighet er derfor ikke mulig å sammenligne med de andre kombinasjonstakene.



Figur 19. Løren skole. Mai 2022 (til venstre), mai 2023 (i midten) og mai 2023 (til høyre) under panelene. Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Solcellepanelene var i liten grad tilsmusset og uten visuelle skader. Anlegget er ikke blitt ført opp på skolens digitale varslingsystem, og det har derfor ikke vært mulig å se om det har vært feilmeldinger på solcellepaneler eller inverter. Panelene er montert 10 cm over sedumdekket. Grunnet panelenes vertikale montering er det god tilgang mellom panelene. Kabelbroene har ikke kabeldekke, men grunnet god tilgang mellom panelene er det ikke nødvendig å trå på kabelbroene.

Fallsikringssystemene på skolen har nylig blitt forbedret. De opprinnelige koblingspunktene ble erstattet med koblingspunkter med høyere maksimum vekt. Disse punktene er plassert langs midtgangen av hele taket. Det er altså god sikring for arbeid i høyde, men grunnet koblingspunktens plassering er det mulighet for at skade på panelene om en arbeider faller fra taket koblet til sikringspunktene.

Kortsiktige tiltak vil være å få solcelleanlegget inn i det digitale driftssystemet.

3.2.6 Munkerud miljøbarnehage

Adresse: P. A. Holms vei 18, 1164 Oslo, Befaring : L. Gunvaldsen (OE), T. Hebnes (IFE), 06.07.2023.

Munkerud miljøbarnehage var ferdig bygd i 2019 med ambisjoner om svært lavt energiforbruk og høy generelt nivå av bærekraft. Et intensivt grønt tak ble installert med motivasjonen av å spare strøm til oppvarming på vinteren og nedkjøling på sommeren. Deretter ble det installert horisontale, monofacial, øst-vest orienterte solcellepaneler på nordlige halvdel av taket. Panelene ble installert mindre enn 5 cm over det grønne taket.



Figur 20. Munkerud miljøbarnehage. Kartutsnitt: ©Norgebilder.no.

Oppbygningen av det grønne taket består av et dreneringslag med et 15-20 cm tykt jordlag over. Vannet som samles i dreneringslaget renner ned i en 3000 L tank utstyrt med en pumpe og sensorer i

det grønne taket. Sensorene måler fuktnivået i vekstmediet slik at vann kan pumpes opp i det grønne taket om det er tørt, og ned i tanken om taket er for fuktig. Slik vil taket holde sin isolerende evne best, samtidig som vegetasjonen trives.

På Munkerud miljøbarnehage ble det ikke plantet sedum, men mest sannsynlig strødd plenfrø. På befaring 6. juli var det tydelig at den dominerende vegetasjonen var småplanter av trær, trolig spredd via frø blåst inn på taket. Disse trærne var vokst til 1,5 m høyde, dekket hele den nordlige halvdel av taket og skygget for panelene i svært stor grad, som vist i Figur 21. Hele taket klippes en gang i året. Denne jobben tar 2-3 dager for å fullføre grunnet mengden vegetasjon.

Den store mengden vekst på taket forårsaker også betydelig tilsmussing av panelene fra pollen. Dette vises i Figur 22. Basert på visuell kontroll og termisk fotografering gjennomført av IFE er ingen av panelene skadet av veksten eller den kontinuerlige skyggeleggingen. Ved overlevering av bygget var det ikke installert et system for å overvåke produksjonsdata fra solcelleanlegget. Selv om anlegget derfor ikke har lett tilgjengelig produksjonsdata, er det rimelig å anta at panelenes produksjon er betydelig redusert i vekstsesongen, grunnet både smuss og skygge. Det har ikke vært feilmeldinger på anlegget i barnehagens systemer.



Figur 21. Munkerud miljøbarnehage 6 juni. Nordlige halvdel av taket (til venstre), sørlige halvdel av taket (i midten), og nordlige halvdel til høyre. Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.



Figur 22. Munkerud miljøbarnehage. Solcellepanel dekket av pollen (til venstre) og koblingsvaier dekket av vegetasjon (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

DT har visuell kontroll av anlegget månedlig og følger kontrolliste i ORRA. Kontrollisten innebærer lite relatert til det grønne taket. Angående solcellepanelene antar TF at DT ikke gjennomfører visuell kontroll av alle panelene i vekstsesong ettersom flere er svært tildekket. Kombinasjonen av intensivt grønt tak og lavt monterte solcellepaneler har da resultert i redusert kvalitet på drift av anlegget. TF

uttrykte ikke ønske om kursing i solcelleanlegg eller grønne tak, men heller et ønske om at fremtidige kombinasjonstak skal være bedre tilrettelagt for solcelleanlegget.

TF var skeptisk til gjennomføringen av anlegget. Vedlikeholdet som kreves for å opprettholde et fungerende intensivt kombinasjonstak med lavt monterte paneler er omfattende og dyrt, og i følge TF øker mengden vegetasjon hvert år. Den betydelige veksten på taket vanskeliggjør også vedlikeholdsarbeid med tanke på fallsikring. Barnehagen har koblingsvaier på taket og sikringsutstyr tilgjengelig, men koblingsvaieren blir gjengrodd. Dette gjør bevegelse med fallsikringsutstyr betydelig vanskeligere. Ved oppkobling av sikringsutstyr setter koblingskrok seg fast i vegetasjonen og må rives løs for at man kan bevege seg langs vaieren, som vist i Figur 22. Kabelbroene hadde kabeldekke, men var hovedsaklig gjengrodd.

For Munkerud miljøbarnehage er det nødvendig å vurdere større tiltak enn for de andre takene. Først er det nødvendig å etablere i hvilken grad systemet fungerer i dag, spesielt med tanke på energiproduksjon. Hvis energiproduksjonen blir betydelig påvirket av skyggelegging fra vegetasjonen må det vurderes om man skal:

- Fjerne solcellepanelene, la det intensive taket gro og gjenbruke panelene på et annet tak
- Endre oppbygningen til det grønne taket, for eksempel ved å minske dybden av vekstmediet/erstatte vekstmediet og deretter plante sedum eller andre lavtvoksende vekster

Ved valg av løsning er det nødvendig å etablere i hvor stor grad vanningsystemet fungerer for innklimaregulering av bygget og hvor vidt denne løsningen vil fungere ved endring av det grønne taket. I tillegg bør tap av energiproduksjon fra solcellepanelene grunnet skygge sammenlignes med energibesparing fra det grønne taket, for å etablere hvilken løsning som er mest energimessig gunstig.

3.2.7 Ruseløkka skole

Adresse: Løkkeveien 15, 0253 Oslo, Befaring : L. Gunvaldsen (OE), 26.06.2023 & 02.08.2023.

Ruseløkka skole sto ferdig bygd i 2021 med et ekstensivt sedumtak og horisontale, monofacial, sør-øst og nord-vest orienterte paneler, i tillegg til vertikale solcellepaneler på fasaden. Sedumtaket på skolen er en del av et større økologisk rettet tak, med taket ett nivå lavere brukt til takhage med drivhus, grønnsakskasser og andre bed. Dette taknivået blir i stor grad brukt til undervisning for elevene på Ruseløkka skole, men det er ikke mulig for kombinasjonstaket. DT for Ruseløkka skole uttrykte ønske om at fremtidige kombinasjonstak på skoler burde tilrettelegges for å kunne brukes som del av undervisningen for at elevene kunne lære om fornybar energi og urbane grøntarealer.



Figur 23. Ruseløkka skole. Kartutsnitt: ©Norgebilder.no.

DT gjennomfører visuell inspeksjon av taket ukentlig. Ved inspeksjon ser DT etter feilmeldinger i varslingsystemet, skadede paneler, nivå av tilsmussing, skyggelegging av panelene, ugressvekst og tette taksluk. Ved behov luker DT. DT følger også med på produksjon fra anlegget for å undersøke avvik i produksjonen, på månedlig og årlig basis. Det er tydelig at DT har kunnskap om solcelleanlegg, men har ikke opplæring i grønne tak. DT etterspurte ikke kursing i solcelleanlegg eller grønne tak.



Figur 24. Ruseløkka skole. Område uten frodig vekst (til venstre), frodig sedumvekst (i midten) og Sedum mellom panelene (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

På befaring 26. juni ble det erfart at sedumtaket var i svært god stand med stor grad av blomstring og lite tørre områder. Et åpent område opplevde mindre sedumvekst enn resten av taket, noe som kan antyde at områdene på taket i nærheten av ly og skygge (f.eks. rundt panelene) har bedre vekstvilkår enn åpne områder. Et lite område hadde eksponert filt og dreneringslag. Det ble ikke observert vannlager under sedumdekket. Den frodige sedumen resulterer i noen grad til vekst som skygger for panelene, men DT informerer at både skyggelegging fra sedum og ugress er svært redusert fra tidligere år. I 2022 utførte DT et omfattende lukearbeid som trolig har hatt en positiv effekt på sedumen og dermed redusert mengden ugress i år. DT informerte også om at det grønne taket blir gjødslet av serviceleverandør og trodde de kanskje gjødslet 4 ganger i året, betydelig mer enn de andre befarte takene.

Under befaringen 2. august var taket fortsatt i god stand. Det åpne området med redusert sedumvekst var i noe grad tilgrodd, som sett på Figur 24. Det ble erfart fargeforskjell og noe avblomstring av sedumen, i tillegg til noe økt ugressvekst mellom panelene. DT uttrykte planer om å luke hele det grønne taket i løpet av de neste månedene. I tillegg til ugress og sedum som skyggela panelene ble det erfart vekstmasse som hadde lagt seg på panelene. I dette området med vekstmasse hadde noen sedumplanter slått rot. Disse plantene er vist i Figur 25 og er svært små, men har mulighet for å bli større og utgjøre større fare for skyggelegging og eventuell skade på panelene. Dette tilfellet tydeliggjør viktigheten av å vaske panelene, spesielt på kombinasjonstak.

Panelene er montert kun 5 cm over sedumen, noe som kan forklare at sedumen klarer å skygge for panelene langs kantene. I tillegg til sedum var det også flere måkereir mellom panelene. DT uttrykte at de som arbeidet på taket var plaget av fuglene under arbeid og at tilstedeværelsen av fuglene var et risikomoment under arbeid på tak som allerede er høyrisiko arbeid. I tillegg var fuglene skyld i mye fugleskitt på panelene. Panelene var også tilsmusset av støv og/eller pollen. Fra visuell inspeksjon var det ingen skadete paneler, men grunnet måkereir ble ikke alle panelene inspisert under befaringen. Panelene er plassert svært tett som vanskeliggjør vedlikehold.

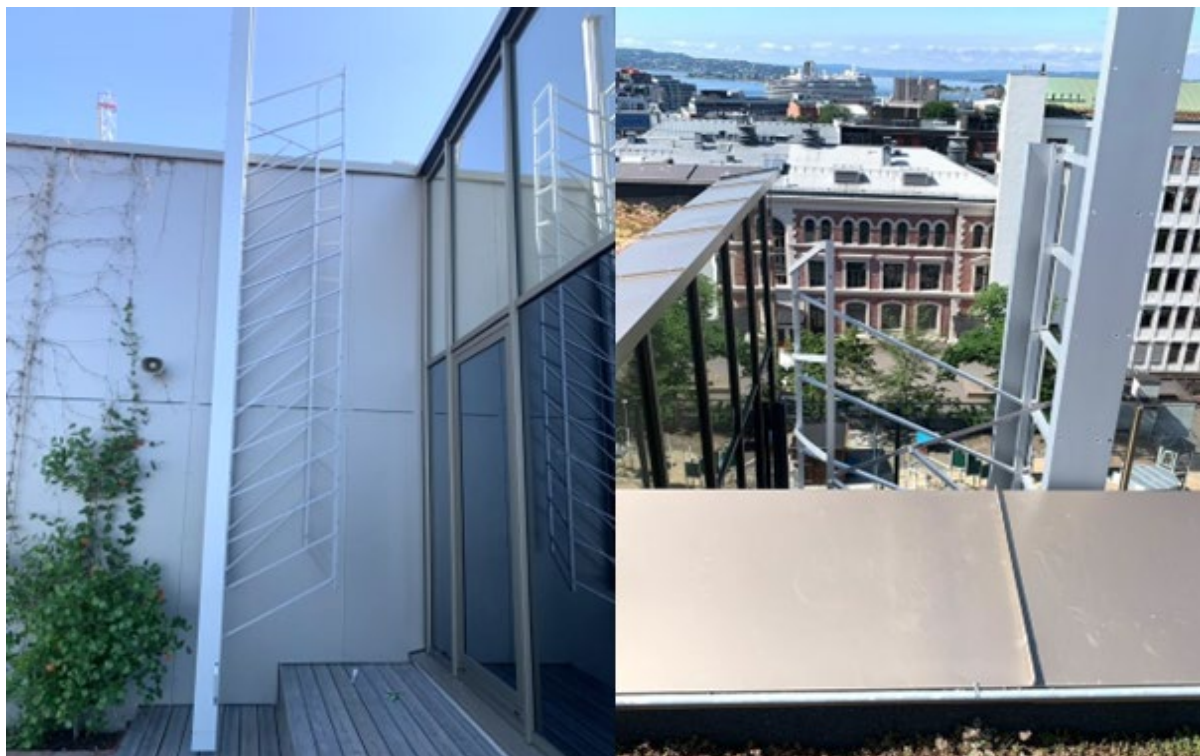


Figur 25. Ruseløkka skole, august 2023. Område med minst frodig vekst (til venstre), Sedum voksende på panel (i midten), og avblomstret sedum (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Kabelbroene er i all hovedsak plassert under panelene, med unntak av et område med ca. 3 m eksponert kabelbro. Kabelbroen har ikke kabeldekke, men grunnet god plass på taket er det ikke behov for å trå på kabelbroen. Det ble erfart betydelig sedumvekst i kabelbroen og mellom kablene (Figur 26). Koblingsvaieren for fallsikring opplevde også betydelig sedumvekst, og var så gjengrodd at den ikke ble lagt merke til under første befaring. Det kan antas at en så tildekket koblingsvaier vil kunne oppleve like problemer som koblingsvaieren på Munkerud miljøbarnehage, men mulig i mindre grad da sedumen vil være lettere å rive gjennom enn gress og unge trær.



Figur 26. Ruseløkka skole. Koblingsvaier tildekket av sedum (til venstre) og kabelbro med sedumvekst (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.



Figur 27. Ruseløkka skole. Stigen sett fra nederste taknivå (til venstre) og toppen av stigen med manglende fallbeskyttelse bak og snublefare fra vaieren på fremsiden (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Tilgangen til taket var ved bruk av en stige (Figur 27). Inngangen til stigen var ikke optimal da en måtte kravle under kantene av stigen for å kunne klatre opp. Ved bruk var stigen vinglete, og på toppen var det tilnærmet ingen hindring for fall bakover. I benhøyde ved avstigning fra stigen var en tynn tverrgående bjelke som presenterte en betydelig snublefare. I tillegg til vanlige risiko under arbeid på tak tilfører denne stigen betydelig økt risiko under arbeid. Ved arbeid som krever utstyr vil DT behøve å frakte utstyr via stigen opp til taket, noe som igjen medfører økt risiko. Et eksempel på en slik situasjon er vanning av sedum. Det er manglende vannuttak på øverste taknivå. For å vanne sedumtaket er det da nødvendig å frakte vannslange koblet til vannuttak på lavere taknivå, via stigen, opp på taket. DT uttrykte stor misnøye med stigen og risikoen den medførte i arbeidet.

Kortsiktige tiltak vil være å erstatte nåværende stige, fugleforebyggende tiltak, vurdere behovet for å hjelpeså området uten sedum og fjerne vekst på panelene.

3.2.8 Solfjellshøgda helsehus

Adresse: Solfjellshøgda 23, 0677 Oslo, Befaring : L. Gunvaldsen, G. von Hindte & S.E. Foss (OE), M. Øgaard & T. Hebnes (IFE), H. Hanslin (NIBIO), 13.06.2023, 25.07.2023 (Teams-intervju) & 01.08.2023.

Solfjellshøgda helsehus ble ferdigstilt i 2020. Først ble solcelleanlegget installert over hele takflaten, bestående av horisontale, monofacial solcellepaneler orientert i flere retninger. Deretter ble det lagt et ekstensivt sedumtak på deler av taket. Grunnet en feil relatert til diffusjonssperren i taket ble anlegget fjernet for tilgang under reparasjonsarbeidet og deretter lagt på nytt igjen.

Under første befaring ble det erfart flere store, tørre områder på det grønne taket med svært lite sedumvekst og noe mosevekst. Samtidig var det tydelige frodige områder med noe blomstring, spesielt under laveste kant av solcellepanelene. Det kan antas at dette skyldes avrenning av panelene fra nedbør, potensielt kombinert med ly og skygge fra panelene.



Figur 28. Solfjellshøga helsehus. Kartutsnitt: ©Norgebilder.no.



Figur 29. Solfjellshøga helsehus. Juni 2023 (til venstre) og august 2023 (i midten og til venstre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

På andre befaring 1. august var det en tydelig fargeforskjell på sedumen fra den tidligere befaringen, fra rødbrun til grønn. Fargeforskjellen er tydelig i Figur 29. Noen av de tørre partiene opplevde økt sedumvekst, men ikke total sedumdekke. På områdene under panelene vokste sedumen enda sterkere, og hadde enkelte steder startet å spre seg under panelene. Sedumdekket mellom panelrekkene på nordlige del av taket var spesielt tørre og uten vekst på begge befaringene. Forbedringene fra første befaring til andre er sannsynlig skyldt store mengder nedbør, og kommer til tross av manglende skjøtsel. DT fortalte taket trolig ikke hadde blitt gjødslet siden 2021, og var usikker på om annet vedlikeholdsarbeid hadde blitt utført.



Figur 30. Solfjellshøga helsehus. Juni 2023 (til venstre) og august 2023 (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Kombinasjonstaket var delt i to typer areal: takflater med kun solcellepaneler, montert med lite mellomrom mellom panelene, og takflater med sedum og paneler, montert med ca. 2 m mellom panelrekkene. Panelene montert på nordligste takflate uten sedumdekke var montert uten mellomrom mellom de ytterste panelene og sedumdekket. Disse panelene var også montert kun 2 cm over

sedumdekket. Dette medførte noe skyggelegging fra nærliggende sedum, vist i Figur 30, men i svært liten grad. Panelene montert på sedum var montert med 38 cm høyde og var ikke utsatt for skyggelegging. Høyden og avstanden mellom panelene montert på sedum kan være en årsak bak sedumveksten under panelene.



Figur 31. Solfjellshøgda helsehus. Utildekket kabelbro (til venstre), begynnende skyggelegging fra sedum (i midten) og tilsnussede paneler (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Solcelleanlegget på Solfjellshøgda helsehus opplevde hovedsaklig vedlikeholdsbehov i form av smuss fra fugleskitt (Figur 31). Et panel var knust og var meldt inn, men var ikke blitt byttet siden første befaring. Kabelbroene var ikke utstyrt med kabeldekke, men er heller ikke i veien for ferdsel ettersom det er god plass mellom paneler. DT visste ikke om anlegget hadde opplevd tekniske feil da feilmeldinger kun var synlig for serviceleverandør. Hverken feilmeldinger eller produksjonsdata var synlig for DT i byggets systemer.

Både DT og TF fortalte om en mindre optimal overtakelse av bygget fra totalentreprenør. Problemer med diffusjonssperre, manglende innføring av solcelleanlegget i byggets SD-anlegg og manglende skjøtsel av sedum var noen av problemene beskrevet knyttet til overtakelsen. DT fortalte også om manglende opplæring, spesielt i grønne tak, som påvirket DTs evne til å gjennomføre kontroll og vedlikehold. Visuell kontroll blir gjennomført 1-2 ganger i måneden, men angående kombinasjonsanlegget blir det kun sjekket om panelene er skadet. DT uttrykte at han ikke hadde grunnlag for å estimere vedlikeholdsbehov for grønne tak og ønsket gjerne kursing på temaet. I tillegg ønsket DT tiltag til service rapport etter utført arbeid fra serviceleverandør for å ha en komplett oversikt over anlegget.

Taket hadde gode tilgangsmuligheter med stor dør, trapp og heis. Taket var også utstyrt med koblingspunkter for fallsikring over hele taket. For panelene montert på sedum var det enkel tilgang for luking, gjødsling og vanning. På panelene montert rett på tak var tilgangen mellom panelene dårlig. Det var ikke vannuttak på taket og slangene koblet på vannuttak inne i bygget var ikke lange nok til å nå taket.

Kortsiktige tiltak vil være å erstatte det knuste panelet og hjelpeså områdene mellom panelene på nordlig side av taket.

3.2.9 Vollebekk barnehage

Adresse: Lunden 51, 0598 Oslo, Befaring : L. Gunvaldsen (OE), 22.06.2023.

I 2019 ble Vollebekk barnehage åpnet med installert kombinasjonstak på to taknivåer. Anlegget består av ekstensivt sedumtak og horisontale, monofacial, nord-vest og sør-øst orienterte paneler, samt vertikale paneler på fasaden av det øverste taknivået.

Det blir gjennomført visuell kontroll av anlegget ukentlig, om ikke oftere. DT anser å undersøke feilmeldinger i systemet, melde inn avvik som skade og smuss på panelene, mindre vasking av panelene og mindre lukearbeid som del av sitt ansvarsområde. DT uttrykte ønske om kursing i vasking av solcellepaneler, i tillegg til et ønske om tilrettelegging for snøfrie paneler for å øke produksjon på vinterstid. Generelt opplever DT sedumen som hardfør og forventer at den kommer seg igjen etter mindre optimal tilstand, slik som ble erfart på befaring i juni.



Figur 32. Vollebekk barnehage. Kartutsnitt: ©Norgebilder.no.

Sedumtaket på Vollebekk barnehage hadde omfattende mosevekst, med taket bestående av betydelig mer mose enn sedum. DT kunne ikke bekrefte om taket ble gjødslet jevnlig, men hadde etterspurt servicerepporter fra TF for å vite hvilket vedlikeholdsarbeid som var gjennomført. Taket var ikke tørt, med unntak av noen områder på sørsiden av taket, som vist i Figur 33. Taket hadde tilnærmet ingen eksponerte områder, men der dreneringslaget var eksponert var det mulig å se at sedumtaket har vannlager. Det var noen få områder med blomstring og tilnærmet ingen ugress. DT uttrykte at taket ble luket jevnlig.

Det øverste taknivået hadde liten grad av sedumdekke ettersom takflaten var begrenset og det var lagt stein rundt takkanten og mellom panelene. Det var da kun arealet under panelene på det øverste taknivået som hadde vegetasjon. Disse områdene blomstrer ikke og består hovedsakelig av mose, så funksjonen av en slik grønn takflate må vurderes. Det er mulig sedumen lagt på det øverste taknivået har tilnærmet ingen nytteverdi.



Figur 33. Vollebekk barnehage. Blomstring under paneler (til venstre), mosevekst mellom og under paneler (i midten) og tørre områder (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Panelene var i liten grad tilsmusset. Et panel i anlegget hadde knust, men var blitt erstattet av servicepersonell. Panelene er montert ca. 5 cm over sedumdekket og blir skygget av de få blomstrende områdene. DT uttrykte at spredningen av panelene ga gode forhold for måkereir. Kabelbroene mellom paneler og til inverter er dekket med kabeldekke.

Det er enkel tilgang til nederste taknivå og øverste taknivå nås med en solid og trygg stige. Ved ferdsel på øverste taknivå er det nødvendig med fallsikringsutstyr. DT er kurset og har eget fallsikringsutstyr og det er koblingsvaier for fallsikring rundt hele taket. I tillegg er det mulig å visuelt kontrollere alle panelene uten å være under 2 m fra kanten. Nederste taknivå er utstyrt med vannuttak lett tilgjengelig for eventuell vask av panelene.

Langsiktige tiltak vil være å etablere årsaken til omfattende mosevekst.

3.2.10 Storbylegevakten

Adresse: Trondheimsveien 235, 0586 Oslo, Befaring : L. Gunvaldsen (OE), 26.06.2023 & 01.08.2023.

Storbylegevakten sto ferdig bygget i 2023 som et høyteknologisk og miljøsertifisert, moderne bygg. Et av byggets flere bærekraftstiltak er to kombinasjonstak med ekstensivt sedumtak og horisontale, monofacial solcellepaneler orientert i flere retninger. Kombinasjonstakene ble installert i 2022, men selve bygget ble ikke åpnet før april, 2023. Under befaring 26. juni var en ansatt fra serviceleverandør tilstede og bidro DT med å svare på spørsmål.



Figur 34. Storbylegevakten. Kartutsnitt: ©Norgebilder.no.

DT har enda ikke fått klare instruksjoner på hvilke driftsoppgaver som skal gjennomføres i henhold til kombinasjonstaket, men forventer at dette blir etablert snart ettersom bygget er svært nytt. DT antar visuell kontroll vil gjennomføres ukentlig og at spyling av paneler, lusing og innmelding av avvik som skadede eller tilsmussede paneler og eksponert dreneringslag vil være del av arbeidsoppgavene.



Figur 35. Storbylegevakten, juni 2023. Blomstring på det østlige taket (til venstre), tørkeskadet sedumdekke (i midten) og slitasje langs sti på det østlige taket fra plattingen, forbi panelene (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

Under befaring i juni ble det erfart en tydelig forskjell mellom de to takflatene. Det østlige taket var svært frodig, som vist i Figur 35, med stor grad av blomstring og insektsaktivitet og få tørre eller eksponerte områder. På det vestlige taket hadde store deler av sedumen ikke tålt sesongskiftene og taket hadde stor grad av sedumdød. Dette er vist i Figur 35. Dette resulterte i omfattende ugressvekst som serviceleverandør måtte aktivt jobbe mot. Dette arbeidet besto av lusing av ugress, sprøyting av ugress på de mest utsatte områdene for så å hjelpeså de sprøytete områdene. Ansatt fra serviceleverandør uttrykte et ønske om at fremtidige kombinasjonstak installeres med nok plass mellom panelene til å komfortabelt luke, ettersom dette ikke var tilfellet på Storbylegevakten.

Sedumtaket på storbylegevakten var lagt med et løst lag lavastein som deretter blir sådd med sedumstiklinger. Denne sedumkonstruksjonen hadde ikke vannlager. Figur 35 viser en sti dannet av tråkkslitasje fra arbeidet utført på taket. Ansatt fra serviceleverandør uttrykte at dette var vanlig i oppstartsperioden av et sedumtak og ved endt hyppig vedlikehold ville de slitte områdene hjelpeså og returnere til normal stand. Generelt vil taket bli gjødslet 2 ganger i året og lukes kun på etterspørsel fra DT.



Figur 36. Storbylegevakten, august 2023. Ugress mellom panelene (til venstre), området med sedumdød (i midten), gjengrodd slitasjesti i august (til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

På befaring 1. august var det østlige taket i tilnærmet lik stand som juni. Takflaten hadde stor andel frodig sedum og stiene var hovedsaklig dekket av vegetasjon, men det ble også erfart økt ugressvekst. På den vestlige takflaten var det døde området delvis dekket av vegetasjon, men hovedsaklig ugress.

Resten av taket hadde flere områder med utbredt ugress og ugresset mellom panelene hadde vokst tilbake. Det var fortsatt flere ansatte fra grønt tak serviceleverandør tilstede for å vedlikeholde taket. Områdene med utbredt sedum virket derimot svært sunne.

Panelene er montert ca. 10 cm over sedumdekket. I Figur 36 vises det hvordan ugresset begynner å skygge for panelene. Utenom dette var det ingen avvik med panelene. Det var tilnærmet ingen smuss og DT fortalte at panelene ble spylt ved behov. Ingen av panelene hadde visuelle skader og det var ingen registrerte varsler i SD-anlegget. Kabelbroene til panelene var ikke dekket til, men ettersom taket har rikelig med plass er det ikke behov for å gå over/trække på kabelbroene. DT uttrykte likevel et ønske om kabeldekke for å redusere kablens eksponering for vær og vind.

Bygget er utstyrt med koblingspunkter for fallsikring rundt hele taket. Tilgangen til takene er svært god med heis og brede dører. Det østlige taket er en etasje lavere enn det vestlige og har heistilgang. Det er vannuttak på begge takene. I tillegg er dette taket utstyrt med en terrasse med bord og benker som kan brukes til rekreasjonsopphold. Det faktum at taket er tilgjengelig og synlig for andre enn drift- og servicepersonell kan styrke motivasjonen for å holde det grønne taket i god stand.

Kortsiktige tiltak vil være å undersøke eventuelt problem med laminering av panelene.

3.3 Generelle resultater

Målet ved å installere kombinasjonstak er å utnytte de positive egenskapene til både grønne tak og solcelleanlegg på samme takareal. I tillegg ønskes det å øke effekten av de to anleggene gjennom en gjensidig gunstig kombinasjon av anleggene. Dette prosjektet ønsker å etablere om dette målet er oppnådd, delvis gjennom data samlet fra befaringene på takene.



Figur 37. Oppsummertinformasjon fra intervju med driftsteknikere på de befarte takene.

I følge DTene intervjuet var det oftere oppstått problemer enn gevinster grunnet kombinasjonen av anleggene. Likevel er en tydelig majoritet positivt eller nøytralt innstilt til kombinasjonsanleggene. Dette vises i Figur 37. Denne uoverensstemmelsen kan skyldes hvilke problemer og gevinster som har oppstått. Tre av fem DTer som fortalte om problemer forårsaket av kombinasjonen av anleggene anga økt måkeaktivitet og bedre forhold for måkereir som det gitte problemet. De to andre beskrev tråkkskader på sedumen grunnet installering av solcelleanlegget og skyggelegging av panelene fra vegetasjonen som problemene oppstått grunnet kombinasjonen. Kun en DT beskrev en gevinst oppstått av kombinasjonen. DT fortalte at sedumen på kombinasjontaket holdt seg bedre enn andre sedumtak han var DT for, og anga skygge og le fra panelene som årsak til sedumens gode stand.

3.3.1 Kombinasjonstak

Basert på befaringsene av takene kan det konkluderes med at kombinasjonstakene Oslobygg KF er i svært forskjellige forfatninger. Noen av kombinasjonstakene har blomstrende sedum uten skyggelegging på panelene, mens andre har stor grad av skyggelegging på panelene fra vegetasjonen eller sedum i relativt dårlig stand. For å gi et oversiktsbilde er kombinasjonstakenes vedlikeholdsbehov oppsummert i Tabell 2.

Vedlikeholdsbehovet flest tak opplevde var ugressvekst. Fra Tabell 2 er det mulig å se et overlapp av tak med mye ugress og tak med skyggelegging av panelene. Samtidig overlapper størst grad av tørke med minst mengde ugressvekst. Det er også en tydelig trend av at lavt monterte paneler (5-10 cm) har en større grad av skyggelegging på vegetasjonen. Panelene montert med 5 cm høyde var de eneste panelene skygget av sedum, og ikke kun av ugressvekst.

Tabell 2. Kombinasjonstakenes vedlikeholdsbehov erfart av driftstekniker og teknisk forvalter. Felt uten farge indikerer at taket ikke erfarte vedlikeholdsbehov overhodet. "Skygge" i siste kolonne omhandler skyggelegging fra vegetasjon, der S indikerer skygge fra sedum og U indikerer skygge fra ugress. "Slitasje" henviser til skade grunnet tråkk.

Vedlikeholdsbehov								
Eiendomsnavn	Grønt tak					PV		
	Ugress	Tørke	Mose	Erosjon	Slitasje	Smuss	Skader	Skygge
Gransletta bhg.								U
Grorud flerbrukshus								
Hasselhaugen bhg.								
Jordal Amfi								
Løren skole								U
Munkerud Miljøbhg.								S, U
Ruseløkka skole								S, U
Solfjellshøgda helsehus								
Vollebekk bhg.								S
Storbylegevakten								U

Gradering	I liten grad	I noen grad	I stor grad
-----------	--------------	-------------	-------------

Det var tilnærmet ingen vegetasjonsvekst under de horisontale panelene, med unntak av Storbylegevakten der vegetasjonen under panelene besto hovedsaklig av ugress. Det varierte mellom takene om det var plantet vegetasjon under panelene eller ikke, men for alle tak med horisontale paneler var områdene under panelene fri for frisk sedum. Dette kan sees i Figur 38. For de vertikale panelene på Løren skole finnes det tidligere bevis på at sedumen vokser godt under panelene, men grunnet tørken som har påvirket taket i år er det lite frisk sedum under panelene.

Enkelte av takflatene hadde svært begrenset areal. Når det da ble installert lavtmonterte, horisontale solcellepaneler som hemmer sedumveksten under panelene er det funksjonelle arealet for fungerende grønt tak svært lite. På slike takflater er det nødvendig å undersøke om effekten av f.eks. sedum på slike begrensede områder veier opp for kostnadene av sedumen.

Med tanke på fordrøyningssevne og dreneringssystem er det ingen av takene som har opplevd problemer med drenering og avrenning, med unntak av Vollebekk barnehage der det oppsto en lekkasje i et taksluk som raskt ble fikset. Selv om det ikke har oppstått varslinger i avrenningssystemet eller lignende er det mulig moseveksten på enkelte tak (f.eks. Vollebekk barnehage og Gransletta barnehage) skyldes for våte omgivelser, altså for lav dreneringsevne.

Flere av takene har paneler som helt eller delvis er skyggelagt i løpet av en dag grunnet takkonstruksjonen eller beliggenheten til bygget. Hasselhaugen barnehage og Vollebekk barnehage er eksempler på dette. Slik skyggelegging vil kunne betydelig redusere produksjonen fra de gitte panelene.



Figur 38. Ruseløkka skole (oppe til venstre), Gransletta bhg. (oppe i midten) Hasselhaugen bhg.(oppe til høyre) Storbylegevakten.(nede til venstre) og Løren skole (nede til høyre). Foto: Lina M. Gunvaldsen/Over Easy Solar.

3.3.2 Driftspersonell

Fra intervjuene utført på befaringene og gjennom digitale møter ble det oppfanget tydelige kunnskapshull blant kommunens driftspersonell. Majoriteten av DTer intervjuet uttrykte delvis eller helt manglende kunnskap om grønne tak og/eller solcelleanlegg. Enkelte DTer og TTer uttrykte at de ikke visste hva som klassifiseres som avvik, f.eks. hvor skittent et solcellepanel må være før det behøver rengjøring.

Tabell 3. Hyppigheten av visuelle kontroller på eiendommene.

Kontrollrutine	Eiendommer
Mer enn ukentlig	2
Ukentlig	2
Mindre enn ukentlig	3
Månedlig	1
Mindre enn månedlig	1
På etterspørsel	1

Samtidig ble det uttrykt et tydelig ønske om kursing i disse områdene. Både DT og TF etterspurte kursing fra kommunen i grønne tak og/eller solcelleanlegg for å kunne utøve arbeidet sitt bedre og sikre kvaliteten på kombinasjonstakene. Ettersom majoriteten av takene ble visuelt inspisert flere ganger i måneden, som vist i Tabell 3, vil en grundig opplært DT ha gode forutsetninger for å oppdage vedlikeholdsbehov raskt. En DT uttrykte viktigheten av godt opplært driftspersonell på vedlikeholdet av kombinasjonstakene slik:

“Jo mer kunnskap vi har, jo forttere melder vi ifra og jo forttere kommer service og fikser.”

Det ble også erfart et tydelig hull i kommunikasjon rundt drift og vedlikehold av anleggene. Ved utførelse av service er serviceleverandør pliktig å rapportere hva servicen inneholdt og når det ble utført til TF. Dette blir overholdt, men sjeldent delt med DT. Dermed har DT ikke komplett oversikt over takene de har ansvar for. Dette ble det uttrykt et ønske om å forbedre da DT gjerne ikke har informasjon om hvem som utfører service på byggene, og får ikke servicereporter om hva som har blitt utført. En komplett oversikt kan forbedre DTs evne til å drifte taket.

3.3.3 Arbeid i høyden

Drift av kombinasjonstak kategoriseres som arbeid i høyden og må da følge Forskrift om utførelse av arbeid - Kapittel 17: Arbeid i høyden. Arbeid i høyden har høyere risiko enn arbeid uten risiko for fall og det er derfor svært viktig å ha tilstrekkelig og riktig sikkerhetstiltak på takene.

Under befaringene ble det tatt notis av potensielle risikomomenter knyttet til arbeid i høyden. Det følgende er ikke en fullstendig gjennomgang av faremomenter, men observasjoner gjort underveis i befaringen. Disse har deretter blitt sortert i fire tilstandsgrader (TG) basert på alvorlighet av risikomomentene. Tilstandsgradene er utviklet av intervjuer for denne rapporten. En beskrivelse av de fire tilstandsgradene, samt rangeringen av takenes sikkerhet er presentert i Tabell 4.

Tabell 4. Eiendommenes grad av risiko relatert til arbeid i høyden.

Eiendomsnavn	Tilstandsgrad (TG)	
	Tilgang	Fallsikring
Gransletta barnehage	0	2*
Grorud flerbrukshus	0	0
Hasselhaugen bhg	0	1
Jordal amfi	0	0
Løren skole, bygg 7	0	0
Munkerud Miljø bhg	0	1
Ruseløkka skole	3	0
Solfjellshøgda helsehus	0	0
Vollebekk bhg	0	0
Storbylegevakten	0	0

*Tilstandsgraden er gitt under antagelsen av manglende koblingspunkter for fallsikring.

TG0: Det er mulig å gjennomføre arbeidet uten noe økt vanskelighetsgrad og/eller risiko. TG1: Det er mulig å gjennomføre arbeidet, men med økt vanskelighetsgrad og/eller risiko. TG2: Det er kun mulig å gjennomføre deler av arbeidet uten uakseptabel risiko.

TG3: Det er ikke mulig å gjennomføre arbeidet uten uakseptabel risiko.

De to takene med TG1 omhandler ikke-optimale koblingspunkter for fallsikring, men dette går hovedsaklig ut over kvaliteten av arbeidet og mindre utover sikkerhet. Taket med TG2 har manglende koblingspunkter til fallsikring og arbeidet på taket begrenses derfor sterkt. Taket med TG3 omhandler

et tak med stigeilgang der stigen aktivt setter arbeidere i stor risiko for fall og skader. For mer detaljerte beskrivelser, se beskrivelsene av de spesifikke takene i Lokasjoner.

3.4 Konklusjon driftserfaringer

Overordnet har DTene ansvarlige for kombinasjonstakene til Oslobygg KF, positive eller nøytrale inntrykk av anleggene. Selv om flere sedumtak er i mindre god stand er dette tilsynelatende ikke skyldt kombinasjonen av solcellepaneler og grønt tak. Mange av takene er svært tørre, sannsynligvis resultatet av en svært tørr start på sommersesongen. Enkelte tak har utbredt mosevekst som bør utredes av serviceleverandør for å etablere om det skyldes næringsmangel, vannansamling e.l..

Selv om DTene har positivt eller nøytralt inntrykk av anleggene uttrykker de misnøye ovenfor opplæringen rundt drift av anleggene. Majoriteten av DTene etterspør opplæring i drift av solcelleanlegg og/eller grønne tak. Det ble også nevnt at spesifikke arbeidsoppgaver relatert til kombinasjonstaket ikke nødvendigvis var lagt inn i ORRA, og omfanget av kontroll av systemet varierte sterkt basert på DTenes egne kunnskaper om systemene. Gjennom befaringsene er det erfart hvordan mangel på opplæring har resulterert i lavere kvalitet på drift og sjeldnere vedlikehold. Dette på tross av hyppige visuelle kontroller gjennomført av DT.

Et vedlikeholdsbehov erfart på halvparten av anleggene var skyggelegging av panelene fra vegetasjonen. Noen av takene opplevde skygge fra ugress, som dermed kan unngås ved luking. Andre tak opplevde skyggelegging fra sedumen. På disse takene var solcellepanelene montert svært lavt, 5 cm over sedum. På de andre takene med lavt monterte paneler, 10-15 cm, var det ikke sedumvekst rundt panelene. Ettersom frisk sedum kan ha en vegetasjonsvekst opp til 25 cm vil frisk, blomstrende sedum alltid ha en mulighet for å skyggelegge lavt monterte paneler. På eksisterende anlegg må dette fikses ved å kutte ned eller luke den skyggeleggende sedumveksten, et tiltak som motvirker den opprinnelige funksjonen til det grønne taket. For nye anlegg vil en løsning som opprettholder effekten av både det grønne taket og solcelleanlegget være å tilpasse panelhøyden til maksimal vegetasjonshøyde, og motsatt.

Et annet aspekt der anleggene må tilpasses hverandre omhandler arealbruk og vekst under panelene. Som vist i Figur 38 er det en minoritet av anleggene som opplever sedumvekst under panelene. Under befaringsene var det kun Storbylegevakten og Løren skole som opplevde vegetasjonsvekst generelt direkte under panelene. På Storbylegevakten besto vegetasjonen kun av ugress, mens på Løren skole var veksten sedum (anlegget har vertikale paneler). Solfjellshøgda helsehus, med paneler montert 38 cm over sedumlaget, opplever noe vekst under panelene. De andre takene hadde varierende grad av mose, ugress og til tider sedum, men i svært lite omfang. Dette antyder at tak med horisontale solcellepaneler vil med dagens praksis ikke kunne utnytte hele takflaten til grønt tak, selv om det legges vegetasjon over hele arealet, med et potensielt unntak av horisontale paneler med høy monteringshøyde. Dette må tas i betraktning ved utforming av nye anlegg.

Enkelte av takene opplevde skyggelegging av panelene grunnet takkonstruksjonen og beliggenhet. Dette vises tydelig for Hasselhaugen barnehage i Figur 10. For et kombinasjonstak vil optimalt hele takflaten ha to funksjoner, grønt tak og energiproduksjon. Likevel er dette ikke alltid tilfellet. For et kombinasjonstak kan det derfor være ekstra aktuelt å revurdere plasseringen av solcellepanelene som står skyggelagt betydelige deler av dagen og har redusert produksjon, ettersom arealet panelet opptar kunne vært utnyttet til vegetasjon. Samme areal vil dermed bli utnyttet, men med solcellepaneler er ikke utnyttelsen av arealet optimalt, i motsetning til f.eks. for sedum. Om en endring fra paneler til kun grønt tak i de skyggelagte delene av taket øker arealets nytteverdi må undersøkes med bl.a. bruk av energiproduksjonen fra de gitte panelene.

På tak med begrenset areal, slik som Hasselhaugen barnehage, kan det og være nødvendig med en avveining om den totale nytteverdien av det grønne taket på et slikt redusert areal er tilstrekkelig og gjør opp for kostnadene av installering. For å gjennomføre slike vurderinger er det behov for flere og mer tekniske undersøkelser, f.eks. om evne til overvannshåndtering for et grønt tak med redusert areal.

For alt arbeid utført på tak er det viktig med riktige sikkerhetstiltak og fallsikring. For et kombinasjonstak vil vedlikeholdsarbeidet utført på taket øke i omfang og mengde, noe som gjør korrekt sikring enda viktigere. Jo mindre risiko relatert til arbeid på taket, jo hyppigere blir taket inspisert, eksemplifisert av Hasselhaugen barnehage der rutinekontroll vil utføres sjeldent grunnet høyere fallrisiko og krav om fallsikring. Det må dermed være en prioritet med korrekt fallsikring og trygg tilgang for å sikre trygt arbeid og muliggjøre jevnlig kontroll og vedlikehold. Det burde være tilgang til takflater driftsteknikere uten bruk av lift, ulikt tilfellet på Gransletta barnehage. Sikringstiltakene må være utformet til å muliggjøre kontroll av hele anlegget, samt unngå skade på anlegget ved eventuelle fall.

4 Effekter på strømproduksjonen

På et kombinasjonstak ser man for seg at det grønne taket kan påvirke strømproduksjon fra solceller på flere ulike måter, gjennom både endringer i mikroklimaet og direkte påvirkning fra vegetasjonen. Lavere omgivelsestemperatur kan gi lavere solcelletemperatur og høyere effektivitet, endring i fuktighet kan påvirke tilskitning av panelene, og vegetasjonen kan både skygge og gi økt solinnstrålingsrefleksjon sammenlignet med f.eks. bitumen takbelegg. I dette prosjektet har vi valgt å undersøke skygging fra vegetasjon og redusert omgivelsestemperatur, ettersom dette er forventet å være noen av de viktigste faktorene som påvirker strømproduksjon fra solceller på grønne tak. Spesielt temperaturreduksjon er en effekt som er mye diskutert i forskningslitteraturen (Lamnatou & Chemisana, 2015). Spørsmålene vi ønsker å besvare er 1) Skygger vegetasjonen for solcellene, og hvor mye tap gir dette? og 2) Gir det grønne taket redusert solcelletemperaturer og økt strømproduksjon? Analysen er basert på data samlet fra et av solkraftanleggene til Oslobygg KF som er installert på grønt tak, samt observasjoner fra befaringene og intervjuene med driftsansvarlige på bygg med grønne tak og solceller som er gjennomført i prosjektet.

4.1 Skygging fra vegetasjon

Skygging av solceller kan ha stor påvirkning på strømproduksjonen, selv om bare en mindre del av panelet er skygget. Skygge kan også gi økt varmetutvikling som på lengre sikt gi permanente skader på panelene [1]. For solceller på grønne tak kan man få en økning i skyggetap hvis vegetasjonen vokser seg så høy at den skygger for solcellene. Det er forventet at skyggingen fra planter på et grønt tak vil avhenge av solcellepanelenes høyde over underlaget, samt veksthøyde på det grønne taket. Veksthøyden til plantene er igjen avhengig av jorddybde, plantart, lokalt klima, ugressvekst og vedlikehold av taket. I dette prosjektet har vi undersøkt om 1) solceller på grønne tak får økt skygge fra vegetasjon, og 2) vurdere effekten av denne skyggen.

For å undersøke om solceller får økt skygge fra vegetasjon, har vi vurdert observasjonene fra feltarbeidet og intervjuene gjennomført i prosjektet. I intervjuene med driftsansvarlige rapporteres det om stor grad av skygging på Munkerud miljøbarnehage, og noen grad av skygging på Gransletta barnehage, men liten grad til ingen skygging av solcellepanelene fra det grønne taket på resterende anlegg. Det er likevel punktobservasjoner fra takbefaringene på de fleste anlegg av forskjellige typer ugress som skygger (Grorud flerbrukshus, Gransletta Barnehage, Jordal amfi, Løren skole), eller sedummatter som skygger/gror over kanten på modulene (Ruseløkka skole, Storbylegevakten, Solfjellshøgda Helsehus). Som vist i Figur 39, så er panelene på Solfjellshøgda helsehus som er hevet 38 cm over taket i mindre grad påvirket av skygge enn de som er montert helt nede på taket. Også for tak hvor solcellene og det grønne taket er separert observeres det skygge fra vegetasjon, fra ugress som vokser i steinene som er lagt under og mellom panelene. Vi observerer at det spesielt er tak med høy plantevekst/ugress og tak hvor solcellepanel er montert tett på taket som er påvirket. Med mye ugress blir panelene skygget uavhengig av installasjonsmetode, men hvis panelene er installert nærme taket, kan de skygges av både sedum og ugress.

Skygging fra vegetasjon er forventet å variere gjennom året og med været. Dette er også observert i dette prosjektet. Begynnelsen av sommeren 2023, når de første befaringene ble gjort, var veldig tørr med lite vekst på flere av de grønne takene. Andre halvdel av sommeren var derimot veldig våt, og det ble observert betydelig mer ugressvekst og skygging på takene.

Den forventede effekten av skygging av solcellepanel er tap i strømproduksjon og skader i panelene på lang sikt (Vumbugwa m. fl. 2022). Dette viste seg å være vanskelig å kvantifisere med de tilgjengelige dataene i dette prosjektet. Det var bare tilgjengelig strømproduksjonsdata fra tak med mindre grad av skygging av vegetasjon. Solcellene på noen av disse takene var betydelig påvirket av skygging fra

fugleskitt og objekter på taket (piper, takkanter, osv), og det var dermed vanskelig å skille ut skyggetap fra vegetasjon. Det samme gjaldt skader i panelene observert med termisk avbildning. Det ble observert skader i solcellepanelene på de fleste tak, men med de tilgjengelige dataene var det vanskelig å relatere dette til skygging fra vegetasjon. Det var ikke tilgjengelige data fra solcelleanlegg med betydelig skygging, for eksempel Munkerud miljøbarnehage.



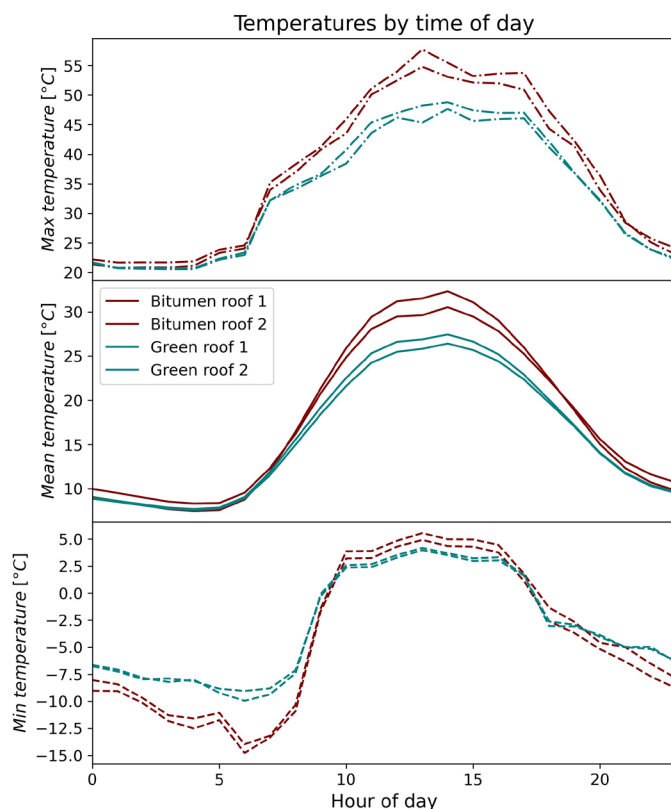
Figur 39. Eksempler på observert skygge fra vegetasjon på solcellepanel. A) Skygge fra høye planter/ugress (i stor grad), b) og c) Skygge fra høye planter/gress (i mindre grad). d) - f) Skygge fra vegetasjon (både sedum og ugress) på solcellepanel montert nærme taket. g) og h) solcellepanel på samme tak (Solfjellshøgda helsehus), men hvor g) panelene er hevet 38 cm over taket og har mindre skygge, og h) panelene er montert nærme taket og blir skygget. Foto: IFE.

4.2 Redusert omgivelsestemperatur

Effektiviteten til solceller øker når temperaturen reduseres. Flere studier viser at strømproduksjonen fra solceller på grønne tak er høyere enn for solceller på tak med for eksempel bitumen takbelegg siden vegetasjonen reduserer temperaturen på panelene (Lamnatou & Chemisana, 2015). Studiene som viser

dette er ofte fra mindre testanlegg, og det er også forventet at denne effekten vil være avhengig av både typen grønt tak, og hvordan solcellene er installert (avstand til taket og vinkel). For å undersøke denne effekten for et storskalasystem, med en installasjonskonfigurasjon som er vanlig i Norge, i et norsk klima, har vi i dette studiet sammenlignet solcellepaneler på grønt tak og på bitumen på Solfjellshøgda helsehus. Solcellepanelene som er installert på grønt tak (sedum) er montert 38 cm over taket med mellomrom mellom radene, mens på vanlig tak (bitumen) er panelene installert rett på taket og i rader uten mellomrom.

Grunnlaget for denne analysen er måledata fra solcelleanlegget på Solfjellshøgda helsehus fra 10.03.2022 til 15.08.2022. Denne tidsserien på litt over 5 måneder inneholder strømproduksjonsdata for ulike seksjoner av taket, horisontal innstråling (GHI – global horizontal irradiance), samt innstrålingsmålinger fra to referanseceller i planet til de henholdsvis sør-vest og nord-øst vendte panelene. Tidsserien inneholder også modultemperaturmålinger fra to seksjoner, en seksjon med paneler installert over grønt tak, og en seksjon med paneler installert på vanlig tak. Hver av disse seksjonene har temperatursensorer på to paneler.



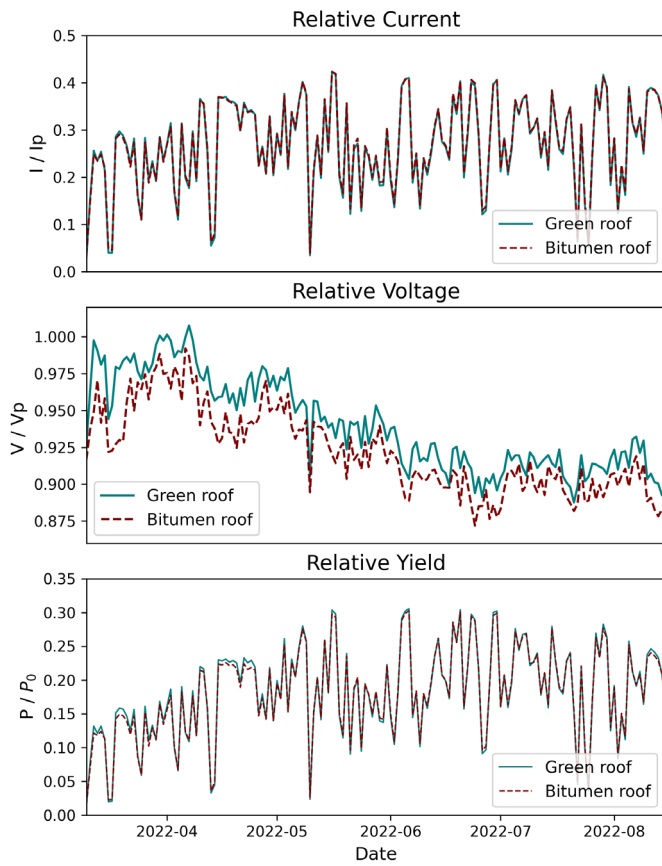
Figur 40. Maksimum-, gjennomsnitts- og minimumstemperatur for hvert tidspunkt gjennom døgnet i hele tidsperioden (5 måneder) for solcellepaneler på grønt tak og vanlig tak for den analyserte tidsperioden.

Figur 40 viser maksimum-, gjennomsnitts og minimumstemperatur for hvert tidspunkt i døgnet for hele tidsserien for de to temperatursensorene på solcellepaneler på grønt tak, og de to temperatursensorene på solcellepaneler installert på vanlig tak. Figuren viser at temperaturen til modulene plassert på grønt tak gjennomsnittlig holder en lavere temperatur gjennom hele døgnet. Det er spesielt stor forskjell midt på dagen, når omgivelsestemperaturen og solinnstrålingen typisk er høyest. Det er også mulig å se fra den nederste av de tre Figurene at om kvelden, når temperaturen er lavest, har modulene som står på grønt underlag i snitt en høyere minimumstemperatur, som kan indikere at det grønne underlaget fungerer som en varmeballast som gir modulene en mer moderat temperatur både dag og natt.

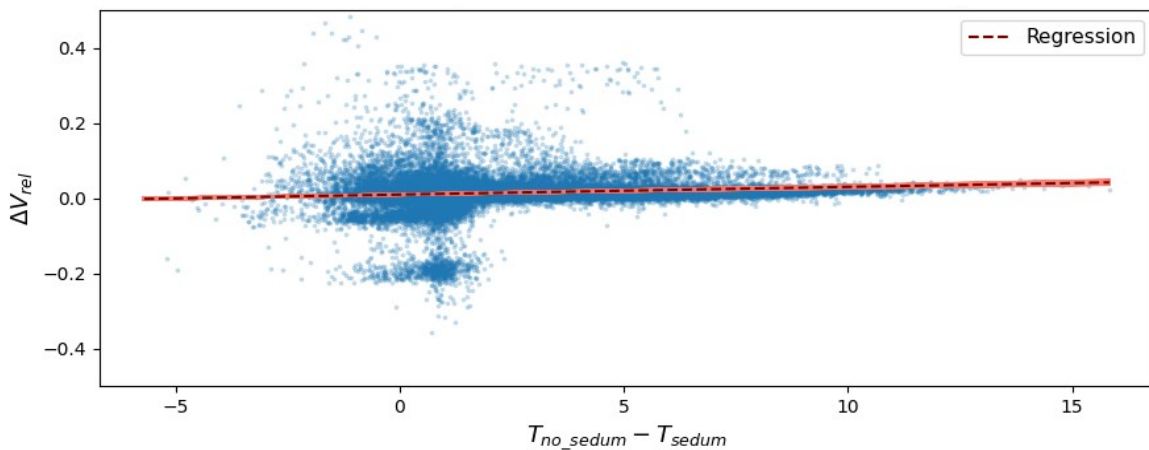
Figur 41 viser strøm, spenning og effekt fra seksjoner med solcellepaneler på sedum og på vanlig tak, normalisert i forhold til nominell strøm, spenning og effekt for disse seksjonene. Dette viser effekten den reduserte temperaturen har på energigenereringen fra solcellene. Vi ser at strømmen fra solcellene på grønt tak og vanlig tak er ganske lik, men at det er en betydelig forskjell i spenning. Spenningen for seksjonene på sedum ligger i gjennomsnitt 1.63 % høyere enn seksjonene med solcellepanel som er installert på vanlig. Dette stemmer med at en reduksjon i temperatur først og fremst gir økning i spenning. Figur 42 viser hvordan temperaturforskjellen mellom solcellene på grønt tak og på vanlig tak korrelerer med forskjellen i spenning mellom de to seksjonene. I sammenligningen av energi mellom seksjonene på grønt tak og vanlig tak ser vi at denne økningen i spenning gir økt energi for solcellene på det grønne taket når det er gode innstrålingsforhold og høy energigenerering. Den målte forskjellen i temperatur i denne perioden er forventet å gi en økning i energigenerering på 1-2 %. Vi ser ikke like stor forskjell i strømproduksjon mellom seksjonene på og utenfor grønne tak, men dette kan skyldes andre faktorer som gir energitap ulikt for de ulike sektorene, for eksempel skygging fra objekter på taket.

Datagrunnlaget for denne analysen er basert på data fra sommerhalvåret 2022, og vi har derfor ikke noe grunnlag for å si hvordan denne effekten er resten av året, eller hvordan kjølingen av solceller på grunn av vegetasjon kan variere fra år til år. Sommeren er den perioden vi forventer å se mest forskjell mellom solceller på grønt tak og på bitumen, ettersom det er da vi har høyest solinnstråling og de høyeste temperaturene. Som vist i Figur 40, er det høyest temperaturforskjell mellom solcellene på og utenfor grønt tak midt på dagen. Om vinteren eller ved skydekke kan man forvente at forskjellene vil minke. Vi vet heller ikke hvordan kjøleeffekten vil variere med hvordan solcellene er installert (vinkel, hvor mye de er hevet over bakken, mellomrom mellom rader), eller hvordan denne effekten vil variere for ulike typer grønt tak (type vegetasjon, tilstand på vegetasjon, vanninnhold, tykkelse, osv.). Dette er et område hvor det er behov for mer forskning.

En usikkerhet i analysen er forskjellen i hvordan de to strengene er montert. Modulene som ikke står på sedum er montert uten mellomrom mellom modulene og bakken, i motsetning til modulene på grønt tak som er montert med en betydelig glippe mellom underlaget og panelet. Dette betyr at vindkjølingen for modulene montert over sedum er forventet å være større, som kan bidra til den observerte temperaturdifferansen.



Figur 41. Relativ spenning og strøm for streng plassert på og utenfor grønt tak. Daglige gjennomsnittsverdier.

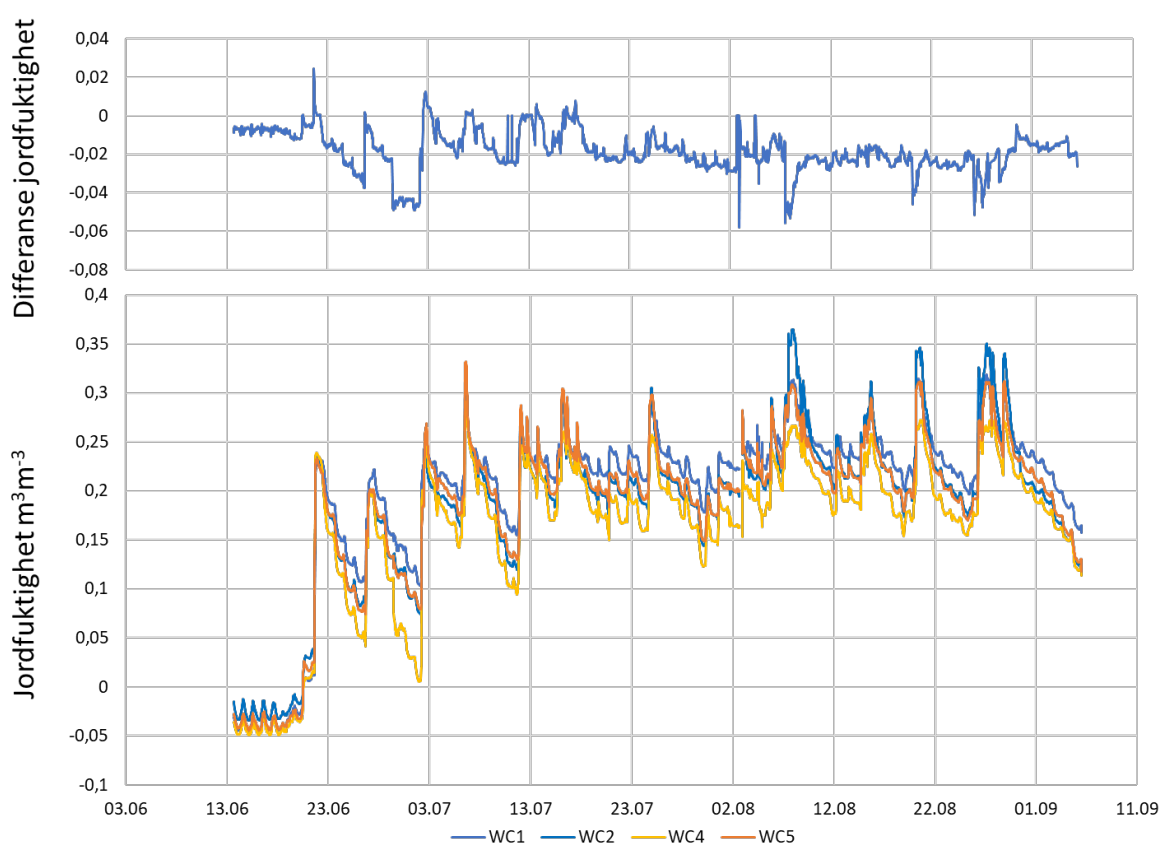


Figur 42. Korrelasjon mellom temperaturforskjellene for solceller plassert på grønt tak (sedum) og på tak med bitumen (no sedum) med forskjellen i relativ spenning.

5 Effekter på vegetasjonen

5.1 Gjennomføring

Det ble befart noen få tak midt i juni og gjennomført vurderinger av flere tak basert på bilder utover sommeren. På de befarte takene var det hovedsakelig sedumvegetasjon, enten som tynne matter eller kassesystemer. Det var en veldig tørr forsommer og ensartet vegetasjon på de takene som ble befart. Det ble logget jordfuktighet på taket på Løren skole, både under panelene og i områder uten paneler. Her var det montert vertikale Over Easy paneler. Det ble også montert utstyr for måling av overflatetemperatur, men tekniske problemer ga et ufullstendig datasett.



Figur 43. Vanninnhold i vekstmediet målt under vertikale paneler (WC1 og WC2) og i åpne områder (WC4 og WC5) i perioden juni til September 2023. Øverst er vist differansen mellom gjennomsnittsdata utenfor og under panelene. Svært tynnt lag vekstmasse ga usikkerhet i målingene. Sensorene ga negative verdier i tørkeperioden i slutten av juni.

Målingene av jordfuktighet viste at panelene buffret jordfuktigheten noe ved å redusere tap av fuktighet (Figur 43). Den positive effekten av plantene sitt vannforbruk på energiproduksjonen gjennom redusert overflatetemperatur er avhengig av tilstrekkelig med vann i vekstmediet. Et tørt sedumtak bidrar ikke til å senke overflatetemperaturen (f. eks. Cirkel m.fl., 2018).

5.2 Ugras

På de undersøkte takene var det oppslag av ulike ugras, særlig der sedumvegetasjonen var slitt eller skadet, i skyggen av paneler, og i nærheten av andre tekniske installasjoner som kabelbruer (bl.a.

Figur 26). Oppfølgingen med luking hadde også variert mellom takene og på flere av takene var det stor frøsetting i ugraset.

Mange plantearter sprer frø med vind så det er en betydelig input av frø på tak hvert år. Frø fra trær som selje og bjørk som kommer i store mengder og etablerer seg lett på taket er et betydelig problem. Også en del vanlige ugras har vindspredde frø og kan etablere seg i større mengder. Hvis de ikke lukes i tide, produserer de også raskt mye frø på taket. En del ugrasfrø følger også med i sedumvegetasjonen når den installeres. Litt kan også følge med sko osv., men det er mer beskjedent. En har tidligere regnet med at mesteparten av dette, og særlig trærne, dør i tørkeperioder på sedumtak, men dette fungerer ikke helt i praksis. Mange av ugrasene tåler overraskende mye tørke, eller kommer raskt tilbake fra frø.

En ser særlig at ugras blir en utfordring på steder som er vanskelige å luke som langs kanter, innunder tekniske løsninger osv. Der vokser ugras seg store, setter mye nye frø og blir vanskeligere å fjerne jo større de blir. Kombinasjonstak har vesentlig mer av slike problematiske områder enn vanlige grønne tak og befaringene viste flere eksempler på slik vegetasjon som både vil ha negativ effekt på energiproduksjonen og være vanskelige å fjerne.

5.3 Tråkk og slitasje

En av de tydeligste konflikter på kombinasjonstak er mellom tråkk og slitasje på vegetasjonen. Sedum tåler ikke tråkk over tid. Skuddene dør og dette gir områder uten vegetasjon, eller med veldig glissent dekke. Disse områdene er også svært utsatt for etablering av ugras. Slike tråkkskader må derfor unngås. Hvis grønt tak legges før installering av paneler eller det er omfattende reparasjoner eller lignende, bør en bruke gressarmeringsmatt, tråkkheller eller lignende, eller vente med å legge vegetasjonsmattene i de mest utsatte områdene.

Uansett bør det legges armeringsnett/kassetter i vegetasjonen der en av erfaring vet det vil bli en del tråkk som ved utgang/oppgang, ved inspeksjonsluker, ventilasjonsanlegg osv. Gangstier med puk eller lignende er også egnet. Informasjon til dem som bruker taket, eller skal gjennomføre en jobb vil være viktig for å unngå unødvendig skade.

5.4 Skyggeeffekter

Sedumvegetasjonen er ikke skyggetålende så over tid vil den svekkes der det ikke er direkte solinnstråling. Der er den også mer utsatt for konkurranse fra andre arter som dukker opp spontant. For mer mangfoldige tak anbefales det oftest andre arter til de mer skyggefulle områdene.

Det ble tatt noen prøver fra et par av takene for å undersøke hvordan skygge fra paneler eventuelt påvirket tilstanden til sedumvegetasjonen. Det var noe mindre kompakt vekst av hvitbergknapp i skygge, men forskjellene var små. Noe uventet var hastigheten for hvor raskt planten tapte vann under tørke like, men dette kan være en effekt av den tørre forsommeren som har herdet plantene. Bladfargen var som forventet grønnere i skygge, men alt i alt var det ingen betydelige forskjeller i tilstand mellom planter i sol og skygge i juni 2023.

5.5 Overvannshåndtering

De befarte takene var med et par unntak bygget med tynne sedumløsninger, så utvalget gir ikke grunnlag for å vurdere forskjeller i overvannshåndtering. Både vekstmassene og vegetasjonen bidrar til overvannshåndtering, der vekstmassene holder igjen vann, mens vegetasjonen bruker av dette vannet og tømmer lagrene før neste nedbørsepisode. Både tykkelse og egenskapene til vekstmassene er viktige for hvor mye vann som holdes tilbake og type vegetasjon er viktig for hvor mye vann plantene

bruker. Vanlige sedumløsninger både holder mindre vann og bruker mindre vann enn tykkere løsninger. Bidraget til overvannshåndtering vil derfor være mindre hvis en velger de tynneste sedumoppbyggingene. Nye løsninger med kombinasjoner av blågrønne tak, gråblå osv, med ulike metoder for å holde tilbake vann og forsinke avrenning er svært aktuelle for kombinasjonstak der en ønsker å holde vegetasjonen kortvokst. En differensiering av tykkelsen på vekstmassene, med tynnere oppbygging forran og rundt panelene og noe tykkere oppbygning bak (og på områder som er lett tilgjengelige for lusing) forventes gi en mer heterogen vegetasjon som støtter biologisk mangfold og overvannshåndtering i større grad (Catalano & Baumann, 2017)

6 Erfaringsinnhenting næringsaktører

Et utvalg produsenter og leverandører av grønne tak og solcellepaneler ble invitert til en enkel workshop med erfaringsutveksling sammen med Oslobygg.

6.1 Tekniske utfordringer – installering og drift solcellepaneler

Planlegging

Solcelleleverandørene opplever at prosjektene blir best når de er invitert tidlig inn i prosjektet. Det er også enklere å planlegge hvis det er nybygg, og det er klart hva man vil ha ut av prosjektet. Det er mer utfordrende å legge solceller på eksisterende sedumtak, men det muliggjør at man kan tilpasse installasjonshøyden siden man vet mer om hvordan sedum vokser og hvor høy den blir.

Installasjon

For å sikre en god installasjonsprosess så nevner en leverandør at de pleier å bruke beskyttelsesmatter og unngår frost for å beskytte sedum. Det blir nevnt at det å bruke sedum som ballast for solcellene, som man gjør i andre europeiske land vil være risikabelt i Norge pga. mulig erosjon av sedumen. En leverandør oppgir at de pleier å anbefale grus under panelene for nye bygg. Hvis det skal være sedum under panelene, legger de skinnene til solcellestativene før det blir lagt sedum. Det blir også nevnt at det ellers i Europa blir brukt løsninger med blå tak, helt uten planter. Etter nedbørsperioden på sensommeren 2023, er det flere byggherrer som ønsker sedum eller blått tak.

Drift

Det er ulike erfaringer med hvordan sedum klarer seg sammen med solcellepanelene. En leverandør sier at sedum ikke dør for solcelleanlegg som er montert nærme taket, en annen sier at sedum typisk dør hvis høyde på panelene er mindre enn 10 cm, men at det går bedre med sedum hvis høyden er ca 30 cm. En suksesshistorie som blir nevnt er et tak med sørvendte solcellepaneler. Under tørkeperioden i sommeren 2023 vokste sedum best under panelene i tørkeperioden. For solceller på skråtak er det erfaringer med at sedum dør hvis det er under panelene. Over Easy Solar har utviklet produkt som muliggjøre full effekt av solceller og sedum på samme flate ved å ha vertikale solceller som dekker minimalt av sedum.

Alle er enige om at det er viktig med drift og oppfølging av anlegget, og det blir nevnt at dette typisk ikke blir planlagt for. Det virker som skygging av solcellepanel fra ugress/sedum skjer på alle tak, men noen steder er det mer enn andre steder, uten at det er helt klart hvorfor. Spesielt etter den våte ettersommeren i 2023 ble det observert mye ugress. Behovet for vedlikehold og lusing understrekes.

6.2 Tekniske utfordringer – installering og drift grønne tak

Planlegging og installasjon

I likhet med solcelleinstallatøren er leverandørene av grønne tak opptatt av at det er viktig å komme tidlig inn i planleggingsfasen for bygget. I mange tilfeller har solcelleinnkjøp vært gjennomført lenge før grønt tak-leverandør blir involvert, og det er ikke mye rom for samarbeid. Den antatte grunnen er at dette skyldes uvitenhet hos totalentreprenør. Det blir også nevnt at det er viktig at målet med prosjektet og funksjonen til kombinasjonstaket er klart fra starten. Det virker ikke som dette er klart i alle prosjekter, og noen ganger kan utviklingen bli litt tilfeldig.

Det blir nevnt at leverandørene har bygget mye erfaring de siste årene, og man nå vet mye mer om hvordan prosjekter bør gjennomføres enn tidligere. Men på grunn av den manglende inkluderingen i

planleggingen er det mange ganger vanskelig å gjennomføre som ønsket i praksis. Ofte er budsjett en begrensning i prosjekter som gjør at gode løsninger/eksisterende kunnskap ikke blir tatt i bruk. I noen tilfeller kan entreprenøren finne egne, billigere løsninger i stedet. Det blir også nevnt at driftsbudsjett må være med i anbud. Mange ganger er det ikke det, og selv om driftansvarlige ønsker å vedlikeholde, har de ikke mulighet pga økonomi.

God og tidlig planlegging er viktig for å få riktig rekkefølge i innkjøpsprosessen og installering, og unngå dårlig timing på installeringen. For eksempel at installasjonsprosessen blir skvist inn på høsten for å rekke det før vinteren kommer, eller at alt skal skje på en gang om våren. Tidlig og inkluderende planlegging gir også mulighet til å planlegge leggingen av sedum bedre, for eksempel om alt skal legges før solcellene eller om det skal skje i etapper. Hvis sedum legges først må den beskyttes for tråkk under solcelleinstallasjonen, for eksempel med matter.

Erfaringer ulike løsninger

De siste årene har kombinasjonstak med blomstereng og solceller vært populært, men dette er ikke lett å kombinere. Det blir også nevnt at det er mest ugressvekst på blågrønne tak, og at det er best med et materiale rundt solcellene som det ikke vokser i. En av leverandørene anbefaler ikke grønt tak under solcellepaneler installert øst/vest med lav vinkel, fordi det da blir for mye konkurranse om plassen. Bergknapp nevner Maxbo Holmen og hovedkontoret til Motek på Bryne som eksempler på gode løsninger.

Flere løsninger i dag har områder med elvestein, for eksempel rundt solcellepanelene. Disse steinene har en viktig brannhemmende funksjon. Det observeres derimot ofte at måker plukker opp disse steinene og slipper dem ned på solcellene, noe som kan føre til at solcellene knuser. En av leverandørene mener at om steinene må være bare litt større enn det de typisk er i dag for at måkene ikke skal klare å ta dem i nebbet. Litt større steiner vil også hemme vekst.

Drift

Det blir nevnt at det er viktig at FDV blir tatt vare på og tatt i bruk. Som nevnt tidligere, er det mer ugress i blågrønne tak. På samme måte er det også mer ugress når det er mye regn, sånn som det har vært på sensommeren 2023. Ellers opplever ikke grønt tak leverandørene ugress som et stort problem. Det blir også nevnt at sedum tåler tørke, og at dette ikke nødvendigvis er noe som krever ekstra vedlikehold. I takobservasjonene gjort i prosjektet ble det observert mose flere steder. En av leverandørene nevner at dette ikke nødvendigvis bare er negativt, ettersom det er naturlig med mose i sedummatten, særlig i skygge. Men ofte er mose et symptom på dårlig sedumvekst.

6.3 Erfaringer Oslobygg

Oslobygg sin erfaring er at det har vært mye feilprosjektering, og at det er tydelig at det trengs en rapport/veileder for å lære opp prosjektledere. Basert på erfaringene de har hatt så langt, har de blitt skeptiske til kombinasjonstak, og tenker det er best med tak hvor det er klare skiller mellom grønt tak og solceller. De har erfart ulike problemer og utfordringer, for eksempel:

- Biotop-tak har mange utfordringer. Man må unngå løsninger der blomsterengarter kan etablere seg under panelene
- Det er vanskelig å luke mellom solcellene når de står tett
- Flere steder er det måker som knuser panelene med stein fra taket – det poengteres at det er viktig å være veldig bevisst på hva man legger på taket, og at man bør vurdere å øke størrelsen på steinene som legges på taket
- Grus under panelene gir ofte måkereir – vil helst unngå dette
- Dårlige kombinasjonsløsninger kan gi høye kostnader i ettertid

Oslobygg nevner også at det for dem er viktig med gangveier på taket for å få tilgang til diverse installasjoner på taket, ettersom taket er daglig arbeidsplass for mange, og at dette er et behov de må passe på å få inn i planleggingen.

Det er klart at hvis det ikke gjøres riktig, så kan kombinasjonstak gi mer skade enn gevinst. Det er ikke noe poeng å gjøre det hvis det ikke gjennomføres ordentlig. Kombinasjonstak er i Oslo Kommune drevet frem av politisk styrte mål. Oslobygg nevner at det kan være relevant å gi tilbakemelding på bestillingen fra politikerne.

Det blir nevnt av flere av deltakerne i workshopen finnes det gode eksempler og suksesshistorier, og bransjen har lært mye siden de første takene til Oslobygg ble installert. Hvis man har klare mål for kombinasjonstaket, og rom for god gjennomføring av prosjektet i planlegging og økonomi, kan man få gode løsninger.

6.4 Oppsummering

En utfordring for utviklingen av kombinasjonstak er at byggeiere og landskapsarkitekter ofte har store ambisjoner for taket, men at målet om en blågrønn faktor ofte pusher suboptimale løsninger. Basert på diskusjonene i workshopen, virker det som det finnes gode løsninger og mye kunnskap om hvordan man bør utvikle kombinasjonstak. Det er viktig å gi rom for dette i økonomi og planlegging, og gjøre totalentreprenør og byggherre bevisste på utfordringene ved kombinasjonstak-prosjekter. Man må ha en helhetlig plan, vite hva man vil ha ut av prosjektet, og samle solcelleleverandør og grønt tak leverandør tidlig i prosjektet. Hele taket må sees i sammenheng, grønne tak og solcelleanlegg er ikke to uavhengige moduler som bare kan settes oppå hverandre. Det er viktig at man har en realistisk forventning til kostnadene for et slikt system, behov for oppfølging, og forstår at det krever planlegging fra starten av. Driftsfasen må for eksempel inn i konkurransegrunnlaget. Det er et behov for å få på plass veiledermateriell og gode eksempler, også for å informere totalentreprenører. Det er viktig å få frem at i utviklingen av et kombinasjonstak må målformuleringer, driftsbudsjett og plan for oppfølging etter installasjon på plass. Det samme må plan for rekkefølge på installasjoner.

7 Syntese

7.1 Tydelige konflikter og konsekvenser – usikre synergier

Undersøkelsene viste, i de fleste tilfeller, tydelig konflikter mellom optimalisering og vedlikehold av vegetasjonen og energiproduksjonen, mens synergier i form av mer effektiv energiproduksjon var mindre tydelige ettersom dette ikke har vært systematisk målt. En konsekvens av suboptimal vegetasjon vil være at også overvannshåndteringen er mindre effektiv. Basert på de befarte takene er det heller ikke noe som tyder på at kombinasjonstak har et større bidrag til biologisk mangfold enn grønne tak alene. Heri ligger også en vurdering av hvor mye areal som er tilgjengelig for de ulike løsningene og om en kunne fått bedre måloppnåelse ved å kombinere solceller med gråblå løsninger der det er begrenset tilgjengelig areal for vegetasjon. Maksimal arealutnyttelse på et kombinasjonstak er altså mulig, men gir en del begrensninger i funksjoner, føringer for montering og konsekvenser for drift. Løsningen med vertikale solceller på grønne tak kan gi en god synergieffekt, men erfaringen med denne løsningen er foreløpig begrenset.

7.2 Riktig valg og kombinasjon av løsninger

Teknisk tilpassing av panelene til vegetasjonen og da særlig monteringshøyde spiller en viktig rolle både i vegetasjonen sitt bidrag til lave overflatetemperaturer og akseptabelt vedlikehold og ugraskkontroll. En bedre optimalisering av kombinasjoner ser ut til å være påkrevd, spesielt da panelvalg i forhold til hvilken type vegetasjon en ønsker etablert og hvordan vegetasjonen skal skjøttes. Veksthøyde på sedum ligger generelt mellom 5 og 25 cm med variasjoner basert på type sedum. Intensive tak vil ha enda høyere vegetasjon, ofte opp mot 60-80 cm. Solcellepanel montert lavere enn dette vil få skygge fra vegetasjonen. I en situasjon der solcellepanelene ikke kan monteres høyt grunnet for eksempel vindlast bør det velges et grønt tak med lav maksimal vegetasjonsvekst. Tilbakemeldinger i prosjektet var at kombinasjoner med høyvokst vegetasjon fungerte mindre optimalt. Det peker også på et behov for å utvikle kombinasjonskonsepter som bedre kan bidra til biologisk mangfold uten å øke konflikter i funksjon og vedlikehold. Det vil typisk være tydeligere skille mellom hvor det skal være ulike typer vegetasjon, f.eks. om det skal det være vegetasjon under panelene, og hvis ikke, om skal det være vekstmasser eller andre løsninger under panelene. For å ha en funksjonell vegetasjon under panelene, er det vesentlig at liggende og skråstilte paneler monteres så høyt som mulig. Norsk standard (NS 3840:2015) for ekstensive grønne tak gir en del teknisk informasjon i alle fasene fra planlegging til drift det vil være nyttig å innarbeide i rutine.

De fleste takene var etablert med svært tynne sedumløsninger som i utgangspunktet begrenser bidrag til biologisk mangfold og overvannshåndtering. Vi har altså ikke undersøkt hele bredden i mulige kombinasjoner av blågrønne tak og solcellepaneler. En kan forvente sterkere synergier for vegetasjon som bruker mer vann (typisk med ulike blomsterengutforminger), men basert på erfaringer fra brukere var slike kombinasjoner ofte lite vellykket grunnet større utfordring med høyvokst vegetasjon.

Et godt etablert og velfungerende sedumtak forventes ha en positiv effekt på energiproduksjonen gjennom bidrag til lavere overflatetemperaturer, men på flere av takene var sedumvegetasjon så slitt og ødelagt at det er begrenset hva en kan oppnå. Kanskje den viktigste faktoren for suboptimal funksjonen av vegetasjon var effekter av tråkk og slitasje.

7.3 Taket som arbeidsplass – slitasje som kritisk punkt

Rekkefølgen på installering av vegetasjon og paneler, men også generell tilrettelegging for taket som en arbeidsplass er mangelfullt ivaretatt. Dette gir unødvendig stor slitasje på vegetasjonen og HMS-utfordringer. Befaringene viste også tiltak som har god effekt som gressarmeringsmatter og stisystemer på de mest trafikkerte områdene. De mer kritiske punktene som installeringsrekkefølgen på tak og paneler og ulike tiltak for å redusere skade under installering må tas tak i på et mer overordnet nivå. Bruk av vegetasjonsområdene som lagerplass i anleggsfasene eller ved senere oppgraderinger må unngås.

For å sikre jevnlig luking er det nødvendig med tilretteleggingstiltak som å plassere panelene med tilstrekkelig avstand fra hverandre. Å etablere mulighet for å ferdes mellom panelene muliggjør luking på en komfortabel måte og forebygger skade på panelene. På anlegg med lite plass mellom panelene blir luking vanskeligere og sannsynligheten for å måtte lene eller støtte seg på panelene, og i verste fall trå, blir høyere. Dette kan føre til økt stress og skade på panelene og/eller mindre hyppig lukearbeid grunnet vanskelighetsgraden.

7.4 Kursing og driftsinstruks

For å utføre drift og vedlikehold av høy kvalitet må driftsteknikere ha tilstrekkelig kunnskap om både solcelleanlegg og grønne tak. Prosjektet har påvist mangelfull kunnskap og driftsinstruks for mange av takene.

Solcellepaneler trenger i de fleste tilfeller lite oppfølging, men tilskitning fra støv og fugleskitt og skygging fra vegetasjon vil redusere strømproduksjonen, og skader i panelene kan gi høyere temperaturer og varmeutvikling i panelene. Det meste av støv/pollen o.l. som akkumulerer på solcellepaneler vil vaskes av ved regn, men det anbefales å vaske vekk fugleskitt og akkumulering av støv og annen skitt langs kantene på panelene som ikke forsvinner etter regn. Knuste paneler bør rapporteres inn og byttes ut/fjernes raskt. Vasking av skitt som ikke forsvinner etter regn og bytte av knuste paneler bør inkluderes i driften. Man bør også følge med på om alle inverterne i anlegget produserer strøm. En annen driftsaktivitet som kan inkluderes for å redusere risiko for varmeutvikling i panelene, er termisk avbildning for å detektere feil og varmeutvikling i solcellene. Dette kan feks gjøres annenhvert år.

Det er vel kjent at grønne tak, også enkle sedumtak, trenger oppfølging med ugrasontrull og ofte også gjødsling, men dette ser ut til å glippe i driftsfasen for flere tak. Det blir pekt på enkle tiltak som lett tilgjengelige FVD og opplæring av driftsansvarlige. Luking for å redusere skygge og skade på paneler må inn i driftsinstruks.

8 anbefalinger

Basert på tilstanden av kombinasjonstakene, samtaler med driftsteknikere og servicepersonell, og diskusjoner innad i forskningsgruppen er det mulig å presentere noen anbefalinger for planlegging, drift og vedlikehold av Oslobygg KFs kombinasjonstak. Disse anbefalingene kan utarbeides videre til veiledere og driftsinstrukser.

8.1 Overordnet strategi

- Etabler kursing av driftsansvarlige og driftsteknikere både i drift av solcelleanlegget og det grønne taket. Godt opplærte driftsteknikere er den beste måten å passe på at servicearbeid blir gjennomført da disse har best evne til å oppdage vedlikeholdsbehov.
- Få på plass veiledermaterieell og gode eksempler, også for å informere totalentreprenører.
- Etabler driftsinstrukser for kombinasjonstak som legges inn i det generelle programmet for arbeidsoppgaver. Slik innlemmes vedlikehold av kombinasjonstak i den normale arbeidshverdagen til driftsteknikere og jevnlig kontroll og vedlikehold sikres.
- Etabler kriterier for hvor og på hvilke bygg det bør prioriteres kombinasjonstak, eller separate løsninger basert på hvor overvannshåndtering er viktigst og hvor en forventer størst effekt på biologisk mangfold. Generelt kan biologisk mangfold prioriteres på lave bygninger, mens solcelleanlegg prioriteres på høye bygninger.
- Etabler prioriteringer for hvor stor andel av taket som bør ha vegetasjon for at det skal ha en funksjon veiet opp mot økt vedlikehold. Unngå smale og trange løsninger.
- Utforsk kombinasjoner med blå-grå løsninger for vannfordrøying der vegetasjon ikke er hensiktsmessig.

8.2 Prosjektering

- Målformuleringer, driftsbudsjett og plan for oppfølging etter installasjon må på plass. Det samme må plan for rekkefølge på installasjoner og sesong for etablering av vegetasjon.
- Driftsfasen må inn i konkurransegrunnlag.
- Tidlig kontraktering og dialog mellom de ulike utførende partene er viktig for å finne optimale løsninger
- Ta en nøktern gjennomgang av forventet synergi av kombinasjonstak opp mot ekstra vedlikeholdsutfordringer.

8.3 Tekniske løsninger

- Involver leverandør tidlig og diskuter løsninger. Det er en betydelig utvikling av kompetanse på kombinasjonstak hos leverandørene.
- Samle erfaring fra drift av kombinasjonstak i en kravspesifikasjon som ligger til grunn for anbud hvor punktene under tas hensyn til.
- Tilpass monteringshøyde til type og høyde på vegetasjonen for å unngå skygging. Med dagens løsninger av både vertikale og horisontale paneler, er en enkel sedumvegetasjon best egnet. Mer høyvokst vegetasjon gir utfordringer hvis den plasseres nær panelene. Differensiert dybde på vekstmassene kan brukes til å regulere vegetasjonshøyde nært panelene.

- Gi tilstrekkelig plass mellom paneler for vedlikehold og skjøtsel av vegetasjonen
- Fallsikringer installert i tråd med HMS-forskrifter slik at det er mulig å inspisere hele anlegget med bruk av fallsikringsutstyret og at alle driftsteknikere har lett tilgang til fallsikringsutstyr og lett tilgang til taket.
- Bruk kabeldekke for å sikre kabler og redusere oppslaget av uønsket vegetasjon i kabelbroer
- Etabler vannuttak for vanning av grønt tak i lange tørkeperioder og til vasking av paneler.
- Etabler gangveier og bruk gressarmeringsmatt i områder med mye forventet tråkk
- Etabler tydelige skiller mellom hvor det skal være vegetasjon og hvor det ikke skal være vegetasjon og gjør tiltak for å unngå etablering av uønsket vegetasjon under paneler

8.4 Gjennomføring

- Unngå bruk av grønt tak til lagring
- Reparer skader i vegetasjonsmattene raskt

8.5 Drift

- Undersøk funksjon til panelene jevnlig med IR kamera
- Ha FDV lett tilgjengelig

Referanser

Catalano, C. & Baumann, N. (2017). Biosolar roofs: a symbiosis between biodiverse green roofs and renewable energy. *CityGreen 2017*, 42–49.

Cirkel, D.G., Voortman, B.R., van Veen, T. & Bartholomeus, R.P. (2018). Evaporation from (Blue-) Green roofs: assessing the benefits of a storage and capillary irrigation system based on measurements and modeling. *Water 10*, 1253. <https://doi.org/10.3390/w10091253>.

Lamnatou, C. & Chemisana, D. (2015). A critical analysis of factors affecting photovoltaic-green roof performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 264-280.

Norsk Standard, NS 3840:2015, Grønne tak – Planlegging, prosjektering, utførelse og drift – Ekstensive tak.

Vumbugwa, M., Vorster, F.J., Crozier McClelland, J.L. & van Dyk, E.E. (2022). Effects of changing partial cell shading on the electrical and thermal characteristics of crystalline silicon photovoltaic module. *Solar Energy*, 240, 147–156.

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.