



Foto: Lene Nyberg, RBR

# Rapport

---

## Testing på solcelleanlegg, SASIRO 16.april 2024



Vest brann- og  
redningsregion

Tusen takk til alle som har bidratt med økonomiske midler, utstyr, tjenester og faglige innspill.

En ekstra stor takk til Rogaland brann og redning IKS, Vest brann- og redningsregion og Storebrand for økonomisk støtte til prosjektet.

Takk for godt samarbeid: Bergen brannvesen, Solintegra AS, Svithun elektro AS, Hassel Solar AS, Optimera, Skarpnes, Pallen og Solkraft Sør.

Takk til Rogaland brann og redning IKS, Bergen brannvesen og Vest brann- og redningsregion for støtte gjennom hele prosessen.

Takk til prosjektgruppen som har jobbet konstruktivt og effektivt gjennom alle fasene i prosjektet. Uten prosjektgruppens engasjement og gode samarbeid ville det ikke vært mulig å gjennomføre testdagen i SASIRO 16. april 2024.

- *Prosjektleder, Lene Nyberg*

## Innhold

1. Innledning .....	4
2. Prosjektgruppen.....	5
1. Beskrivelse av testanlegget .....	6
2. Er det trygt å klippe i ledningene i et solcelleanlegg? .....	9
Klippetest 1 .....	10
Klippetest 2 .....	10
Klippetest 3 .....	10
Klippetest 4 .....	11
Klippetest 5 .....	12
Klippetest 6 .....	12
3. Blir verktøy strømførende ved gjennomtrenging i solcellepanel?.....	14
Gjennomtrenging - slokkespyd .....	14
Gjennomtrenging - motorsag .....	15
4. Hvilken effekt kan gipsplater, som en del av undertaket, ha i en brann? .....	16
5. Hvilken effekt har tildekking av solcellepanel? .....	18
6. Er det berøringsfare på solcelleanlegg etter mørkets frembrudd, ved bruk av lys fra brannbilene? .....	21
7. Læringspunkter for brann- og redningspersonell .....	22

# 1. Innledning

En prosjektgruppe bestående av personell fra Rogaland brann og redning IKS (RBR) og Bergen brannvesen, initierte høsten 2023 til et prosjekt med formål om å øke kompetansen på solcelleanlegg. Initiativet bygget på en overbevisning om at økt kompetanse ville gi en sikrere og mer effektiv håndtering av branner i bygg med solcelleanlegg.

Prosjektgruppen ønsket å undersøke spesielt fem problemstillinger knyttet til solcelleanlegg:

1. Er det trygt å klippe i ledningene i et solcelleanlegg?
2. Blir verktøy strømførende ved gjennomtrenging av solcellepanel?
3. Hvilken effekt kan gipsplater, som en del av undertaket, ha i en brann?
4. Hvilken effekt har tildekking av solcellepanelene?
5. Er det berøringsfare på solcelleanlegg etter mørkets frembrudd, ved bruk av lys fra brannbil?

For å få svar på disse spørsmålene, ble det helt nødvendig å gjennomføre tester på et fullskala solcelleanlegg. Det ble derfor montert opp et testanlegg i Samfunnssikkerhetssenteret i Rogaland (SASIRO) våren 2024.

Testing på anlegget ble utført 15. og 16. april 2024. Mandag 15. april ble det gjort en test på anlegget etter mørkets frembrudd for å teste ut spørsmål 5, mens resten av testene ble utført tirsdag 16.april. På selve testdagen var det sol, rundt 10 grader og vindstille store deler av dagen.

Prosjektgruppen har vært overbevist om at både andre brann- og redningsvesen i Norge, samt eksterne aktører vil kunne ta lærdom av dette prosjektet. Det har derfor vært stort fokus på å dokumentere alle testene. Funn fra utførte tester er gjengitt i denne rapporten<sup>1</sup>.

I forbindelse med prosjektet blir det laget en læringsfilm som bla. vil inneholde resultater fra deler av testdagen. Filmen er planlagt ferdigstilt i løpet av juni 2024.

Prosjektet er finansiert av Rogaland brann og redning IKS, Vest brann- og redningsregion og Storebrand.

---

<sup>1</sup> Testanlegget ble ikke designet spesifikt for testene som ble utført, og resultatene er ikke nødvendigvis overførbare til andre anlegg med ulik oppbygging. Anlegget er beskrevet på side 7.

## 2. Prosjektgruppen



Sigve Øksendal, RBR

- brannkonstabel
- elektriker



Lene Nyberg, RBR

- prosjektleder beredskap



Atle Paulsen, RBR

- brannmester
- rørlegger



Kurt T. Rusås, Bergen brannvesen

- brannkonstabel
- fagansvarlig nye energibærere og el-sikkerhet
- elektoringeniør



Jonas Ertenstein, RBR

- brannkonstabel
- fagansvarlig høyderedskap og arbeid i høyden
- tømrer

\*Øystein Elvebakk, Marcus Malmberg, Stig Haugland og Bente L. Henriksen (RBR) har også deltatt i deler av prosjektet.



# 1. Beskrivelse av testanlegget

Testanlegget ble satt opp i Samfunnssikkerhetssenteret i Rogaland (SASIRO) våren 2024. SASIRO er Rogaland brann og redning IKS (RBR) sitt øvelsessenter, og er lokalisert i Sandnes kommune. Her er det et stort område med ulike øvelsesfasiliteter, og testanlegget ble satt opp på et egnet sted sør-vest på tomten. Testanlegget besto hovedsakelig av en takrigg og en pallerigg med påmonterte solcellepanel. Palleriggen ble demontert etter testdagen, mens takriggen fremdeles står i SASIRO til bruk i øvelser for brann- og redningspersonell.



Oversiktsbilde av testområdet. Pallerigg nede til høyre, og takrigg oppe til høyre i bildet. Foto: DLE Lnett

## Testanlegget:

- Inverter, Growatt 12 KW, 800 V DC
- 14 utenpåliggende panel plast-glass påmontert pallerigg
- 6 utenpåliggende panel plast-glass påmontert takrigg
- 4 integrerte panel plast-glass påmontert takrigg
- 6 integrerte panel glass-glass påmontert takrigg

## Inverter

Modell:	MID 12KTL3-XL
Maks PV volt:	800 V DC
PV spenningsområde:	160 – 800 V DC
Maks inngangsstrøm:	27 DC A*2
Maks utgangsstrøm:	12 kW

\*Lysbuevern avslått under testene.



Foto: Lene Nyberg, RBR

## Utenpåliggende panel på pallerigg

26 panel påmontert, 14 panel tilkoblet  
testanlegget.



Foto: Lene Nyberg, RBR

## Utenpåliggende panel plast-glass på takrigg

6 stk. påmontert

*Undertak:*

Sutakplater  
Takduk  
Lufting  
Lekter  
Takpanner



Foto: Lene Nyberg, RBR

### Integrerte panel plast-glass på takrigg

4 stk. påmontert

*Undertak:*

Sutaksplater

Takduk

Lufting

Lekter



Foto: Lene Nyberg, RBR

### Integrerte panel glass-glass på takrigg

6 stk. påmontert

*Undertak:*

Sutaksplater

Takduk

Lufting

GU gips

Takduk

Lufting

Lekter



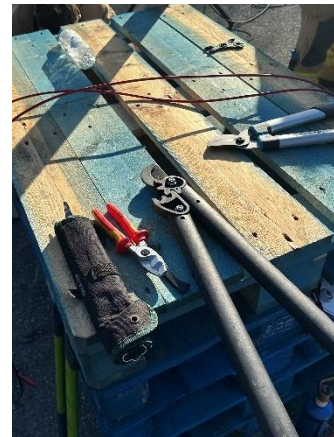
Foto: Lene Nyberg, RBR



## 2. Er det trygt å klippe i ledningene i et solcelleanlegg?

For å få svar på dette spørsmålet ble det utført flere tester, hvor ulikt verktøy ble brukt til å klippe av både en og to ledninger samtidig. Ved utførelse av testene var inverterer både koblet til og fra anlegget.

Testene ble utført for å få mer kunnskap om hvordan et solcelleanlegg reagerer ved klipping av ledninger, og om dette kan gjøres sikkert av brann- og redningspersonell uten fare for strømgjennomgang og lysbue.



*Bildet viser verktøy som ble brukt ved klipping av ledninger.  
Foto: Bente L. Henriksen, RBR*

## Klippetest 1

### Utførelse

En ledning ble klippet over med tang. Ca. 600 V DC.

Inverter leverte ca. 3 kW på test-tidspunktet.

20 utenpåliggende panel tilkoblet.

### Resultat

Lite lysglimt når ledning ble klippet.



Foto: Lene Nyberg, RBR

## Klippetest 2

### Utførelse

To ledninger ble klippet over med grensaks (med kompositthåndtak). Ca. 700 V DC.

Inverter leverte 3,3 kW på test-tidspunktet.

### Resultat

Liten lysbue, og små skader på verktøyet.



Foto: Lene Nyberg, RBR

## Klippetest 3

### Utførelse

To ledninger ble klippet over med grensaks (aluminium). På test-tidspunktet var det ikke produksjon fra inverter.

### Resultat

Liten gnist.



Foto: Lene Nyberg, RBR

## Klippetest 4

### Utførelse

En ledning ble forsøkt klippet over med bajonettsag. Ledningen beveget seg for mye til at det var hensiktsmessig. Ledningen ble til slutt klippet av med grensaks. 632 V DC. Inverter leverte 5,6 kW på test-tidspunktet.

### Resultat

Liten lysbue.



Foto: Lene Nyberg, RBR

## Klippetest 5

### Utførelse

Underduk ble lagt oppå pallebord, og ledninger ble klippet over, oppå duken.

### Resultat

Lysbue antente underduk.



Foto to bilder øverst: Lene Nyberg, RBR  
Foto to bilder nederst: Robert Krahl, DSB

## Klippetest 6

### Utførelse

1. To MC4-plugger som ikke var sammenkoblet ble ført mot hverandre.
2. Rent vann ble påført pluggene.

Invertere frakoblet

### Resultat

1. Det oppsto gnist når MC4-pluggene ble ført mot hverandre.
2. Når pluggene ble ført mot hverandre tok det fyr. Sterk strålevarme.





Foto 3 bilder: Lene Nyberg



Foto: Robert Krahl, DSB



### 3. Blir verktøy strømførende ved gjennomtrenging i solcellepanel?

#### Gjennomtrenging - slokkespyd

En skadet ledning ble festet til aluminiumsrammen på takriggeren. Hensikten var å måle eventuell spenning i slokkespydet ved gjennomtrenging i solcellepanel.

#### Utførelse

Slokkespydet ble slått gjennom et utenpåliggende solcellepanel. 739 V DC. Inverter leverte fra 2,3 til 4,2 kW på test-tidspunktet.

#### Resultater:

Ingen lysbue. Utfordrende å måle nøyaktig spenning i slokkespydet, men det ble målt opptil 350 V DC i slokkespydet under testen. Når spydet gikk gjennom solcellepanelet skrudde inverter seg av.



Foto: Lene Nyberg, RBR

## Gjennomtrenging - motorsag

### Utførelse

Motorsag ble brukt til å sage ut en del av et utenpåliggende solcellepanel. Når testen ble utført leverte anlegget 2,5 kW og spenning opptil 660 V DC. Eventuell strømføring gjennom motorsag ble ikke målt.

### Resultater

Ingen lysbue. Når deler av solcellepanel var saget ut, viste spenningen omtrent det samme som før testen ble påbegynt. Ingen skader på motorsag. Inverter skrudde seg av når testen var ferdig.



Foto: Lene Nyberg, RBR (bilde hentet fra GoPro)



Foto: Robert Krahl, DSB

## 4. Hvilken effekt kan gipsplater, som en del av undertaket, ha i en brann?

Hensikten med testen var å observere hvilken effekt gipsplater, som en del av undertaket, kan ha ved brann. Testen ble utført på delen av takriggen med påmonterte integrerte solcellepanel.

### Utførelse

Underduk under integrerte panel ble påtent. Taket hadde to inndelinger hvor den ene delen inneholdt gipsplater som en del av undertaket, mens den andre delen var bygget opp uten gipsplater. Underduk ble påtent i begge inndelingene samtidig.

### Resultater

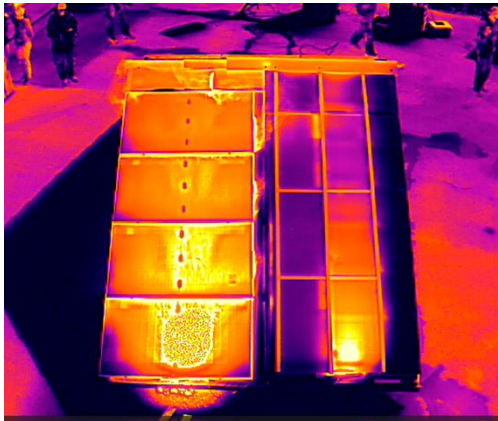
Etter ca. 4 min. og 30 sek. brant det hull gjennom panel (plast-glass) i inndelingen uten gipsplater. I tillegg brant det hull gjennom sutaksplatene i denne inndelingen.



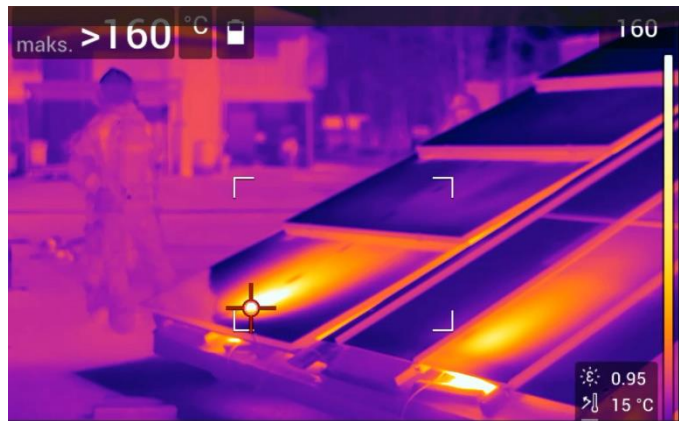
Brann gjennom sutaksplatene i inndeling uten gips  
Foto: Lene Nyberg, RBR



Kraftig røykutvikling fra venstre inndeling i takriggen.  
Etter ca. 4,5 min. brant det hull gjennom plast-glass  
panelene. Foto: DLE Lnett.



Bilde hentet fra dronevideo viser varmeutvikling i venstre og høyre inndeling under testen. Foto: DLE Lnett



Bilde hentet fra dronevideo viser varmeutvikling i venstre og høyre inndeling under testen. Foto: DLE Lnett.

## 5. Hvilken effekt har tildekking av solcellepanel?

Hensikten med å dekke til panelene, var for å observere hvilken effekt dette kunne ha. Prosjektgruppen ønsket svar på om tildekking av et solcelleanlegg kan være et hensiktsmessig tiltak for å redusere spenningen nok til at anlegget blir berøringsikkert.

### Utførelse

De utenpåliggende solcellepanelene på pallerigg ble tildekket på tre ulike måter:

1. med presenning
2. med PVStop<sup>2</sup>
3. delvis tildekking med jakke

### Resultater

Presenning				PVStop			
Antall panel tildekket	V DC	Ampere	kW	Antall panel tildekket	V DC	Ampere	kW
0	420	Ikke målt	2,5	0		11	3,7
1	405	Ikke målt		1	370	11	3,5
2	400	Ikke målt		2	370	9	2,7
3	370	Ikke målt		3	360	7,5	2,2
				4	350	5,5	1,5
				5	330	1,5 – 5,5	1,3
				6	300	1,2	0,7
				7	250	5	1
7,5	290	Ikke målt	0,1	8	230	1,7	0,1
				9	220	1,3	0
				10	210	1	0
				11	210	1	0
				12	220	1	0
				13	230	0,9	0
				14	240	0,9	0

<sup>2</sup> PVStop er en flytende "masse" (konsistensen kan sammenlignes med maling) som kan påføres solcellepanel med den hensikt å hemme solenergiproduksjon.

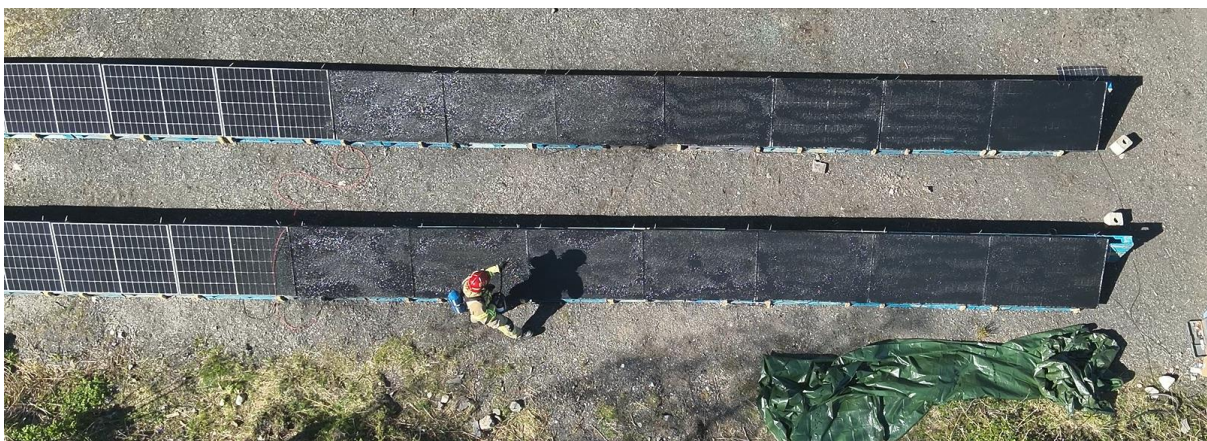


### Kommentarer til testene:

1. **Presenning:** ingen forskjell på et og to lag med presenning. Når presenningen ble fjernet fra panelene igjen etter testen, startet produksjonen når 3 panel var tildekket.
2. **PVStop:** apparatet ble tomt ved påføring av panel nr. 13. Apparat nr. to ble brukt til å dekke panel 13 og 14, samt påføre ekstra lag på alle solcellepanelene. Da "hoppet" spenningen fra 150 – 300 V DC. 1,5 ampere. Etter hvert skrudde inverteren seg av.
3. **Delvis tildekking med jakke:** Etter ca. et minutt dannet det seg en "hot spot" i panelet som ble delvis tildekket. Denne "hot spotten" ble målt til ca. 60°C.



Bildet er hentet fra dronevideo. Tildekking av panel med presenning. Foto: DLE Lnett



Bildet er hentet fra dronevideo. Tildekking av panel med PVStop. Foto: DLE Lnett

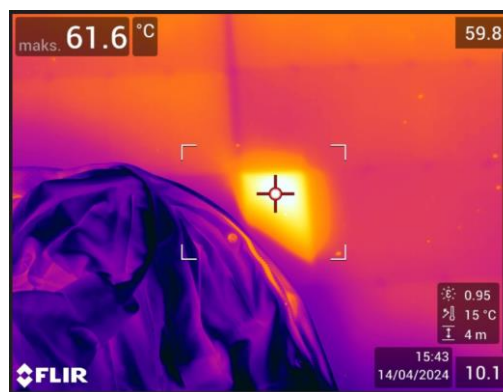




Bildet er hentet fra dronevideo. Delvis tildekking av panel med jakke. Foto: DLE Lnett



Bilder viser "hot spot" ved delvis tildekking av panel.



Etter ca. 1 minutt viste "hot spot" ca. 60°C.  
Foto: DLE Lnett

## 6. Er det berøringsfare på solcelleanlegg etter mørkets frembrudd, ved bruk av lys fra brannbilene?

Hensikten med testen var å undersøke hvor mye spenning lysene fra en brannbil kan generere i et solcelleanlegg, og om det er nok til at anlegget er berøringsfarlig.

### Utførelse

Lys fra brannbil ble påskrudd etter mørkets frembrudd og vinklet mot solcelleanlegget.

### Resultat

Uten lys fra brannbilen produserte anlegget ca. 10 V DC. Når lyskaster og sidelys fra brannbil ble skrudd på og vendt mot panelene, produserte anlegget 170 - 200 V DC.

## 7. Læringspunkter for brann- og redningspersonell

### **Er det trygt å klippe i ledningene i solcelleanlegget?**

Prosjektgruppens erfaring fra testdagen, er at det er trygt å klippe i ledningene i et solcelleanlegg. Det er dog fare for både strømgjennomgang og lysbue, så ved klipping forutsetter det bruk av riktig verneutstyr. AUS-hansker og briller/visir bør brukes når ledninger skal klippes.

Når ledninger skal klippes kan det være hensiktsmessig å klippe i en rask og bestemt bevegelse, for å redusere faren for lysbue.

Grensaks med kompositthåndtak viste seg å være det best egnede verktøyet for klipping under testene. Ved bruk av dette verktøyet ble det naturlig holdt god avstand til ledningene, samt at kompositt ikke er strømførende.

### **Blir verktøy strømførende ved gjennomtrenging i solcellepanel?**

Slokkespyd og motorsag ble brukt som verktøy for å trenge gjennom et solcellepanel. Testen viste at verktøy kan bli strømførende. Det er derfor viktig med bruk av riktig verneutstyr også ved gjennomtrenging av paneler. Motorsagen var effektiv å bruke ved gjennomtrenging, men her må man være observant på glass- og partikkelstøv. Under testen ble det brukt vann i kombinasjon med sageverktøy for å hindre stor spredning av glasstøv og andre partikler.

### **Hvilken effekt kan gipsplater, som en del av undertaket, ha i en brann?**

Gipsplaten i undertaket hadde svært god effekt under testing. Den hindret brannen i å spre seg både ned i sutaket, samt opp mot solcellepanelene.

### **Hvilken effekt har tildekking av solcellepanelene?**

Tildekking av solcellepanel med presenning hadde liten effekt. Under testen ble spenning redusert og produksjonen (kW) forsvant nesten helt. Men, det var fremdeles nok spenning til at anlegget var berøringsfarlig.

### **Er det berøringsfare på solcelleanlegg etter mørkets frembrudd, ved bruk av lys fra brannbil?**

Test viste at lys fra brannbil klarer å energisette et solcelleanlegg, og at anlegget derfor kan være berøringsfarlig.