

# Analyse: Situationen efter solcelleboomet

For et par år siden eksploderede antallet af nye solcelleanlæg. Teknologisk Institut har undersøgt mange solcellepaneler og -anlæg og fortæller her om baggrunden for boomet, om anlægskontroller og giver eksempler på nogle af de observerede problemer



Af Søren Poulsen,  
seniorrådgiver,  
solceller,  
Teknologisk  
Institut

For blot fem år siden var solceller stadig ret eksotiske. Kun få borgere, myndigheder, virksomheder o.a. vidste meget mere, end at det var en miljøvenlig teknologi til elproduktion, og at de i øvrigt var alt for dyre.

Men så skete der noget! Prisen for solcellepaneler faldt til det halve på under to år. Renten gik i bund. Der blev indført håndværkerfradrag. Private fik mulighed for at afskrive anlæggene med hele 115 procent af investeringen. Mange borgere fik udbetalt efterlønsopsparring. Og nettoafregningsordningen med årsopgørelse havde allerede eksisteret i flere år, selvom mange troede den var ny. For et godt placeret anlæg kunne tilbagebetalingstiden for private og kommuner, der var særligt be-

gunstigede af nettoafregningsordningen, nedbringes til syv til otte år, og med en forventet anlægslevetid på 25 år og minimale udgifter til drift og vedligehold var det en attraktiv investering.

Da først banker, revisorer og andre fik øje på potentialet i løbet af 2011, gik det stærkt. Alene fra maj 2012 til maj 2013 steg antallet af anlæg tilsluttet elnettet fra cirka 10.000 til cirka 85.000, se figur 1.

Festen varede fra cirka 2011 og et par år frem, hvorefter en serie politiske reformer, begrundet med alvorlige provenutab i statskassen på grund af faldet i indbetalinger af elafgifter, effektivt bremsede den fremstormende solcellebranche. Det er en anden historie, som ligger uden for artiklens tema.

I en økonomisk krisetid for erhvervslivet anså man potentialet i solcellemarkedet til stiftelsen af et hav af små firmaer og til, at etablerede firmaer inden for snart sagt alle brancher tog solceller på programmet. Op til

deadline for den første reform 19. nov. 2012, der ændrede radikalt på vilkårene for private, gik befolkningen i selvsving. Tusindvis af anlæg blev solgt de sidste par dage. Mange købte spontant et anlæg til op mod 100.000 kr. over nettet, ofte med minimal viden om solceller og kendskab til leverandøren.

## Robuste og simple

Solceller har ry for at være robuste og simple at montere, og det er heller ikke raketvidenskab. Men for at kunne levere en kunde et anlæg af høj kvalitet fordrer det et minimum af kendskab til dimensionering og ydelsesvurdering, kvalitetsvurdering af komponenter, elektrisk konfiguration af solcellepaneler og elektronik, elinstallationer, bygningsmontage, økonomi, myndighedskrav og også lidt jura omkring garantier. Alt i alt en ret sammensat viden, som kun få enkeltfirmaer besidder. Dertil kommer, at

der kun er få års erfaring i byggeriet med håndtering og montage af solcelleanlæg, og at elinstallationen ikke er helt "standard". Mange leverandører og installatører var bevidste om, at de her var på lidt usikker grund og opgraderede derfor deres viden. Mens boomet stod på, holdt vi på Teknologisk Institut solcellekurser (KSO-ordningen) for mange hundrede folk, hvor de ovenstående emner blev rundet. Flest elinstallatører og tømrere, men også vvs-installatører, arkitekter, ingeniører, ansatte i tekniske forvaltninger, murere, taglæggere m.fl. blev "klædt på".

## Gik det for stærkt?

Gik det for stærkt? Svaret er et både/og.

Teknologisk Institut har gennem årene udført anlægskontroller på rigtig mange solcelleanlæg, fra de helt små bolig-anlæg til op i MW-klassen med tusindvis af solcellepaneler og har opbygget betydelig viden om kvaliteten af anlæggene i praksis.

I betragtning af det enorme antal anlæg, der kom op på ingen tid, er der ud fra vores fornemmelse konstateret problemer i et ret beskedent antal anlæg. Der findes ingen samlet registrering af fejl og derfor heller ingen personer med et samlet overblik.

Vi vurderer, trods den relativt korte forløbne driftstid, at langt de fleste anlæg nok skal fungere og yde fint i rigtig mange år.

Men selvfølgelig er der anlæg

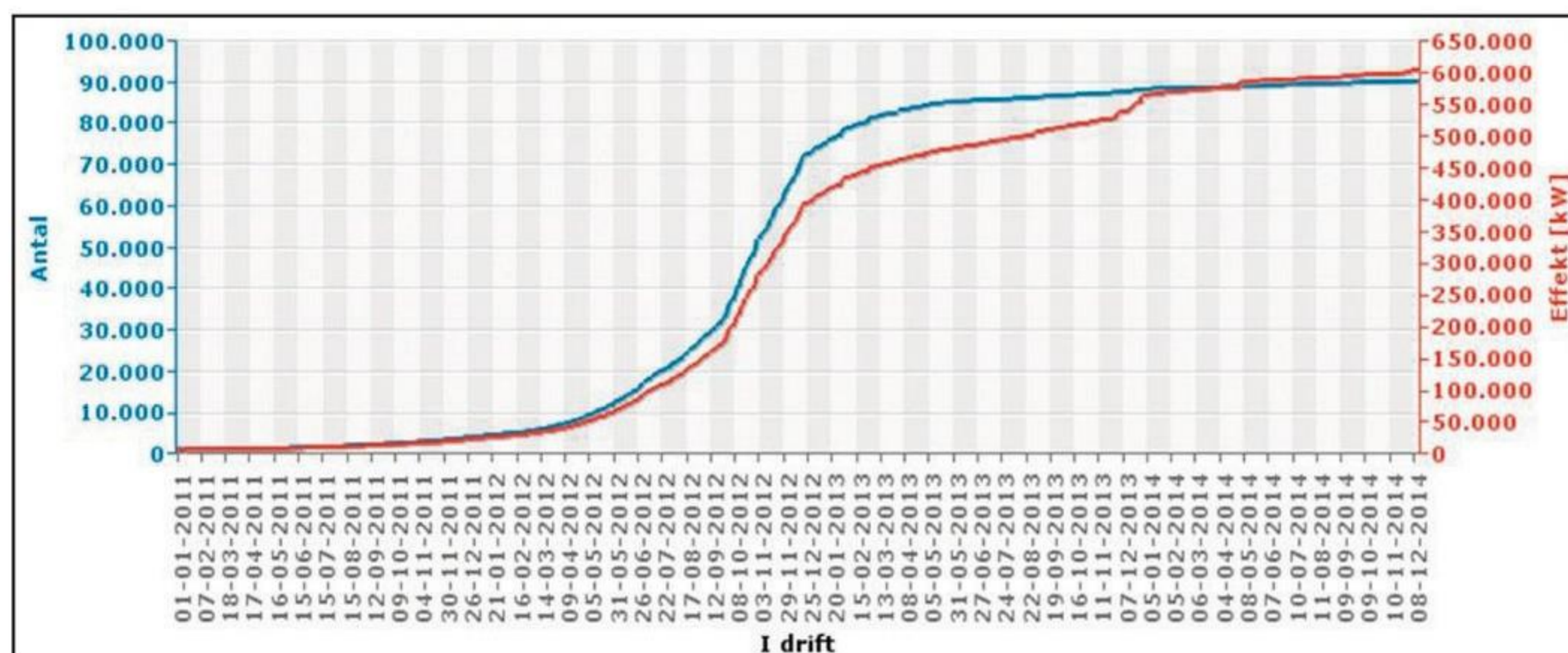


Fig. 1. Udvikling i danske nettilsluttede solcelleanlæg, antal hhv. installeret effekt (Energinet.dk).



## ► Analyse...

Fortsat

med fejl. Typisk opdages en fejl i et anlæg, der er i drift, ved funktionssvigt, for lav elproduktion, visuelle forandringer i solcellepanelerne eller fugtindtrængning i bygningen under solcelleanlægget.

Langt det største antal fejl knytter sig imidlertid til manglende overholdelse af grundlæggende myndighedskrav, for eksempel bygningsreglementet og stærkstrømsbekendtgørelsen. Fejl, der ikke opdages eller måske kun opdages ved tilfældigheder.

Den måske allerhyppigste mangel er fyldestgørende dokumentation. Navnlig boligejerne er ladt i stikken. Trods en investering på minimum cirka 50.000 kroner har mange bare fået et par datablade, og de fleste tror, at der er 25 års garanti på anlæggene, hvilket er meget langt fra virkeligheden. Meget få anlæg er leveret med pletfri dokumentation.

### Kontrol af solcelleanlæg

Teknologisk Institut udfører anlægskontroller dels som led i forsknings- og udviklingsprojekter, dels hidkaldt i forbindelse med fejl og dels på anmodning fra investorer, der på anskaffelses- eller idriftsættelsestidspunktet og eventuelt ved 1-års gennemgang ønsker at få trykthed for deres investering. Der kan være flere gode grunde til en forebyggende anlægskontrol. Myndighedskrav skal være opfyldt. Fejl i systemsammenkobling eller vurdering af skygger kan koste elproduktion – i mange år. Uheldigt valg eller installation af komponenter kan koste elproduktion og levetid. Et solcelleanlæg er en relativt høj investering, men til gengæld meget lave drifts- og vedligeholdelsesudgifter over en for-

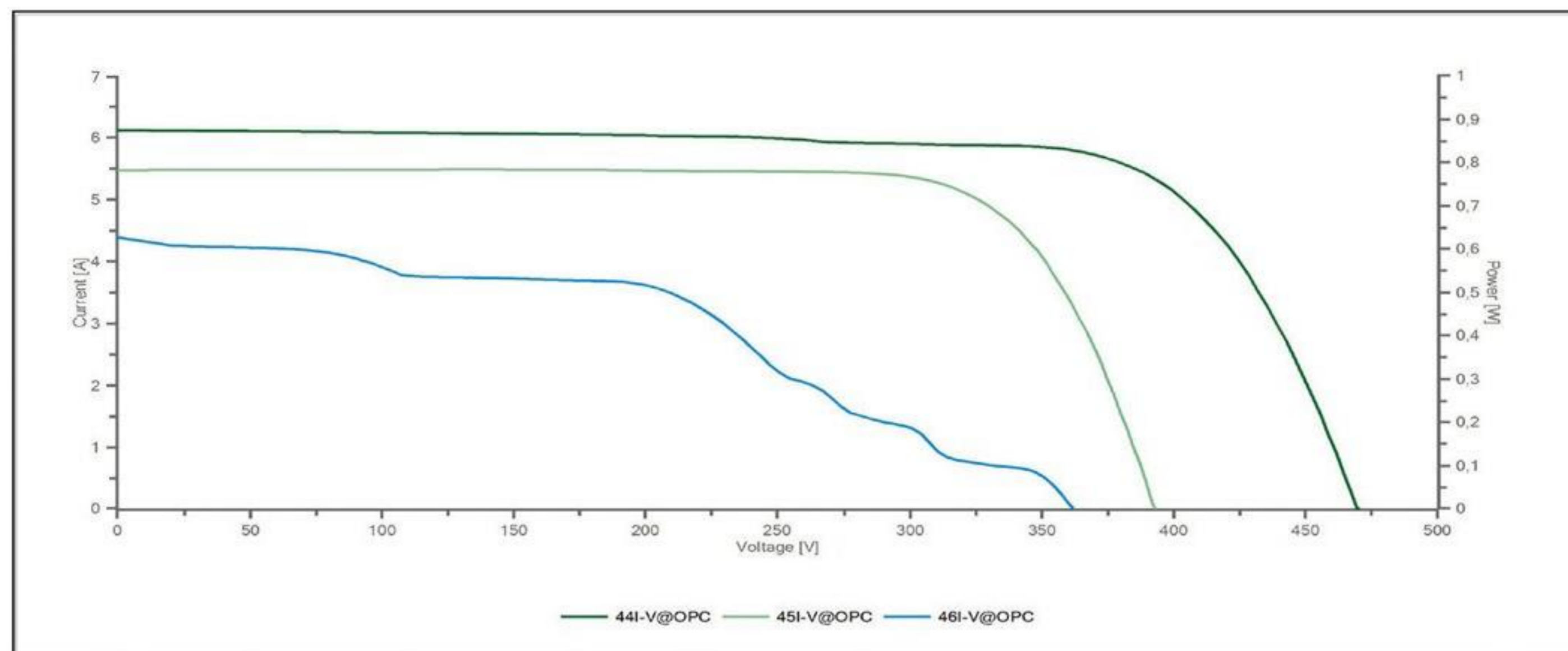


Fig. 2. Elektriske karakteristikker i tre forskellige solcellestreng. Den nederste kurve er målt på en streng med en alvorlig fejl. Den øverste kurve viser en mindre fejl, mens den midterste kurve er målt på en sund streng.

ventet meget lang levetid. Det kan have stor økonomisk betydning og være langt nemmere at få udbedret en eventuel fejl eller mangel fra starten, mens leverandøren stadig er "tæt på" end nogle år senere, hvor der kan være en (reel) risiko for, at leverandøren ikke længere eksisterer, eller at identiske erstatningskomponenter ikke kan fremskaffes.

I det følgende beskrives en fuld anlægskontrol, som den typisk vil blive gennemført ved opstart af anlægget eller i forbindelse med en investors overtagelse af et eksisterende anlæg. Kontroller på senere tidspunkter i forbindelse med for eksempel funktionssvigt eller visuelle forandringer kan målrettes mere mod den konkrete problemstilling.

En fuld anlægskontrol udføres delvis efter standarden: DS/EN 62446, "Net-tilsluttede solcellesystemer – Minimumskrav til systemdokumentation, ibrugtagning og inspektion".

Følgende kontrolleres og vurderes:

- Sikkerhed i montage og installation
- Dimensionering og kvalitet af komponenter og systemsammenkobling
- Sandsynlighed for lang levetid og stabil elproduktion (fysisk placering, skygger ...)
- Ydelse
- Dokumentation og driftsvejledning

- Potentiale for optimering
- (Evt.) æstetik

Et godt sted at starte er en visuel gennemgang af solcelleanlægget, og det træned øje gennemskuer ret hurtigt leverandørens generelle indstilling til kvalitet. Der er rigtig mange detaljer at observere:

- Komponenter og sammenkoblinger (moduler, invertorer, kabler, afbrydere, stativer, indhegning, alarmsystemer, måleudstyr m.m.)
- Dataopsamling/log
- Montage
- Elinstallation
- Omgivelser (skygger m.m.)

Afhængig af de muligheder, de aktuelle vejrforhold giver, udføres følgende målinger:

- Elektrisk karakteristikk
- Elektrisk isolation
- Termografering

I figur 2 vises elektriske karakteristikker for tre forskellige solcellestreng (betegnelse for delsystem bestående af serieforbundne solcellemoduler). Målingen kan dels give en indikation på, om strengen kan levere den lovede effekt, dels afsløre fejl ved tolkning af kurvens forløb, eksempelvis defekte delstreng, fejl i enkeltceller eller skygger. Målingen kan ikke sige noget om, hvor i strengen fejlen måtte være. Metoden kræver lys af en vis styrke. Termografering kan være et

godt supplement. Mange fejl i solceller giver anledning til forhøjet temperatur i for eksempel en celle. Dette vil kunne ses på et termografi, se figur 3, og termografering er derfor en effektiv metode til lokalisering af fejl. Den er begrænset af, at kameraet skal kunne rettes næsten vinkelret mod solcellepanelet, hvilket på mange taganlæg kan være umuligt på grund af adgangsforholdene. Desuden kræver metoden forholdsvis

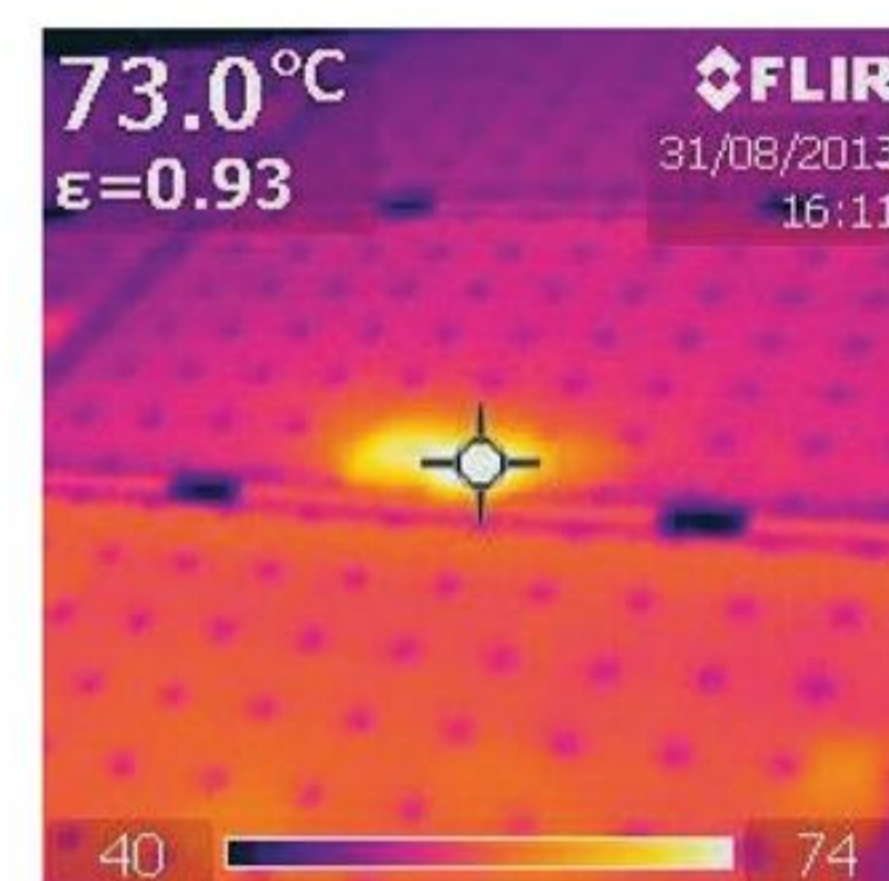


Fig. 3. Termografi af solcellepanel med fejl i en celle, som fører til forhøjet temperatur.

kraftigt lys - og ikke mindst en solid viden om målebetingelser og fortolkningsmuligheder (driftspunkt, refleksioner, vind, skygger, fugleklatte), da man ellers nemt kan fejltolke resultatet.

Forventet elproduktion kontrolleres ved simulering af anlægget. Helt simpelt sammensatte anlæg med regulære flader belyst ensartet og uden skygger beregnes nemt i et regneark. Ved lidt mere drilske skygger



► Analyse...

Fortsat

bliver beregningerne hurtigt komplekse, og man må ty til professionelle simuleringssystemer, se figur 4.

Sidste væsentlige punkt i anlægskontrollen er gennemgang af dokumentationen fra leverandøren til kunden.

Der tjekkes for: datablade for komponenter, testrapporter, brugervejledning, eldiagrammer, ydelsesvurdering og præcis og klar beskrivelse af garantiforhold, herunder produktgarantier, ydelsesgaranti på solcellepanelerne, anlægsgarantier og garanti for en minimum elproduktion.

Vi har kun set yderst få anlæg med pletfri kvalitet i dokumen-

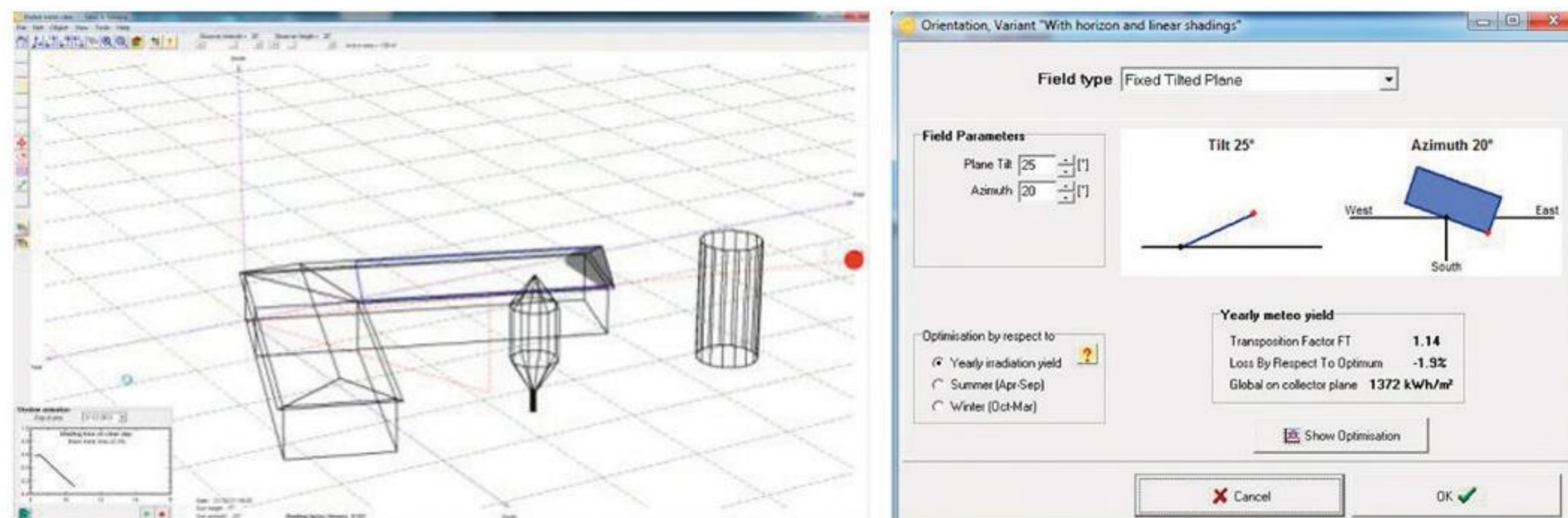


Fig. 4. Konfigurering af solcelleanlæg i professionelt simuleringssystem.

tationen. I et enkelt tilfælde havde boligejeren kun modtaget datablad for solcellepanelerne – desværre et forkert fabrikat! Hvordan vil det gå med de mange "solcelleboom"-anlæg i årene fremover?

Det er svært at spå – især om fremtiden.

Ud fra vores erfaringer med kontrol af solcelleanlæg - og med det forbehold, at der ikke finder en central opsamling af driftserfaringer eller anden screening af elproduktion og pålidelighed af anlæg i drift,

der er kommet op under boomet, sted – vover vi det ene øje og konkluderer:

- Langt de fleste anlæg vil nå forventet levetid og med beskeden degradering
- Langt de fleste anlæg vil leve op til forventet elproduktion, mange endda over
- Mange anlæg har småfejl, som dog næppe vil kompromittere funktionalitet eller bygning og derfor også kun vil blive opdaget tilfældigt
- Der er mange ikke-sporbare

kineserpaneler på markedet, formentlig i meget blandede kvaliteter

- Mest fremtrædende kvalitetsproblem i solcellepaneler er delaminering. Manifesterer sig typisk de første leveår, og der kan forventes at dukke sager op de næste par år
- Ejere med defekte solcellepaneler kan løbe ind i problemer med garantier. Garantier fra leverandører mangler eller er vagt formuleret. Mange leverandører er allerede lukket igen.

## Eksempler på fejl i solcelleanlæg

Her gives nogle eksempler på fejl og problemer observeret under forskellige anlægskontroller.

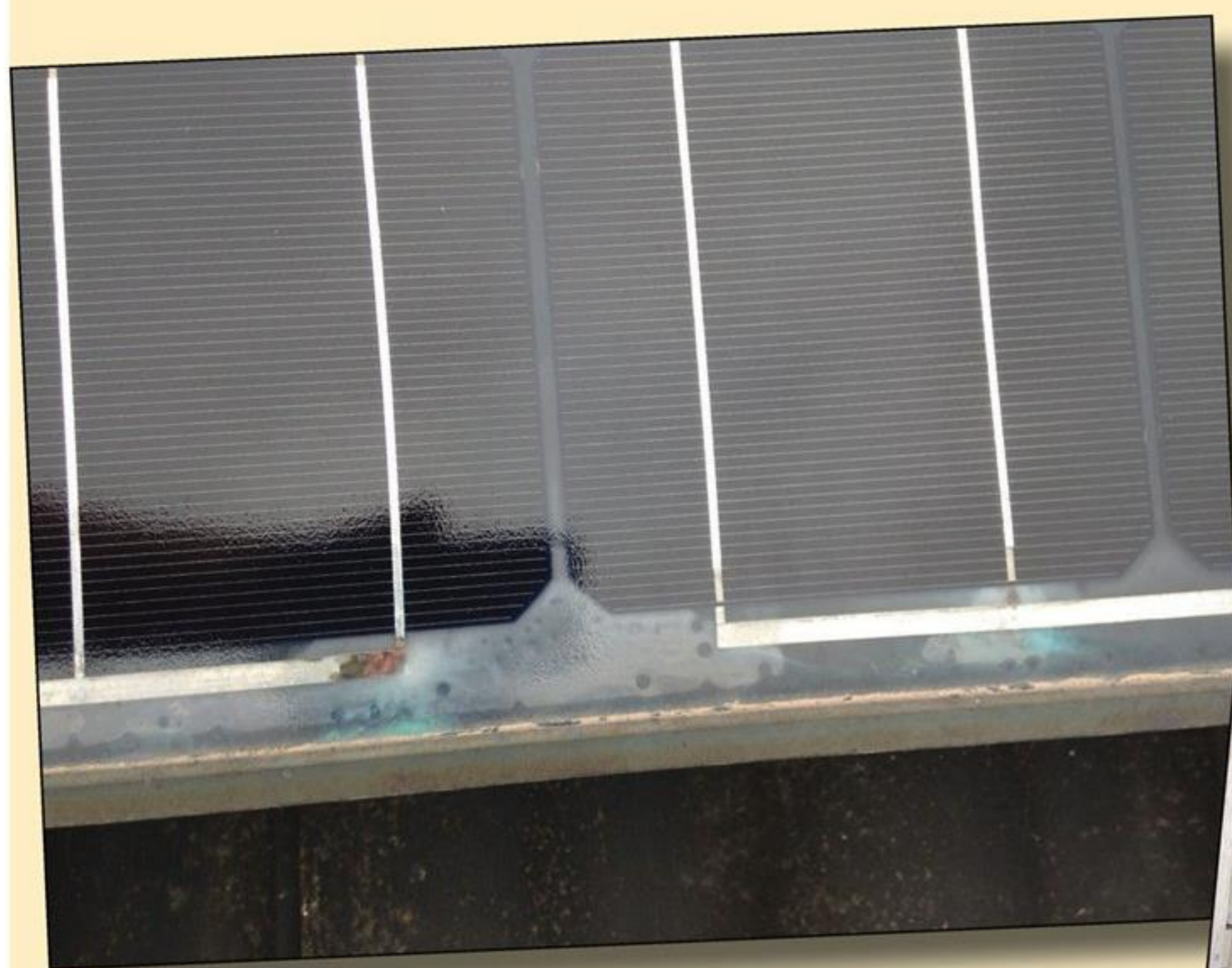


Fig. 5. Delaminering i kanten. Fugt trængt ind og ledere korroderer. Skyldes dårlig kvalitet i lamineringsproces.

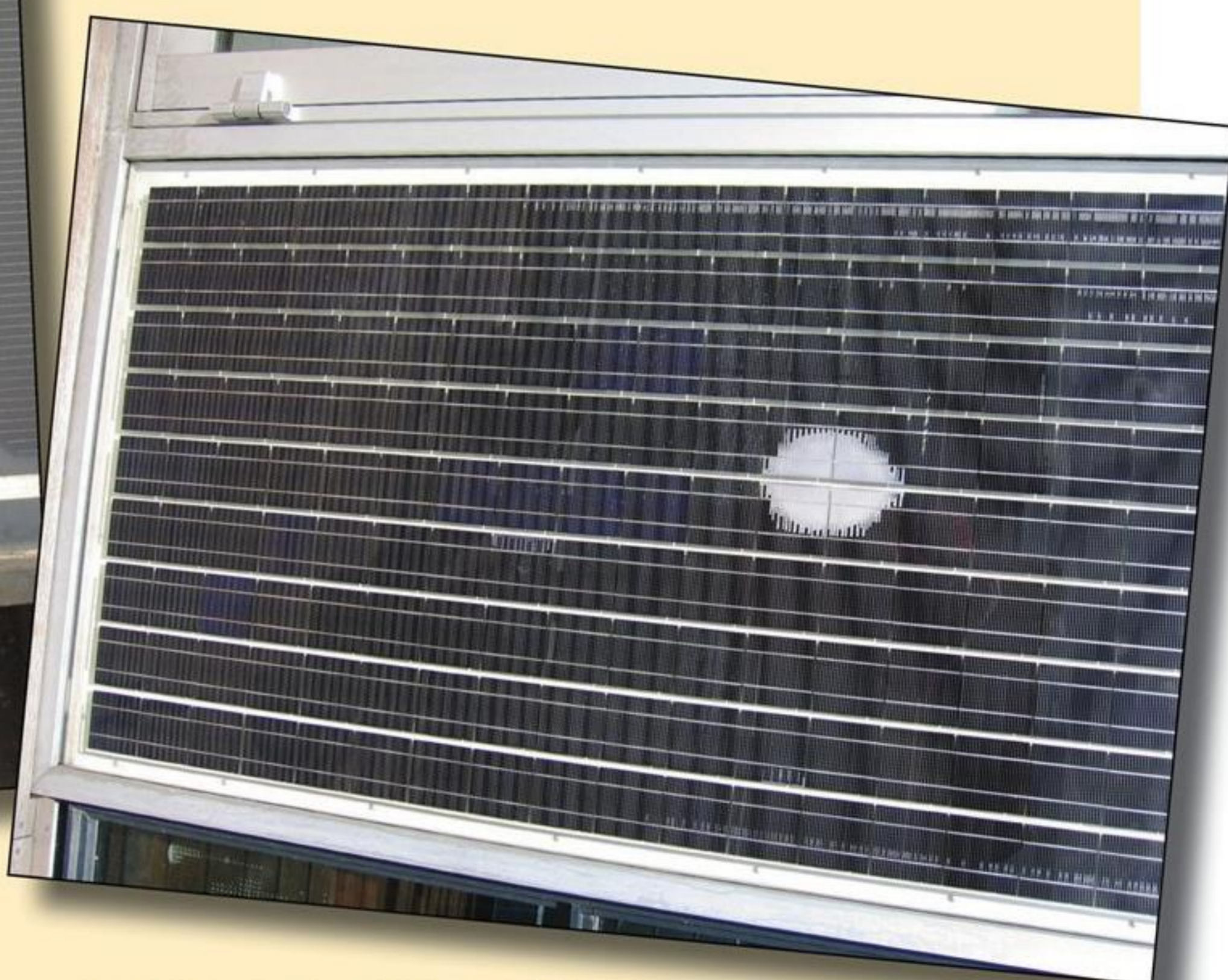


Fig. 6. Delaminering midt i panel. Indkapslingsmateriale løsner sig fra celle. Kan skyldes dårlig kvalitet i materialer, lamineringsproces eller kemisk overfladebehandling af celler.



## Eksempler på fejl i solcelleanlæg

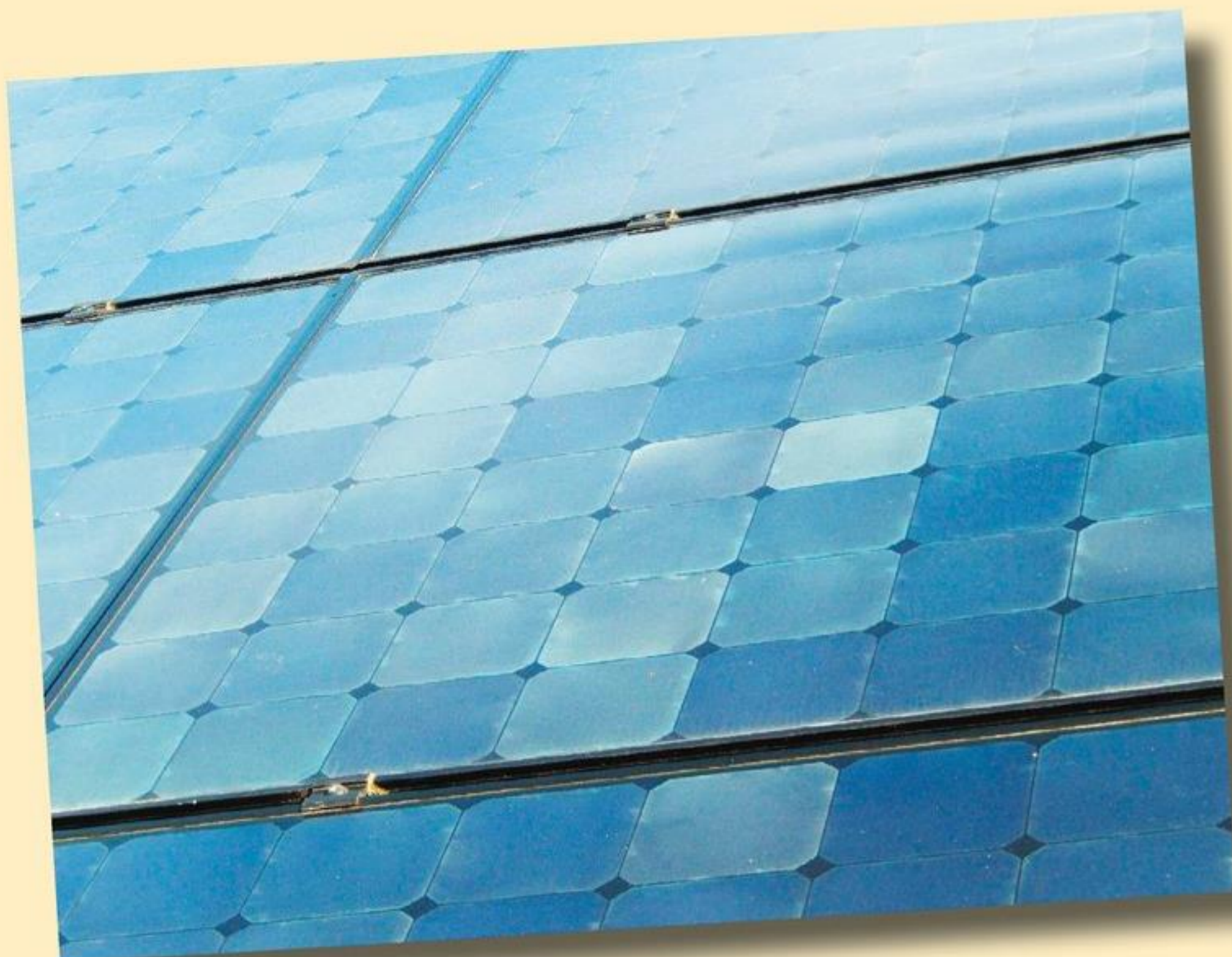


Fig. 7. Farveforandringer i celle. Årsager er ikke fastslået, men måske PID (nedbrydning pga. høj spænding).

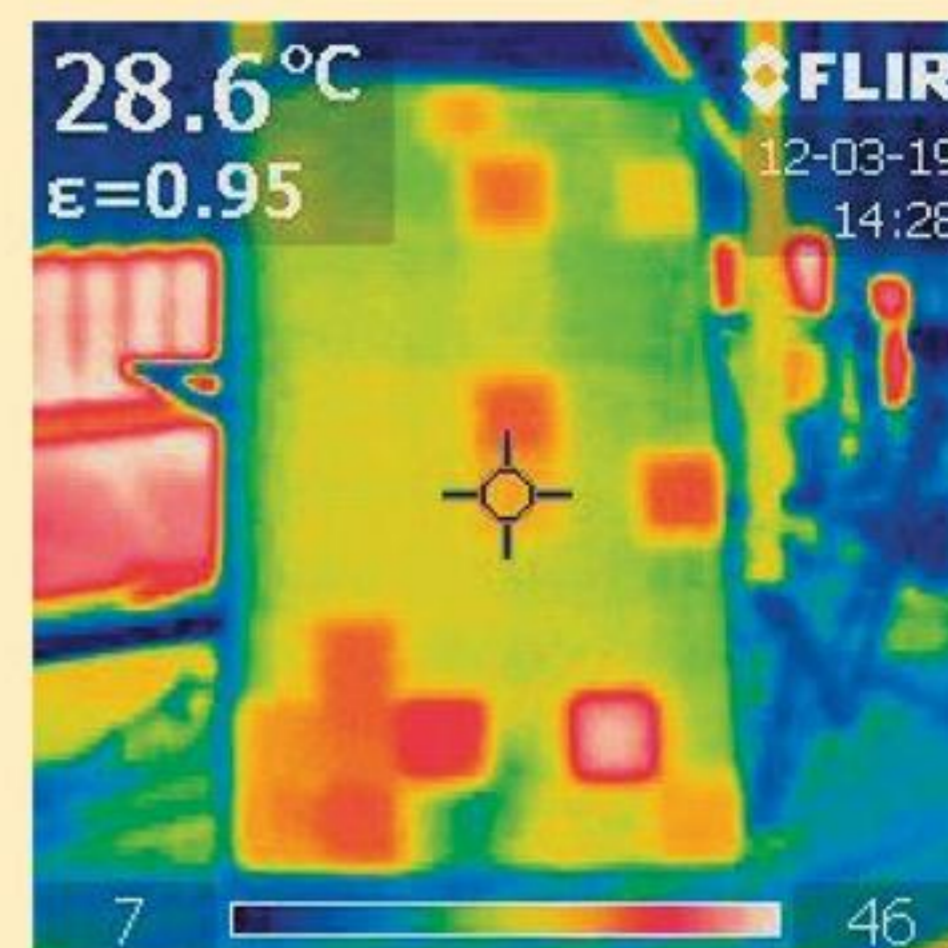


Fig. 8. Termografi af solcellepanel. Mange celler med forhøjet temperatur. Skyldes dårlig kvalitet i celler, formentlig med mikrorevner.

Series		Phone: +4
255		Fax: +4
Serial Number: 2407442		http://www. .com
Peak Power (Pmpp)	255 W	 PHOTOVOLTAGE MODULE 44GP
Rated Voltage (Vmpp)	30.5 V	
Rated Current (Impp)	8.42 A	
Open Circuit Voltage (Voc)	37.6 V	
Short Circuit Current (Isc)	8.95 A	
Maximum System Voltage (UL 1703)	600 V	
Maximum Series Fuse (DC) (UL 1703)	15 A	
Fire Rating	Class C	
Design Load (UL1703)	75.2 lbs/ft <sup>2</sup> [33.4 lbs/ft <sup>2</sup> ]*	
At STC 1000 W, AM1.5, Cell Temp 25°C		
For IEC:		 Safety Class II Equipment
Maximum System Voltage	1000 V	
Maximum Series Fuse (DC)	25 A	
Application Class	Class A	
Maximum Load	5400 Pa [2400Pa]*	 Warning electrical hazard. This module produces electricity when exposed to light. Follow all applicable electricity safety precautions. Only qualified personnel should install or perform maintenance work on the module. Be aware of dangerous high DC voltage when connecting or disconnecting modules. Do not damage or scratch the rear surface of the module. Do not handle or install modules when they are wet. Refer to installation and operation manuals before installing, servicing or operating this unit.
* See installation manual		<b>CAUTION: DO NOT DISCONNECT UNDER LOAD</b> Made in . Ltd. 07312
Manufactured: 03.09.2013		

Fig. 9. Panel-mærkeplade. God! Indeholder masses af data og god sporbarhed til fabrik og testcertifikater.

(Fabrikat anonymiseret)

Module type	250M-20
Maximum power(Pmax)	250W
Voltage at maximum power(Vm)	32.3V
Current at maximum power(I <sub>m</sub> )	7.74A
Open circuit voltage(Voc)	38.4V
Short circuit current(Isc)	8.32A
Dimension	1640*992*45
Weight	22KG
Maximum system voltage	1000VDC
Standard test conditions	1000W/m <sup>2</sup> , 25°C, AM1.5

**WARNING**  
Read the installation and operating manual before installing, Operating or service unit. Do not connect or disconnect plug contacts during the system under load current. Failure to follow these instructions can cause DANGER!

Fig. 10. Panel-mærkeplade. Ulden! Indeholder få data, stavefejl, ingen sporbarhed til fabrik og fifleri med "kvalitetssymboler".



Fig. 11. Forskellig orientering af solceller i samme streng.



## Eksempler på fejl i solcelleanlæg

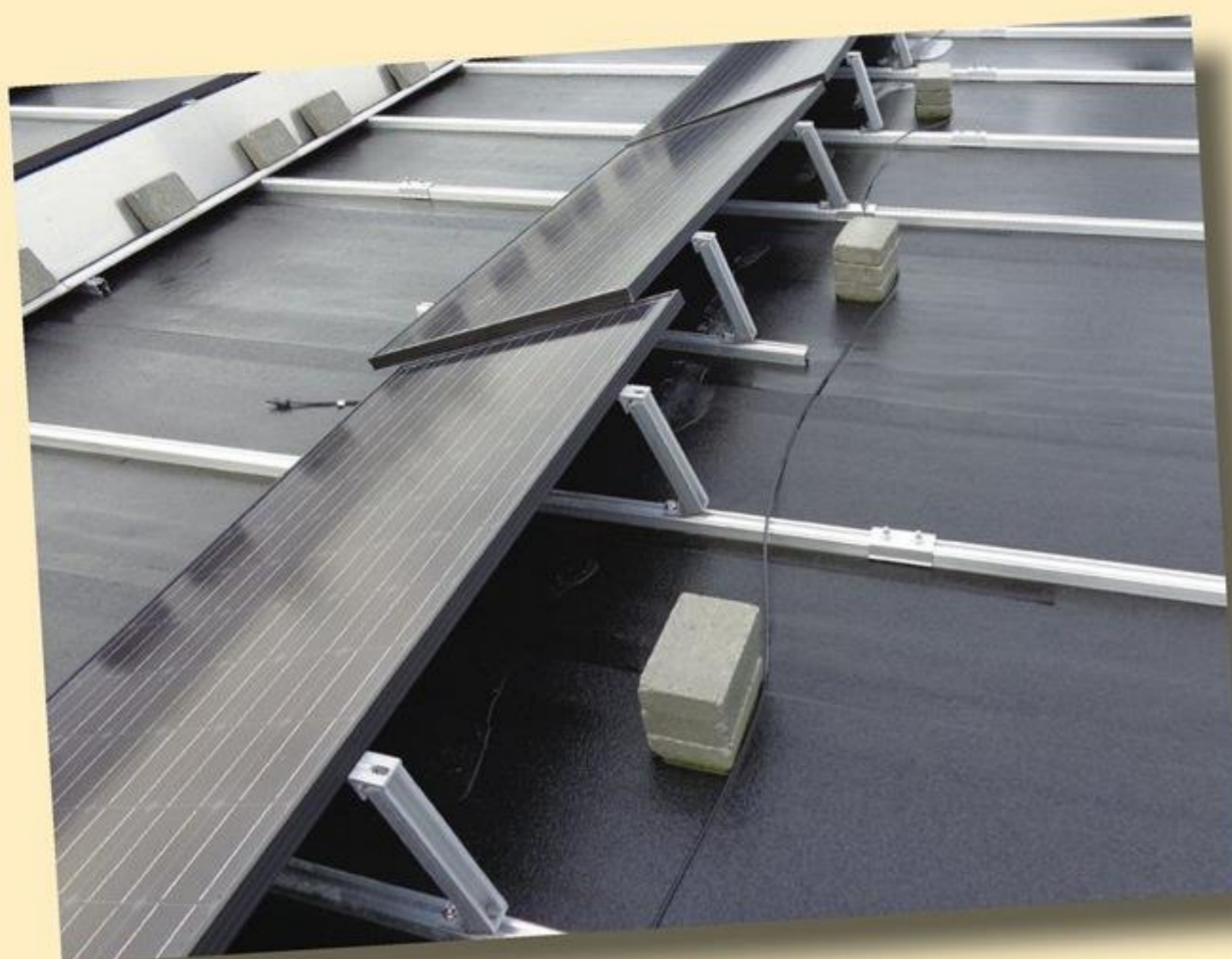


Fig. 12. Solcellepanelerne har flyttet sig i kraftig blæst.



Fig. 13. Kabler ligger løst og udsat.



Fig. 14. Kabelsamling hvor der kan stå fugt.



Fig. 15. Skygger fra flagstang, kvist og nabohus.



Fig. 16. Nordvendt!



## Eksempler på fejl i solcelleanlæg



Fig. 17. For lille afstand mellem solcellepaneler.



Fig. 18. Gennemboring af tegl i bølgedal, hvor regnvand løber.



Fig. 19. Understrygning krakleret.



Fig. 20. Ansatsskrue ureglementeret monteret, lægte flækket.



Fig. 21. Inverter installeret på loft, som bliver meget varmt en sommerdag. Risiko for neddrøsing af elproduktion og forkortet levetid.



## Eksempler på fejl i solcelleanlæg



Fig. 22. 10 kW inverter uden DC-afbryder. Ikke et krav, men må stærkt anbefales.



Fig. 23. Forkert type fejlstrømsafbryder.

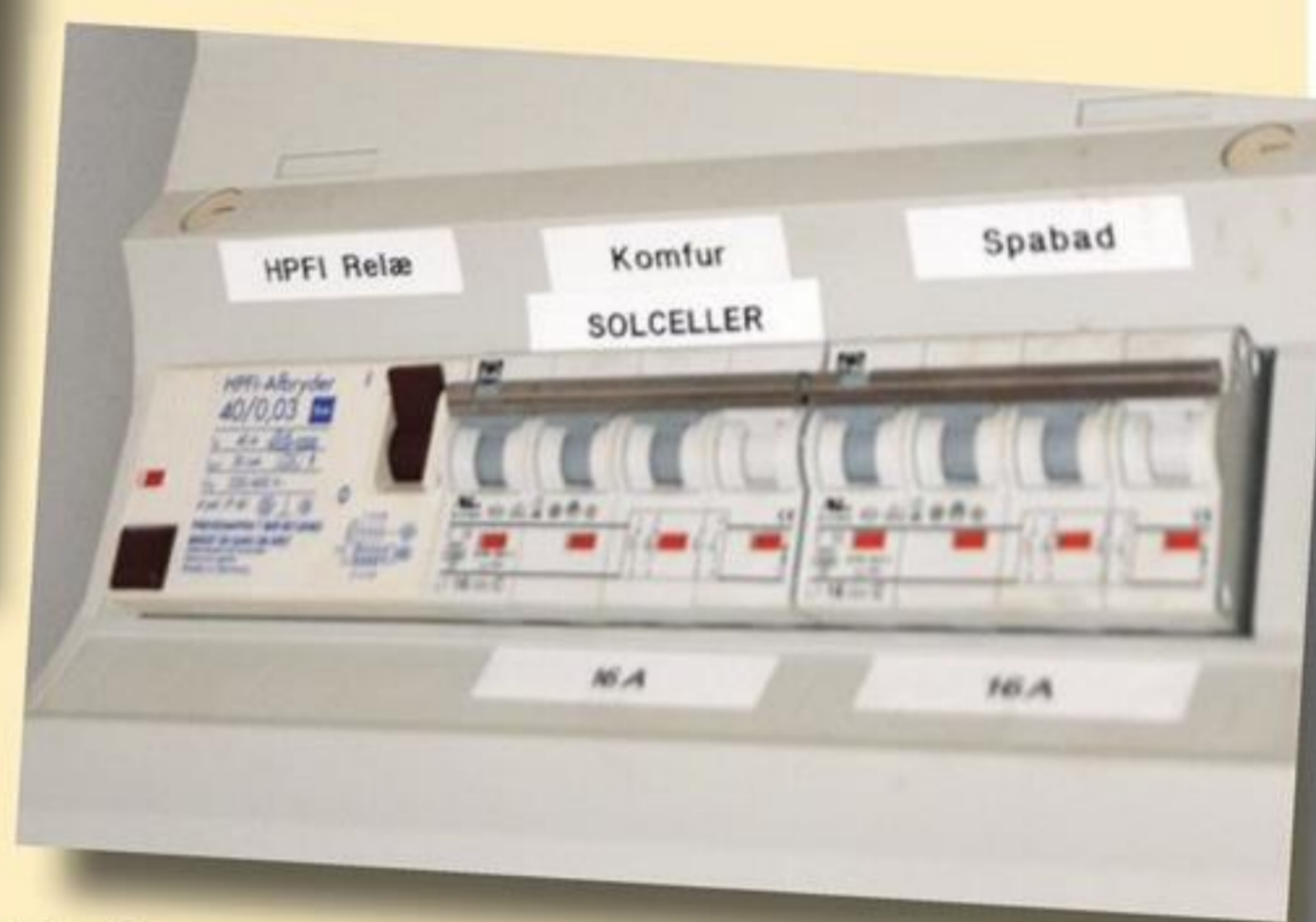


Fig. 24. Forkert tilslutningspunkt i eltavle.

## SORTIMO BILINDRETNING

### TIL ALLE BILSTØRRELSER

**VERDENSPREMIERE I 2015**  
Nu tilbyder Sortimo helt eksklusivt, at kunne vælge mellem hele 4 forskellige bilindretningskoncepter



#### SIMPLECO av Sortimo



Keep it simple

#### GLOBELYST



Allround

#### Sortimo HD



Heavy Duty

#### WORKMO



Mobil