



Smernica o požarni varnosti fotonapetostnih sistemov na ravnih strehah





Smernica o požarni varnosti fotonapetostnih sistemov na ravnih strehah

Grunde Jomaas, Aleš Jug, Nik Rus
Zavod za gradbeništvo Slovenije,
Ljubljana, 2024



Naslov: Smernica o požarni varnosti fotonapetostnih sistemov na ravnih strehah

Avtorji: Grunde Jomaas, Aleš Jug, Nik Rus

Podatki o izdaji:

1. elektronska izdaja

Način dostopa (URL): <https://www.zag.si/dl/smernica-pv.pdf>

Izšlo tudi kot tiskana publikacija.

Kraj in založba: Ljubljana, Zavod za gradbeništvo Slovenije

Leto izida: 2024

Izvirni naslov dela: Fire Safety Guideline for Building Applied Photovoltaic Systems on Flat Roofs

© Zavod za Gradbeništvo Slovenije, 2024

Podatek o nakladi (število natisnjenih izvodov): 300

Projekt FRISSBE je financiran iz programa Evropske unije za raziskave in inovacije Obzorje 2020 v okviru sporazuma o dodelitvi sredstev št. 952395.

Mednarodni identifikator (ISBN): 978-961-7125-09-2 (PDF)

Cena: brezplačno

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID 209155075

ISBN 978-961-7125-09-2 (PDF)



Vsebina

| | |
|---|----|
| Povzetek | 1 |
| Področje uporabe | 2 |
| 1. Uvod | 3 |
| 2. Požarna tveganja zaradi fotovoltaičnih sistemov na ravnih strehah..... | 8 |
| 3. PV paneli na ravnih strehah..... | 13 |
| 4. Gašenje požarov | 19 |
| 5. Splošne dileme | 22 |
| 6. Literatura | 26 |
| 7. Opombe..... | 28 |

Fotografija na naslovnici: Požar v skladišču ASKO v Vestbyju na Norveškem leta 2017, avtorske pravice Tor Aage Hansen/ROCKWOOL Group

Vsebina odraža le stališča avtorjev. Evropska komisija ni odgovorna za kakršno koli uporabo informacij, ki jih vsebuje ta dokument. Ta dokument vsebuje informacije, ki so zaščitene z lastništvom. Niti ta dokument niti informacije, ki jih vsebuje, se ne smejo uporabljati, razmnoževati ali na kakršen koli način posredovati tretjim osebam, v celoti ali po delih, razen s predhodnim pisnim soglasjem družbe Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG). Ta omejitvena oznaka se ne sme spreminjati ali brisati na tem dokumentu ali z njega. Ne Evropska komisija ne ZAG nista odgovorna za kakršno koli uporabo informacij, ki jih ta dokument vsebuje.





Povzetek

Namestitev sončne elektrarne (PV sistem) na streho objekta predstavlja niz novih požarnih tveganj za objekt. Dokazano je, da sončne elektrarne zaradi okvare ene izmed električnih komponent sistema (kabli, konektorji, inverterji, težave z ozemljitvijo, požig) povečujejo možnosti za vžig in nastanek požarov. Tveganje za nastanek požara lahko predstavljajo tudi drugi razlogi, kot so vdor vode, živali (ptice, ptičja gnezda itd.), slaba kakovost PV sistemov ipd., kar lahko povzroči električni oblok ter vroče točke in posledično požar. Namestitev sončne elektrarne vpliva tudi na razvoj požara, saj ga nameščeni paneli pospešujejo. S tem se požar po strehi širi hitreje in zajame večjo površino. Prav tako bo PV sistem na strehi vplival na taktiko gašenja požarov, saj predstavlja precejšnjo fizično oviro. Zaradi stalnega toka PV sistemi neizogibno otežujejo iskanje in gašenje požara na strehi. PV sistemi torej povečujejo verjetnost in posledice požara na strehi. Da bi uspešno ublažili posledice požarov, povezanih s fotovoltaiiko, in zmanjšali njihovo verjetnost,



je treba uvesti učinkovite varnostne ukrepe. Če naj predlagani varnostni ukrepi ustrezno služijo svojemu namenu, je treba njihovo učinkovitost potrditi s sklicevanjem na zanesljive podatke iz znanstveno-raziskovalnih poskusov ali statističnih analiz preteklih dogodkov. Dokler nimamo dovolj znanja o tem, kako zmanjšati tveganje požara zaradi posameznih sestavnih delov, je potrebno pri načrtovanju uporabiti previdnostni pristop.

Pri fotovoltaičnih napravah na ravnih strehah je tveganje mogoče znižati z zmanjšanjem verjetnosti vžiga in zmanjšanjem negativnih posledic. Dobra praksa namestitve in vzdrževanja je bistvenega pomena za zmanjšanje tveganja za verjetnost vžiga. Kakovost in razporeditev strešne konstrukcije imata ključno vlogo pri omejevanju posledic požara in za varnost gasilcev. Pri omejevanju posledic požara so poskusi pokazali, da imata strešna membrana in vrsta PV panela manjšo vlogo v primerjavi z vrsto izolacijskega materiala, zato je tako pri obnovi kot pri novogradnjah glavno priporočilo uporaba negorljivih izolacijskih materialov, da se prepreči širjenje požara na večjo površino in da izolacijski material ne sodeluje v požaru. Če se razmišlja o drugih rešitvah, morajo slednje pokazati podobno zanesljivost v poskusih, kjer se celoten sistem (strešni segment in fotovoltaični moduli) poskusi kot zgrajen in v obsegu, ki vključuje več modulov.



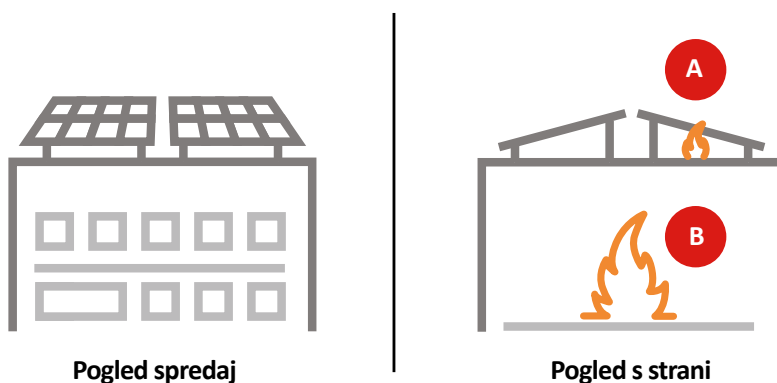
Področje uporabe

Smernica se osredotoča na stavbe z ravnimi strehami, na katerih so nameščeni fotonapetostni (PV) sistemi, tj. (Building - Applied Photovoltaics - BAPV). V tej smernici niso obravnavani fotonapetostni sistemi, vgrajeni v stavbe (Building - Integrated Photovoltaics - BIPV), vendar več vidikov velja tudi za te sisteme, zlasti če so nameščeni na strehah. Pri sistemih BIPV, ki so nameščeni navpično, je treba upoštevati tudi vidike požarne varnosti, povezane s fasadami.

Vrste požarov, povezanih s sistemi BIPV na strehah, je mogoče razvrstiti v dve glavni kategoriji (prikazani na spodnji sliki), in sicer:

A: Požari, do katerih pride na strehi stavbe

B: Požari, do katerih pride v stavbi



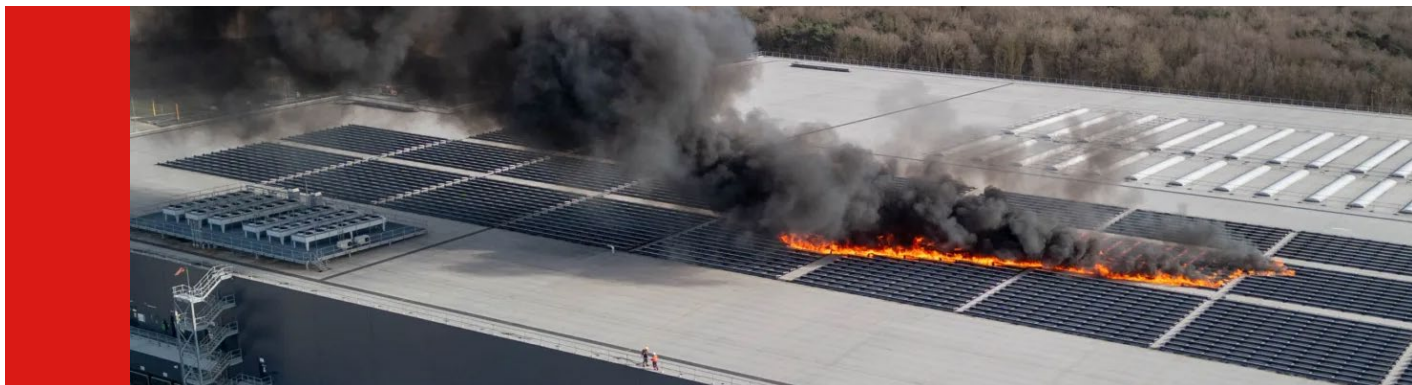
Ker bi morali biti požari, ki izvirajo iz notranjosti stavb, že obravnavani v nacionalnih gradbenih in požarnih predpisih, jim tukaj namenjamo manj pozornosti. V kolikor je potrebno primer požara, ki nastane v stavbah, obravnavati za namene zmanjšanja tveganja, zavarovalnice pogosto za to določajo posebne pogoje. V Veliki Britaniji se predvideva, da bo za odobritev Odbora za certificiranje preprečevanja izgub (LPCB) potrebno testiranje elementov sončnih elektrarn v skladu s standardom LPS-1181-1. Za uspešno opravljen tovrstni požarni poskus se običajno zahteva negorljiva strešna konstrukcija.

Ker so posebnosti vžiga podrobno opisane v več drugih smernicah in poročilih, se ta dokument osredotoča na tri druge vidike, in sicer: dinamiko požara, konstrukcijo strehe in gašenje požara.



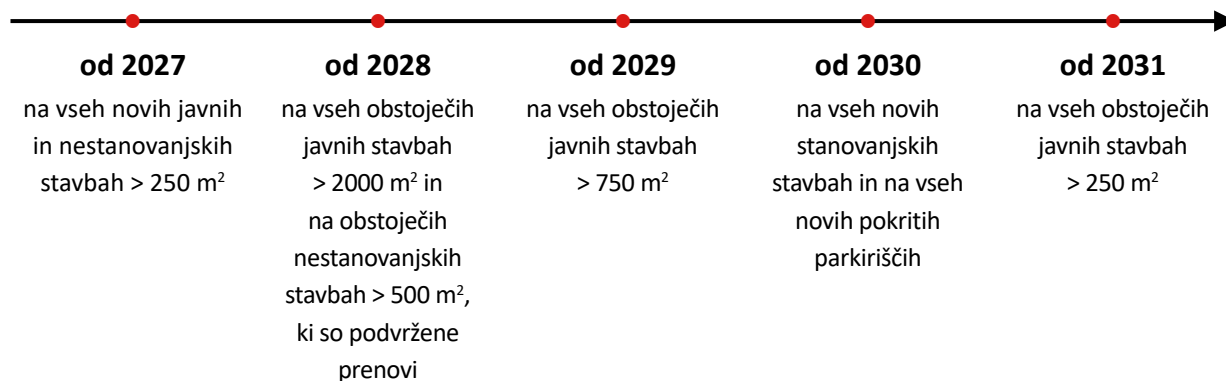
1. Uvod

V okviru načrta REPowerEU je Evropska Komisija opredelila ambiciozno strategijo za uvedbo obvezne namestitve sončne energije na strehah vseh javnih stavb. To se zdaj izvaja z Direktivo o energetske učinkovitosti stavb (EPBD), ki v prihodnosti zahteva namestitve sončne energije na večini stavb.



Avtorske pravice: www.cambsnews.co.uk in Terry Harris

Države članice zagotavljajo namestitve ustreznih naprav za pridobivanje sončne energije na naslednji način:



Zahteve bodo povzročile spremembe na stavbah in znatno povečanje števila PV sistemov na strehah. Ta sprememba lahko prinese velike koristi s podnebne in energetskega vidika, a tudi nove varnostne izzive, ki jih je treba predvideti in obravnavati vnaprej.

Prve ugotovitve kažejo, da tveganje, povezano z namestitvijo PV panelov, ni povezano le z večjo požarno obremenitvijo in možnostjo vžiga, temveč tudi s tem, kako se bo požar na strehi razvijal. Ta sprememba v obnašanju požara bo, če ne bo ustrezno naslovljena, povečala obseg in hitrost širjenja požara ter s tem intenzivnost in posledice požarov. Hkrati namestitev PV panelov, ki ob izpostavljenosti svetlobi neprestano generirajo električno energijo, predstavlja dodatno fizično oviro in tveganje za gasilce, ki se spopadajo z gašenjem požarov na stavbah.



Nekatere velike mednarodne zavarovalnice so pri ocenjevanju požarnega tveganja v stavbah že prepoznale dodatne nevarnosti PV sistemov, nameščenih na strehah, in objavile priporočila, kako jih zmanjšati za stavbe, investicije in človeška življenja:



- **Allianz Risk Consulting:** [Fire Hazards of PV systems](#)
- **AXA Property Risk Consulting Guidelines:** [PV systems](#)
- **RSA Risk Control Guide:** [Photovoltaic Panels](#)
- **HIROC Risk Note:** [Rooftop Solar Panel System](#)
- **Zurich Article:** [The challenges and risks of solar panels](#)
- **IF Article:** [Put your roof to work in a safe manner](#)
- **Generali:** [Photovoltaic panels on roofs and fire risks](#) (v francoščini)
- **FM Global:**
 - [FM 4478 \(Update\), Roof-Mounted Rigid Photovoltaic Module Systems](#)
 - [Systems and FM Global Property Loss Prevention Data Sheets 1-15](#)

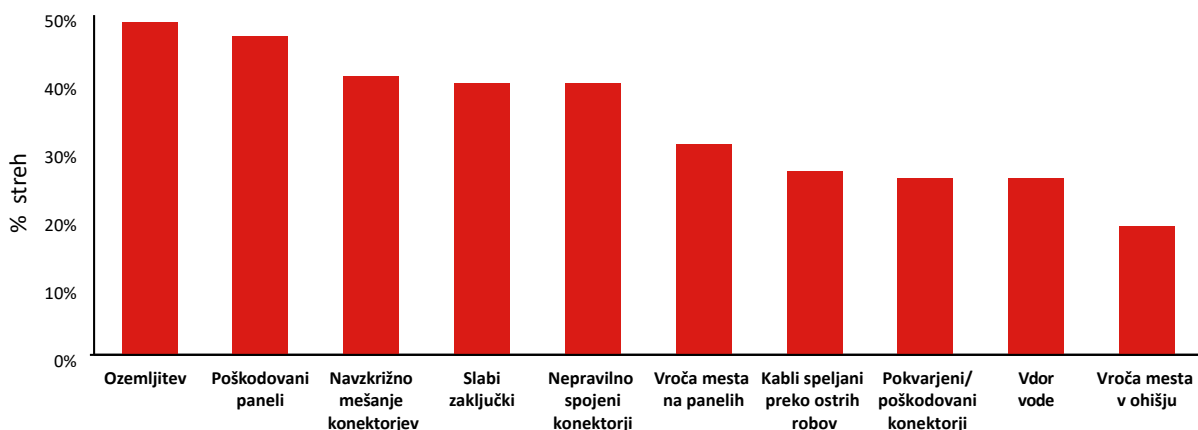
Številne zavarovalnice opažajo, da obstoječi testi niso primerni in da obnašanje streh s PV sistemi v požaru danes še ni ustrezno poznano. Tipično priporočilo za obstoječe strehe je, da se širjenje požara omeji z uporabo negorljivega sloja pod PV paneli.



Statistični podatki o požarih, povezanih s fotovoltaiiko

Mohd in soavtorji (Mohd, 2022) so v objavljeni analizi drevesa odpovedi za požare na strehah s PV sistemi ocenili, da lahko na letni ravni pričakujemo 29 požarov na 1 GW nameščenih kapacitet sončnih elektrarn. To pomeni, da bo že v nekaj letih samo v EU mogoče letno pričakovati več kot 10.000 požarov povezanih s PV sistemi. Ob pričakovanem porastu števila požarov je cilj te smernice zagotoviti usmeritve o tem, kako preprečiti, da posledice požara na strehi s PV sistemom postanejo (pre)obsežne.

Organizacija Clean Energy Associates (CEA) je opravila več kot 600 varnostnih pregledov strešnih PV sistemov v različnih državah na različnih celinah in pri tem odkrila varnostne težave povezane z nevarnostjo vžiga pri kar 97 odstotkov pregledanih sistemov. Rezultati njihovih ugotovitev so podani v spodnjem histogramu. Na podlagi teh preiskav se lahko domneva, da je v življenjski dobi vsake PV naprave verjeten vsaj en dogodek, ki lahko privede do vžiga. Rezultati so skladni tudi z ugotovitvami družbe FM Global, ki je poročala, da tudi v stavbah s sončnimi elektrarnami, ki upoštevajo njihova poostrena varnostna priporočila, še vedno prihaja do vžigov in požarov.



Slika 1: Pregled napak, o katerih je poročalo združenje Clean Energy Associates (CEA) (<https://www.cea3.com/cea-blog/top-10-pv-rooftop-safety-risks>), 2023.

V primeru strešnih fotovoltaičnih naprav se ne smemo omejiti le na nevarnosti vžiga. Zaradi rastočega obsega namestitve novih PV sistemov na strehe so se pojavili pomisleki o novih požarnih nevarnostih, ki se na splošno delijo v štiri širše kategorije, kot je prikazano in opisano v nadaljevanju.





1 Nevarnosti za vžig:

PV sistemi imajo več možnih načinov odpovedi, ki predstavljajo nevarnost vžiga. V številnih primerih so bili vzroki za požar povezani z električnimi napakami v ožičenju fotonapetostnih sklopov, pa tudi drugi vzroki, povezani s fotonapetostnimi napravami (npr. degradacija kontaktov ali poškodbe kablov in povezav zaradi vremenskih obremenitev PV panelov – močan veter, sneg). Staranje sestavnih delov PV lahko pomembno vpliva tudi na požarno varnost (Mohd Nizam Ong et al., 2021).

2 Dinamika razvoja požara:

Namestitev PV sistema na streho spremeni dinamiko nastanka in razvoja požara. Če se požar razvije, lahko prisotnost panelov zadrži v gorenju sproščeno energijo bližje strehi ter poveča toplotne obremenitve in tokove na strehi. Tako lahko požari, ki bi sicer ostali omejeni, hitreje napredujejo in predstavljajo večje požarno tveganje.

Namestitev PV sistema na požarno odporno streho doda strešni konstrukciji dodatno gorivo. PV paneli so običajno izdelani iz steklenih in aluminijastih okvirjev s polimernimi podložnimi materiali in ohišji, ki strehi lahko dodajo nekaj dodatnega gorljivega materiala. Namestitev PV sistema na streho pomeni tudi možnost širjenja požara skozi strešna okna in čez požarno steno, zlasti če ta ni dovolj visoko nad nivojem strehe.

3 Strešna konstrukcija:





Poznamo veliko vrst strešnih konstrukcij, na katere je mogoče namestiti PV sisteme. Vrsta strehe in uporabljeni materiali v primeru požara vplivajo na nanje nameščene PV panele, kar lahko poveča širjenje in razvoj požara. Ta scenarij se razlikuje od tistega, ki je ocenjen za strešno konstrukcijo brez PV sistema. Poleg pokravnih strešnih materialov obstaja veliko vrst izolacijskih materialov, ki imajo vsak svojo stopnjo gorljivosti. Gorljive membrane in izolacija lahko prispevajo k razvoju požara in širjenju plamena na strešni konstrukciji. Do tovrstnega pojava rado pride predvsem na pokritem območju med PV paneli in streho. Zaradi povezav med PV sistemom in strešno konstrukcijo lahko napačne kombinacije materialov v primeru požara pomenijo veliko požarno tveganje.

4 Gasilsko posredovanje:

PV sistemi predstavljajo oviro za gasilce pri gašenju požarov. Pri gašenju požarov na stavbah spada v taktiko gašenja tudi prezračevanje stavbe. Tehnike vertikalnega prezračevanja pogosto vključujejo odpiranje strehe blizu vrha nad vročimi predeli, kar zahteva enostaven dostop na streho. Električne nevarnosti – PV sistemi in mesta za odklop morda niso ustrezno označeni ali pa jih gasilci ne poznajo (če niso izklopljeni, lahko napajajo tokokroge tudi po izklopu glavnega števecja). Eksplozije in kemične nevarnosti – požar lahko zajame baterijske hranilnike energije, ki tudi predstavljajo nevarnost požara eksplozije.



Verjetnost požarov na strehah je povezana s kvaliteto izvedenih del ob namestitvi, medtem ko so posledice požarov povezane z geometrijo panelov in gorljivostjo strehe, zlasti s plastjo izolacije neposredno pod strešno membrano, ki je gorljiva. Z vidika požarne varnosti ni dopustna izvedba gorljive strešne konstrukcije brez negorljivega zaščitnega sloja med streho z gorljivo izolacijo in PV sistemom.

| | Priporočljivo | Potrebno testiranje | Ni priporočeno |
|-------------------|--|--|----------------|
| Posledice/resnost | Gorljiva izolacija <ul style="list-style-type: none">Usposobljeni monterjiVisokokakovostni sestavni deliRedno vzdrževanje  | Gorljiva izolacija <ul style="list-style-type: none">Neusposobljeni monterjiSestavni deli slabe kvalitetePomanjkljivo vzdrževanje  | |
| | Negorljiva izolacija <ul style="list-style-type: none">Usposobljeni monterjiVisokokakovostni sestavni deliRedno vzdrževanje  | Negorljiva izolacija <ul style="list-style-type: none">Neusposobljeni monterjiSestavni deli slabe kvalitetePomanjkljivo vzdrževanje  | |
| | Verjetnost | | |

Povzeto po ZRS:

<https://www.renew-able.co.uk/wp-content/uploads/2024/03/Zurich-whitepaper-Photovoltaic-systems-on-buildings-20231102-US42.pdf>



KLJUČNE UGOTOVITVE:

Fotovoltaika vgrajena v stavbo (BIPV) in fotovoltaika nameščena na stavbo (BAPV) sta različna sistema tudi kar zadeva požarno varnost.

- Ta smernica se osredotoča na požarno varnost BAPV na ravnih strehah.

Razlikovati je treba med požari, ki nastanejo v stavbi, in požari na strehi z BAPV. Ta smernica se osredotoča na slednje.

Na strehah z nameščenimi fotovoltaičnimi napravami se pričakuje veliko požarov.

- Analize minulih požarov kažejo, da se lahko na vsak GW kapacitete sončnih elektrarn, pričakuje okrog 29 požarov.
- Zdi se, da je vžig v življenjski dobi sončne elektrarne neizogiben, zato sta upravljanje in omejevanje posledic požara ključnega pomena.
- Upoštevati je treba celoten sistem, vključno s strešno kritino, saj lahko gorljive strešne membrane, gorljivi sestavni deli (kot so nosilci) in gorljivi izolacijski materiali znatno prispevajo k požaru.

Ključni vidiki, ki jih je treba upoštevati pri požarni varnosti strešnih sončnih elektrarn:

- Vžig
- Dinamika požara
- Konstrukcija strehe - vrsta membrane in izolacije in
- Gašenje požara s strani gasilske enote



2. Požarna tveganja zaradi fotovoltaičnih sistemov na ravnih strehah

Trenutno ni zanesljivih podatkov, ki bi kazali razliko med požarnimi tveganji glede na usmeritev PV sistema (usmerjenost proti jugu ali usmerjenost vzhod-zahod), zato takšno razlikovanje v tem dokumentu ne bo predstavljeno.

Spodnji požari izpostavljajo nekatere izzive, povezane s požari na strehah s fotovoltaiko.

- Bristol, Združeno kraljestvo, We the Curious (Millen & Morgan, 2022): Požar je povzročil ptič, ki je trčil v panel. Stavbo še vedno obnavljajo zaradi poškodb z vodo ob gašenju požara.
- McKesson, New Jersey, ZDA, (Goldman, 2023): Požar se je razširil čez širok odmik med PV paneli.
- Traiskirchen, Avstrija, (Zach, 2019): Pri gašenju v industrijskem kompleksu je sodelovalo več kot 50 gasilcev, da bi preprečili širjenje ognja na druge stavbe.



Bristol, Združeno kraljestvo (Millen & Morgan, 2022)

Fotografija: Avon and Somerset Police

Opomba: kot je označeno v videu v tej novici:

<https://www.itv.com/news/westcountry/2022-05-12/we-the-curious-in-bristol-to-remain-closed-after-birds-cause-fire>



McKesson, New Jersey, ZDA (Goldman, 2023)

Fotografija: Robbinsville Township Fire Department

<https://www.facebook.com/RTFD40>



Traiskirchen, Avstrija (Zach, 2019)

Fotografija: <https://www.facebook.com/einsatzdoku/>



Slika 2 prikazuje osnovno drevo konceptov požarne varnosti, metoda analize tveganja, ki jo je razvilo Nacionalno združenje za požarno varstvo (NFPA). Prikazuje glavna vprašanja, povezana z vžigom in širjenjem požara, ki jih je treba obravnavati v izogib velikim posledicam požara na strehi.

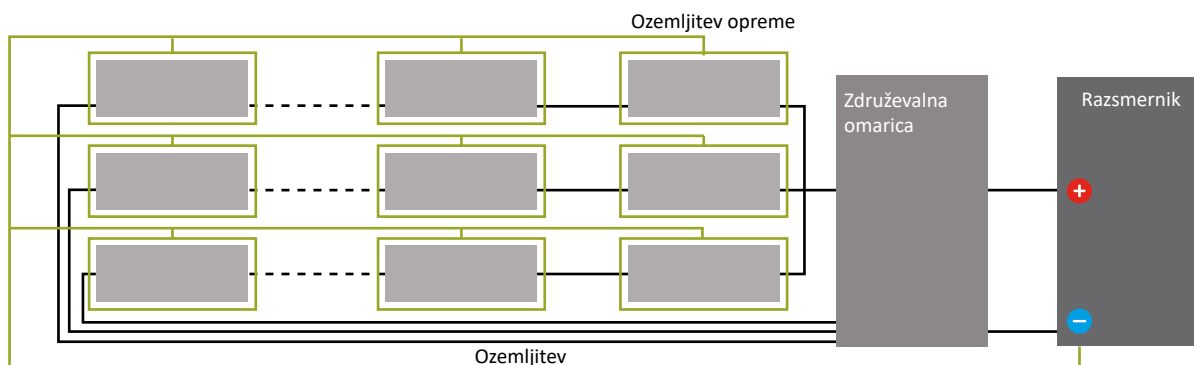
Vžig je običajno povezan z napakami na ravni posameznih komponent in izdelkov, medtem ko je treba pri širjenju požara upoštevati učinke na ravni sistema. Kljub temu, da se komponente in izdelke skrbno nadzoruje z zahtevami električnih standardov, panele pa se preskuša glede gorljivosti, statistični podatki kažejo, da se na fotovoltaičnih sistemih na strehah pojavlja veliko primerov vžiga. Povezava med posameznimi sistemi predstavlja velik izziv pri analizi požarne varnosti. To kaže, da je problem vžiga večinoma povezan z neustrezno namestitvijo PV sistema in pomanjkljivim vzdrževanjem. Ker za požarno preskušanje celotnega PV sistema (vključno s strešnimi membranami) še ni uveljavljenega standarda, ostaja to en ključnih nerešenih problemov.



Slika 2: Osnovno drevo konceptov požarne varnosti (NFPA 550) za požare na strehah, na katerih se nahajajo PV sistemi.

Vžig

Da bi proizvodnja električne energije potekala v skladu s pričakovanji, je vsaka sončna elektrarna poleg sončnih panelov in sistema za montažo sestavljena iz niza električnih komponent (omrežja na izmenični in enosmerni tok s številnimi električnimi komponentami in napravami). Za lažjo ponazoritev je na Sliki 3 prikazana shema poenostavljenega PV sistema. Različni kabli, priključne omarice, krmilniki polnjenja, obvodne diode in razsmerniki sestavljajo PV sistem. Vse te električne komponente lahko iz različnih razlogov odpovedo, kar lahko vodi do vira vžiga in možnosti požara.



Slika 3: Fotovoltaični sistem je kompleksen sistem s številnimi sestavnimi deli. Alam, 2013.



Okvara, ki povzroči vžig, je lahko lastna sestavnim delom ali pa izvira od zunaj. Medtem ko notranji vzroki za okvaro običajno izhajajo iz slabe kakovosti materialov in izdelkov, pomanjkljive vgradnje ali neustreznega vzdrževanja, se tudi zunanji vzroki za okvaro sestavnih delov zelo razlikujejo, od umazanije, senčne lege, premikov komponent PV (veter, sneg), udarcev (živali, toča ...) do letočih žerjavov gozdnih požarov itd.

Večina virov vžiga ne izvira iz samih PV panelov, temveč iz drugih delov naprave (glej Sliko 4). Glede na to, da je večina ugotovljenih vžigov vezana na stikalne naprave, je treba le te najbolj zaščititi. Ena od rešitev je stalno spremljanje prekomerne uporovne toplote (še pred vžigom).



Slika 4: Izvor požarov fotonapetostnih sistemov, BRE (2017).

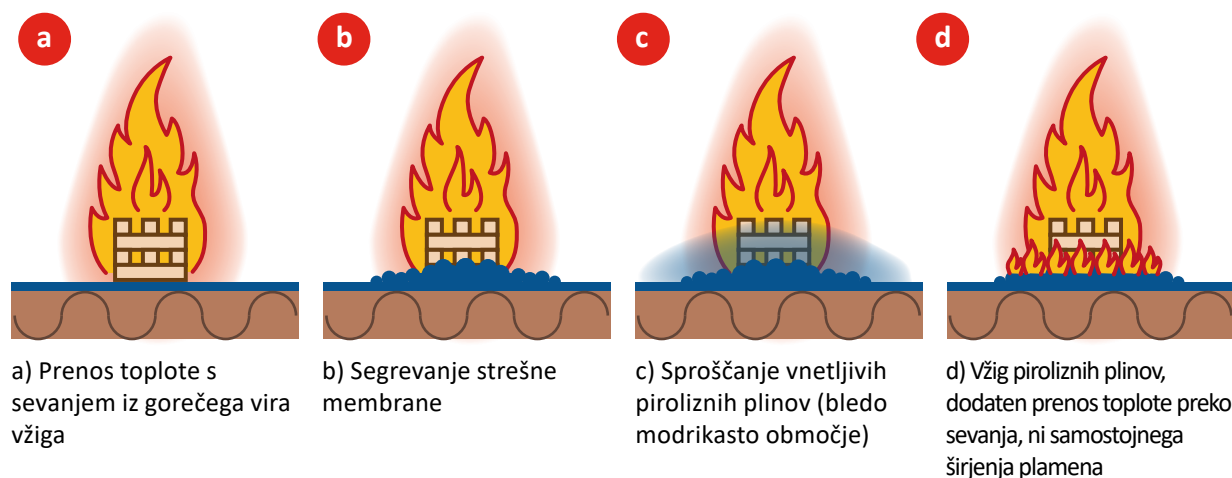
Širjenje požara

Dinamiko razvoja požara strehe s sončno elektrarno določajo številni vidiki. Raziskave so pokazale, da lahko ocena tveganja strehe s PV sistemom, ki temelji zgolj na oceni posameznih materialov in sestavnih delov posameznih komponent, privede do napačnih zaključkov. Za pravilno oceno požarnega tveganja je treba sončno elektrarno obravnavati kot sistem, ki ga sestavlja več delov, in sicer paneli, komponente za montažo in strešna konstrukcija. V ta namen so na ravni zavarovalnic že v pripravi določene systemske zahteve.

Namestitev sončne elektrarne na stavbah spremeni odziv stavbe v primeru požara, saj se lahko plamen pod paneli odkloni. Ta odklon nato usmeri precejšnjo količino toplote nazaj na površino strešne kritine in tako omogoči širjenje plamena tam, kjer ga sicer ne bi bilo (ob predpostavki, da ima uporabljena strešna membrana ustrezno požarno klasifikacijo). Povratna toplota, ki se vrne na strešno kritino, povzroča predhodno gretje strešnega materiala in tako omogoči širjenje požara. Slike v nadaljevanju (Kristensen, 2022) prikazujejo shematično primerjavo scenarijev širjenja plamena brez nameščenih PV panelov in s PV paneli nameščenimi nad površino ravne strehe (situacija pod paneli nameščenimi vodoravno je zelo podobna situaciji s paneli nameščenimi pod naklonom).

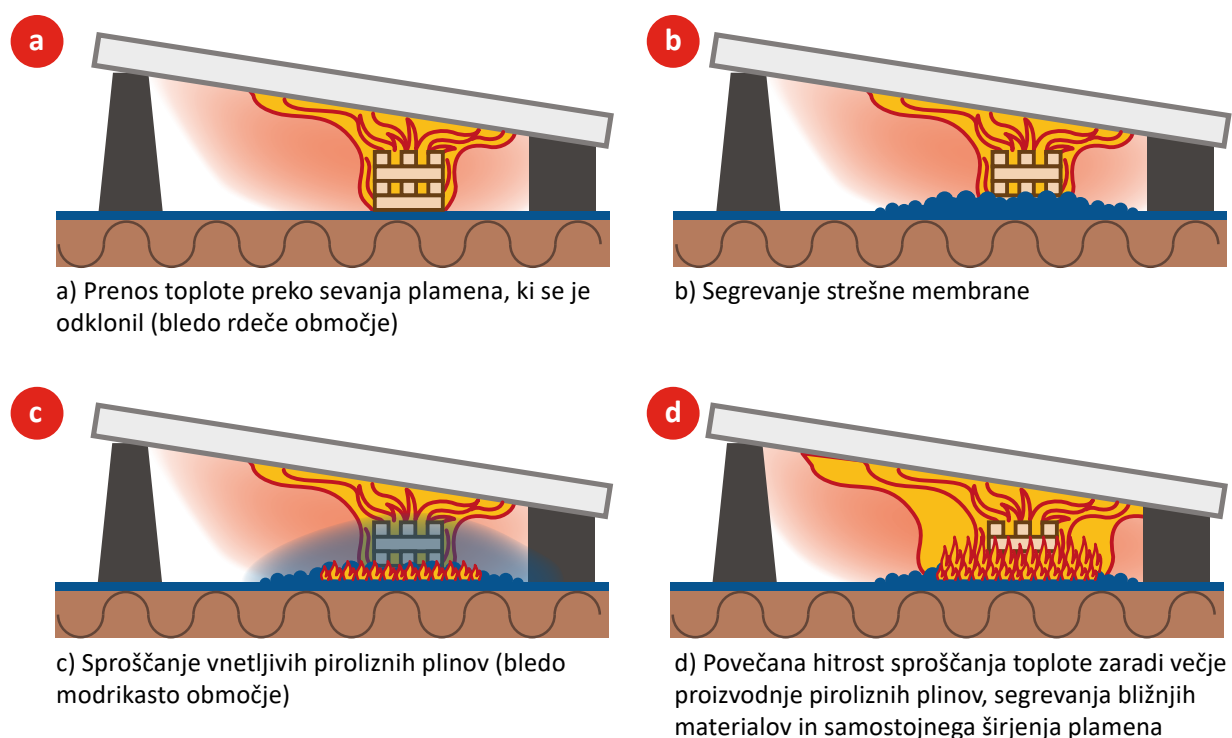


Scenarij brez panela: Širjenja plamena izven vira vžiga ni ali pa je zanemarljivo (prikazana lesena skladovnica je podobna tisti, ki je bila uporabljena v poskusih).



Slika 5: Prikaz postopka vžiga lesenega vira na strešni konstrukciji (modra barva ponazarja strešno membrano, rjava barva ponazarja izolacijo).

Scenarij z nameščenim panelom: Znatno širjenje plamena pod PV panelom. Strešna membrana in izolacijski material pod njo sta enaka v primeru obeh scenarijev (sliki 5 in 6).

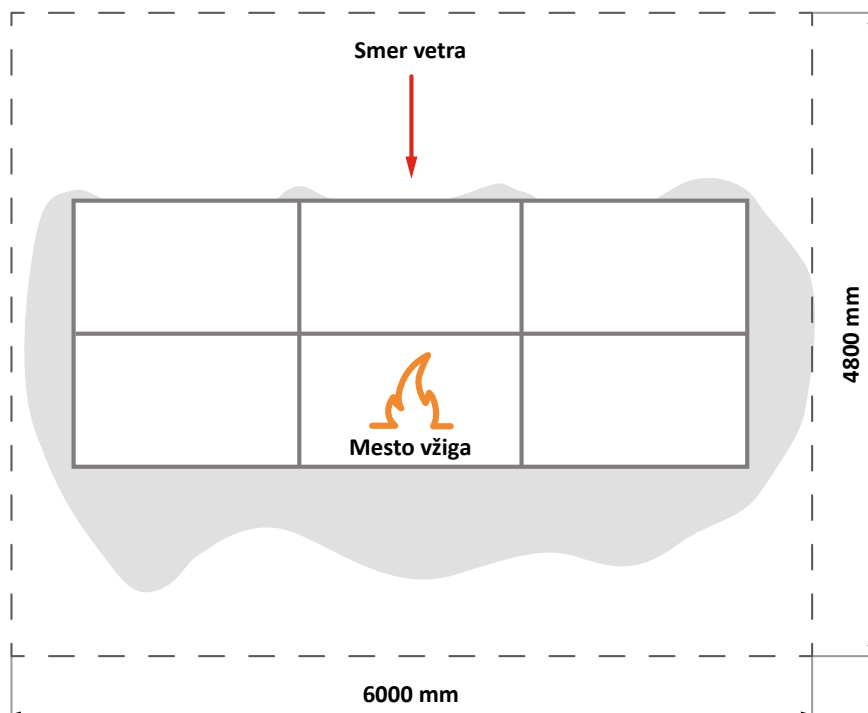


Slika 6: Prikaz postopka vžiga in napredovanja plamena iz lesenega vira pod PV panelom na strešni konstrukciji (modra barva ponazarja strešno membrano, rjava barva ponazarja izolacijo).

Sliki 5 in 6 sta bili reproducirani na osnovi dela Jensa Steemanna Kristensena iz leta 2022.



Vse možne postavitve PV panelov (vodoravno ali pod naklonom glede na streho) dokazano povečajo obseg širjenja požara, ki presega pričakovano širjenje na strehi brez PV panelov. To potrjujejo dejanski požari kot tudi poskusi v požarnih laboratorijih. Širjenje požara se izven področja, ki ga pokrivajo paneli, običajno ustavi na razmeroma kratki razdalji. Iz sheme (Slika 7) poskusov (Kristensen in Jomaas, 2018) je razvidno, da se požar ustavi izven območja PV panelov.



Slika 7: Poskusi požarov na strehah ob nameščenih PV sistemih so pokazali, da se požari običajno ne razširijo znatno dlje izven območja PV sistema (Kristensen in Jomaas, 2018). Te ugotovitve na splošno potrjujejo tudi dejanski požari na strehah.

3. PV paneli na ravnih strehah

Pri požarih na strehah, ki imajo nameščene PV sisteme, je še toliko bolj pomembno skrbno upoštevati lastnosti požarnega zidu (kot dokazuje požar ASKO na Norveškem), razporeditev do strešnih zračnikov, razdaljo med površinami z nameščenimi PV paneli in velikost površin.

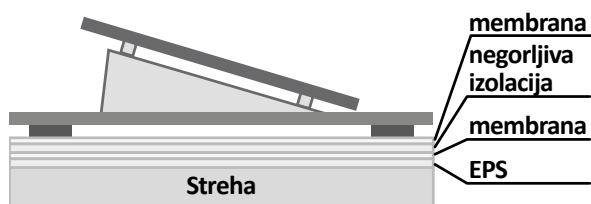


Slika 8: Pogled na strešno konstrukcijo s (1) požarnim zidom, (2) strešnim zračnikom in (3) fotovoltaičnimi paneli. Strešni zračnik mora upoštevati tudi nacionalne standarde za oddaljenost od fizičnega zidu.

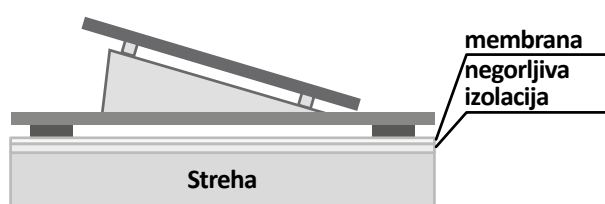
Pri strešnih konstrukcijah za stavbe s PV sistemi je treba razlikovati med nadgradnjami/obnovami obstoječih stavb in novimi gradnjami. Nadgradnja obstoječe strehe za namestitev strešne sončne elektrarne je daleč najbolj razširjena praksa, deloma zato, ker na splošno velja, da je bolj trajnostno uporabljati obstoječe strehe/stavbe kot graditi nove.

Spodnja Slika 9 prikazuje 2 tipični strukturi streh za novogradnje in obnove/nadgradnje obstoječih.

- Pri obnovljenih strehah so raziskave pokazale, da je za tipično gradnjo z EPS in membrano na vrhu strešne osnove potreben zaščitni sloj za preprečitev napredovanja požara do EPS, hkrati pa nujen za preprečitev obsežnega požara. V skladu z večino zavarovalniških standardov je ta zaščitni sloj običajno sestavljen iz sloja negorljive izolacije z novo strešno membrano na vrhu. Ker je obnašanje sistema ključnega pomena za požarno varnost fotovoltaike, se priporoča, da se vpliv zaščitnega sloja na požarno varnost izbrane rešitve potrdi s sklicevanjem na podatke požarnih poskusov ali statistične podatke.
- Pri novi strehi se je treba pri vrhnjem sloju izogibati uporabi gorljive izolacije, kot je EPS. Priporočljivo je uporabiti požarno varnejšo alternativo, kot je negorljiva izolacija s strešno membrano na vrhu. Priporočilo za negorljivo izolacijo temelji na javno dostopnih rezultatih požarnih poskusov. Ti kažejo, da je širjenje požara po strešnih membranah, ki ga omogočajo PV paneli, neodvisno od vrste membrane. Požari, ki nastanejo na strehah ob nameščenih PV panelih so obsežni in zajamejo tudi gorljive izolacijske materiale.



Tipična sestava strehe za prenovo



Tipična sestava strehe za novogradnjo



Membrana

V spodnji tabeli je seznam tipičnih membran, ki se uporabljajo za strešne kritine. Pred prodajo na evropskem trgu morajo biti membrane preskušene skladno s standardom EN 13501-5 (Požarna klasifikacija gradbenih proizvodov in elementov stavb - 5. del: Klasifikacija na podlagi podatkov iz preskusov požarne odpornosti streh z zunanje strani, 2016). Iz Tabele 1 v nadaljevanju je razvidno, da je PVC membrane mogoče razvrstiti v kategorijo Broof z uporabo treh različnih poskusnih metod. Razlike med membranami iste vrste je mogoče pripisati različnim ravnem dodanih zaviralcev gorenja, debelini membrane in kemični sestavi.

Požarni poskusi so pokazali, da se lahko membrana razvrsti v nižjo kategorijo, če je nad njo nameščen PV-panel, kar velja ne glede na vrsto membrane.

Tabela 1: Tipične strešne membrane in testna metoda, ki se uporablja za njihovo razvrstitev v B_{roof} .

| Vrsta membrane | Testna metoda |
|--|-----------------------|
| TPO (Thermoplastic Poly Olefin) | $B_{\text{roof}}(t1)$ |
| TPO/FPA (Flexible Polypropylene Alloy) | $B_{\text{roof}}(t1)$ |
| FPO (Flexible Poly Olefin) | $B_{\text{roof}}(t2)$ |
| PVC (Poly Vinyl Chloride) | $B_{\text{roof}}(t2)$ |
| PVC | $B_{\text{roof}}(t3)$ |
| Bitumen | $B_{\text{roof}}(t3)$ |
| PVC | $B_{\text{roof}}(t4)$ |

Izolacija

Če vrste gorljive izolacije ni mogoče odstraniti z obstoječe strehe, je treba uporabiti zaščitni sloj. Podano rešitev z zaščitnim slojem je treba poskusiti, vir vžiga pa mora biti dovolj velik, da se pod PV panelom razvije dovolj velik požar.

Izolacija ima pomembno vlogo pri zadrževanju ali odvajanju toplote, ki nastane pri požaru. Če izolacija omogoča, da več toplote hitreje prodre skozi ostrešje, se manj toplote ohrani na območju gorenja in hitrost širjenja požara se zmanjša. In obratno, če izolacija omogoča, da manj toplote prodre skozi strešni nanos, več toplote ostane na območju gorenja in hitrost širjenja požara se lahko poveča. Upoštevati gre tudi možnost, da je lahko hitrejše širjenje požara (in s tem manjša toplotna obremenitev plasti globlje v strukturi strehe) v določenih primerih zaželeno, saj se lahko tako zaščiti spodnji sloj, npr. EPS. Omenjeno velja ob predpostavki, da se bo požar ustavil na robu PV sistema, kar morda ne bo veljalo za vrste membran, ki med gorenjem kapljajo ali se stopijo (npr. bitumen).

Če je toplotna prehodnost (vrednost u) različnih osnovnih izolacijskih rešitev enaka, se pričakuje, da bodo prispevki prenosa toplote k dinamiki požara iz različnih izolacijskih materialov enaki. Vendar se tudi pri enaki vrednosti u izolacijskih materialov opazi različno obnašanje, če upoštevamo trajanje požara. Poskusi Kristensena in Jomaasa (Kristensen & Jomaas, 2018) so



pokazali, da lahko dlje trajajoči požari ogrozijo gorljive izolacijske materiale in tako potencialno omogočijo, da požar iz ostrešja preide v notranjost stavbe.

Pomembno je ločiti med novimi strešnimi konstrukcijami in tistimi, ki so podvržene obnovi. Izbira materialov lahko privede do pomembnih razlik, ko gre za požarno varnost. Pri obnovah obstoječih stavb se posledice teh sprememb za požarno varnost pogosto ne upoštevajo na enaki ravni kot pri novih stavbah.

Navsezadnje gre za zmanjšanje tveganj. Gorljivi izolacijski materiali na strehi pomenijo večjo količina goriva, ki se lahko v primeru nepredvidenega požara vžge in prispeva k požaru.

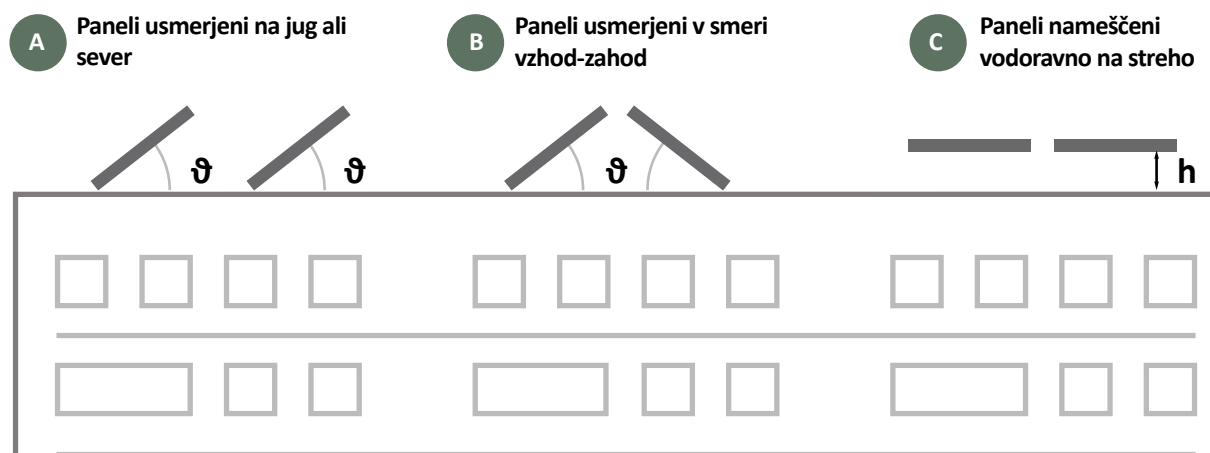
PV paneli

Glede na sestavo ločimo več vrst PV panelov. Nekateri imajo na primer spredaj steklo in na zadnji strani polimerne materiale (UL 790 razred C), obstajajo pa še kombinacije steklo-steklo (UL 790 razred C) in steklo-steklo (UL 790 razred A). Čeprav lahko obstajajo nekatere razlike glede hitrosti širjenja požara, povezane z različnimi vrstami panelov, bodo na širjenje požara vplivale vse vrste uporabljenih materialov. Poskusi v požarnem laboratoriju so pokazali, da celo jeklena plošča nameščena nad ekvivalentnimi strešnimi materiali povzroči podobno širjenje požara kot PV paneli. Prav zato zmanjšanje tveganja ne bi smelo temeljiti samo na izbiri PV panela.

PV paneli imajo ključno vlogo pri širjenju požarov na strehah, saj so lahko eden od virov vžiga ali zgolj vplivajo na požar, ki je nastal izven sončne elektrarne. Njihova prisotnost v primerjavi s požarom strehe brez PV sistema pomembno prispeva k hujšim posledicam požara. V nadaljevanju je opisano, kako na požarno tveganje stavbe vplivata izbira in namestitev strešnih sončnih panelov in elementov okoli njih.

PV sistemi so navadno nameščeni v treh različnih smereh, kot je prikazano na Sliki 10, ki je poenostavljen stranski pogled stavbe s PV paneli na ravni strehi:

- Paneli usmerjeni na jug (na severni polobli) ali sever (na južni polobli) (levo)
- Paneli usmerjeni v smer vzhod-zahod (sredina)
- Paneli nameščeni vodoravno nad površino strehe (desno)



Stranski pogled



Geometrija namestitve panelov

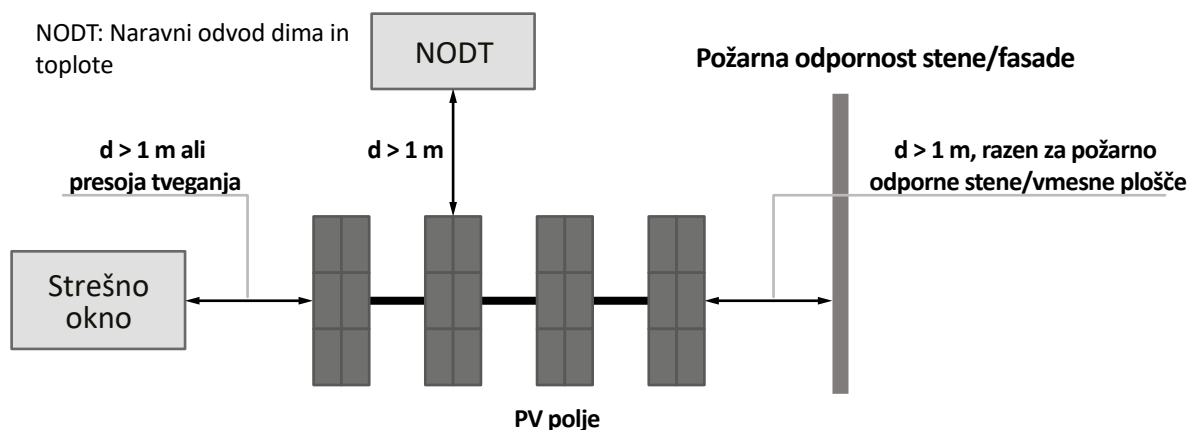
Odločilna parametra pri tem sta višina med paneli in streho ter naklon panelov. Manjša kot je višina vrzeli, večji je prenos toplote iz plamena nazaj na strešno kritino, kar omogoči hitrejšo rast požara in s tem višjo hitrost širjenja plamena. Faudzi in drugi (Faudzi, 2019) so opravili raziskave, ki so pokazale, da obstaja kritična višina vrzeli, kar pomeni, da se obnašanje požara nad določeno višino namestitve panelov skoraj ne razlikuje od tistega, pri katerem paneli niso prisotni. Če so strešne membrane izbrane pravilno, vgradnja PV panelov na kritični višini zmanjša požarno tveganje.

Naklon panelov povzroči učinek dimnika, ki dovaja gorenju večje količine kisika in s tem dodatno pospešuje širjenje plamena. Vpliv geometrije na posledice požara je kompleksen. Hitrejše širjenje plamena običajno povzroči krajši skupni čas trajanja požara in s tem manjšo izpostavljenost strešne kritine toplotnem toku. Posledično to pomeni manjše posledice za stavbo, saj je tveganje širjenja požara v strešno konstrukcijo manjše.

Postavitev polj sončne elektrarne

V nacionalnih smernicah so določene zahteve glede odmikov med polji PV panelov in največje velikosti posameznega polja in tovrstne razdalje so pomembne. Na Sliki 11 v nadaljevanju je prikazan zgled iz Italije (Cancelliere, 2016), kjer so podani razmiki med polji ter razdalje do požarnih pregrad, strešnih oken ter odprtih za odvod dima in toplote.

Predpisane vrednosti se od države do države nekoliko razlikujejo, zato bi bilo poenotenje zahtev za postavitev polj sončne elektrarne koristno. Za pričakovati je, da bi poenotenje temeljilo na raziskavah in da se bodo razmiki lahko razlikovali glede na PV sisteme nameščene na različne strešne kritine in glede na različno geometrijo med paneli in streho.



Slika 9: Priporočena razdalja med polji in razdalja do požarnih zidov, strešnih oken ter odprtih za odvod dima in toplote, povzeto po Cancelliere, 2016.

V večini dokumentov zavarovalnic in svetovalnih podjetij za požarno varnosti prevladujeta dva ukrepa, kot je prikazano v spodnji preglednici, in sicer površina polja in razmik med njimi. Predpisana površina polja je od 40 m x 40 m do 45 m x 45 m, razmik med polji pa mora biti od 1 m do 2 m, odvisno od nekaterih dodatnih zahtev, določenih v posameznih smernicah.



Tabela 2: Priporočena velikost polja in razdalje okoli polja, kot je navedeno v različnih smernicah

| Založnik | Velikost polja | Razmik med posameznimi polji in drugimi strešnimi odprtinami |
|------------------|---|--|
| Allianz | 45 m x 45 m | 1,2 m |
| AXA XL | 45 m x 45 m | 1,2 m ali 1,8 m ¹ |
| RSA Insurance | 46 m x 46 m | 1,2 m |
| SZPV | 40 m x 40 m | 1,0 m ali 2,0 m ² |
| BVS ³ | nad 1,800 m ² (pribl. 42 m x 42 m) | 1,0 m ali 2,0 m ⁴ |
| VdS 2234 | 40 m x 40 m | > 5 m |

1. Zahteva za razdaljo od roba strehe do fotonapetostne naprave je 4 ft (1,2 m) za strehe z dolžino ali širino manj kot 75 m (250 ft) in 6 ft (1,8 m) za strehe z dolžino ali širino nad 75 m (250 ft).
2. Pri ravnih strehah, večjih od 40 m x 40 m, so polja omejena na največ 40 m x 40 m. Med robom strehe in takim poljem pa mora biti najmanj 1 m širok dostopni pas. Med dvema takšnima poljema mora biti prost prehod širine najmanj 2 m.
3. Dokument je namenjen le streham s površino, večjo od 1800 m².
4. 1 m za primere z negorljivo strešno površino (npr. 5 cm debela prodnata površina), če pa je strešna kritina gorljiva (tudi klasifikacija Broof(t1) brez zaščite s 5 cm debelo prodnato površino), je treba ohraniti vodoravno razdaljo 2 m.

Požar v podjetju ASKO na Norveškem («Brannen i ASKO-bygget», 2017) je nastal zaradi polnjenja viličarja. Gre za požar, ki se je začel v stavbi in na katerega je kasneje vplivala nameščena sončna elektrarna. Požar je v enem prostoru prebil streho in se nato razširil po strehi, opremljeni s PV sistemom. Po strehi je požar napredoval v drug požarni sektor. Na obsežnost požara sta vplivala PV sistem (paneli in sestava strehe) in dejstvo, da nad streho ni bilo požarne ločitve. Požar je poškodoval 9.000 m² od skupno 100.000 m² površine in povzročil škodo v vrednosti približno 200 milijonov NOK (višina škode je bila kasneje zaradi prekinjenega poslovanja in logistike podvojena). Z obsežnimi gasilskimi prizadevanji je bil požar omejen na hladilnico.



Požar v podjetju ASKO na Norveškem se je razširil po številnih poljih sončne elektrarne na strehi, uspešno preskočil požarno steno v notranjosti stavbe in izničil predvideno požarno ločitev.

Fotografija: Požar v skladišču družbe ASKO v Vestbyju na Norveškem leta 2017, avtorske pravice: Tor Aage Hansen/ROCKWOOL Group



Fotografija: CambsNews/Terry Harris

Požar v distribucijskem centru Lidl v Peterboroughu v Združenem kraljestvu februarja 2024 se je razširil tudi preko številnih razmikov med polji panelov. Poleg tega smer širjenja kaže, da je v konfiguraciji, obrnjeni proti jugu, širjenje čez ločevanje prehodov lažje na "višjem koncu" nagnjenega panela (na sliki proti levi). Smer vetra je slučajno tudi v trenutku slike usmerjena v isto smer. Zdi se, da so v tem požaru polipropilenski (tj. gorljivi) nosilci napenov prispevali k širjenju požara, kar je v skladu z ugotovitvami Kristensena in Jomaasa (2018).



KLJUČNE UGOTOVITVE:

- **Požarno tveganje na strehah s PV sistemi je večje kot na strehah brez panelov.**
- **Oceno požarne varnosti sončne elektrarne je potrebno opraviti na ravni sistema, saj posamezni materiali in komponente ne predstavljajo nujno celovitega tveganja. Celotno požarno tveganje se pokaže, ko so posamezni deli združeni v celoto in jih je zato treba oceniti kot sistem.**
- **Parametri, ki odločilno vplivajo na dinamiko požara v primeru požara, povezanega s fotovoltaiiko, so:**
 - višina vrzeli
 - naklon panelov
 - količina goriva na strehi (membrana in izolacijski materiali) in
 - konfiguracija polja (velikost polja in razdalje med polji).
- **Vrsta panelov ni tako pomemben dejavnik kot zgoraj naštetih parametri.**
- **Vse vrste membran se lahko vključijo v požar in omogočijo širjenje plamena izven območja vira vžiga, če so nameščene pod PV paneli (ki so dovolj blizu strešne površine).**
- **Na podlagi zgoraj navedenega se na strehi s ciljem, da se doseže znatno zmanjšanje tveganja pod paneli priporočajo negorljivi izolacijski materiali in pravilna montaža.**



4. Gašenje požarov

Izzivi uspešnega in varnega gašenja požarov s PV sistemi so večinoma enaki ne glede na to, ali požar izbruhne na strehi ali pa se nanjo razširi od drugod (notranjost stavbe, okoliške stavbe, gozdni požar...). Na splošno so za gašenje potrebni:

1. Varen dostop na streho
2. Varno delo na strehi
3. Uspešna uporaba gasilnih sredstev (voda, pena ...)



Požar sončne elektrarne na strehi stavbe v Robbinsvillu (New Jersey, ZDA) prikazuje gasilce med gašenjem.

Fotografija: Edmund Haemmerle

Namestitev strešne sončne elektrarne lahko vpliva tako na varnost dostopa in dela na strehi kot tudi na uspešnost gašenja z gasilnimi sredstvi. Prav zato je treba zagotoviti naslednje ukrepe:

- 1 PV panelov naj se ne namesti ob robovih strehe. Med polji panelov morajo biti zadostni prehodi, ki omogočajo neovirano hojo, s katere koli točke dostopa na streho.
- 2 Požarni zidovi morajo biti podaljšani tako, da se prepreči nepričakovano širjenje požara med sektorji tudi na strehi, strešna pa konstrukcija dovolj močna. Omogočena mora biti možnost odklopa (ali ustrezno zmanjšanje napetosti) PV sistema, da se zmanjša nevarnost električnega udara med delom gasilcev.
- 3 Za učinkovito uporabo gasilnega sredstva mora biti omogočen dostop do mesta požara. Ker požar sončne elektrarne pogosto predstavlja tudi nevarnost za okolje, je treba gasilna sredstva uporabljati smotrno.

PV paneli lahko proizvajajo potencialno smrtonosne količine enosmerne električne energije, kadar so izpostavljeni svetlobi. PV sistemi naj bi imeli izolacijska stikala in večina razsmernikov ima opremo za zaznavanje pojava električnega oblaka. Novejši PV sistemi imajo lahko dodatne komponente (npr. optimizatorji), ki so zasnovane za spremljanje in »izklop« PV sistema oz. zmanjšanje napetosti na varno raven v primeru napake. Določene državne zakonodaje to že



zahtevajo, drugod še ne. Pri starejših elektrarnah PV paneli in ožičenje, ki vodi do prve točke elektromehanske izolacije, ostajajo pod napetostjo, dokler paneli PV sprejemajo svetlobo. Ne glede na to, ali je PV sistem neposredno vir vžiga ali pa je vpleten zgolj posredno (vir vžiga zunaj PV sistema), za prve posredovalce določena tveganja obstajajo. Posredovanje na požarih, ki vključujejo PV panele, naj poteka zgolj s strani usposobljenih posredovalcev. Med gašenjem PV panelov naj bo napetost izključena (ali vsaj zmanjšana), kajti med posredovanjem lahko vsi PV sistemi predstavljajo električno nevarnost pod napetostjo z enosmernim tokom. Ker ni mogoče pričakovati, da bodo gasilci ob prihodu na požar poznali različne tehnologije solarnih PV sistemov, potrebujejo preprosto in učinkovito metodo za varen odklop napajanja PV sistema pri viru.

Večji požar, ki je 20. maja 2021 izbruhnil v skladišču v Noardburgumu na Nizozemskem, kaže na morebitne dodatne okoljske težave (Bellini, 2021). Občinska uprava je v sporočilu za javnost navedla, da je prejela približno 73 obvestil zaskrbljenih prebivalcev iz okolice objekta zajetega v požar. Občane je vznemirila prisotnost steklenih drobcov fotonapetostnih modulov na njihovih zemljiščih. Po besedah Ursa Muntwylerja, strokovnjaka za požarne na PV napravah in izvršnega direktorja švicarskega inženirskega podjetja Ingenieurbüro Muntwyler, so delci, ki so jih našli prebivalci in so vidni tudi na sliki, objavljeni v izjavi za javnost občine, podobni tistim, ki jih je našel po podobnem požaru sončne elektrarne v Lanzenhäusern v Švici.



Požar v kraju Noardburgum na Nizozemskem je povzročil zaskrbljenost ljudi za okolje več kilometrov stran od kraja požara.

Fotografija: NoorderNieuws/de Vries Media

Požari v stavbah se pogosto razvijejo v zelo velike požare, zato so pri teh pomembni tudi okoljski vidiki. Velika moč požara lahko, kot je dokazal požar na Nizozemskem, nese delce fotovoltaičnih panelov zelo daleč, kar negativno vpliva na okolje. Hkrati bodo gasilci med posredovanjem pri velikih požarih porabili več vode, zato je večja verjetnost onesnaženja tal in podtalnice v okolici požara. Na območjih, kjer je bližnje okolje še posebej občutljivo, je zato treba okoljske vidike požarov obravnavati zelo skrbno.



KLJUČNE UGOTOVITVE:

- Za preprečevanje širjenja požarov v sosednje sektorje požarov, ki nastanejo v stavbah, je običajno potrebna negorljiva strešna konstrukcija. Če želimo preprečiti širjenje na zunanjo stran. Požarni zidovi morajo segati dovolj visoko nad raven strehe, da se učinkovito prepreči širjenje požara med požarnimi sektorji.
- Nameščeni PV sistemi vplivajo na zmožnost gasilcev, da uspešno pogasijo požar. Zato je potrebno zagotoviti
 - varen dostop in varno delovanje in
 - možnost uporabe gasilnega sredstva neposredno na požaru tako, da PV paneli ne ovirajo gašenja.



Gasilec, izpostavljen dimu v požaru sončne elektrarne na strehi v Robbinsvillu, New Jersey, ZDA. Ramali in drugi (2023) so predlagali, da bi morali gasilci upoštevati varnostne prakse pred, med in po požarih, ki vključujejo fotovoltaične sisteme. Eno od priporočil je stalno nošenje ustrezne osebne varovalne opreme.

Fotografija: Edmund Haemmerle



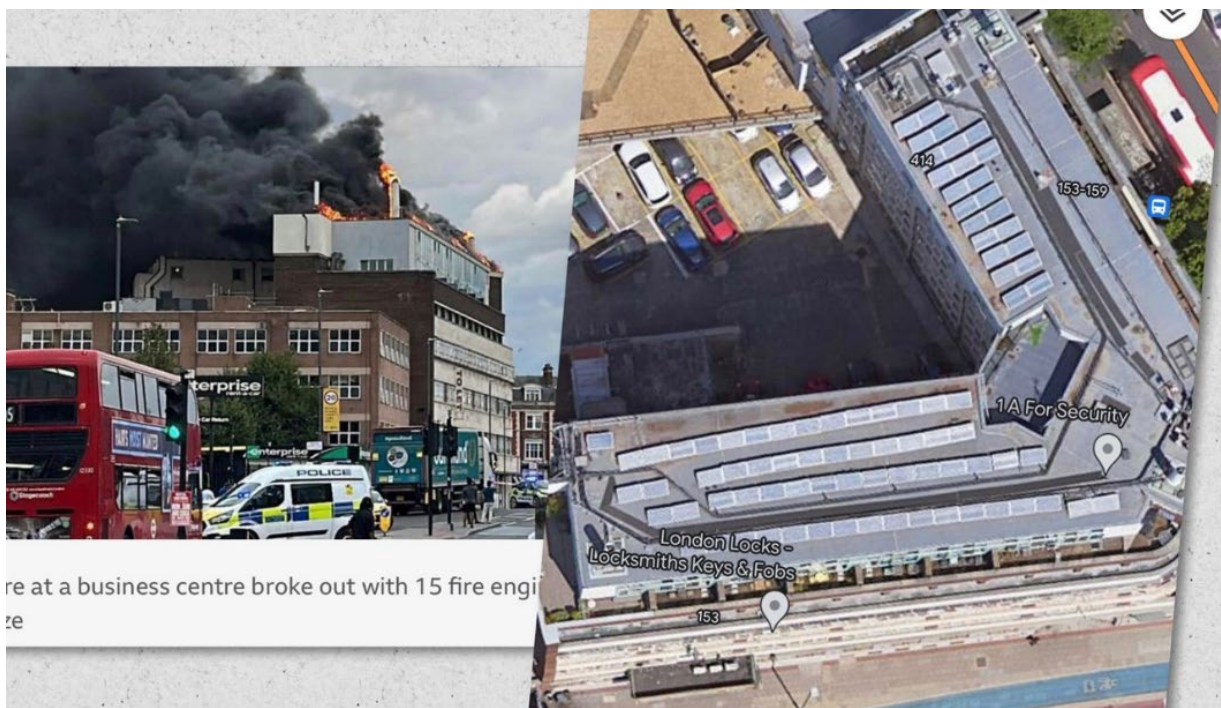
5. Splošne dileme

Z namestitvijo PV sistemov na strehe so povezane tudi nekatere splošne dileme glede požarne varnosti, ki bodo obravnavane v nadaljevanju. Dandanes je večina sončnih elektrarn nameščena brez sistemov za zaznavanje požarov. To pomeni, da se lahko požar na strehi razvije v velik požar še preden je odkrit, opažen pa bo šele s strani oseb v bližnji okolici stavbe.

Druga splošna dilema je povezana s slabo prakso namestitvev sončnih elektrarn in pomanjkljivim vzdrževanjem.

Do večjega požara je prišlo avgusta leta 2023 na strehi stavbe v Londonu, v Veliki Britaniji. Domneva se, da je bil izvor požara sončna elektrarna nameščeni na strehi stavbe. Požar se je sčasoma razširil po strehi in prisilil uporabnike stavbe k hitri evakuaciji. Ko so se v stavbi sprožili požarni alarmi, je bil požar že precej razvit. Spodnje fotografije kažejo, da sončna elektrarna na obravnavani stavbi ni bila nameščena v skladu s konvencionalno prakso, poleg tega je bila slabo vzdrževana. Fotonapetostni paneli so bili nameščeni zelo neenakomerno, prav tako pa je videti, da so se po strehi premikali zaradi vetra ali drugih vzrokov. To lahko obremeni električne kable in povzroči nastanek električnega oblaka.

Za preprečitev premikanja PV panelov na strehi stavbe se te pogosto obteži z balastom. Tak način obtežitve lahko povzroči druge težave, tako v smislu poškodb strehe zaradi samega balasta kot tudi vpliva na osnovni izolacijski material.



Odlomek iz novic o požaru na strehi v Londonu skupaj z zaslonsko sliko fotonapetainega sistema na strehi v Googlovih zemljevidih.

Vir: <https://www.bbc.com/news/uk-england-london-66622684>



Kvalifikacije monterjev

Veliko število požarov, povezanih s fotovoltaiiko (več kot 55 %), je posledica vzrokov, ki so neposredno ali vsaj posredno povezani z namestitvijo sončne elektrarne. Sem spadajo vzroki za vžig, povezani s paneli, izolatorji, razsmerniki in priključki. Za pričakovati je, da bi se ob kvalitetni izvedbi del namestitve sončne elektrarne število požarov, ki nastanejo zaradi teh napak, znatno zmanjšalo.

Pregled licenciranja monterjev sončnih elektrarn, ki ga je opravil britanski BRE (BRE, 2011), je pokazal, da v številnih državah članicah EU ni vzpostavljenega sistema licenciranja, ki bi monterjem PV sistemov omogočal, da potencialnim strankam dokažejo svojo usposobljenost in kakovost dela. Glede na ugotovitve (BRE, 2011), so ključna področja, ki jih je treba vključiti v usposabljanja za licenciranje monterjev PV sistemov, naslednja: veljavni predpisi in direktive, zahteve za namestitvev in vzdrževanje, posebnosti na lokaciji, zmogljivost sistema, tehnična usposobljenost, upravljanje kakovosti in skrb za stranke.

Poleg dela, ki ga je opravila družba BRE, so bile v tem delu pregledane tudi druge smernice, da bi ugotovili, koliko jih izrecno zahteva, da morajo biti monterji ustrezno certificirani/kvalificirani/usposobljeni.

Tabela 3: Pregled smernic, ki opisujejo zahteve za certificiranje monterjev.

| Država | Organizacija | Certificiranje je zahtevano |
|------------------|---|-----------------------------|
| Nemčija | Allianz (Allianz Risk Consulting, 2019) | DA |
| Nemčija | VdS (VdS, 2023) | DA |
| Francija | AxaXL (AXA XL Risk Consulting, 2021) | DA |
| Velika Britanija | RSA (RSA Insurance Group, 2020) | NE |
| Slovenija | SZPV (SZPV, 2016) | DA |
| Avstrija | BVS (BVS - Brandverhütungsstelle, 2022) | NE |
| Kanada | Canadian solar (Canadian Solar Inc., 2020) | DA |
| Kitajska | Longi (LONGi Solar Technology Co., Ltd., 2023) | DA |
| Kitajska | JA solar (Shanghai JA Solar Technology Co., Ltd., 2019) | DA |
| Južna Koreja | LG (LG Electronics Deutschland GmbH, 2019) | DA |



Obratovanje in vzdrževanje

Podatki navajajo nekatera posebna področja, na katerih je mogoče izboljšati standarde vzdrževanja PV sistemov (Pester in drugi, 2017):

- pregled notranjosti izolatorjev enosmernega toka (vzorčenje, če jih je veliko), preverjanje znakov pregrevanja, ravni vlage in zrahljanih spojk,
- priprava metodologije za vzorčenje in pregled vseh priključkov enosmernega toka, sestavljenih na kraju samem (pri priključkih, sestavljenih v tovarni, je manjša verjetnost, da bo prišlo do odpovedi).

Vzpostaviti je treba prilagodljiv mehanizem pregledovanja in čiščenja sončne elektrarne ali uporabiti sistem zbiranja podatkov na podlagi katerih se odloči, ali je za zmanjšanje tveganja požara v različnih okoljih potrebno nenačrtovano vzdrževanje (Wu in drugi, 2020).

Vzdrževanje PV sistemov mora vključevati naslednje 4 vrste postopkov vzdrževanja (NREL, 2018):

Upravljanje vzdrževalnih del:

Zavedanje odgovornosti za vsako od faz vzdrževanja in njihova jasna določitev.

Preventivno vzdrževanje:

- Načrtovano vzdrževanje se pogosto izvaja v časovnih presledkih, ki so skladni z navodili proizvajalca.
- Upoštevati je potrebno priporočila, kot jih zahtevajo garancije opreme.

Korektivno vzdrževanje:

Potrebno je popraviti poškodbe ali zamenjati okvarjene sestavne dele. Nekatera korektivna vzdrževalna dela, kot so ponastavitve razsmernika ali komunikacije, je mogoče opraviti na daljavo. Tudi manj nujne naloge korektivnega vzdrževanja je mogoče kombinirati z načrtovanimi nalogami preventivnega vzdrževanja.

Vzdrževanje na podlagi stanja:

Za načrtovanje preventivnih ukrepov ali odpravljanje težav pri vzdrževanju se uporablja informacije v realnem času iz zapisovalnikov podatkov. S pomočjo tega se okvare lahko predvidi ali pa se jih zgodaj odkrije.



Čeprav vzdrževanje fotonapetostnih naprav ni vedno zakonsko predpisano, se predlaga naslednje vzdrževalne ukrepe:

- Pregledovanje ohlapnosti ter korozije spojev, priključkov in zaključkov kabelskih povezav
- Pregledovanje zaščite in povezav kabelskih snopov
- Čiščenje, odprava morebitnih poškodb in zagotavljanje strukturne celovitosti fotonapetostnega polja
- Splošni pregled in pregled tesnjenja strešnih prebojev
- Vzdrževanje baterij, ki lahko vključuje čiščenje, dolivanje elektrolita, izenačevanje polnjenja in po potrebi zamenjavo.

Vzdrževanje PV sistemov je opredeljeno v standardih IEC 62446-1 in 2. Standard IEC 62446-1 je mednarodni standard za preskušanje, dokumentiranje in vzdrževanje fotonapetostnih sistemov, priključenih na omrežje. Določa zahteve za to, kako morajo projektanti in monterji sistemov v omrežje priključenih PV sistemov strankam zagotavljati informacije in dokumentacijo.

Pomanjkanje statističnih podatkov

Ocena tveganja vedno vključuje verjetnost obravnavanega dogodka in njegove posledice. Za ustrezno oceno tveganja za nastanek požarov, povezanih s fotovoltaiko, bi morali obstajati zanesljivi podatki o številu požarov, povezanih s fotovoltaiko, in obsegu škode, ki so jo povzročili. Pristopi k zbiranju podatkov se med državami zelo razlikujejo. Dokler ne bodo uvedeni ustrezni ukrepi za izboljšanje in poenotenje postopkov zbiranja podatkov, bo celovitih ocen tveganja malo.

Pomanjkanje posodobljenih podatkov o stavbah

Gasilci na poti na kraj požara nimajo dostopa do posodobljenih podatkov o stavbah. V idealnem primeru bi morali imeti na voljo naslednje informacije:

1. Podatki o vgrajenem PV sistemu

a. Tloris

b. Specifične lastnosti

I. Vrsta

II. Starost

III. Vgrajeni varnostni mehanizmi (npr. mikro-inverterji)

2. Strešna konstrukcija

a. Vrsta hidroizolacije

b. Vrsta izolacijskega materiala (gorljiv/negorljiv)

c. Vrsta pritrdilnih komponent (gorljive/negorljive)

Zahvala

Navdih za pripravo te smernice je bila delavnica, ki so jo marca 2023 na danskem veleposlaništvu v Bruslju gostili FM Global, NFPA in ROCKWOOL. Delo je bilo mogoče izvesti zaradi gospodarske podpore podjetja ROCKWOOL in projekta FRISSBE, ki je prejel sredstva iz programa Evropske unije za raziskave in inovacije Obzorje 2020 v okviru sporazuma o dodelitvi sredstev št. 952395.



6. Literatura

Alam, M.K., Khan, F.H., Johnson, J., & Flicker, J. (2013). PV faults: Overview, modeling, prevention and detection techniques. 2013 IEEE 14th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL), 1–7. [POVEZAVA](#)

Allianz Risk Consulting. (2019). FIRE HAZARDS OF PHOTOVOLTAIC (PV) SYSTEMS. Allianz Risk Consulting; [POVEZAVA](#)

AXA XL Risk Consulting. (2021). Property Risk Consulting Guidelines: PHOTOVOLTAIC SYSTEMS. AXA XL Risk Consulting. [POVEZAVA](#)

Bellini, E. (2021, May 26). Major fire at solar-powered warehouse in the Netherlands raises concerns among nearby residents. PV Magazine International. [POVEZAVA](#)

Bellini, E. (2024, March 15) Tests show rooftop fires propagate slowly with vertical PV systems. PV Magazine International [POVEZAVA](#)

Brannen i ASKO-bygget. (2017, August 19). Brann & Redning. [POVEZAVA](#)

BRE (WP leader) (2011). Review of current PV installer certification schemes in Europe (WP5 –D5.1). [POVEZAVA](#)

BVS - Brandverhütungsstelle. (2022). PV systems—Fire protection requirements for the installation of PV systems on hall roofs with areas larger than 1,800 m². BVS - Brandverhütungsstelle. [POVEZAVA](#)

Canadian Solar Inc. (2020). Installation manual of standard solar modules. Canadian Solar Inc. [POVEZAVA](#)

Cancelliere, P. (2016). PV electrical plants fire risk assessment and mitigation according to the Italian national fire services guidelines. Fire and Materials, 40(3), 355-367. [POVEZAVA](#)

EN 13501-5 Fire classification of construction products and building elements—Part 5: Classification using data from external fire exposure to roofs tests (p. 38). (2016). [POVEZAVA](#)

Goldman, J. (2023, July 24). Solar Panels Burn in Massive NJ Warehouse Fire - Fire Engineering: Firefighter Training and Fire Service News, Rescue. [POVEZAVA](#)

Jomaas, G., Simakovs, K., Rus, N., (2024). Mitigating PV fire risk. FPA Fire & Risk Management Journal. [POVEZAVA](#)

Kelley, D. (2013, September 6). Rooftop solar panels become new enemy of U.S. firefighters. Reuters. [POVEZAVA](#)

Knarud, J., & Heskestad, A. (2019, January 1). Building fire codes as a part of the national security Emphasizing critical deliveries to industry and consumers. [POVEZAVA](#)

Kristensen, J. S. (2022). Fire risk of photovoltaic installations on flat roof constructions. The University of Edinburgh. [POVEZAVA](#)

Kristensen, J.S; Jacobs, B.; Jomaas, G. (2022) "Experimental Study of the Fire Dynamics in a Semi-enclosure Formed by Photovoltaic (PV) Installations on Flat Roof Constructions," Fire Technology, Vol. 58, 2017-2054. [POVEZAVA](#)

Kristensen, J.S.; Faudzi, F.B.M.; Jomaas, G. (2020) "Experimental study of flame spread underneath photovoltaic (PV) modules," Fire Safety Journal, Vol. 120. [POVEZAVA](#)

Kristensen, J.S.; Jomaas, G. (2018) "Experimental Study of the Fire Behaviour on Flat Roof Constructions with Multiple Photovoltaic (PV) Panels," Fire Technology, Vol. 54, 1807-1828. [POVEZAVA](#)



Kristensen, J.S.; Merci, B.; Jomaas, G. (2018) "Fire-Induced Re-Radiation underneath Photovoltaic Arrays on Flat Roofs," Fire and Materials, Vol. 42, 316-323. [POVEZAVA](#)

Mohd Nizam Ong, N.A.F.; Sadiq, M.A.; Md Said, M.S.; Jomaas, G.; Mohd Tohir, M. Z.; Kristensen, J.S. (2022) "Fault Tree Analysis of Fires on Rooftops with Photovoltaic Systems." Journal of Building Engineering, 46, 103752. [POVEZAVA](#)

LG Electronics Deutschland GmbH. (2019). Installation manual: PV Solar MODULE. LG Electronics Deutschland GmbH. [POVEZAVA](#)

LONGi Solar Technology Co., Ltd. (2023). Installation Manual for LONGi Solar PV Modules. LONGi Solar Technology Co., Ltd. [POVEZAVA](#)

Millen, R., & Morgan, W. (2022, April 10). Bristol's We The Curious fire—Everything we know about the blaze so far. SomersetLive. [POVEZAVA](#)

Mohd Nizam Ong, N.A.F., Mohd Tohir, M.Z., (2021). Investigation of the effects of photovoltaic (pv) system component aging on fire properties for residential rooftop applications, SFPE Europe Magazine, Issue 21. [POVEZAVA](#)

NREL. (2018). Best Practices for Operation and Maintenance of Photovoltaic and Energy Storage Systems; 3rd Edition (10.2172/1489002). [POVEZAVA](#)

Pester, S., Coonick, C., Crowder, D., Parsons, J., & Shipp, M. (2017). Fire and Solar PV Systems – Recommendations for the Photovoltaic Industry (P100874-1006 Issue 2.5). BRE. [POVEZAVA](#)

Ramali, M.R., Mohd Nizam Ong, N.A.F., Md Said, M.S., Mohamed Yusoff, H., Baharudin, M.R., Tharima, A.F., Akashah, F.W., Mohd Tohir, M.Z., (2023). A Review on Safety Practices for Firefighters During Photovoltaic (PV) Fire. Fire Technol 59, 247–270. [POVEZAVA](#)

RSA Insurance Group. (2020). Risk Control Guide PHOTOVOLTAIC (SOLAR) PANELS. RSA Insurance Group. [POVEZAVA](#)

Rus, N., Jomaas, G., (2024). PV guidelines – are the recommendations sufficiently evidence-based? SFPE Europe Magazine, Issue 33. [POVEZAVA](#)

Shanghai JA Solar Technology Co., Ltd. (2019). Installation manual for JA Solar photovoltaic modules. Shanghai JA Solar Technology Co., Ltd. [POVEZAVA](#)

SZPV. (2016). Smernica SZPV 512: Smernica o požarni varnosti sončnih elektrarn. Slovensko združenje za požarno varstvo. [POVEZAVA](#)

VdS 2234 (2018). Firewalls And Complex Partition Walls. [POVEZAVA](#)

VdS. (2023). Photovoltaik-Anlagen auf Dächern mit brennbaren Baustoffen. [POVEZAVA](#)

Wu, Z., Hu, Y., Wen, J. X., Zhou, F., & Ye, X. (2020). A Review for Solar Panel Fire Accident Prevention in Large-Scale PV Applications. IEEE Access, 8, 132466–132480. [POVEZAVA](#)

Zach, K. (2019). Meterhoher Rauch: Brand auf Ex-Semperit-Gelände in Traiskirchen. Kurier [POVEZAVA](#)

ZRS (Zurich Resilience Solutions). (2023) Photovoltaic (PV) systems on buildings - Pre-design, design, installation, and operation [POVEZAVA](#)

