

Gašenje požara na objektima s ugrađenim fotonaponskim sustavom

Extinguishing fires in buildings with integrated photovoltaic systems

Marijan Šipuš, dipl. ing.

SAŽETAK

Tržište fotonaponskih sustava imalo je do sada snažan rast što će se sigurno nastaviti i u sljedećim godinama. Upravo iz tih predviđanja industrija vezana uz razvoj i proizvodnju sunčevih ćelija jedna je od najbrže rastućih industrija te ima sigurnu budućnost.

No, masovna primjena fotonapona stvorila je i neočekivane probleme, tipične za brzi razvoj koji presporo prate zakoni, pravilnici i tehničke norme što vidimo iz članaka koji su izišli u novije vrijeme u medijima, a govore o nekoliko katastrofalnih požara u svijetu na gospodarskim zgradama, skladištima, obiteljskim kućama gdje su vatrogasci samo promatrali i pazili da se požar ne proširi na susjedne objekte.

Instalacija fotonaponskih panela na obiteljske kuće, gospodarske objekte, javne objekte itd., nosi dodatne opasnosti koje su nove i u visoko razvijenim zemljama. Na izvođenju intervencije gdje postoji instaliran fotonaponski sustav potrebno je poduzeti dodatne mjere zaštite, u odnosu na klasične sustave dobave električne struje iz javne mreže.

Proučavanjem strane literature dan je kratki pregled koje su to dodatne opasnosti, te koje je mjere zaštite potrebno poduzeti.

Ključne riječi: požari fotonaponskih sustava, gašenje požara, opasnost od električne struje

Summary

So far the market of photovoltaic systems has had a significant growth and will most certainly remain so during the following years. Because of these predictions, the industry related to the development and production of solar cells is one of the fastest developing industries and has a promising

future. However, the mass implementation of photovoltaic systems resulted in some unexpected problems, typical of rapid development which is too slowly followed by the adjustment of laws, regulations and technical standards which is evident from the recent articles published in media, related to some of the disastrous fires around the globe in outbuildings, warehouses and family homes where all firefighters could do was stand, watch and make sure fire does not spread onto adjacent buildings.

The installation of photovoltaic panels on homes, outbuildings, public facilities etc. carries additional risks which are a novelty even in highly developed countries.

During interventions in buildings with installed photovoltaic systems additional safety measures are required, as opposed to conventional systems of power supply from the public grid. Limited knowledge, or rather the lack of knowledge of the system itself, identifying hazards and inability to use the standard operating procedure of fire brigades during such interventions point to the fact that new knowledge acquisition and familiarizing with the system are necessary in order to recognize the dangers and implement precautionary measures which firefighters will apply during extinguishing fires of photovoltaic systems because those types of hazards are new even in highly developed countries.

A short overview of those hazards as well as protective measures is given with reference to foreign literature.

Keywords: fires photovoltaics, extinguishing fires, electrical hazard

UVOD

Introduction

S obzirom na to da se energetika 21. stoljeća temelji na obnovljivim izvorima energije, uz stroge ekološke mjere, predviđeni scenarij korištenja primarnom energijom 2100. godine uglavnom će se sastojati od kombinacije (različitih) čistih izvora energije među kojima sunčeva energija ima vodeću ulogu. Danas industrija fotonaponskih modula i pripadajuće opreme raste po stopi od 40% godišnje, prema tome spada u najbrže rastuće industrije zadnjeg desetljeća. Razvoj tehnologije i tržišta fotonaponskih modula naglo je poraslo uvođenjem poticaja za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije. Poticaji se provode u svim razvijenim zemljama, predvodnici su Europska unija, SAD, Japan, Australija itd. Hrvatska je također donijela cjelovitu zakonsku regulativu kojom uređuje pitanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije u statusu povlaštenog proizvođača po poticajnim tarifama. Hrvatska ima izrazito povoljne uvjete za uporabu

sunčeve energije, i to neusporedivo povoljnije od mnogih drugih zemalja te se može reći da bi u Hrvatskoj sunčeva energija, kao izrazito prihvatljiv obnovljivi izvor energije, u bliskoj budućnosti mogla postati glavni nositelj ekološki održivoga energetskeg razvoja.

No, masovna primjena fotonapona stvorila je i neočekivane probleme, tipične za brzi razvoj koji presporo prate zakoni, pravilnici i tehničke norme. U novije vrijeme mogli smo pročitati u medijima članke o nekoliko katastrofalnih požara u svijetu na gospodarskim zgradama, skladištima, obiteljskim kućama gdje su vatrogasci samo promatrali i pazili da se požar ne proširi na susjedne objekte. Problem je bio u tome što su na tim objektima bila fotonaponska postrojenja, pa se požar nije mogao suzbijati i lokalizirati vodenim mlazovima – zbog opasnosti od strujnog udara.

KORIŠTENJE SOLARNE ENERGIJE - *The usage of solar energy*

Sunčeva energija je obnovljiv i neograničen izvor energije od kojeg, izravno ili neizravno, potječe najveći dio drugih izvora energije na Zemlji.

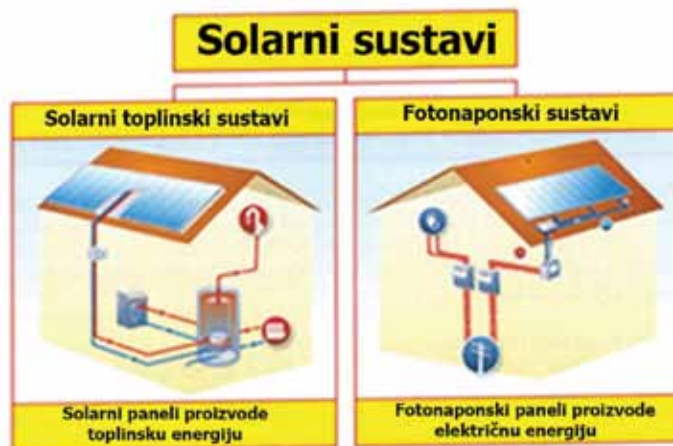
U osnovi, postoje dva principa iskorištavanja Sunčevog zračenja, pretvaranje solarne energije u toplinsku (u europskim zemljama uglavnom kao dodatni energent za sustave pripreme potrošne tople vode i grijanja), te direktno pretvaranje u električnu energiju putem fotonaponskih ćelija.

Za vatrogasce je od velike važnosti prepoznati o kojem se sustavu radi i kakva im opasnost prijeti; da li opasnost od opekline od vruće tekućine iz solarnih panela (solarnih toplinskih sustava) za zagrijavanje vode ili električne energije iz fotonaponskih panela.

PODJELA SOLARNIH SUSTAVA - *The classification of solar systems*

SOLARNI TOPLINSKI SUSTAVI - *Solar thermal systems*

Sustavi za solarno grijanje mogu biti otvoreni, u kojima voda koja se zagrijava prolazi izravno kroz kolektor na krovu ili zatvoreni u kojima su kolektori popu-



Slika 1. Glavna podjela solarnih panela

Figure 1. The main classification of solar panels

njeni tekućinom koja se ne smrzava (glikol, antifriz) te se mogu koristiti kod vanjskih temperatura ispod nule. Općenito, svaki se aktivni solarni sustav za zagrijavanje prostora ili potrošne sanitarne vode sastoji od receptora sunčeve energije (solarni kolektor), akumulatora topline (solarni spremnik), solarne crpke, solarne radne tvari, regulacijske jedinice solarnog sustava te armature, cjevovoda i toplinske izolacije.

Budući da nema posebnih opasnosti za vatrogasce od solarnih toplinskih sustava osim pada dijelova panela, pojave štetnih plinova u požaru i mogućih opekotina, sve naknadno odnosi se na opasnosti od fotonaponskih sustava.

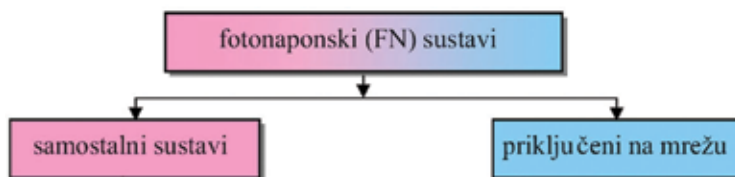
SOLARNI FOTONAPONSKI SUSTAVI - *Solar photovoltaic systems*

Fotonaponski sustavi rađeni su tako da energiju sunčevih zraka po principu fotoelektričnog efekta pretvaraju u električnu energiju bez emisije štetnih tvari. Za pretvaranje sunčeve energije u električnu koriste se solarne ćelije, povezane u solarne module. Električna struja proizvedena na taj način može se koristiti odmah i na mjestu na kojem je proizvedena, i to prije ili nakon što se iz istosmjernje pretvori u izmjeničnu struju, a kao izmjenična struja može se isporučiti i u elektrodistribucijsku mrežu za ugovorenu novčanu naknadu lokalnom distributeru. Fotonaponski sustavi raznih proizvođača i izvođača razli-

kuju se u nekim bitnim detaljima, a i objekti imaju svoje specifičnosti koje vatrogasci u hitnoj intervenciji naprosto ne mogu pronaći ili prepoznati, a odnose se na ključne uređaje koji bi prekinuli dotok struje. Naime, neugodna je činjenica da sustav fotonaponskih panela može na prosječnom krovu generirati istosmjernu struju od 1000 volti, koja pri danjem svjetlu trajno teče iz instalacije. No, mnogi fotonaponski sustavi su opremljeni baterijama u kojima se pohranjuje električna energija, pa i one u požaru dodatno kompliciraju situaciju, zbog štetnih isparavanja u požaru i akumulirane količine električnog naboja koji može dovesti do udara, dodatnog iskrenja.

PODJELA SOLARNIH FOTONAPONSKIH SUSTAVA - *The classification of solar photovoltaic systems*

Solarni fotonaponski sustavi (FN) mogu se podijeliti na dvije osnovne skupine: fotonaponski sustavi koji nisu priključeni na mrežu (engl. off-grid), a često se nazivaju i samostalnim sustavima (engl. stand-alone systems), i fotonaponski sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu (engl. on-grid).



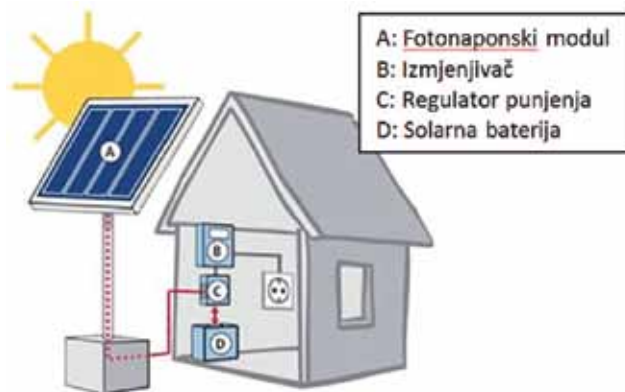
Slika 2. Glavna podjela fotonaponskih sustava

Figure 2. The main classification of photovoltaic systems

SAMOSTALNI FOTONAPONSKI SUSTAVI - *Independent photovoltaic systems*

“Samostalni sustav” znači da je vaš sustav fotonaponskih ćelija neovisan o gradskoj elektrodistribucijskoj mreži te služi isključivo za napajanje trošila u vašem objektu.

Razlikujemo dvije vrste samostalnih sustava: sustavi sa pohranom energije (baterijom-akumulatorom) koji omogućavaju korištenje električne energije prilikom vrlo oblačnih dana ili tijekom noći, tj. kada fotonaponski moduli ne mogu proizvesti dovoljno energije, i hibridni sustavi koji



Slika 3. Samostalni fotonaponski sustav

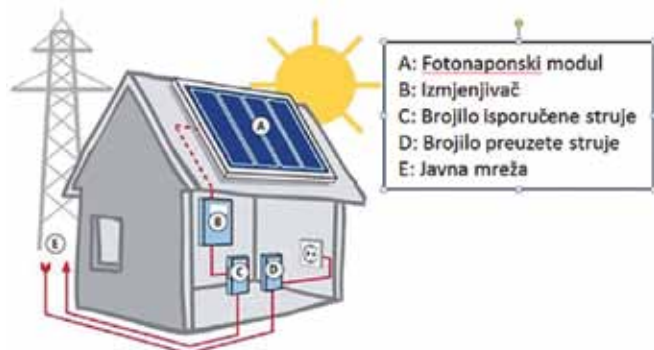
Figure 3. Independent photovoltaic system

moгу biti s vjetroagregatom, kogeneracijom, gorivnim člancima ili dizelskim generatorom.

Fotonaponski sustavi priključeni na javnu mrežu (mrežni fotonaponski sustavi)

Photovoltaic systems connected to the public grid (grid-connected photovoltaic systems)

Fotonaponski sustavi su priključeni na javnu mrežu preko kućne instalacije, te pripadaju distribuiranoj proizvodnji električne energije. Dakle, oni omogućuju povezivanje distribuiranih sustava na centralizirane sustave, odnosno sustave priključene uglavnom na niskonaponsku razinu elektroenergetskog sustava.



Slika 4. Umreženi fotonaponski sustav

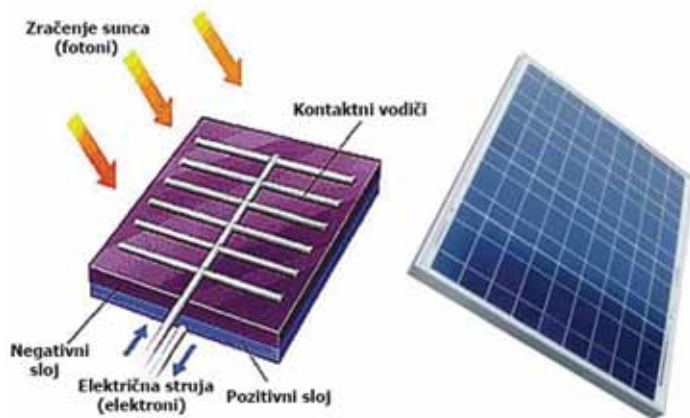
Figure 4. Grid-embedded photovoltaic system

OPIS GLAVNIH DIJELOVA FOTONAPONSKOG SUSTAVA - *The description of main parts of a photovoltaic system*

Fotonaponski paneli - *Photovoltaic panels*

Za pretvaranje sunčeve energije u električnu koriste se solarne ćelije povezane u solarne panele. Fotonaponske ćelije izgrađene su od dva sloja – pozitivnog i negativnog, a razlika potencijala između ta dva sloja ovisi o intenzitetu solarnog zračenja. Solarna energija stiže na Zemlju u obliku fotona. Fotonaponske ćelije su poluvodički uređaji koji pretvaraju sunčevu energiju u električnu pomoću fotoelektričnog efekta.

Prilikom pada na površinu solarne ćelije ti fotoni predaju svoju energiju panelu i na taj način izbijaju negativno nabijene elektrone iz atoma. Izbijeni elektroni kreću se prema drugoj (negativnoj) strani panela i na taj način dolazi do razlike potencijala, tj. generira se električna energija. Fotonaponske ćelije grade se od poluvodiča, a silicij je jedan od najzastupljenijih elemenata na Zemlji.



Slika 5. Fotonaponski paneli

Figure 5. Photovoltaic panels

Izmjenjivač - *Power inverter*

Izmjenjivač je elektronički sklop koji istosmjernu struju fotonaponskih modula pretvara u izmjeničnu koja se šalje u elektroenergetsku mrežu. Postoje različiti koncepti izmjenjivača temeljeni na specifičnostima sustava u kojem se on koristi. Najosnovnija podjela izmjenjivača je na ure-

đaje namijenjene samostojećim odnosno izoliranim fotonaponskim sustavima (off-grid) i na uređaje namijenjene za sustave u paralelnom radu s mrežom.



Slika 6. Solarni izmjenjivač

Figure 6. Solar power inverter

Solarni regulatori - Solar regulators

Solarni regulatori prenose energiju proizvedenu u solarnim modulima na istosmjerne sabirnice s kojih se puni baterija i napajaju istosmjerna trošila. Ugrađuju se uglavnom kod samostalnih fotonaponskih sustava kod kojih se proizvedena električna struja akumulira (sprema u baterije-akumulatore) za periode kada je nedovoljno sunčevog zračenja, tj. za loših vremenskih prilika ili noću.

Solarne baterije - Solar batteries

One su izvori energije tijekom perioda kada solarni paneli, vjetro ili hidroagregati ne proizvode energiju u periodima zbog nedovoljnog sunčevog zračenja, tj. za loših vremenskih prilika. Solarne baterije su spremišta viška proizvedene energije tijekom sunčanih dana.



Slika 7. Solarni regulator

Figure 7. Solar regulator



Slika 8. Solarne baterije

Figure 8. Solar batteries

OPASNOSTI OD FOTONAPONSKIH SUSTAVA ZA VATROGASCE - *Potential hazards of photovoltaic systems for firefighters*

Kako se fotonaponski sustavi razlikuju od proizvođača i izvođača, tako i objekti imaju svoje specifičnosti koje se odnose na postavljanje navedenih sustava. Stoga, vatrogasci u hitnoj intervenciji naprosto ne mogu pronaći i prepoznati ključne uređaje koji bi smanjili opasnost jer ne postoji standard koji bi uvjetovao točno određena mjesta postavljanja komponenti fotonaponskih sustava.

Glavna opasnost povezana s primjenom fotonaponskog postrojenja je električna struja. Naime, neugodna je činjenica da sustav fotonaponskih panela može na prosječnom krovu generirati istosmjernu struju napona od 1000 volti, koja pri danjem svjetlu trajno teče iz instalacije, bez obzira na sklopke, osigurače ili automate postavljene na lako dostupnim mjestima.

Propisi utvrđuju visinu dopuštenog napona dodira na vrijednost od 50 V za izmjeničnu struju koja je dozvoljena da se održava neograničeno vrijeme pri utvrđenim uvjetima vanjskih utjecaja. Dopusteni naponi dodira za istosmjernu struju propisani su na 120 V.

Tablica 1. Tablica prikazuje dopušten napon dodira za istosmjernu i izmjeničnu struju

Table 1. The table shows permissible contact voltage for direct current and alternating current

Dozvoljeno trajanje dodira (s)	Napon dodira AC (V)	Napon dodira DC (V)
∞	≤ 50 V	≤ 120 V
5 s	50 V	120 V
1 s	75 V	140 V
0,5 s	90 V	160 V
0,2 s	110 V	175 V
0,1 s	150 V	200 V
0,05 s	220 V	250 V
0,03 s	280 V	310 V

Ako se iz bilo kojeg razloga tijelo čovjeka uključi u strujni krug u kojem djeluje neki od navedenih napona, kroz tijelo će protjecati struja odgovarajuće jakosti određena otporom tijela i prolaznim otporom između čovjeka i zemlje.

$$I = \frac{U}{R}$$

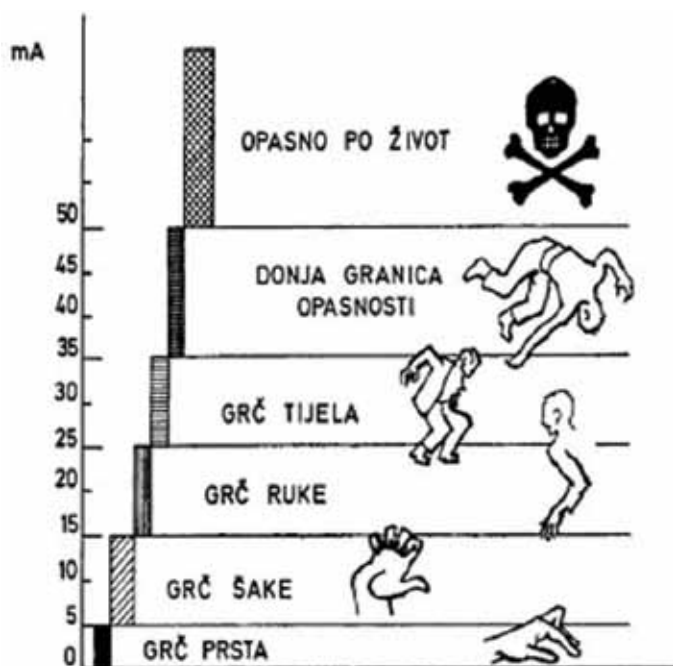
I – jakost struje koja protječe kroz tijelo u amperima (A)

U – napon koji djeluje između faze i nul-točke, odnosno zemlje, u voltima (V)

R – otpor čovječjeg tijela u omima (Ω)

Ako je visina napona $U=700$ V, a otpor tijela $R=750$ Ω , jakost struje I koja će protjeći kroz tijelo bit će 0,93 A ili 930 mA.

$$I = \frac{U}{R} \quad I = \frac{700}{750} = 0,93 \text{ A}$$



Slika 9. Dijagram prikazuje posljedice za čovjeka uključivanjem u strujni krug

Figure 9. The chart shows consequences of human involvement in a power circuit

Prilikom intervencije vatrogasaca na fotonaponskim sustavima možemo očekivati napon koji se kreće od 600 pa do 1000 V. Iz čega se može zaključiti da je jakost struje prilikom izravnog dodira dovoljno velika da izazove smrt u trajanju prolaza kraćem i od jedne sekunde.

No, mnogi su fotonaponski sustavi opremljeni baterijama u kojima se pohranjuje električna energija, pa i one u požaru dodatno kompliciraju situaciju. Baterije u požaru stvaraju pare i plinove koji su izuzetno korozivni te može doći i do propuštanja elektrolita iz baterije koji mogu reagirati sa drugim metalima i proizvoditi otrovne, kao i potencijalno zapaljive i eksplozivne plinove.

Postoje još dodatne opasnosti kod gašenja fotonaponskih panela. Za vrijeme požara ili eksplozije, može doći do izlaganja vatrogasaca vrlo opasnim kemikalijama koje su nošene prvo plamenom, onda se raspršuju u dimu, a neke od njih su i kancerogene. Pod dodatnim opasnostima se može navesti i pad konstrukcije s fotonaponskim panelima, urušavanje krovne konstrukcije zbog dodatne težine, prsnuće fotonaponskog modula uslijed djelovanja topline ili djelovanja vatrogasaca.

MJERE ZAŠTITE OD FOTONAPONSKIH SUSTAVA ZA VATROGASCE - *Protective measures for firefighters against photovoltaic systems*

Na izvođenju intervencije gdje postoji instaliran fotonaponski sustav potrebno je poduzeti dodatne mjere zaštite u odnosu na objekte na kojima nije instaliran ovakav sustav. Ovaj sustav donosi sa sobom dodatne opasnosti za vatrogasce kako je već spomenuto u prethodnom tekstu. Svaka intervencija sadrži određeni dio rizika i svaki vatrogasac bi trebao biti svjestan opasnosti na intervencijama na fotonaponskim postrojenjima.

Kako je glavna opasnost doticaj s električnom strujom potrebno je prema tome poduzeti mjere zaštite. Treba uzeti u obzir da i nakon isključenja struje na izmjenjivaču fotonaponski paneli i dalje proizvode struju, ali nema pretvorbe iz istosmjerne u izmjeničnu struju i kućna instalacija nije pod naponom (ali pod uvjetom da je kućna instalacija isključena s javne mreže). Od izmjenjivača do fotonaponskih panela instalacija je i dalje pod opasnim naponom istosmjerne struje i nemoguće ju je bilo kakvom sklopkom isključiti (fotopaneli prilikom izlaganja suncu ne mogu biti isključeni). Također na sigurnost na intervenciji utječe i vrijeme intervencije. Prekrivači ili pjene

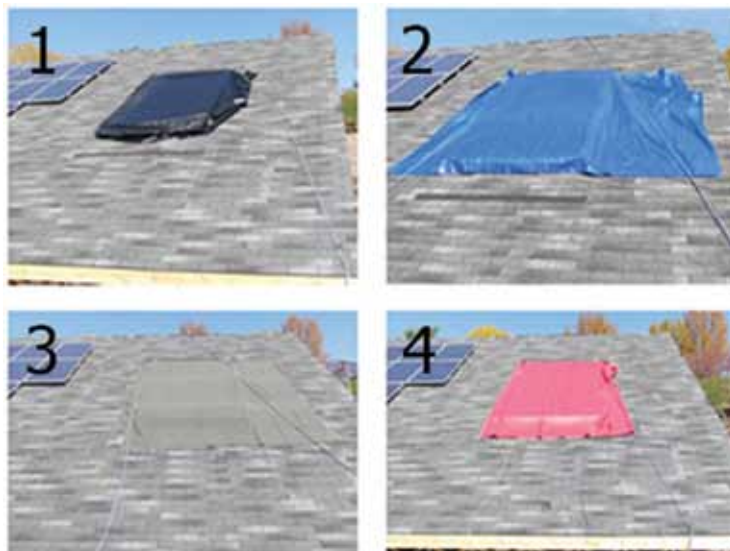
moгу se koristiti za prekrivanje panela i blokirati svjetlost. Prekrivači nude različite stupnjeve učinkovitosti u prekidu proizvodnje struje iz fotonaponskih panela. Fotonaponski panel koji nije prekriven ne može biti isključen.

Istraživanjem se došlo do rezultata da gusto tkane tkanine i tamne plastične folije smanjuju snagu iz fotonaponskih panela na vrijednost blizu nule.

Podaci u tablici prikazuju koji je prekrivač sigurno koristiti za prekrivanje kako fotonaponski paneli ne bili pod opasnim naponom.

Slika 10. Slike prikazuju prekrivanje fotopanela sa različitim vrstama prekrivača

Picture 10. Pictures show the covering of photovoltaic panels with various types of covers



Slika 11. Slika prikazuje nanos suhe pjene (CAFS) na panelima

Figure 11. The picture shows a layer of dry foam (CAFS) on panels



Izvedeni su još i eksperimenti prekrivanja fotonaponskih panela sa suhom pjenom (CAFS) kako bi se spriječilo sunčevo zračenje, ali se nije pokazalo kao najbolje rješenje (u početku se napon smanjen na 50 %, a nakon samo pet minuta vraća se na 80 %).

Tablica 2. Tablica prikazuje rezultate ispitivanja prekrivanja fotopanela različitim vrstama prekrivača

Table 2. The table shows results of a test during which photovoltaic panels were covered with various types of covers

Rezultati eksperimenta prekrivanja fotonaponskih panela					
Prekrivač broj	Prekrivač	Boja	Napon (V)	Jakost struje (A)	Opasnost
1	Plastična folija	Crna	33	0	Sigurno
2	Višenamjenska plastična cerada	Plave	126	2.1	Opasno
3	Protupožarni prekrivač	Zelena	3.2	0	Sigurno
4	PVC prekrivač	Crvena	124	1.8	Opasno
Bez prekrivača			148	8.1	



Slika 12. Slika prikazuje kako fotopaneli i nakon oštećenja proizvode opasan napon struje

Figure 12. The picture shows how the panels, even after being damaged, generate a dangerous electrical voltage

I nakon oštećivanja fotonaponskih panela u požaru ispitivanjem je utvrđeno da je još uvijek prisutan opasan električni napon odnosno struja. S time da je na većini vodiča došlo do spaljivanja izolacije što dodatno povećava opasnost od indirektnog i direktnog dodira. Potrebno je posvetiti posebnu pažnju u ovakvim slučajevima jer nisu samo opasni prilikom gašenja požara već su nakon gašenja požara moguća ponovna zapaljenja ili opasnost za one koji će se naći nakon požara u tom prostoru.

Ako je moguće gašenje požara na fotonaponskim panelima ili u njihovoj blizini, gašenje požara se izvodi sa aparatima za početno gašenje ugljičnim dioksidom i prahom. Gašenje većih požara izvodi se vodom poštujujući udaljenosti (prema normi CM – DIN 14 365) koje su dane u tablici 3:

Tablica 3. Prikazuje dozvoljeno približavanje gasitelja prilikom gašenja požara na postrojenjima ili dijelovima pod naponom

Table 3. The allowed distance of the firefighter during extinguishing a fire on facilities or other parts under voltage

Približavanje niskonaponskom i visokonaponskom postrojenju (m)		
	Niski napon (ispod 1000 V)	Visoki napon (iznad 1000 V)
Raspršeni mlaz	1,0 m	5,0 m
Puni mlaz	5,0 m	10,0 m
Oznaka	N -1-5	H-5-10

Na intervencijama koje su se dogodile u noćnim satima pozornost treba obratiti na osvjetljavanje mjesta intervencije, a time i fotonaponskih panela. Neki autori u stručnoj literaturi navode da prilikom umjetnog osvjetljavanja pomoću reflektora iz vozila i svjetlosti od vatre na mjestu intervencije može doći do stvaranja opasnog napona.

Pozornost još treba obratiti i na zabranjeno hodanje, oštećivanje panela u svrhu probijanja ventilacijskog otvora na bilo koji način, jer tim radnjama se dovodimo u opasnost od strujnog udara, oštećivanja izolacija na vodičima koji mogu ponovno dovesti do direktnog ili indirektnog dodira sa opasnim naponom, a mogu prouzročiti i zapaljenje panela, a time i krovne konstrukcije.



Slika 13. Slika prikazuje osvjetljavanje fotopanela s rasvjetom iz vatrogasnog vozila i osvjetljavanje fotopanela vatrom

Figure 13. The picture shows illuminating photovoltaic panels with fire truck lighting and illuminating photovoltaic panels with fire

Slika 14. Slika prikazuje kako je opasno oštećivanje fotopanela i opasan napon koji se javlja prilikom tih radnji

Figure 14. The picture shows that damaging photovoltaic panels is dangerous and that the voltage generated during those actions is dangerous as well



Objektu se treba prilaziti sa one strane od koje ne prijete rušenje panela, pad panela bi mogao prouzročiti vrlo ozbiljne posljedice za gasitelje, pa čak i smrt.

Kad su prisutne baterije u požaru, požar se gasi prvenstveno prahom, ugljičnim dioksidom i pjenom, dok voda zbog svojih osobina pada u zadnji plan. S time da je potrebna potpuna izolacija zbog opasnih plinova i para.

ZAKLJUČAK

Conclusion

Fotonaponski paneli danas su san mnogih jer nude visok stupanj energetske neovisnosti, oslobađanje od međunarodnog energetskeg kaosa, tj. svjetskih kompanija koje se po volji poigravaju profitom te slobodom od stalnih promjena tarifa i dugoročne uštede.

No masovna primjena fotonapona stvorila je i neočekivane probleme, tipične za brz razvoj koji presporo prate zakoni, pravilnici i tehničke norme.

Ograničena znanja ili bolje neznanja u poznavanju samog sustava, prepoznavanja opasnosti i nemogućnosti korištenja standardnog operativnog postupka djelovanja vatrogasnih postrojbi na takvim vrstama intervencija upućuje na potrebu usvajanja znanja i upoznavanja sustava kako bi se spoznale opasnosti, a time i mjere zaštite koje će vatrogasci primjenjivati prilikom djelovanja gašenja požara na fotonaponskim sustavima.

Specifičnost fotonaponskog sustava je nemogućnost prekida dotoka struje sklopkom kao kod priključka na javnu mrežu, fotonaponski paneli će uvijek proizvoditi struju dok ima sunčevog zračenja. Iz navedenog se može zaklju-

čiti da je najvažnije riješiti problem na samim fotopanelima, iz kojih tijekom požara ne bi smjela izlaziti nikakva struja.

Daljnijm proučavanjem ove materije dolazi se do zaključka kako bi svaka vatrogasna postrojba u svom djelokrugu trebala izraditi popis objekata na kojima je ugrađen navedeni sustav, te za svaki objekt izraditi plan djelovanja u slučaju požara. Kako bi se povećala sigurnost vatrogasaca i drugih ljudi koji su se našli na mjestu intervencije i smanjila šteta nastala u požaru.

Čisti način proizvodnje električne energije uključuje obnovljive i alternativne izvore energije, ne umanjuju požarne opasnosti i opasnosti kod gašenja požara te su stoga potrebna opsežna proučavanja strane prakse. Zbog navedenih novih tehnologija i slabe educiranosti dolazi do novih opasnosti i u visoko razvijenim zemljama.

LITERATURA

References

1. Besch F, Cimolino U, (2012): *Einsatz bei Photovoltaik-, Windenergie- und Biogasanlagen*. Ecomed Sicherheit, München
2. Bundesverband Solarwirtschaft, (2015): http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/BSW_Merkbl_A5_2014-ohnePasser.pdf
3. Fire Engineering Magazine Editorial & Sales Staff, (2015) http://www.ul.com/global/documents/offerings/industries/buildingmaterials/fireservice/PV_FF_SafetyFinalReport.pdf
4. Kemper H., (2011): *Photovoltaik*. Ecomed Sicherheit – fachwissen feuerwehr, München
5. Labudović B., (2011): *Osnove primjene solarnih toplinskih sustava*. Energetike Marketing d.o.o., Zagreb
6. Majdandžić Lj., (2008): *Obnovljivi izvori energije*. Graphis d.o.o., Zagreb
7. Majdandžić Lj., (2010): *Solarni sustavi – Teorijske osnove*. Graphis d.o.o., Zagreb
8. National fire protection association, (2015): [file:///C:/Users/USER_1/Downloads/RFFirefighterTacticsSolarPowerRevised%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/USER_1/Downloads/RFFirefighterTacticsSolarPowerRevised%20(4).pdf)
9. Office of the State Fire Marshal, (2015): <http://osfm.fire.ca.gov/training/pdf/Photovoltaics/Fire%20Ops%20PV%20lo%20resl.pdf>
10. Solaranlage Ratgeber, (2015) <http://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-installation/brandgefahr>
11. Tidwell J., Murphy J., (2010): *Bridging the Gap – Fire Safety and Green Buildings*. e National Association of State Fire Marshals. Cheyenne