



OBUKA INSTALATERA FOTONAPONSKE OPREME

Razvoj zajedničkog profesionalnog okvira i
metodologije obrazovanja

***Katalog najčešćih pogrešaka i loše prakse prilikom
instaliranja i održavanja fotonaponskih sustava
(WP2 -D2.6, ver1)***



Issued by EPIA, June 11 , Revised Sep 11

Contract N°: IEE/09/928/SI2.558379



PVTRIN: Cilj projekta PVTRIN je razvoj programa obuke i certifikacijske sheme prema zajednički prihvaćenim kriterijima i normama za instalatere i tehničare aktivne u području instaliranja i održavanje malih fotonaponskih sustava.

Očekivani rezultati projekta su: akreditirani tečaj i operativna certifikacijska shema za instalatere fotonaponskih sustava u šest zemalja koje sudjeluju u projektu, dostupnost materijala i alata za obuku za instalatere, internetska stranica s tehničkim informacijama o instaliranju i integraciji fotonaponskih sustava, osam implementiranih pilot projekta tečaja obuke, certificirani instalateri i smjernice za prihvaćanje certifikacijske sheme u cijeloj Europi.

Dugoročno, projekt PVTRIN će doprinijeti razvoju tržišta fotonapona i BIPV-a u zemljama koje sudjeluju u projektu, pružiti instrument podrške zemljama članicama i kandidatkinjama EU-a kako bi ispunile svoje obveze za implementaciju certifikacijske sheme za instalatere malih sustava OIE do kraja 2012 godine i podržati ih u postizanju obaveznog udjela od 20 posto energije iz obnovljivih izvora do 2020. godine. Projekt PVTRIN je sufinanciran od strane Europske komisije i programa *Intelligent Energy - Europe*.

KOORDINATOR PROJEKTA

prof. dr.sc. Theocharis Tsoutsos, Laboratorij za obnovljive izvore i održive energetske sustave
Zavod za inženjerstvo u zaštiti okoliša., TEHNIČKO SVEUČILIŠTE KRETE (TUC)

PARTNERI NA PROJEKTU

Agencija za gospodarenje energijom i zaštitu okoliša Brasov (ABMEE)	Rumunjska
Building Research Establishment Limited (BRE)	Ujedinjeno Kraljevstvo
Energetski institut Hrvoje Požar (EIHP)	Hrvatska
Europsko udruženje industrije fotonapona <i>European Photovoltaic Industry Association</i> (EPIA)	EU
Znanstvena i tehnička komora Cipra (ETEK)	Cipar
Energetski centar Sofija (SEC)	Bugarska
Grčka tehnička komora – Podružnica zapadna Kreta (TEE)	Grčke
Tecnalia Robotiker (TECNALIA)	Španjolska

VODITELJ RADNOG PAKETATIMA

Laboratorij za obnovljive izvore i održive energetske sustave
Zavod za inženjerstvo u zaštiti okoliša., TEHNIČKO SVEUČILIŠTE KRETE (TUC)

VODITELJ ZADATKA – IZVRŠNI UREDNIK

Europsko udruženje industrije fotonapona (EPIA)
Radni tim: Pieterjan Vanbuggenhout, Manoël Rekinger, Gaetan Masson (EPIA)

KOAUTORI

Prof.d.sc. Theocharis Tsoutsos, Zacharias Gkouskos, Stavroula Tournaki (TUC)

PRAVNA NAPOMENA

*Isključivu odgovornost za sadržaj ove publikacije snose autori te ona nužno ne odražava mišljenje Europske zajednice. Europska komisija nije odgovorna ni za kakvu uporabu iznijetih informacija.
Umnožavanje je dopušteno pod uvjetom navođenja izvora.*

Sadržaj

1	Namjena publikacije	4
2	Uvod – fotonapon kao pouzdana tehnologija	5
2.1	Povijest ukratko	5
2.2	Nekoliko propusta u starim FN instalacijama	5
2.3	Ubrzano poboljšanje kvalitete opreme	5
2.4	Zaključak	6
3	Raznolikost FN sustava	6
3.1	Velika raznolikost lokacija i primjena	6
3.2	Veliki izbor komponenti	7
3.3	Velika raznolikost nacionalnih zahtjeva	8
4	Uobičajeni kvarovi i loša praksa	9
4.1	Odabir lokacije	10
4.2	Projektiranje i planiranje sustava	10
4.3	Fizička instalacija komponenti	11
4.4	Sigurnost	12
4.5	Servis, uključujući pregled i održavanje	14
5	Popis uobičajenih pogrešaka i loše prakse	15
6	Literatura	18

1. Namjena publikacije

Pregled najčešćih pogrešaka i loše prakse temeljen je na iskustvima ključnih sudionika u FN sektoru: inženjera, instalatera i vlasnika fotonaponskih sustava. Ovaj katalog će se tijekom trajanja projekta redovito ažurirati, uz sudjelovanje udruga iz područja FN industrije.

Namjena ovog pregleda je objedinjavanje najznačajnijih pogrešaka koje se mogu pojaviti tijekom instalacije FN sustava kako bi ih instalateri mogli prepoznati i izbjeći. Osim kao materijal za tečaj obuke instalatera fotonaponskih sustava, on će poslužiti i kao osnovna referenca instalaterima u rješavanju svakodnevnih zadataka.

Ovaj pregled razvijen je uz doprinos sudionika iz industrije te uz potporu niza članica EPIA-e.

Opća napomena je da se najčešći kvarovi nisu pojavili zbog loše prakse u jednom specifičnom koraku, nego su oni kombinacija ili nagomilavanje neadekvatnih radnji u različitim fazama instalacije ili su posljedica krive ili neodgovarajuće komunikacije između projektanata i instalatera.

Kako bi se izbjegle ove vrste pogrešaka FN sektoru je potrebna raznolika i kvalificirana radna snaga, koja zahtijeva odgovarajuću obuku i program certifikacije.

2. Uvod – fotonapon kao pouzdana tehnologija

2.1 Povijest ukratko

Prva zemaljska primjena FN sustava dogodila se početkom '70.-ih godina prošlog stoljeća, no uglavnom se radilo o manjim autonomnim sustavima. Međutim, krajem prošlog stoljeća FN tržište je postalo značajno, a samo u 2004. godini je godišnja instalirana snaga dostigla oko 1 GW.

FN tehnologija se može smatrati prilično „mladom“ u odnosu na konvencionalne izvore energije. Ipak, fotonaponski efekt je otkriven 1839. godine i od tada se obavljaju opsežna istraživanja na ovom području. Prvo istraživanje bilo je usmjereno na stvaranje mogućnosti konkretne primjene (prvotno u svemiru, a nakon toga i zemaljske), dok se kasnije prebacilo na poboljšanje kvalitete, pouzdanosti i sigurnosti tehnologije. Još i danas FN industrija ulaže velik dio svojih prihoda u istraživanje i razvoj.

2.2 Nekoliko propusta u starim FN instalacijama

Njemačko energetska društvo (DSG) je saželo analize koje su proveli Fraunhofer ISE i KfW o kvarovima na sustavima koji su instalirani na programima 1 000 i 100 000 krovova u Njemačkoj. Oni su otkrili da su potpuni kvarovi FN sustava iznimno rijetki. Štoviše, u većini slučajeva, kvar je bio jasno povezan s konkretnim dijelom opreme.

2.3 Ubrzano poboljšanje kvalitete opreme

Većina današnje opreme je značajno napredovala u pogledu kvalitete i sigurnosti. Također, zahtjevi prilikom testiranja su bolje definirani, a postupci testiranja su sada standardizirani. U tablici 1. prikazana su područja u kojima su se pojavili problemi. Objašnjeno je i na koji način se poboljšala pouzdanost – ili kroz standardizaciju, jamstva ili poboljšanjima u proizvodima:

Tablica 1. Problemi s kvalitetom FN sustava (DGS, 2008)

Problemi koji se odnose na FN opremu		
FN moduli	Kablovi i priključnice	Izmjenjivač
IEC norme (IEC 61215, IEC 61646, IEC 62108 i IEC 61730)	Poboljšana standardizacija	IEC standardizacija (IEC 62109)
Jamstvo izlazne snage FN modula (90% nakon 10 godina i 80% nakon 25 godina)	Najčešće korišteni tipovi priključnica	
	Životni vijek kabela je 45 godina	
	Kablovi s dodatnom zaštitom su dostupni na tržištu	
	Automatski nadzor na kvarom voda od strane izmjenjivača	
	Prekidači (AC ili DC)	
Problemi koji se odnose na planiranje, projektiranje i instalaciju		
Izbjegavanje dilatacijskih spojeva: dostupne su nove montažne konstrukcije i fleksibilni spojevi		
Nekompatibilni metali		
Pogrešno dimenzioniranje FN izmjenjivača / kablova: dostupnost alata za simulaciju i dimenzioniranje		

2.4 Zaključak

Ovdje je jasno prikazano da se u današnje vrijeme fokus u pogledu kvarova i nepravilnosti u radu FN sustava prebacio dalje od samih komponenti. Danas je potrebno usavršavati i poboljšavati planiranje, projektiranje i instalaciju sustava, dok su pouzdanost i učinkovitost samih komponenti sustava trenutno na visokoj razini.

3. Raznolikost FN sustava

Tijekom instalacije FN sustava treba uzeti u obzir priličan broj različitih čimbenika.

3.1 Velika raznolikost lokacija i primjena

Prije svega, postoji velika raznolikost mogućih lokacija za instalaciju – odnosno kosih ili ravnih krovova u slučaju malih krovnih sustava. S obzirom na pozornost koju određene vlade daju FN sustavima integriranim u zgradama (eng. *BIPV*) počinju se razvijati nove koncepcije. Danas se FN modul može postaviti na fasadu zgrade, a na tržištu ih je moguće pronaći i u obliku crijepa, staklenih stijena, prozora, itd. Stoga je očigledno da specifičnosti pojedine lokacije diktiraju planiranje i projektiranje FN sustava. U tablici 2. u nastavku prikazane su različite vrste primjena koje su pridružene različitim tržišnim segmentima. Mali sustavi koji spadaju pod članak 14. Direktive o promociji OIE (2009/28/EC) projekta PVTRIN će se identificirati kao svi oni na krovu (eng. *BAPV*) – drugi red i svi integrirani sustavi (eng. *BIPV*) – treći red tablice 2. Naravno, ova je segmentacija samo indikativna i temelji se na tome koja se primjena i veličina sustava može trenutno pronaći na tržištu.

Tablica 2. Segmentacija trenutnog FN tržišta u različite vrste primjene i segmente tržišta (EPIA, 2010)

Tržišni segment Vrsta primjene	Privatni	Komercijalni	Industrijski	
	< 10 kWp	10kWp - 100kWp	100kWp - 1MWp	>1MWp
Na zemlji			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Na krovu (<i>BAPV</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Integrirani u fasadu / krov (<i>BIPV</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

3.2 Veliki izbor komponenti

Fotonaponski sustav se sastoji od većeg broja komponenti koje je potrebno integrirati u funkcionalnu cjelinu prilikom instalacije. Ključni dijelovi sustava su:

- fotonaponski moduli
- izmjenjivač za pretvaranje istosmjerne (DC) u izmjeničnu (AC) struju
- akumulatorska (baterijska) banka za samostalne FN sustave
- konstrukcija za montažu fotonaponskih modula.

Komponente sustava, osim FN modula, često se nazivaju prema engleskom nazivu *Balance of System*, odnosno preostali dio sustava.

Na tržištu je moguće naći **FN module** različitih tehnologija. Klasificiraju se kao prva, druga ili treća generacija. Osnova tehnologije prve generacije je kristalni silicij (c-Si). Druga generacija uključuje tehnologije tankog filma, dok treća generacija uključuje koncentrirajuće fotonapone, organske ćelije te druge tehnologije koje još nisu komercijalizirane u većim razmjerima. U tablici 2. prikazane su različite tehnologije izrade sunčanih ćelija i fotonaponskih modula, njihov raspon učinkovitosti (stanje u veljači 2011. godine) i potrebnu površinu. Svaka tehnologija ima svoje specifične prednosti te ju je moguće koristiti u određenim primjenama. Dimenzioniranje FN sustava je pod velikim utjecajem izbora modula, pa je proces izbora u vezi tehnologije i tipa modula ključan te zahtjeva dovoljno znanja o karakteristikama pojedinog modula.

Tablica 3. Pregled komercijalnih tehnologija za izradu (EPIA, 2010)

Učinkovitost komercijalnog modula							
Tehnologija	Tanki film					Kristalni Silicij	
	(a-Si)	(CdTe)	Cl(G)S	a-Si/μc-Si	Dye s. cells	Mono	Multi
							
Učinkovitost ćelije	4-8%	10-11%	7-11%	7-9%	2-4% (LAB)	13-19%	11-15%
Učinkovitost modula							
Potrebno područje/kW (za module)	~ 15m ²	~9 m ²	~10 m ²	~12 m ²		~7 m ²	~8 m ²

Izmjenjivač je uređaj koji pretvara istosmjernu električnu struju proizvedenu u FN modulima u izmjeničnu pogodnu za predaju u električnu mrežu. On je ključni element u mrežno vezanim sustavima, bez obzira na veličinu FN sustava. Izmjenjivač ostvaruje povezivanje na električnu mrežu. Postoji više dostupnih rješenja na tržištu, ne samo u smislu veličine izmjenjivača, nego i načina primjene: središnji, izmjenjivači za spajanje više polja ili mikroizmjenjivači integrirani u module. Osim toga, sve više dodatnih komponenti, kao što su prilagodni sklopovi, prekidači, i dr. su integrirani u FN sustave kako bi se poboljšala učinkovitost i sigurnost pod određenim uvjetima. Instalater ili projektant mora dobro poznavati sve komponente dostupne na tržištu kako bi mogao udovoljiti zahtjevima korisnika.

Isto vrijedi i za **montažu** modula i njihovo **spajanje**. Brojne tvrtke su uključene u razvoju i proizvodnji montažnih konstrukcija, kabela i priključnica. Inovativna rješenja razvijaju se brzim tempom, pa instalateri moraju biti svjesni specifičnosti svakog najnovijeg proizvoda kako bi mogli zadovoljiti potrebe kupaca. U ovome slučaju, obuka instalatera je nužna radi upoznavanja s dostupnim komponentama na tržištu.

3.3 Velika raznolikost nacionalnih zahtjeva

Postoje različiti nacionalni zahtjevi, standardi i praksa te mnogo drugih čimbenika koje treba uzeti u obzir. Instalateri moraju ne samo biti sposobni instalirati FN sustav koji će ispravno raditi, nego i savjetovati korisnike tijekom prodaje i odabira komponenti (npr. savjetovati ih o različitim mehanizmima potpore ovisno o njihovom mjestu stanovanja), surađivati s nadležnim upravnim tijelima tijekom procesa ishoda dozvole te s operatorima sustava i ostalim mrežnim sudionicima kako bi se FN sustav spojio na mrežu. Instalateri bi trebali biti sposobni pomoći krajnjem korisniku sve dok instalacija nije dovršena i ispravno povezana s mrežom, a i nakon toga (održavanje).

Ovo je u skladu s **Aneksom VI. Direktive OIE** koja propisuje nužnost edukacije instalatera o „*situaciji na tržištu fotonaponske opreme, usporedbe troškova i profitabilnosti, ekoloških aspekata, komponenti, karakteristike i dimenzioniranja fotonaponskih sustava, odabira specifičnih sustava i dimenzioniranja komponenata, određivanje toplinskog opterećenja, zaštite od požara, financijskim subvencijama i potporama, projektiranju, instalaciji i održavanju fotonaponskih sustava.*“

Industrija fotonapona stoga smatra da će „*s obzirom na raznolikost zgrada i primjena, zahtjeva u različitim zemljama članicama EU-a, biti vrlo teško stvoriti jedan usklađeni program certifikacije. Međutim, načelo međusobnog priznavanja različitih nacionalnih certifikacijskih shema zahtjeva zajedničko stajalište. Prema tome, trebaju se izraditi neki minimalni zahtjevi, a specijalizirana stručna tijela trebaju osigurati poštivanje tih uvjeta u nacionalnim shemama*“ (Službeno stajalište EPIA-e, Official EPIA position - 2010).

Kao takva, industrija podupire ideju o stvaranju **zajedničkog stajališta – minimalnih zahtjeva – za sve zemlje članice**. Nakon toga, potrebno je odrediti program obuke, prilagoditi ga i implementirati na nacionalnoj razini. U ovom trenutku, zakoni iz područja graditeljstva, administrativne procedure i uvjeti priključenja na mrežu su različiti u većini zemalja članica EU-a. Prema tome, bit će teško osmisliti tečajeve obuke koji će obuhvatiti sva pitanjima u svim zemljama članicama, bez prilagodbe nacionalnog zakonodavnog i normativnog okvira.

Drugo rješenje leži u **racionalizaciji administrativnih i mrežnih procedura**. Za pregled postojećih administrativnih prepreka u zemljama članicama EU-a, pogledajte internetske stranice projekta PV LEGAL (www.pvlegal.eu). Europsko udruženje fotonaponske industrije (*European Photovoltaic Industry Association*) razvilo je preporuke za održivi rast tržišta u kojima su dani savjeti u pogledu učinkovite organizacije administrativnih i mrežnih procedura. Molimo pogledajte preporuke fotonaponske promatračke strategije na internetskoj stranici: www.epia.org/publications.

4. Uobičajeni kvarovi i loša praksa

S obzirom na raznovrsnost i modularnost FN sustava, očito je da se može dogoditi i značajan broj pogrešaka prilikom instalacije sustava u slučaju nedovoljne obuke instalatera o dostupnosti i tehničkim parametrima različitih FN komponenti, kao i zahtjevima kada su u pitanju administrativne procedure, mrežni zahtjevi i građevinski propisi na nacionalnoj razini.

Postoji nekoliko faza u razvoju FN sustava u kojima može doći do pogrešaka i neispravnosti:

- Odabir lokacije
- Projektiranje i planiranje sustava
 - odabir komponenti
 - mehanički kvarovi
 - električni kvarovi
- Fizička instalacija komponenti
 - mehanički kvarovi
 - električni kvarovi
- Sigurnost (sigurnost osoblja kao i sigurnost instalacije od npr. vanjskih utjecaja)
- Servis, uključujući pregled i održavanje (nedovoljno)

Na primjer, mnoge pogreške različite naravi pri instaliranju pronađene su na pregledanih 200 sustava u programu „1 000 krovova“. U tablici 4 dan je pregled vrsta kvarova i njihova učestalost pojavljivanja.

Tablica 4: Vrsta i učestalost kvarova instalacije (IEA –PVPS Task 7, 2002)

Kvar	Učestalost pojave kvara
Slabo ili nikakvo mehaničko učvršćivanje spojnih kablova modula	24 %
Nedovoljna disipacija topline (hlađenje) zaštitih dioda	60 %
Slabo pričvršćeni kablovi na spojnicama (terminalima)	5 %
Nezaštićen ulaz kabla pri vrhu razvodne kutije	-
Slomljene tiskane pločice (PCB) u razvodnoj kutiji	-

Labave ili prekinute veze mogu biti prouzročene lošom izvedbom tijekom instalacije. U nekoliko slučajeva su prijavljene slomljene tiskane pločice u razvodnim kutijama, što je izazvalo iskrenje po pukotinama.

Moguće je i da su napuknuća izazvana prevelikim zavrtnjem ili pritiskom zbog loše projektiranog sustava. Ovisno uglavnom o radnom naponu, ovi kvarovi mogu dovesti do električnog luka, a zatim i do uništenja razvodne kutije modula.

Najčešći kvarovi nisu se dogodili zbog lošeg postupanja u jednom određenom koraku, nego su kombinacija ili gomilanje neadekvatnih radnji u različitim fazama instalacije ili jednostavno zbog krive ili nedovoljne komunikacije između projekatanta i instalatera.

Kako bi se izbjegle ovakve pogreške FN sektoru je potrebna raznolika i kvalificirana radna snaga. Za stjecanje kvalificiranih instalatera potrebni su odgovarajući obrazovni i certifikacijski programi.

4.1 Odabir lokacije

Odabir lokacije uključuje određivanje očiglednih značajki kao što su orijentacija, nagib i zasjenjenje te određivanje potencijala i proizvodnosti fotonaponskog sustava, ali i složenije elemente kao što su procjene utjecaja na okoliš kada se radi o velikim instalacijama koje su postavljene na zemlji.

Uobičajene pogreške u smislu početnog izbora lokacije za sustave koji se postavljaju na **krovove** su vrlo rijetke. Većina instalatera (kao i krajnjih kupaca) su svjesni važnosti orijentacije i nagiba FN modula, tako da praktički ne postoje instalacije na krovovima obiteljskih kuća koje su orijentirane na sjever.

Nažalost, zasjenjenje nije uvijek uzeto u obzir i često ga projektanti/instalateri previde. Stoga je važno odrediti sva moguća zasjenjenja na lokaciji i dozračenu energiju uzimajući u obzir orijentaciju, nagib te sva eventualna zasjenjenja okolnih stabala i/ili građevina.

Što se tiče većih sustava montiranih na zemlju, važno je analizirati mogući utjecaj takve velike FN elektrane na biološku raznolikost. Stoga je važno provesti **procjenu utjecaja na okoliš**, a rezultate takvih procjena treba otvoreno raspraviti s javnošću, političarima i ostalim uključenim stranama. Iako se odluka o gradnji takvih projekata treba promatrati za svaki slučaj posebno, njemačka agencija za obnovljive izvore objavila je izvješće „Solar Parks – Opportunities for biodiversity“ (Sunčane elektrane – mogućnosti za biološku raznolikost).

4.2 Projektiranje i planiranje sustava

Faze projektiranja i planiranja uključuju odluke o veličini, snazi i tipu sustava kao i izbor njegovih različitih komponenti. U ovoj fazi je važno uzeti u obzir proračune osnovnog konstrukcijskog opterećenja i proračune opterećenja zbog utjecaja vjetra. Osim toga, naglasak se stavlja i na dimenzioniranje, uključujući veličinu i izbor odgovarajućeg izmjenjivača, kablova, prilagodnog sklopa snage te prekidača kao i razvodnih kutija i transformatora. Ova faza obično završava modeliranjem karakteristika FN sustava pa je potrebno poznavati programske pakete i simulacijske alate za simuliranje i modeliranje proizvodnje električne energije i ponašanja sustava.

Što se tiče sustava koji su ugrađuju kod stambenih objekata, od ključne je važnosti **poštivanje građevinskih i sigurnosnih pravila**, uključujući i mjere ventilacije zgrade, pristup za vatrogasce, maksimalno opterećenje, itd. Ukoliko krov nije prikladan za postavljanje FN sustava takvu instalaciju treba jednostavno izbjeći.

Nadalje, važan je i **izbor komponenti**, osobito kada je riječ o FN sustavu na ne idealnoj lokaciji, kao što su krovovi okrenuti prema istoku/zapadu ili ravni krovovi gdje montaža modula nije opcija zbog ograničenja opterećenja. Ključno je uzeti u obzir najnovije inovacije, npr. specijalne proizvode namijenjene za krovove okrenute u smjeru istok-zapad, lagane fleksibilne module itd.

Bez kvalitetnog stručnog usavršavanja vjerojatnost pogrešaka u ovoj fazi može biti značajna.

Uobičajene pogreške koje se susreću u ovoj fazi su:

- nepravilna/nekorektna procjena proizvodnje energije
- moduli različitih orijentacija i nagiba spojeni u isti niz
- nizovi s modulima različitih snaga
- stabilnost: nedostatni proračuni opterećenja konstrukcije
- dimenzioniranje: npr. poddimenzionirani kablovi
- nisu uzeta u obzir zasjenjenja
- neusklađenost komponenti: npr. neusklađenost izmjenjivača i FN polja, neispravno postavljanje brojila električne energije
- nepravilna zaštita strujnog kruga
- nedostatak gromobranske zaštite, uzemljenja i zaštite od prenapona
- nisu uzeti u obzir građevinski propisi niti mrežna pravila i uvjeti pri spajanju na mrežu
- nedostatak dokumentacije u kasnim fazama projektiranja (nije sukladno IEC standardu).

Osim toga, jasno je da bilo kakva **promjena u bilo kojoj fazi projektiranja** utječe na cijelu konfiguraciju FN sustava te može imati štetan utjecaj na karakteristike ili sigurnost izvedene instalacije.

4.3 Fizička instalacija komponenti

Ova faza obično zahtjeva zajednički rad krovopokrivača i električara. I u ovome slučaju je jasno da bez zadovoljavajuće obuke za specifičnosti FN sustava, vjerojatnost pogrešaka može biti značajna.

Uobičajene pogreške koje se susreću u ovoj fazi su:

- nepoštivanje uputa i projektne dokumentacije od strane instalatera
- nedovoljno prozračivanje izmjenjivača i modula (područje oko izmjenjivača treba održavati čisto kako bi se omogućio dobar protok zraka za pravilno hlađenje)
- bušenje krovista bez odgovarajućih metoda brtvljenja
- loše ožičenje: prenategnuti ili prelabavi kabeli
- nepravilno ili nepostojeće označavanje i obilježavanje
- nepostojanje uzemljenja ili gromobranske zaštite
- loša zaštita od hrđe
- nepravilno smješteni senzori.

4.4 Sigurnost

Sigurnosna pitanja uključuju i sigurnost osoblja kao i sigurnost same instalacije/sustava.

Sigurnost osoblja:

U idealnom slučaju bi se tim odgovoran za instalaciju FN sustava trebao sastojati od **električara i krovopokrivača**. Električar bi trebao povezati sve komponente na istosmjernoj strani te spojiti izmjenjivač na električnu mrežu, a krovopokrivač bi trebao imati dovoljno iskustva da odradi mehaničku montažu modula na krovu te da međusobno električki poveže module u niz. Električari, krovopokrivači i ostali građevinski radnici zajedno bi donijeli svoje znanje u novi opis posla koji bi se mogao zvati „instalater fotonaponskih sustava“.

Sigurnost instalacije:

Važan element o kojem se intenzivno raspravlja u nekim zemljama EU-a je zaštita od požara.

Prije svega, važno je ustvrditi da je požar na građevinama s instaliranim FN sustavom u najviše slučajeva bio uzorkovan vanjskim čimbenikom, a u nekoliko slučajeva je sam FN sustav bio uzrok požara (nepravilni polaritet može uzrokovati ozbiljna oštećenja sustava elektronike te je poznato da može uzrokovati požare u nekim slučajevima). Zabrinutost se stoga ne odnosi na kvalitetu samog FN sustava, nego na sigurnost vatrogasaca tijekom gašenja požara u zgradi sa FN sustavom. Prema tome četiri elementa su od presudne važnosti: projektiranje FN sustava, kvaliteta FN komponenata, kvaliteta instalacije i obavještanje ostalih sudionika (kao što su vatrogasci). Također, potrebno je istaknuti da su razna rješenja dostupna u svim fazama projektiranja i instalacije, kao što je odabir lokacija kako se ne bi zapriječio pristup vatrogascima, predviđanje i ispravna primjena označavanja, projektiranje električnih instalacija (kablovi i ostale električke komponente) u skladu sa sigurnosnim zahtjevima itd.

Najnoviji projekt **“PV Fire Prevention and Firefighting Measures”** (Protupožarne mjere kod FN sustava) pod vodstvom BSW (Njemačka udruga solarne industrije) je doveo do izdavanja niza tehničkih smjernica za instalatere. u njima se navodi sljedeće: *„Ispravni FN sustavi ne predstavljaju opasnost. U slučaju požara osobna sigurnost neće biti ugrožena ako se pridržavate osnovnih načela električnih instalacija, kao što je to istaknuto u MLAR smjernicama te u pojedinim građevinskim propisima“*. Ova se zaštita može postići kroz sljedeće:

- Organizacijske mjere kao što su:
 - označavanje FN sustava u priključnim kutijama zgrade i glavnog razvodnog ormara
 - opći planovi za djelatnike u izvanrednim situacijama
 - nadopune planova u slučaju požara
- Strukturne mjere kao što su:
 - postavljanje istosmjernih vodova na rutama najmanje ugroženosti od požara ili
 - postavljanje istosmjernih vodova izvan zgrade ili
 - postavljanje izmjenjivača izvan zgrade ili na ulazu zgrade, tako da samo vodovi za izmjeničnu struju moraju biti postavljene unutar zgrade
- Tehničke mjere kao što su:
 - istosmjerni prekidač s daljinskim upravljanjem vatrogasaca koji se nalazi u kutiji glavnih osigurača zgrade kako bi mogli isključiti/prekinuti glavni DC vod ili vod FN modula.



Slika 1. Vlasnici bi se trebali držati podalje od FN sustava tijekom i nakon požara te obavijestiti vatrogasce o konkretnim opasnostima od FN sustava.



Slika 2. Nepravilno izvedene električne instalacije



Slika 3. Kratki spoj i prenaponska zaštita



Slika 4. Oštećenje nosača modula



Slika 5. Moduli oštećeni u oluji

4.5 Servis, uključujući pregled i održavanje

Instalater fotonaponskih sustava nije samo tehničar, nego on mora dobro poznavati i pitanja zaštite okoliša, financijske i druge koristi ugradnje FN sustava, ali i imati osnovne marketinške vještine.

Uobičajene pogreške ovdje su:

- upute, garancije, certifikati, dokumenti o povezivanju na mrežu nisu isporučeni vlasniku/rukovoditelju
- nepoznavanje najnovijih inovacija i specijaliziranih aplikacija (BIPV)
- nepoznavanje administrativnih zahtjeva, procedura povezivanja na mrežu, sustava subvencioniranja i ostalih koristi
- preagresivan prodajni stav
- neuspješno obavljanje brzog i adekvatnog pregleda te usluge održavanja.

Održavanje FN sustava obuhvaća sve dijelove sustava, a sustav generalno zahtjeva malo održavanja, osim baterija u slučaju autonomnog sustava. Održavanje baterija ovisi o tipu i ciklusima punjenja/praznjenja. Održavanje je potrebno provesti najmanje jedanput godišnje, ali instalater treba dodatno obavijestiti vlasnika sustava da prati njegove karakteristike. Najčešći problem održavanja je čišćenje površine modula kako bi se uklonila nečistoća i prašina koja se može obaviti pranjem modula s vodom. Čišćenje je potrebno za vrijeme dugotrajnih sušnih razdoblja kada kiša ne može osigurati prirodno čišćenje. Module treba čistiti kada nisu prekomjerno zagrijani (npr. u ranim jutarnjim satima ili tijekom noći).

5. Popis uobičajenih pogrešaka i loše prakse

PARAMETAR	POGREŠKA / LOŠA PRAKSA
1. Odabir lokacije	
Orijentacija	- instalacija okrenuta u smjeru sjever / zapad
Nagib	- moduli različitih orijentacija i nagiba spojeni u isti niz - pogrešan nagib modula, nagib ne odgovara optimalnom kutu
Zasjenjenje	- postavljanje sustava u području okruženom drvećem i/ili zgradama - nisu uzeta u obzir sezonska zasjenjenja
Korozija	- moduli postavljeni u područjima koja su izložena slanoj vodi
Bioraznolikost (za velike sustave postavljene na zemlji)	- zanemaren mogući utjecaj na biljni i životinjski svijet zbog neadekvatne procjene utjecaja na okoliš
2. Projektiranje i planiranje sustava	
Konstruktivsko opterećenje	- loša procjena starosti i stanja krova - nekorištenje predviđene opreme dovodi do problema sa stabilnošću - nepridržavanje građevinskih propisa
Opterećenje zbog vjetra	- neadekvatna montaža - sustav nije postavljen na betonske blokove kao osnovu
Lokacija	- nepridržavanje građevinskih i sigurnosnih pravilnika (npr. preopterećenje krova, onemogućen pristup vatrogascima) - BOS nije postavljen u vodootporno kućište ili kućište otporno na kišu
Oprema	- neodgovarajući izmjenjivač, poddimenzionirani kablovi, prilagodni sklop snage te prekidači, razvodne kutije i transformatori
Gromobranska zaštita / uzemljenje	- nepostojanje gromobranske zaštite, uzemljenja i zaštite od prenapona - FN sustav postavljen na izloženoj lokaciji - električni kontakt uzemljenja s aluminijskim trakama i okvirom modula
Električne veze	- nepravilan polaritet - loša zaštita strujnog kruga - neusklađenost komponenti: npr. neusklađenost izmjenjivača i FN polja, neispravno postavljanje brojila električne energije - duljina električnih vodova nije minimizirana - nisu uzeti u obzir pravilnici o priključku na električnu mrežu
PARAMETAR	POGREŠKA / LOŠA PRAKSA

3. Fizička instalacija komponenti	
Zasjenjenje	- premali razmak između redova modula
Oštećenje krovišta	- bušenje bez odgovarajućih metoda brtvljenja
Korozija	- korišteni materijali nisu otporni na sučevo zračenje / UV zrake
Konfiguracija FN polja – ispravno povezivanje niza modula	<ul style="list-style-type: none"> - moduli su podvrgnuti prekomjernoj sili zbog toplinskog širenja potporne konstrukcije - premalo serijski spojenih modula u nizu za ispravan rad izmjenjivača tijekom visokih ljetnih temperatura (smanjenje izlaznog napona) - nedovoljna ventilacija modula - moduli različitih proizvođača, karakteristika ili nazivnih snaga korišteni u istom FN nizu ili polju
Izmjenjivač	<ul style="list-style-type: none"> - postavljen tako da je izravno izložen suncu - nedovoljna ventilacija - postavljen predaleko od razvodne kutije FN polja - instaliran na ili u blizini zapaljive površine
Električna instalacija	<ul style="list-style-type: none"> - prenategnuti ili prelabavi kablovi - nosač kabla koji je izložen fizičkim oštećenjima - više kablova ulazi u jednu kabelsku uvodnicu
Vodiči	<ul style="list-style-type: none"> - nisu učvršćeni najdalje 30 cm od kutije ili opreme - savijanje vodiča preblizu priključcima
Baterije	<ul style="list-style-type: none"> - nisu postavljene u kućištu odvojenom od drugih komponenti FN sustava - postavljene blizu radioaktivnih i zapaljivih materijala - izložene direktnom sunčevom zračenju - izložene visokim temperaturama
Označavanje i znakovi upozorenja	- nepravilno ili nepostojeće označavanje i obilježavanje
Senzori	- nepravilno smješteni
Spojne i razvodne kutije	- pokrivene tako da su gotovo nepristupačne za servisiranje

PARAMETAR	POGREŠKA / LOŠA PRAKSA
4. Sigurnost	
Sigurnost tehničara	<ul style="list-style-type: none"> - nekorištenje zaštitne opreme od pada čak i ako je potrebna - neusklađenost s propisima o sprečavanju nezgoda - rad u nepovoljnim uvjetima: mokro, jaki vjetrovi ili zaleđena površina krova - instalater se kreće po modulima - instaliranje izmjenjivača nakon električnih instalacija
U slučaju požara	
Organizacijske mjere	<ul style="list-style-type: none"> - neoznačavanje FN sustava na priključnoj kutiji zgrade te glavnog voda s propisanim znakom - nedostatak općenitih planova za radnike u hitnim situacijama
Strukturne mjere	<ul style="list-style-type: none"> - postavljanje istosmjernih vodova u područjima visoke ugroženosti od požara
	<ul style="list-style-type: none"> - nepostavljane istosmjernih kablova s vanjske strane zgrade
	<ul style="list-style-type: none"> - izmjenjivač je postavljen unutar zgrade
Tehničke mjere	<ul style="list-style-type: none"> - nedostatak istosmjernog prekidača u području zgrade s glavnom kutijom osigurača
Održavanje/ Pregledi	
Tehničar	<ul style="list-style-type: none"> - nepridržavanje redovitog razdoblja održavanja mehaničkih i električnih spojeva (provjera struja i napona, razine elektrolita baterije itd.) - gornja površina FN modula nije prekrivena tijekom održavanja - savijene, korodirane ili na neki drugi način oštećeni nosači modula nisu zamijenjene - neučvršćene komponente ili slabo zategnuti spojevi na priključnicama - aparati za gašenje požara ne nalaze se u neposrednoj blizini baterije - vlasnik nije informiran o potrebi praćenja karakteristika sustava
Vlasnik <i>(instalater će savjetovati vlasnicima nekoliko mjera održavanja koje treba slijediti)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - proizvedeni kWh se ne bilježe periodički (odstupanje od očekivanih vrijednosti može biti razlog za provjeru sustava) - neadekvatno čišćenje modula - moduli su izgrebeni tijekom čišćenja (korištenje četki i agresivnih deterdženata) - stabla u blizini sustava nisu adekvatno obrezivana - površina baterija se ne održava čistom - ne provjerava se razina elektrolita u baterijama

6. Literatura

Europski projekti:

- PV LEGAL: <http://www.pvlegal.eu>
- Qualicert Project <http://www.qualicert-project.eu/>

Internetske stranice:

- Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne Institute of Chemical Sciences & Engineering, http://photochemistry.epfl.ch/EDEY/PV_history.pdf
- PVresources: www.pvresources.com
- KYOCERA solar modules assembly and maintenance instructions April 2011
http://www.kyocerasolar.de/index/products/download/English.-cps-34501-files-80034-File.cpsdownload.tmp/Manual_Eng_KD_all_110426.pdf

Knjige i ostale publikacije:

- Solar Generation VI (EPIA and Greenpeace, 2011): <http://www.epia.org/publications/>
- Photovoltaic Observatory – Policy Recommendations (EPIA, 2011):
<http://www.epia.org/publications/>
- Field Inspection Guideline for PV systems, Interstate Renewable Energy Council, 2010 available at www.irecusa.org
- Solar Parks – Opportunities for biodiversity (German Renewable Energies Agency, 2011):
http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/45_RenewsSpezial_Biodiv-in-Solarparks_ENGL.pdf
- Canadian solar, Solar module installation manual, www.canadian-solar.com
- Solar Frontier K.K. Installation and Maintenance Manual, <http://www.solar-frontier.com/>
- DGS LV Berlin BRB, German Energy Society (Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, Planning and Installing Photovoltaic Systems A guide for installers, architects and engineers second edition, Earthscan, UK, 2008.
- NABCEP, North American Board of Certified Energy Practitioners, NABCEP study guide for photovoltaic system installers, USA 2009.
- Dunlop J. P., Batteries and Charge Control in Stand-Alone Photovoltaic Systems Fundamentals and Application. Sandia National Laboratories USA, 1997
- Reliability Study of Grid Connected PV Systems, Field Experience and Recommended Design Practice (IEA-PVPS Task 7)

Ostali izvori:

- PV Magazine (October 2011 – page 84-87), <http://www.pv-magazine.com/>
- BRE, <http://www.bre.co.uk>
- 3E, <http://www.3e.eu>
- Bundesverband Solarwirtschaft, www.bsw-solar.de
- UNIQA, www.uniqagroup.com

- VdJ and BRJ insurance
- European Commission, <http://ec.europa.eu>