

Ratimir Orlovac , dipl. ing.  
HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.  
Elektra Čakovec  
[ratimir.orlovac@hep.hr](mailto:ratimir.orlovac@hep.hr)

Anđelko Tunjić, dipl. ing.  
HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.  
Sektor za investicije i izgradnju  
[andelko.tunjic@hep.hr](mailto:andelko.tunjic@hep.hr)

## TEHNIČKI UVJETI ZA PRIKLJUČAK MIKRO SUNČANIH ELEKTRANA NA NISKONAPONSKU MREŽU

### SAŽETAK

Pojačan interes za priključkom mikro sunčanih elektrana na razdjelnu niskonaponsku mrežu u republici Hrvatskoj rezultat je prije svega očekivanog uvođenja sustava poticaja te stalnog pada cijene opreme.

U cilju brže i kvalitetnije obrade zahtjeva, unificiranja tehničkih rješenja, osiguranja zaštite radnog osoblja, kupaca i opreme te sprječavanja negativnih utjecaja mikro sunčanih elektrana na razdjelnu mrežu i obrnuto, izrađen je «Prijedlog tehničkih uvjeta i dokumentacije za priključak mikrosunčanih elektrana snage do 10 kW, u paralelan rad na niskonaponsku mrežu». Prijedlog tehničkih uvjeta izradila je za tu svrhu imenovana Radna skupina, koristeći se iskustvima DP Elektre Čakovec u priključku mikrosunčane elektrane «Vincetić».

U prvom dijelu referata su iskazani podaci o stanju normizacije na području distribuiranih izvora te su obrazložene pojedine cjeline Prijedloga tehničkih uvjeta, s posebnim naglaskom na izmjenjivač i potrebna ispitivanja prije puštanja u pogon. U nastavku referata opisana je mikrosunčana elektrana «Vincetić» te su dati podaci o proizvodnji i procijeni isplativosti ulaganja uz različite otkupne cijene električne energije.

**Ključne riječi:** tehnički uvjeti priključka, distribuirana proizvodnja, sunčana elektrana, isplativost

## TECHNICAL REQUIREMENTS FOR CONNECTION OF PV GENERATORS TO THE PUBLIC LOW-VOLTAGE NETWORK

### SUMMARY

The increasing interest in connecting PV generators to the low-voltage distribution network in Croatia is primarily a result of the expected introduction of an incentive system together with a steady decrease in equipment prices.

In order to facilitate the processing of connection applications, unify technical solutions, protect workers, customers and equipment and prevent adverse effects of PV generators on the distribution network and vice versa, "Proposal for technical requirements and documentation for connection of PV generators of up to 10 kW to the low-voltage network" has been prepared. A working group set up for the purpose prepared the Proposal using the experiences of DP Elektra Čakovec in connecting the PV generator Vincetić.

The first part of the paper provides the information about the standardization in the area of distributed sources and explains individual sections of the Proposal with an emphasis on the inverter and the necessary pre-commissioning tests. The paper continues by describing the Vincetić PV generator and giving data on the production and estimates of investment profitability for different electricity purchase prices.

**Key words:** technical requirements for the connections, distributed generations, PV generators, Cost/Benefit

## 1. UVOD

S uvođenjem promjena u tradicionalni koncept elektroenergetskog sustava veliki značaj se poklanja distribuiranoj proizvodnji, posebice proizvodnji iz obnovljivih izvora. Čimbenici koji stoje iza ovoga prije svega su:

- Nedostatak energije uslijed povećane potražnje i nedovoljne izgradnje konvencionalnih elektrana
- Briga o klimatskim promjenama.
- Liberalizacija tržišta električne energije
- Intenzivan razvoj tehnologija distribuirane proizvodnje
- Poteškoće vezane za izgradnju novih prijenosnih vodova i
- Pojačani zahtjevi za pouzdanošću [1].

Značaj i interes za distribuiranu proizvodnju vidljiv je na primjeru promotivnih aktivnosti Europske Unije. U prijedlogu nove direktive Komisije Europske Unije u svezi promocije proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora, koja je izdana početkom 2008. godine, postavljen je cilj da u Europskoj Uniji do 2020. godine, udio potrošnje energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije bude minimalno 20% te da udio biogoriva u transportu u svakoj zemlji članici bude najmanje 10% a na razini Europske Unije 20% [2].

U starijoj direktivi Europske Unije iz 2001. godine, 2001/77/EC (OJ L 283, 27.10.2001), koja je imala svrhu promovirati proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora, postavljen je cilj dostizanja minimalno 21%-og udjela proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora do 2010. godine.

Studija izrađena u američkom institutu Electric Power Research Institute (EPRI) pokazala je da će do 2010. godine, 25% novih proizvodnih kapaciteta biti distribuirani izvori.

Najznačajnije koristi koje donosi distribuirana proizvodnje su; smanjivanje gubitaka u razdjelnoj mreži, popravljivanje profila napona, smanjivanje zagušenja u prijenosnoj i distribucijskoj mreži, odgađanje investicija u pojačanja i nadogradnju mreže i smanjivanje emisije štetnih plinova [3].

Uz već iskazan veliki interes za izgradnjom vjetroelektrana u Republici Hrvatskoj primjetan je sve veći interes i za izgradnjom sunčanih elektrana. Za očekivati je da će se nakon uvođenja sustava poticaja u sklopu donešene zakonske regulative u 2007. godini te stalnog pada cijene opreme, interes još više povećati. Za razliku od vjetroelektrana koje će se priključivati većim dijelom na prijenosnu mrežu (snage iskazane u zahtjevima za davanje tehničkih uvjeta priključenja uglavnom su veće od 10 MW), u zahtjevima za priključivanje sunčanih elektrana u pravilu će proizvođači tražiti priključivanje na niskonaponsku i sredjenaponsku razdjelnu distribucijsku mrežu (izgradnja malih i mikro sunčanih elektrana).

U cilju brže i kvalitetnije obrade zahtjeva, unificiranja tehničkih rješenja, osiguranja zaštite radnog osoblja, kupaca i opreme te sprječavanja negativnih utjecaja mikro sunčanih elektrana na razdjelnu mrežu i obrnuto, izrađen je u HEP-Distribuciji d.o.o. (sada HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.) već početkom 2005. godine «Prijedlog tehničkih uvjeta i dokumentacije za priključak mikrosunčane elektrane snage do 10 kW, u paralelan rad na niskonaponsku mrežu». Prijedlog tehničkih uvjeta izradila je za tu svrhu imenovana Radna skupina, koristeći se iskustvima DP Elekte Čakovec u priključku mikrosunčane elektrane «Vincetić».

U prvom dijelu ovoga rada su iskazani podaci o stanju normizacije na području distribuiranih izvora te su obrazložene pojedine cjeline Prijedloga tehničkih uvjeta, s posebnim naglaskom na izmjenjivač i potrebna ispitivanja prije puštanja u pogon. U nastavku referata je opisana mikrosunčana elektrana «Vincetić» te su dati podaci o proizvodnji i procijeni isplativosti ulaganja uz različite otkupne cijene električne energije.

## 2. NORMIZACIJA I LEGISLATIVA NA PODRUČJU DISTRIBUIRANE PROIZVODNJE

### 2.1. Važnost normizacije za distribuiranu proizvodnju

Norme su potrebne da bi se proizvod mogao tehnički definirati kroz zahtijevane karakteristike i određene mjerne veličine. Norme također utvrđuju kako se zahtijevane karakteristike ili mjerne veličine mjere i ispituju i koji se kriteriji utvrđuju za uspješno ili neuspješno ispitivanje [4].

Normizacija na području distribuirane proizvodnje je posebice važna jer omogućava da tehnologije distribuirane proizvodnje budu tržišne kroz:

- osiguravanje temelja za certificiranje,
- promoviranje međunarodne trgovine uniformnih visokokvalitetnih proizvoda,
- održavanje razmjene znanja, i
- značajno smanjivanje jediničnih troškova proizvodnje i pogona.

## 2.2. Normizacijske organizacije

Normizacijske organizacije koje razvijaju, koordiniraju, revidiraju, interpretiraju i održavaju norme od značaja za područje distribuirane proizvodnje ujedno su i najznačajnije normizacijske organizacije na svjetskoj razini:

- ISO - International Organization for Standardization, je najznačajnija organizacija za razvoj i donošenje međunarodnih normi[5]. ISO je mreža od 145 nacionalnih ustanova za normizaciju. Rad na normizaciji je organiziran kroz 193 tehnička odbora .
- IEC – International Electrotechnical Commission je vodeća organizacija za razvoj i donošenje međunarodnih normi na području elektrotehnike [6]. Rad na normizaciji je organiziran kroz 112 tehnička odbora.
- CEN - Comité Européen de Normalisation je Europska organizacija za normizaciju dok je CENELEC - European Committee for Electrotechnical Standardization je Europska organizacija za normizaciju na području elektrotehnike.
- IEEE-SA - IEEE Standards Association je vodeća Američka normizacijska organizacija, član je organizacije IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) [7] . IEEE-SA je jedna od vodećih normizacijskih organizacija na području energetike, biomedicine, transporta, nanotehnologije i informatike.

## 2.3. Pregled Normi

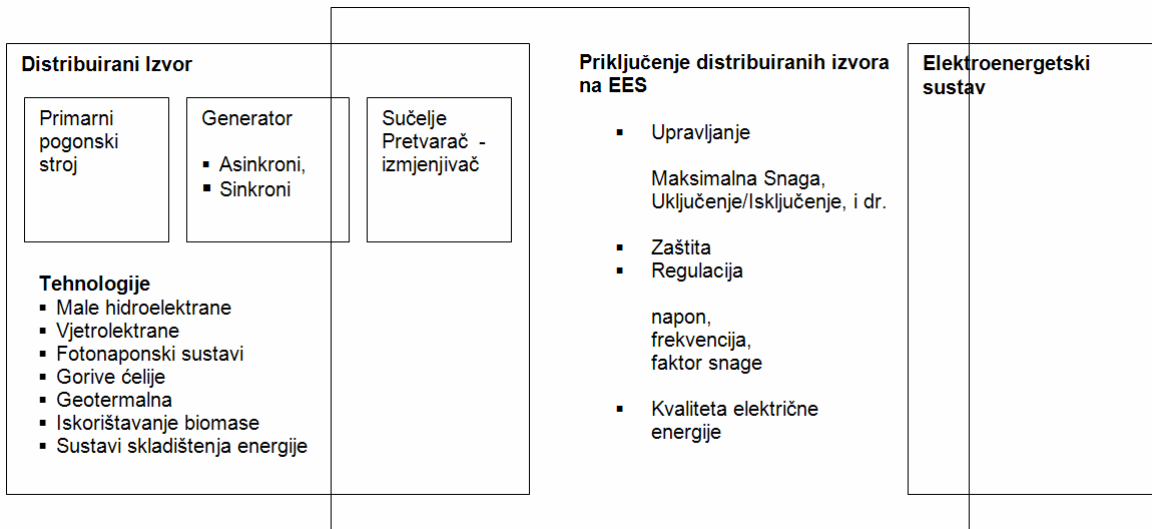
Normizacija na području distribuirane proizvodnje može se podjeliti na normizaciju vezanu za distribuirani izvor odnosno tehnologiju distribuirane proizvodnje te normizaciju vezanu za aspekt priključenja distribuiranih izvora na elektroenergetski sustav (slika 1).

Dosadašnji razvoj normizacije na području distribuiranih izvora i tehnologija je bio intenzivniji zbog interesa proizvođača te poticaja vlada. Aktivnosti na normizaciji područja vezanog za priključenje distribuiranih izvora na EES provodile su se uglavnom na razinama pojedinih država dok je na međunarodnoj razini normizacija i harmonizacija tek na početku.

U nastavku je u sažetom obliku obrazloženo stanje normizacije na području:

- tehnologija distribuirane proizvodnje:
  - Vjetroturbine (Vjetrolektrane),
  - Sunčane ćelije (Fotonaponski sustavi)
- aspekata priključenja distribuiranih izvora na EES.

Popis oznaka i naziva normi, podaci o normizacijskim organizacijama i nadležnim tijelima (tehnički odbori, i dr.) te drugi relevantni podaci iskazani su u **Prilogu 1. Pregled normi – Vjetrolektrane - Fotonaponski sustavi i aspekt priključenja distribuiranih izvora na EES**



Slika 1 Distribuirana proizvodnja – područja normizacije [10, 11]

### 2.3.1. Vjetroturbine (Vjetrolektrane)

Na području tehnologije vezane za iskorištenje energije vjetra (vjetroturbine) normizacijske aktivnosti su vrlo intenzivne i na nacionalnim i na na međunarodnoj razini [4].

U okviru IEC-a normizaciju vodi Tehnički odbor TC 88 Vjetroturbine. Temeljna norma izdana od strane ovoga odbora je IEC 614000. Prvi i drugi dio predmetne norme pokrivaju područje temeljnih tehničkih zahtjeva na tehnička rješenja vjetroturbine. Dijelovi 12, 13, 21 i 24 specificiraju potrebna ispitivanja; karakteristike u vezi električne snage vjetroturbine, mehanička opterećenja, kvalitetu električne energije i ispitivanja rotora vjetroturbine. Dijelovi 11 i 14 pokrivaju mjerne metode i zahtjeve u svezi buke i zvučnih karakteristika vjetroturbine. Izuzetno su važni dijelovi 24 i 25 predmetne norme. Dio 24 pokriva područje prenaponske zaštite od munje dok dio 25 pokriva područja komunikacija potrebnih za nadgledanje i upravljanje vjetrolektranom. Budući rad odbora organiziran je kroz projektne timove i usmjeren je na:

- Definiranje temeljnih tehničkih zahtjeva za priobalne (off-shore) vjetrolektrane
- Mjerenja za verificiranje karakteristika električne snage vjetroturbine
- Definiranje karakteristika električne snage vjetrolektrana sa više vjetroturbina (farme vjetrolektrana)

Rad CENELEC-a na normizaciji ovog područja organiziran je kroz posebnu radnu grupu (BTTF/83-2) sa zadatkom da pripremi prijedloge normi za područja koja nisu pokrivena budućim radom IEC-a. Izrađen je prijedlog norme za područje zaštite na radu za vjetrolektrane (vjetroturbine) prEN 50308 : Wind turbine labour safety. Za područje u svezi postupaka nabave opreme donešena je Europska norma EN 45510-5-3: Guide for procurement of power station equipment. Part 5-3: Wind Turbines.

Na nacionalnim razinama rad na normizaciji područja tehnologije iskorištenje vjetra posebno je intezivan u Njemačkoj, Danskoj, Nizozemskoj i Japanu. Navedene zemlje su ujedno i vodeće zemlje po kapacitetu instaliranih vjetrolektrana.

### 2.3.2. Fotonaponski sustavi

Nositelji normizacije na području fotonaponskih sustava su IEC i IEEE-SA. U IEC-u normizaciju vodi TC 82 Fotonaponski sustavi. Djelokrug rada TC 82 obuhvaća pripremu normi za sustave s fotonaponskom pretvorbom energije sunca u energiju. Također uključuje rad na pripremi normi po kojima se specificiraju zahtjevi za osiguranje kvalitete, procedure akreditacije ispitnih laboratorija kao i postupak potvrđivanja i označavanja proizvoda. U sklopu dosadašnjeg rada TC 82 je izdao više od 30 normi.

Ključne norme na području fotonaponskih sustava su:

- IEC 61730 Photovoltaic Module Safety
- IEC 61215 Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval
- IEC 61646 Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval

Norma IEC 61730 opisuje temeljne konstrukcijske zahtjeve za fotonaponske module u cilju osiguranja sigurnog mehaničkog i električnog rada tijekom predviđenog životnog vijeka. Ova norma kombinaciji sa normom IEC 61215 ili normom IEC 61646 praktično definira temeljne zahtjeve na konstrukciju fotonaponskih modula.

U okviru organizacije IEEE-SA Koordinacijski odbor 21 (IEEE Standards Coordinating Committee 21 - SCC21) nadzire razvoj normi na području Gorivih ćelija, Fotonaponskih sustava, Distribuirane proizvodnje i Skladištenja energije, te koordinira napore na ovim područjima između različitih društava IEEE organizacije. IEEE SCC21 je razvio niz normi, smjernica i preporuka u svezi funkcionalnih i pogonskih zahtjeva za rad fotonaponskih sustava i opreme.

- IEEE 1262 Recommended Practice for Qualification of Photovoltaic (PV) Modules
- IEEE 1374 Guide for Terrestrial Photovoltaic Power System Safety
- IEEE 928 Recommended Criteria for Terrestrial Photovoltaic Power Systems.

### 2.3.3. Normizacija i aspekt priključenja distribuiranih izvora na EES

Kao što je već rečeno, stanje normizacije na međunarodnoj razini koja bi pokrivala aspekte priključenja distribuiranih izvora na javnu mrežu, odnosno EES skromnije je od stanja normizacije na području samih tehnologija distribuirane proizvodnje. U okviru IEC-a i CENELEC-u aktivnosti na normizaciji vode IEC TC 8 System aspects of electricity supply i CNC TC 8X System aspects of electricity supply. Dok u IEEE-SA ova aktivnost vodi prije spomenuti Koordinacijski odbor SCC 21 (IEEE Standards Coordinating Committee 21). U nastavku je pregled postojećih normi.

- IEC 61400-21 Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines
- IEC 61727 Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface
- IEEE 929 Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems
- IEEE P1547 Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems
- EN 50438 Requirements for the connection of micro-generators in parallel with public low-voltage distribution networks

Kod sagledavanja problema utjecaja Distribuiranih izvora na kvalitetu električne energije primjenjuju se dobro poznate norme iz područja Elektromagnetske kompatibilnosti (EMC).

## 2.4. Certificiranje

Pored rada na donošenju međunarodnih normi, rad na definiranju jedinstvenog međunarodnog postupka certificiranja (potvrđivanja) proizvoda, dijelova opreme ili cijelog postrojenja jednako je važan jer smanjuje vrijeme i troškove certificiranja proizvoda i opreme za svako nacionalno tržište posebno.

IEC WT 01 Type Certification System je najvažniji međunarodni sustav za tipsko certificiranje vjetroturbina. Temelj za certificiranje je dokument IEC WT 01: IEC System for Conformity Testing and Certification of Wind Turbines, Rules and Procedures, 2001-04. Danski DNV i njemački Germanischer Lloyd jedine su europske ustanove koje izdaju certifikate za tipska ispitivanja vjetroturbina. Najpoznatija ustanova u SAD-za ispitivanja i certificiranje vjetroturbina je Underwriters Laboratories.

Certificiranje proizvoda (fotonaponski moduli) provodi se na temelju IEC normi u ovlaštenim ispitnim laboratorijima. PV GAP (The Global Approval Program for Photovoltaic) je neprofitna organizacija koja potiče normizaciju na području fotonaponskih sustava. Ova organizacija nastoji ustanoviti jedinstvenu oznaku kvalitete za fotonaponske proizvode (PV Quality Mark) i sustav (PV Quality Seal). Program certificiranja za PV GAP provodi IECCE (International Electrotechnical Commission System for Conformity Testing and Certification of Electrical Equipment).

Svi proizvodi na tržištu Europske unije moraju obvezno biti označeni sa CE znakom čime se potvrđuje da proizvod zadovoljava sve temeljne zahtjeve iz primjenljivih direktiva Europske unije. Proizvodi i oprema vjetroelektrane i fotonaponskih sustava moraju ispunjavati zahtjeve sljedećih EC direktiva:

- 89/336/EEC Electromagnetic compatibility
- 73/23/EEC Low voltage equipment
- 98/37/EC Machinery safety
- 93/68/EECCE marking

### 3. PRIJEDLOG TEHNIČKIH UVJETI ZA PRIKLJUČAK MIKRO SUNČANIH ELEKTRANA NA NISKONAPONSKU MREŽU HEP-OPERATORA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA D.O.O

#### 3.1. Uvod

Pokretanje aktivnosti 2005. godine u HEP-Distribuciji d.o.o. (sada HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.) na izradi „Prijedloga tehničkih uvjeta i dokumentacije za priključak mikrosunčanih elektrana snage do 10 kW, u paralelan rad na niskonaponsku mrežu“ (u daljnjem tekstu Tehnički uvjeti i dokumentacija) imalo je za cilj:

- učinkovitiju obradu zahtjeva,
- unificiranje tehničkih rješenja,
- zaštitu radnog osoblja, kupaca i opreme te
- sprječavanja negativnih utjecaja mikro sunčanih elektrana na razdjelnu mrežu i obmuto. [8]

Naime, manjak IEC i EN normi za aspekt priključenja distribuiranih izvora na EES te odgađanje donošenja:

- zakonske i podzakonske regulative u području korištenja obnovljivih izvora i
- niza podzakonskih akata iz područja Energetskih zakona (Opći uvjeti za opskrbu električnom energijom, Mrežna pravila i dr.)

kao i problemi vezani za restrukturiranje energetskog sektora, otežavali su obradu i rješavanje zahtjeva za priključenje distribuiranih izvora na mrežu HEP-ODS-a i s tehničkog i s ekonomskog aspekta.

Kako se očekivao najveći broj zahtjeva za priključivanjem mikrosunčanih elektrana te uzimajući u obzir karakter tehnologije (moduli, DC/AC pretvarač, i dr.), mjesto priključenja (niskonaponska mreža) i upitnost financiranja izrade posebnog elaborata priključenja od strane proizvođača/kupca, nametala se nužnost izrade tehničkih uvjeta upravo za mikrosunčane elektrane.

Izradu radne verzije Prijedloga tehničkih uvjeta izradila je Radna skupina imenovana u HEP-Distribuciji d.o.o. Podloge za izradu Tehničkih uvjeta bile su; postojeći Tehnički uvjeti za priključak malih elektrana (HEP- Bilten br 66), dokument G77 – „UK Technical guidelines for Inverter connected single phase Photovoltaic (PV) generators up to 5 kVA“, i tehnička dokumentacija DP Elektra Čekovec izrađena u sklopu priključenja mikrosunčane elektrane „Vincetić“ u Čakovcu.

Zbog donošenja novih podzakonskih akata; Mrežnih pravila, Općih uvjeta za opskrbu električnom energijom kao i podzakonskih akata u svezi obnovljivih izvora, odloženo je proglašenje Prijedloga tehničkih uvjeta kao službenog dokumenta HEP-ODS-a.

#### 3.2. Sadržaj predloženih tehničkih uvjeta i dokumentacije

Prijedlog tehničkih uvjeta i dokumentacije čine sljedeći dokumenti:

- Uvod
- Tehničkih uvjeta za priključak mikrosunčane elektrane
- Shematski prikaz priključenja mikrosunčane elektrane na niskonaponsku mrežu
- Zahtjev za izdavanje Prethodne elektroenergetske suglasnosti - Obrazac Br. 1
- Prethodna elektroenergetska suglasnost - Obrazac Br. 2
- Zahtjev za izdavanje elektroenergetske suglasnosti - Obrazac Br. 3
- Elektroenergetska suglasnost Obrazac Br. 4
- Izvješće o ispitivanju podešenja i prorade zaštite Obrazac Br. 5
- Izvješće za puštanje u pogon mikrosunčane elektrane za paralelni rad s mrežom Obrazac Br. 6
- Zahtjev za priključenje i puštanje u pogon mikrosunčane elektrane Obrazac Br. 7
- Izvješće o priključenju i puštanju u pogon mikrosunčane elektrane Obrazac Br. 8

### 3.3. Tehnički uvjeti za priključak mikrosunčane elektrane

Tehničkim uvjetima za priključak mikrosunčane elektrane utvrđeni su kroz 10. točaka temeljni tehnički zahtjevi koje mora zadovoljiti mikrosunčana elektrana:

- **Maksimalna dozvoljena trofazna snaga**
- Vrsta priključka na n.n. mrežu
- Način pogona
- **Izmjenični pretvarač**
- Električna instalacija
- Mjerenje i obračun električne energije
- Ostali mjerni uređaji
- Kućište priključnog mjernog ormara (HEP-ov dio)
- **Ispitivanje tijekom probnog pogona**
- Ostali uvjeti.

U nastavku su iskazani zahtjevi i obrazloženje za dio ovih točaka.

- **Maksimalna dozvoljena snaga**

Prvom točkom tehničkih uvjeta utvrđeno je područje primjene Tehničkih uvjeta s aspekta maksimalne priključne snage elektrane u slučaju jednofaznog (5 kW) i trofaznog priključka (10 kW). Izabrane vrijednosti odođene su glavnom svrhom izrade Tehničkih uvjeta (reguliranje priključenja sunčanih fotonaponskih elektrana od strane kupaca kategorije kućanstvo) te područjem primjene norme EN 61 000-3-2+A14 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (**equipment input current  $\leq 16$  A per phase**).

- **Izmjenični pretvarač**

Zahtjevano karakteristike pretvarač – izmjenjivač-a (eng. Inverter) određeni su prije svega zahtjevom da pretvarač – izmjenjivač mora ispunjavati zahtjeve iz Europskih normi:

- EN 61000-3-2 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current  $\leq 16$  A per phase)
- EN 61000-6-1 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-1: Generic standards - Immunity for standard for residential, commercial and light-industrial environments
- EN 61000-6-3 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-3: Generic standards - Emission
- EN 50178 Electronic equipment used in power installations.

Također su utvrđeni zahtjevi za zaštitne funkcije i granice podešenja:

- nadnaponska ( $U_n - 1,06 U_n$ ) i podnaponska zaštita ( $0,9 U_n - U_n$ )
- nadfrekventna i podfrekventna zaštita (49,5 – 50,5 Hz)
- automatsko isključivanje rada nakon ispada n.n. mreže (LoM)
- uključivanje u paralelan rad s mrežom nakon prethodnog prekida napajanja (ispada mreže)

Zahtjevi s aspekta kvalitete električne energije pored prije spomenutih normi definirani su zahtjevima za maksimalno dozvoljenu vrijednost faktora ukupnoga harmonijskog izobličenja (THD) napona od 2,5 % i maksimalnu dozvoljenu vrijednost indeksa jačine flikera.

- **Ispitivanje tijekom probnog pogona**

Utvrđeni zahtjevi za ispitivanja tijekom probnog pogona uključuju:

- ispitivanja propisanih veličina pri uključenju i isključenju elektrane iz paralelnog rada s mrežom te ispitivanja podešenja i prorade zaštite
- pregled i provjeru ugovoreni nazivnih vrijednosti elektrane
- pregled i provjeru protokola tipskih ispitivanja pretvarača – izmjenjivača i ispitivanje sustava pogonskih i obračunskih mjerenja.

## 4. MIKROSUNČANA ELEKTRANA „VINCETIĆ“ U ČAKOVCU

### 4.1. Povijest izgradnje

Sve je počelo krajem 1999. odnosno početkom 2000. godine kada je postojeći kupac Elektre Čakovec, g. Roko Vincetić, povratnik iz Njemačke izrazio želju predstavnicima Elektre Čakovec, za izgradnjom sunčane elektrane sa smještajem fotonaponskih modula na krovu svog stambenog objekta. Obrazloženje predstavnika Službe za tehničke poslove Elektre Čakovec u smislu da ne postoji odgovarajuća zakonska regulativa nije uspjelo u zaustavljanju realizacije ideje o izgradnji male sunčane elektrane. Prvim tehničkim uvjetima zahtijevano je od kupca da elektrana može biti u pogonu samo u otočnom radu sa sigurnim odvajanjem od javne niskonaponske mreže. Sunčana elektrana „Vincetić“ puštena je u otopni rad 15.05.2000. godine.

Nemogućnost predaje viškova proizvedne električne energije kao i problemi s akumulatorima bili su razlozi podnošenja molbi i zahtjeva za priključivanjem sunčane elektrane na niskonaponsku mrežu u paralelni rad. Zbog prije spomenutog problema sa zakonskom regulativom molbe i zahtjevi su odbijeni. Nakon dorade elektrana je bez znanja predstavnika elektre priključena u paralelni rad s mrežom 23.04.2003. godine.

Očekujući zakonsku regulativu čije je donošenje bilo na putu i zbog tehničke nemogućnosti zabrane rada izgrađene elektrane odlučeno je u Elektri da se elektrana stavi pod nadzor distributera uz prethodno ispunjenje tehničkih i ostalih uvjeta. U tom smislu je rukovoditelj Službe za tehničke poslove Elektre Čakovec preuzeo odgovornost i brigu oko nadzora i kontrole rada elektrane. Već u svibnju 2003. godine izrađen je od strane rukovoditelja Službe „Prijedlog pravilnika, ugovora i prateće tehničke dokumentacije za priključenje male sunčane elektrane u rad na niskonaponskoj mreži“. Nakon ispunjenja svih traženih uvjeta od strane Elektre Čakovec, 23.07.2003. godine u 13. sati i 30 minuta mikrosunčana Elektrana Vincetić priključena je službeno na niskonaponsku mrežu u paralelni rad. Elektranu (fotonaponski sustav) je činilo 80 fotonaponskih modula snage 5 kWp.

Od niza dorada na sustavu elektrane najvažnija je bila u kolovozu 2005. godine kada je ugrađena okretna konzola, s 18 dodatnih fotonaponskih modula, koja prati putanju sunca (eng. Tracking system). Važno je istaknuti da je mikrosunčana elektrana Vincetić bila prva mikrosunčana elektrana koja je u Republici Hrvatskoj službeno priključena na niskonaponsku mrežu u paralelni rad.

### 4.2. Opis i troškovnik opreme i radova Mikro sunčane elektrane Vincetić

Sustav mikrosunčane elektrane Vincetić čini 98 aktivnih fotonaponskih modula smještenih na krovu kuće, gospodarskog objekta i garaže. Kao što je spomenuto 18 modula je smješteno na konzoli okretne konstrukcije. Za DC/AC pretvorbu električne struje ugrađena su tri pretvarača – izmjenjivača (eng. Invertera) snage 2 x 2500 W + 1 x 1300 W. Pretvarači su od renomiranog proizvođača i u sebi objedinjuju sve sklopove potrebne za siguran i pouzdan rad na niskonaponskoj mreži u paralelnom



Slika 2. Mikrosunčana elektrana Vincetić – moduli na okretnoj konzoli

režimu rada kao što su: automatska sinkronizacija s mrežom, automatsko isključenje u slučaju nestanka napajanja iz distribucijske mreže radi sprečavanja povratnog djelovanja i dr.

U sklopu pretvarača je i mjerno nadzorna jedinica koja pohranjuje sve bitne električne veličine i registrira proizvedenu električnu energiju.

Sva ostala potrebna oprema smještena je u Priključnom mjernom ormaru distributera (KPMO), Razvodnom ormaru (RO) i Proizvodnom ormaru (PO $\mu$ SE) kupca.

Popis opreme i smještaj vidljivi su iz troškovnika navedenog u nastavku i shematskog prikaza elektrane (Prilog 2).

Tablica I. Mikrosunčana elektrana Vincetić - troškovnik materijala i radova

1. MATERIJAL						
Red broj	MATERIJAL	Jed mjere	Količina	Jedinična cijena (kn)	Iznos (kn)	Iznos (%)
1.1.	FOTONAPONSKI MODUL	kom	98	2.381,00	233.338,00	69,22%
	Od monokristalnog silicija Tip H 6000 Vršna snaga (Wp) 60 W Struja kartkog spoja (Isc) 4 A Napon praznog hoda (Voc) 21,00 V Napon max snage (Vmp) 17,00 V Struja pri max snazi (Imp) 3,50 A Dimenzije 1000x565x34 mm Garancija snage 25 godina					
1.2.	INVERTER (IZMJENJIVAČ) - tip IG30	kom	2	14.450,00	28.900,00	8,57%
1.3.	INVERTER (IZMJENJIVAČ) - tip IG15	kom	1	10.800,00	10.800,00	3,20%
FRONIUS						
		IG15	IG30			
- ulazni napon		150-400 V	150-400 V			
- snaga FN sistema		1300-2000Wp	2500-3600Wp			
- max ulazna struja		10,8 A	19 A			
- nominalna snaga		1300 W	2500 W			
- max. izlazna snaga		1500 W	2650 W			
- stupanj najvećeg iskorišt.		94,2 %	94,3 %			
- stupanj iskorištenja		91,4 %	92,7 %			
- napon mreže		220 V /50 Hz	220 V / 50 Hz			
- faktor distorzije		< 3,5 %	< 3,5 %			
- faktor snage		1	1			
- radna temperatura		-20 do 50° C	-20 do 50° C			
1.4.	MJERNI UREDAJ MT851	kom	1	5.093,00	5.093,00	1,51%
1.5.	PROIZVODNI RAZVODNI ORMAR	komp	1	2.807,00	2.807,00	0,83%
- zaštitna strujna sklopka		0,03A;	kom	3		
- četveropolna grebenasta sklopka;		40 A	kom	1		
- odvodnik prenapona		10 kA, 280 V	kom	6		
- brzi elektromagnetski osigurači		B16 A	kom	4		
		B10 A	kom	2		
		B10 A	kom	1		
1.6.	KUĆNI PRIKLJUČNO MJERNI RAZVODNI ORMAR		1	1.977,00	1.977,00	0,59%
- trofazni osigurač-rastavljač		100 A	kom	1		
- četveropolna grebenasta sklopka		40 A	kom	1		
- odvodnik prenapona 10 kA;		10 kA; 280 V	kom	6		
- stezaljka neutralnog vodiča N			kom	1		
- stezaljka zaštitnog vodiča PE			kom	1		
- vodič Cu			m	16		
- pločica upozorenja			kom	1		
1.7	KONSTRUKCIJA I OSTALI MATERIJAL		1	37.949,00	37.949,00	11,26%
Okretna konstrukcija DEGERtraker 1000EL		komp	1	26.949,00	26.949,00	7,99%
Metalna nosiva konstrukcija		komp	1	9.000,00	9.000,00	2,67%
Ostali materijal		pauš.	1	2.000,00	2.000,00	0,59%
<b>UKUPNO MATERIJAL</b>					<b>322.156,80</b>	<b>95,56%</b>
<b>2. ELEKTROMONTAŽNI RADOVI</b>					<b>10.960,00</b>	<b>3,25%</b>
<b>3. REKAPITULACIJA TROŠKOVA</b>						
<b>3.1. MATERIJAL</b>					<b>322.156,80</b>	<b>95,56%</b>
<b>3.2. ELEKTROMONTAŽNI RADOVI</b>					<b>10.960,00</b>	<b>3,25%</b>
<b>3.3. KONTROLA I PUŠTANJE U POGON</b>					<b>3.000,00</b>	<b>0,89%</b>
<b>3.4. TRANSPORTNI TROŠKOVI</b>					<b>1.000,00</b>	<b>0,30%</b>
<b>SVEUKUPNO (kn)</b>					<b>337.116,80</b>	<b>100,00%</b>

Iz stavki troškovnika iskazanih u tablici I. vidljivi su udjeli pojedinih stavki u ukupnim troškovima. Najveće tri stavke su fotonaponski moduli (70%), pretvarač – izmjenjivač (11,5 %) i konstrukcija (11 %) ukupnih troškova. Ove stavke zajedno čine približno 93% ukupnih troškova elektrane.

Važan je podatak i specifični trošak odnosno cijena 1 kW instalirane snage elektrane koja u slučaju Elektrane Vincetić iznosi 57.300 kn/kW odnosno 7.850 €/kW.



Slika 3 Mikrosunčana elektrana Vincetić – Pretvaračko izmjenjivačke jedinice

#### 4.3. Podaci o proizvodnji i isplativost

Isplativost ulaganja u izgradnju sunčane elektrane ovisi o mnogo parametara poput:

- veličine, položaja prema suncu, učinkovitosti, orijentacije,
- zračenja sunca,
- tarifnih stavki i cijene električne energije
- poticaja za proizvedenu električnu energiju,
- kamatnih stopa i poreznih olakšica.

Ključni čimbenici pri analizi isplativosti odnosno računanja razdoblja povrata su trend kretanja cijene električne energije, iznosa poticaja i poreznih olakšica. Podaci potrebni za sagledavanje isplativosti u slučaju mikroelektrane Vincetić iskazani su u tablici II. Uz prosječnu mjesečnu proizvodnju od 402 kWh, pretpostavku da se sva proizvedena električna energija preda u mreže i uz iznos poticaja od 3,4 kn/kWh razdoblje povrata iznosilo bi 20 godina.

Tablica II. Podaci o proizvodnji električne energije mikrosunčane elektrane „Vincetić“

Red. Br.	Početak i kraj razdoblja proizvodnje		23.07.2003. - 01.03.2005.	01.03.2005. - 19.04.2007	19.04.2007. - 06.03.2008	23.07.2003. - 06.03.2008.
1.	Razdoblje proizvodnje *	mjeseci	19	26	11	56
2.	Proizvedena električna energija	kWh	5.371	11.617	5.510	22.498
3.	Mjesečni prosjek proizvodnje	kWh/mj	279	454	521	402
4.	Prosječna godišnja proizvodnja	kWh/god	3.345	5.445	6.257	4.827
5.	Prosječna godišnja financijska vrijednost proizvedne električne energije**	kn/god	11.373,88	18.514,59	21.275,21	16.410,94
6.	Ukupna financijska vrijednost proizvodnje	kn	18.261,40	39.497,80	18.734,00	76.493,20
7.	Ukupni troškovi izgradnje	kn	<b>337.116,80</b>			
8.	Razdoblje povrata - Razdoblje pokriva troškova sa prihodom od proizvedene električne energije	godina	29,64	18,21	15,85	20,54

Napomena:

\* - Razdoblje proizvodnje izračunato pomoću funkcije **DAY360** u excel-u

\*\* - Tarifna stavka za sunčane elektrane instalirane snage do 10 kW je 3,40 kn/kW (NN br. 33/07)

## 5. ZAKLJUČAK

S uvođenjem promjena u tradicionalni koncept elektroenergetskog sustava veliki značaj poklanja se distribuiranoj proizvodnji, posebice proizvodnji iz obnovljivih izvora.

Za širu i učinkovitiju izgradnju distribuiranih izvora od posebne su važnosti aktivnosti na normizaciji. Iz pregleda stanja normizacije na području distribuirane proizvodnje, koje je iskazano u prvom dijelu rada, vidljiva je intezivna aktivnost na donošenju normi, posebice na područjima distribuiranih tehnologija iskorištenja energije vjetra i sunca. Posebice je bilo važno donošenje Europske norme EN 50438 Requirements for the connection of micro-generators in parallel with public low-voltage distribution networks., kojom su propisani zahtjevi za priključenje mikroelektrana na niskonaponsku mrežu. S donošenjem ove norme biti će jednostavnije definirati zahtjeve za priključenje.

U nastavku rada obrazloženi su razlog izrade i glavne odrednice dokumenta „Prijedlog tehničkih uvjeta i dokumentacije za priključak mikrosunčanih elektrana snage do 10 kW, u paralelan rad na niskonaponsku mrežu“, kojeg je izradila Radna skupina za izradu tehničkih uvjeta u HEP-Distribucija d.o.o. u 2005. godini. Nakon što su doneseni važni zakonski i podzakonski akti poput Mrežnih pravila, Općih uvjeta za opskrbu električnom energijom i paketa zakona u svezi obnovljivih izvora, bilo bi nužno doraditi i formalizirati predmetni dokument.

U drugom dijelu rada obrazloženi su tehnički i ekonomski parametri te kronologija izgradnje, mikrosunčane elektrane Vincetić u Čakovcu. Na primjeru izgradnje i priključenja ove elektrane, vidljiva je važnost i nužnost pravodobnog donošenja zakonskih propisa koji reguliraju područje distribuirane proizvodnje. Međutim, nedostatak propisa ne može zaustaviti niti spriječiti napredak i razvoj, ali može povećati financijske troškove investitora.

Tri ključne stavke u ukupnim troškovima izgradnje elektrane bile su:

- fotonaponski moduli s udjelom u troškovima od 70%,
- pretvarač – izmjenjivač s udjelom u troškovima od 11,5 % i
- konstrukcija s udjelom troškova od 11 %.

Ove stavke zajedno čine više od 93% ukupnih troškova elektrane koji iznose 337.000 kn odnosno 7.850 €/kW.

Da nije bilo kvarova na okretnoj konstrukciji, koja praktično zadnjih mjeseci nije bila u funkciji, isplativost odnosno razdoblje povrata investicije bila bi daleko bolja. Boljim tehničkim rješenjem i smanjenjem kvarova, na području Čakovca s prosječnim ozračenjem sunčevog zračenja od 1,0 do 1,1 kWh/m<sup>2</sup>, razdoblje povrata ove investicije bila bi u granicama od 12 do 13 godina.

Smanjivanje cijene fotonaponskih modula, iznos poticaja i uvođenje poreznih olakšica najznačajnije će utjecati na povećanje investicijskih ulaganja u izgradnju mikrosunčanih elektrana.

## LITERATURA

- [1] Distributed Generation in Liberalised Electricity Markets, IEA 2002. International Energy Agency, Paris, 2002. <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/distributed2002.pdf> (preuzeto 02/2008)
- [2] Proposal for a Directive of the European Parliament of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources, Commission of the European Communities, [http://ec.europa.eu/energy/climate\\_actions/doc/2008\\_res\\_directive\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/climate_actions/doc/2008_res_directive_en.pdf) (preuzeto 02/2008)
- [3] Alireza Sorouda, Ali Abbaspour Tehrani Farda: Life cycle model for optimal DG placement od distribution networks to reduce Active losses and investment cost, CIREN 2007, referat br. 0322.
- [4] Maurits van Laarhoven: Standards, Power Quality & Utilisation Guide, Section 8: Distributed Generation, [www.leonardo-energy.org](http://www.leonardo-energy.org), January 2007
- [5] <http://www.iso.org>
- [6] <http://www.iec.ch>
- [7] V.V.Thong, J.Driesen, R. Belmans: DG Interconnections standards and technical requirements : Comparisons and gaps, CIREN 2007, referat br. 0310.
- [8] Prijedlog tehničkih uvjeta i dokumentacije za priključak mikrosunčanih elektrana snage do 10 kW, u paralelan rad na niskonaponsku mrežu, Radna skupina za izradu tehničkih uvjeta, HEP-Distribucija d.o.o., 2005
- [9] Arhiva DP Elektra Čakovec
- [10] B.Tomašić: „Korištenje sunčeve energije na primjeru jedne mikrosunčane elektrane“, Visoka elektrotehnička škola s pravom javnosti Varaždin, Diplomski rad 19/2005.

**Prilog 1. Pregled normi – Vjetroelektrane - Fotonaponski sustavi - aspekt priključenja distribuiranih izvora na EES (1/2)**

Red. Br.	Tehnologija	Normizacijska organizacija / Nositelj normizacije		Oznaka Norme	Naziv i predmet Norme
<b>A</b>	<b>Distribuirani izvori - Tehnologije</b>				
1.1	Vjetroelektrane	ISO	TC 60 Gears	<b>ISO 81400-4:2005</b>	<b>Wind turbines -- Part 4: Design and specification of gearboxes</b> Specifikacija transmisijskog dijela vjetroturbina za snage od 40 kW do 2 MW
1.2		IEC		<b>IEC 60050-415</b>	<b>International Electrotechnical vocabulary: Wind turbine generator systems</b>
1.3		IEC	TC 88	<b>IEC 61400</b>	<b>Wind turbines</b> IEC 61400 serija normi. Pokriva koncept, osiguranje kvalitete, tehnički integritet te specificira zahtjeve na sigurnost vjetroturbina, uključujući dizajn, instalaciju, održavanje i pogon unutar specificiranih uvjeta okoline.
1.4		IEC	TC 88	IEC 61400-1	Design requirements
1.5		IEC	TC 88	IEC 61400-2	Design requirements for small wind turbines
1.6		IEC	TC 88	IEC 61400-11	Acoustic noise measurement techniques
1.7		IEC	TC 88	IEC 61400-12-1	Wind turbine power performance testing
1.8		IEC	TC 88	IEC/TS 61400-13	Measurement of mechanical loads
1.9		IEC	TC 88	IEC/TS 61400-14	Declaration of apparent sound power level and tonality values
1.10		IEC	TC 88	IEC/TS 61400-23	Full-scale structural testing of rotor blades
1.11		IEC	TC 88	IEC/TR 61400-24	Lightning protection
1.12		IEC	TC 88	IEC 61400-25-1	Communications for monitoring and control of wind power plants – Overall description of principles and models.
1.13		IEC	TC 88	IEC 61400-25-2	Communications for monitoring and control of wind power plants – Information models.
1.14		IEC	TC 88	IEC 61400-25-3	Communications for monitoring and control of wind power plants – Overall description of principles and models.
1.15		IEC	TC 88	IEC 61400-25-5	Communications for monitoring and control of wind power plants – Information models.
2.1	Fotonaponski sustavi	ISO	TC 60 Gears	<b>ISO 81400-4:2005</b>	
2.2		IEC	TC 82	<b>IEC 60891</b>	<b>Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics of crystalline silicon photovoltaic devices</b>
2.3		IEC	TC 82	<b>IEC 60904</b>	<b>Photovoltaic devices</b>
2.4		IEC	TC 82	IEC 60904-1	Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics
2.5		IEC	TC 82	IEC 60904-2	Requirements for reference solar cells
2.6		IEC	TC 82	IEC 60904-3	Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data
2.7		IEC	TC 82	IEC 60904-5	Determination of the equivalent cell temperature (ECT) of photovoltaic (PV) devices by the open-circuit voltage method
2.8		IEC	TC 82	IEC 60904-6	Requirements for reference solar modules
2.9		IEC	TC 82	IEC 60904-7	Computation of spectral mismatch error introduced in the testing of a photovoltaic device
2.10		IEC	TC 82	IEC 60904-8	Measurement of spectral response of a photovoltaic (PV) device
2.11		IEC	TC 82	IEC 60904-9	Solar simulator performance requirements
2.12		IEC	TC 82	IEC 60904-10	Methods of linearity measurement
2.13		IEC	TC 82	<b>IEC 61173</b>	<b>Overvoltage protection for photovoltaic (PV) power generating systems - Guide</b>
2.14		IEC	TC 82	<b>IEC 61194</b>	<b>Characteristic parameters of stand-alone photovoltaic (PV) systems</b>
2.15		IEC	TC 82	<b>IEC 61215</b>	<b>Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval</b>
2.16		IEC	TC 82	<b>IEC 61277</b>	<b>Terrestrial photovoltaic (PV) power generating systems - General and guide</b>
2.17		IEC	TC 82	<b>IEC 61345</b>	<b>UV test for photovoltaic (PV) modules</b>
2.18		IEC	TC 82	<b>IEC 61646</b>	<b>Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval</b>
2.19		IEC	TC 82	<b>IEC 61683</b>	<b>Photovoltaic systems - Power conditioners - Procedure for measuring efficiency</b>
2.20		IEC	TC 82	<b>IEC 61701</b>	<b>Salt mist corrosion testing of photovoltaic (PV) modules</b>
2.21	IEC	TC 82	<b>IEC 61702</b>	<b>Rating of direct coupled photovoltaic (PV) pumping systems</b>	
2.22	IEC	TC 82	<b>IEC 61703</b>	<b>Susceptibility of a photovoltaic (PV) module to accidental impact damage (resistance to impact test)</b>	
2.23	IEC	TC 82	<b>IEC 61724</b>	<b>Photovoltaic system performance monitoring - Guidelines for measurement, data exchange and analysis</b>	
2.24	IEC	TC 82	<b>IEC 61725</b>	<b>Analytical expression for daily solar profiles</b>	

**Prilog 1. Pregled normi – Vjetroelektrane - Fotonaponski sustavi - aspekt priključenja distribuiranih izvora na EES (2/2)**

Red. Br.	Tehnologija	Normizacijska organizacija / Nositelj normizacije		Oznaka Norme	Naziv i predmet Norme
2.25	Fotonaponski sustavi	IEC	TC 82	IEC 61730	Photovoltaic Module Safety
2.26		IEC	TC 82	IEC 61829	Crystalline silicon photovoltaic (PV) array - On-site measurement of I-V characteristics
2.27		IEC	TC 82	IEC 61836	Solar photovoltaic energy systems - Terms and symbols
2.28		IEC	TC 82	IEC/PAS 62111	Specifications for the use of renewable energies in rural decentralized electrification
2.29		IEC	TC 64	IEC 60364-7-712	Electrical Installations of Buildings - Part 7-712: Requirements for Special Installations or Locations - Solar Photovoltaic (PV) Power Supply Systems - First Edition
2.30		IEEE	SCC21	IEEE 928	Recommended Criteria for Terrestrial Photovoltaic Power Systems
2.31		IEEE	SCC21	IEEE 929	Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems
2.32		IEEE	SCC21	IEEE 937	Recommended Practice for Installation and Maintenance of Lead-Acid Batteries for Photovoltaic (PV) Systems
2.33		IEEE	SCC21	IEEE 1013	Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Photovoltaic (PV) Systems
2.34		IEEE	SCC21	IEEE 1144	Recommended Practice for Sizing Nickel-Cadmium Batteries for Photovoltaic (PV) Systems
2.35		IEEE	SCC21	IEEE 1262	Recommended Practice for Qualification of Photovoltaic (PV) Modules
2.36		IEEE	SCC21	IEEE 1145	Recommended Practice for the Installation and Maintenance of Nickel-Cadmium Batteries for Photovoltaic (PV) Systems
2.37		IEEE	SCC21	IEEE 1374	Guide for Terrestrial Photovoltaic Power System Safety
2.38		IEEE	SCC21	IEEE 1513	Recommended Practice for Qualification of Concentrator Photovoltaic (PV) Receiver Sections and Modules
<b>B</b>		<b>Distribuirani izvori - Tehnologije - EES</b>			
1.1	Vjetroelektrane	IEC	TC 88	IEC 61400-21	Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines
1.2	Fotonaponski sustavi	IEC	TC 82	IEC 61727	Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface
1.3	Fotonaponski sustavi	IEEE	SCC21	IEEE 929	Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems
<b>C</b>	<b>Apekt priključenja Distribuiranih izvora na EES (Opće norme)</b>				
1.1		IEEE	SCC21	IEEE P1547	Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems
1.2		CENELEC	TC8X	EN 50438	Requirements for the connection of micro-cogenerators in parallel with public low-voltage distribution networks
<b>D</b>	<b>Apekt priključenja Distribuiranih izvora na EES (Norme EMC)</b>				
1.1	EMC	IEC	TC 77	EN 61000-3-2	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)
1.2		IEC	TC 77	EN 61000-3-3	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-3: Limits - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for residential, commercial and light-industrial environments
1.3		IEC	TC 77	EN 61000-6-1	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-1: Generic standards - Immunity for standard for residential, commercial and light-industrial environments
1.4		IEC	TC 77	EN 61000-6-2	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments
1.5		IEC	TC 77	EN 61000-6-3	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-3: Generic standards - Emission

**Prilog 2. Shematski prikaz priključenja mikrosunčane elektrane „Vincetić“ u Čakovcu**

