

# European Technology Platform Smartgrids i njegova primjena u Republici Hrvatskoj i Županiji Istarskoj

---

**Boljunčić, David**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Polytechnic Pula - College of Applied Sciences / Politehnika Pula - Visoka tehničko-poslovna škola s pravom javnosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:212:728048>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-23**



image not found or type unknown

*Repository / Repozitorij:*

[Digital repository of Istrian University of applied sciences](#)



image not found or type unknown



**POLITEHNIKA PULA**  
VISOKA TEHNIČKO-POSLOVNA ŠKOLA s.p.j.

Završni rad

**EUROPEAN TECHNOLOGY PLATFORM  
SMARTGRIDS I NJEGOVA PRIMJENA U REPUBLICI  
HRVATSKOJ I ŽUPANIJI ISTARSKOJ**

David Boljunčić

Pula, rujan 2015.



**STUDENT:** David Boljunčić

**MENTOR:** Prof. dr. sc. Luciano Delbianco

**PREDMET:** Elektrotehnika

**TEMA DIPLOMSKOG RADA:** *European Technology Platform SmartGrids i njegova primjena u RH i Županiji istarskoj*

Pristupanjem u članstvo Europske unije, Republika Hrvatska se obvezala prihvatiti ciljeve Unije u području energetike i zaštite okoliša proklamirane u dokumentu *EU Energy and Climate Package*: *20%-tno smanjenje emisije stakleničkih plinova, 20%-tni udio proizvodnje energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj energetske bilanci i 20%-tno smanjenje potrošnje primarne energije kroz povećanje energetske učinkovitosti.*

Paralelno s tim energetske ciljevima Europski parlament prihvatio je 2009. Dokument *Third Energy Package* koji obvezuje države članice EU, regulatorna tijela, operatore prijenosnih i distribucijskih mreža da provedu strateške ciljeve prema dokumentu *European Technology Platform SmartGrids*.

SmartGrids – napredne elektroenergetske mreže – trebaju omogućiti učinkovito korištenje energije (proizvodnja, prijenos, distribucija i potrošnja), uz istovremeno smanjenje troškova i gubitaka energije te povećanje kvalitete i pouzdanosti opskrbe ([www.smartgrids.hr](http://www.smartgrids.hr)).



Uz potporu *ENTSO-E* i *EDSO-SG* (EU udruge operatora prijenosnih i distribucijskih sustava) pokrenuta je *European Electricity Grid Initiative* (EEGI) koja je u 2010. godini definirala plan razvoja elektroenergetskih mreža EU za razdoblje 2010-2018. i detaljni provedbeni plan za razdoblje 2010-2012. Navedenim planovima *Initiative* predlažu se istraživanja, razvoj i demonstracijski programi, kojima bi se ubrzali inovacije i razvoj elektroenergetskih mreža u Europi te omogućili povećanje udjela proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora električne energije.

*U diplomskom radu treba objasniti dokument European Technology Platform SmartGrids kao i njegovu implementaciju na elektroenergetski sustav RH i Županije istarske.*

Pula, 15.06.2014.

Mentor: Prof. dr. sc. Luciano Delbianco



Završni rad

**EUROPEAN TECHNOLOGY PLATFORM  
SMARTGRIDS I NJEGOVA PRIMJENA U REPUBLICI  
HRVATSKOJ I ŽUPANIJI ISTARSKOJ**

**Student:** Boljunčić David

**MB:** 0432

**Kolegij:** Elektrotehnika

**Mentor:** mr.sc Radovan Jokić, viši predavač

Pula, rujan 2015.

## **SAŽETAK**

U ovom radu su pojašnjene napredne energetske mreže i tehnologije koje omogućavaju kvalitetniju integraciju obnovljivih izvora energije u elektroenergetsku mrežu. Europska unija je odlučila da se treba okrenuti sve više prema obnovljivim izvorima energije i primjenjivati tehnologije koje smanjuju štetne emisije. Problem kod integracije obnovljivih izvora u mrežu je taj što oni nemaju konstantnu proizvodnju i zato je potrebno balansiranje energije u sustavu. Ukoliko se pojavi višak energije tu energiju treba uskladištiti kako bi se mogla vratiti u mrežu kad se potrošnja poveća. U ovom radu je opisana integracija vjetroelektana i fotonaponskih sustava te problemi koji se javljaju prilikom integracije u elektroenergetsku mrežu, te su navedene vjetroelektrane koje su planirane za priključak na prijenosnu mrežu i solarne elektrane koje su u funkciji.

## **ABSTRACT**

This paper explains the advanced energy networks and technologies that allow better integration of renewable energy sources to the electricity network. The European Union has decided that we should turn more towards renewable energy sources and implement technologies that reduce harmful emissions. The problem with the integration of renewable resources in the network is that they do not continuously produce it requires balancing the energy in the system. If there is a surplus of energy that energy should be stored in order to return to the network when consumption increases. This paper describes the integration of wind power plants and photovoltaic systems and the problems that arise during the integration of the grid, and are referred to wind farms that are planned for connection to the transmission grid and solar power plants in operation.

## SADRŽAJ

TEMA DIPLOMSKOG RADA

SAŽETAK

1. UVOD.....	1
1.1 Opis problema.....	1
1.2 Cilj i svrha.....	2
1.3 Hipoteza .....	2
1.4 Metode rada.....	2
1.5 Struktura završnog rada.....	2
2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE.....	3
2.1 Energija vjetra.....	3
2.2 Energija vode.....	4
2.3 Energija sunca.....	6
2.4 Geotermalna energija.....	8
3. SMART GRIDS – NAPREDNE ENERGETSKE MREŽE I DISTRIBUIRANI IZVORI....	10
3.1 Utjecaj distribuiranih izvora na gubitke u mreži.....	12
3.2 Utjecaj distribuiranih izvora na naponske prilike.....	13
3.3 Utjecaj distribuiranih izvora na kvalitetu električne energije.....	15
4. IDEJNA RJEŠENJA SMARTGRIDA.....	15
4.1 Pametna brojila.....	16
4.2 Programi upravljanja potrošnjom.....	18
4.3 Skladištenje energije.....	19
4.4 Virtualne elektrane.....	22
4.5 Mikromreže.....	26
5. ELEKTROENERGETSKI SUSTAV.....	28
5.1 Proizvodnja električne energije.....	29
5.2 Prijenos električne energije.....	30
5.3 Distribucija električne energije.....	34
5.4 Potrošnja električne energije.....	35
6. INTEGRACIJA DISTRIBUIRANIH IZVORA U MREŽU.....	35
6.1 Integracija vjetroelektrana u elektroenergetski sustav.....	36
6.2 Integracija fotonaponskih sustava u elektroenergetski sustav.....	41
7. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U HRVATSKOJ I ISTARSKOJ ŽUPANIJI.....	45
7.1 Vjetroelektrane u Hrvatskoj i Istarskoj županiji.....	45
7.2 Fotonaponske elektrane u Hrvatskoj i Istarskoj županiji.....	49
8. ZAKLJUČAK.....	52
9. POPIS SLIKA, TABLICA I DIJAGRAMA, TUMAČENJE SKRAĆENICA.....	53
10. POPIS LITERATURE.....	56

## 1. UVOD

Republika Hrvatska se kao članica Europske unije obvezala prihvatiti ciljeve Unije u području energetike i zaštite okoliša.

- 20%-tno smanjenje emisije stakleničkih plinova
- 20%-tni udio proizvodnje energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj energetske bilanci
- 20%-tno smanjenje potrošnje primarne energije kroz povećanje energetske učinkovitosti

European Technology Platform SmartGrids iz 2005. predviđa razvoj naprednih, „pametnih“ elektroenergetskih mreža (*Smart grid*). Novi tip mreže primjenjiv je na svim razinama od mikro- do velikih sustava, a temelji se na upotrebi naprednih informacijskih i telekomunikacijskih tehnologija koje omogućuju integraciju i povezivanje proizvođača i potrošača svih veličina te različitih tehnologija i izvora električne energije.

Osnovna je ideja Smart Gridsa povećanje učinkovitosti i pouzdanosti proizvodnje, prijenosa, distribucije i potrošnje električne energije uz inteligentno praćenje i nadzor olakšalo bi se povezivanje i rad proizvođača svih veličina i različitih tehnologija, potrošačima pružile bolje informacije i izbor opskrbe, a znatno bi se smanjio i štetni utjecaj na okoliš cijelog sustava opskrbe električnom energijom.

Od dosadašnjeg elektroenergetskog sustava s pretežito centraliziranom proizvodnjom električne energije koji se oslanja na jednog ključnog proizvođača elektroenergetski sustavi trebaju se razviti u integrirane sigurne mreže koje kombiniraju centraliziranu i decentraliziranu proizvodnju, i to iz obnovljivih izvora energije. Europska unija ujedno procjenjuje da će se iskorištavanjem jednostavnih funkcionalnosti pametnih brojlara ostvariti uštede energije od 7% u kućanstvima, a 10% u uredima.

### 1.1 Opis problema

Temeljni problem koji se u radu obrađuje je integracija obnovljivih izvora energije u elektroenergetski sustav.



## **1.2 Cilj i svrha**

Cilj rada je pojasniti napredne energetske mreže koje predstavljaju skup tehnologija koje omogućavaju bolju integraciju obnovljivih izvora energije u elektroenergetsku mrežu s ciljem da mreža funkcionira na bolji način nego sada.

## **1.3 Hipoteza**

U radu je prikazana integracija obnovljivih izvora u naprednu mrežu koja može inteligentno integrirati aktivnosti svih korisnika koji su na nju spojeni – proizvođače, potrošače i one koji su i jedno i drugo – kako bi se učinkovito isporučilo obnovljivu, isplativu i sigurnu električnu energiju.

## **1.4 Metode rada**

- Metoda analize i sinteze
- Opisna metoda
- Matematička metoda
- Grafička metoda

## **1.5 Struktura rada**

Završni rad je sastavljen od 7 glavnih cjelina unutar kojih je opisan problem, definirani su i opisani obnovljivi izvori energije te njihova integracija u elektroenergetski sustav Hrvatske. Opisan je utjecaj distribuiranih izvora na prilike u energetske mreži, opisani su elementi pametne mreže: pametna brojila, skladišta energije, virtualne elektrane i mikromreže, te je dan pregled elektroenergetskog sustava republike Hrvatske. U zadnjem djelu je opisana integracija vjetroelektrana i fotonaponskih sustava, te je dan pregled vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana u Hrvatskoj i Istarskoj županiji.

## **2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE**

Naziv obnovljivi potječe od činjenice da se energija troši u iznosu koji ne premašuje brzinu kojom se stvara u prirodi. Ponekad se u skupinu obnovljivih izvora energija smještaju i izvori čije su zalihe u prirodi tolike da ih je moguće koristiti milijunima godina. S druge strane, neobnovljivim izvorima smatraju se oni izvori čije se trajanje zaliha procjenjuje na desetine ili stotine godina, dok samo njihovo stvaranje traje milijunima godina.

Stanje obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj zadovoljava samo na području hidroenergije i djelomično kod biomase. Ostala područja su u znatnom zaostatku iza razvijenih država.

Razvoj ostalih područja, započet sedamdesetih godina prošlog stoljeća, usporen je u devedesetima zbog ratnih zbivanja i izostanka bilo kakvih poticaja, osim ograničene potpore Hrvatske elektroprivrede. U ukupnoj potrošnji energije obnovljivi izvori energije u Hrvatskoj sudjeluju s oko 11 %, što i nije toliko loše ali je ograničeno na hidroenergiju i ogrijevno drvo. Obnovljivi izvori energije ne zagađuju okoliš u tolikoj mjeri kao neobnovljivi, ali nisu ni oni svi potpuno čisti. To se posebno odnosi na energiju dobivenu iz biomase koja poput fosilnih goriva prilikom sagorijevanja ispušta  $CO_2$ .

### **2.1 Energija vjetra**

Još prije izuma parnog stroja sva svjetska trgovina odvijala se morskim putovima, na jedrenjacima koji su koristili vjetar kao pogonsku snagu. Na prelasku iz 19. u 20. stoljeće samo na sjeveru Njemačke postojalo je 30.000 vjetrenjača koje su nestale tek onda kad je električna energija postala svima dostupna i jeftina. Prva nastojanja da se ova tehnologija, koja neznatno šteti okolišu i ne crpi snagu iz konačnih izvora, ponovo oživi, došla su u 50-im godinama 20. stoljeća. Ponovno oživljavanje zanimanja za ovaj obnovljivi izvor energije pridonijela je naftna kriza sedamdesetih godina prošlog stoljeća i pojačana svijest o zaštiti okoliša.

Dok se u nekim regijama svijeta energija vjetra iskorištava i u mehaničkom obliku za pogon pumpi, u europskim zemljama vjetroelektrane danas služe isključivo za proizvodnju električne energije u sklopu nacionalnih elektroenergetskih sustava.

Tornjevi najviših vjetroturbinskih agregata visoki su do 75 metara, a ubrojimo li duljinu lopatica, ukupna visina je i viša od 100 metara. Pri tom vrijedi pravilo da što je toranj viši, to nastaju manja zračna kolebanja koja su uzrokovana konfiguracijom terena i to su veće srednje brzine vjetra. Tornjeve vjetroelektrane najčešće čine cjevasti čelični stupovi čija konstrukcija najmanje

narušava ukupni izgled okoliša kao što je prikazano na slici 2.1. U praksi se najbolje pokazalo da je podnožje tornja u boji okoliša, dok se u visinu boji sivo ili svijetloplavo.

Korištenje energije vjetra može opteretiti okoliš time što stvara buku, smeta životinjama, posebice pticama i narušava izgled okolice. Utjecaj vjetroelektrana na opći izgled okoliša različito se vrednuje. Jedni u njima vide estetsko upropaštavanje okoliša dok drugi vide pozitivan nadomjestak našeg kulturološkog okoliša, koji je čovjek oblikovao već i preko drugih raznolikih oblika kao što su stupovi električnih vodova.

Električna energija proizvedena u vjetroelektranama dobro se uklapa u režime opterećenja elektroenergetskih sustava, jer se maksimalna snaga vjetra uglavnom poklapa s vršnim opterećenjima sustava primjerice zimi i po danu kad je potrošnja električne energije najveća.



Slika 2.1 Vjetroelektrana; Izvor: [www.metro-portal.hr](http://www.metro-portal.hr)

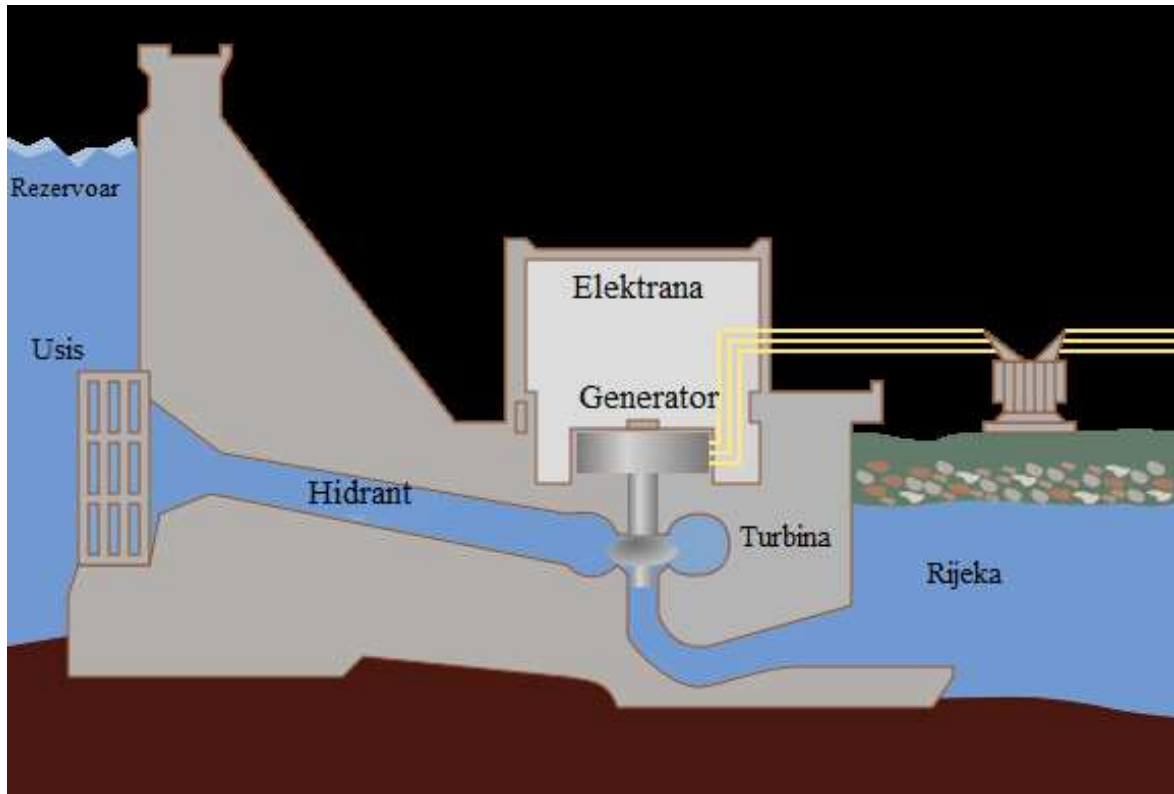
## **2.2 Energija vode**

Snaga vode eksploatirala se još u predindustrijsko doba za pogon pilana, mlinova i kovačnica. Kinetička i potencijalna energija vodenog toka pretvara se preko turbine u mehaničku rotacijsku energiju koja se koristi za pogon strojeva ili generator. Snaga vode se danas iskorištava isključivo za proizvodnju električne energije. U svjetskoj su proizvodnji električne energije

hidroelektrane najveći proizvođač među obnovljivim izvorima energije. S oko 20 % svjetske proizvodnje električne energije hidroelektrane su na trećem mjestu iza termoelektrana na ugljen i plin, pretekavši u novije vrijeme čak i nuklearne elektrane. Tehnologije iskorištavanja vodnih snaga dobro su razvijene i pouzdane, tako da hidroelektrane, uz odgovarajuće održavanje mogu raditi i stotinjak godina.

Osim svoje osnovne uloge u elektroenergetskom sustavu, hidroelektrane su i sastavni dio vodoprivrednog gospodarstva. Akumulacije hidroelektrane omogućuju vremensku i prostornu preraspodjelu vode, tako da se dobiju odgovarajuće količine vode na pravom mjestu u pravo vrijeme. Višenamjenske akumulacije ključni su element vodoprivrednog sustava, jer stvaraju uvjete da se prirodni protoci i režimi rijeka prilagode zahtjevima razvoja sredine. Višenamjenski karakter akumulacije hidroelektrana postavlja složene zahtjeve na gospodarenje vodom, koji su katkad i suprotstavljeni. Tako naprimjer poljoprivreda često zahtijeva pražnjenje akumulacije tijekom sušnog ljetnog perioda, dok za elektroenergetski sustav najviše vode treba zimi, kad su vršna električna opterećenja.

U strukturi elektroenergetskog sustava Hrvatske, više od polovice izvora čine hidroelektrane čiji je princip rada prikazan na slici 2.2. Zbog toga Hrvatska spada među vodeće zemlje u proizvodnji energije iz obnovljivih izvora. Razvoj energetskog korištenja vodnih snaga u Hrvatskoj započinje još 1895. godine s prvom hidroelektranom izgrađenom na Skradinskom buku na rijeci Krki - današnjom HE Jaruga. Godine 1904. izgrađena je nova HE Jaruga instalirane snage 5,4 MW. Potom slijede HE Miljacka izgrađena 1906. godine (Manojlovac) na rijeci Krki, HE Ozalj (1908. godine) na rijeci Kupi, HE Kraljevac (1912. godine) na rijeci Cetini itd. Prve hidroelektrane koje su povećale snagu elektroenergetskog sustava, izgrađene iza Drugog svjetskog rata, bile su HE Vinodol, HE Zavrelje kod Dubrovnika i HE Ozalj 2. Danas je u pogonu 21 hidroelektrana u Hrvatskoj. Postoje dvije vrste: akumulacijske (ima i reverzibilnih) i protočne. Sve hidroelektrane HEP-a dobile su Zeleni certifikat za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. Temeljno obilježje hidroelektrana hrvatskog elektroenergetskog sustava je dugogodišnji rad i starost postrojenja. Primjerice, najmlađe hidroelektrane HE Dubrava i HE Đale puštene su u rad 1989. godine. Stoga je potrebna njihova revitalizacija, koja se provodi sukladno financijskim mogućnostima Hrvatske elektroprivrede.



Slika 2.2 Hidroelektrana; Izvor: [www.hr.wikipedia.org](http://www.hr.wikipedia.org)

### 2.3 Energija sunca

Sunce je nama najbliža zvijezda te, neposredno ili posredno, izvor gotovo sve raspoložive energije na Zemlji. Sunčeva energija potječe od nuklearnih reakcija u njegovom središtu, gdje temperatura doseže 15 milijuna °C. Radi se o fuziji, kod koje spajanjem vodikovih atoma nastaje helij, uz oslobađanje velike količine energije. Svake sekunde na ovaj način u helij prelazi oko 600 milijuna tona vodika, pri čemu se masa od nekih 4 milijuna tona vodika pretvori u energiju. Ova se energija u vidu svjetlosti i topline širi u svemir pa tako jedan njezin mali dio dolazi i do Zemlje. Nuklearna fuzija odvija se na Suncu već oko 5 milijardi godina, kolika je njegova procijenjena starost, a prema raspoloživim zalihama vodika može se izračunati da će se nastaviti još otprilike 5 milijardi godina. Pod optimalnim uvjetima, na površini Zemlje može se dobiti 1 kW/m<sup>2</sup>, a stvarna vrijednost ovisi o lokaciji, godišnjem dobu, dobu dana, vremenskim uvjetima itd. U Hrvatskoj je prosječna vrijednost dnevne insolacije na horizontalnu plohu 3-4,5 kWh/m<sup>2</sup>. Iako Europa nije na vrlo pogodnom području za eksploataciju, unatoč tome u Europi je direktno iskorištavanje sunčeve energije u velikom porastu. Većinom je to rezultat politike pojedinih

država koje subvencioniraju instaliranje elemenata za pretvorbu sunčeve energije u iskoristivi oblik energije. Osnovni problemi iskorištavanja su mala gustoća energetskega toka, velike oscilacije intenziteta zračenja i veliki investicijski troškovi. Osnovni principi direktnog iskorištavanja energije Sunca su:

- solarni kolektori

Solarni kolektori pretvaraju sunčevu energiju u toplinsku energiju vode ili neke druge tekućine. Tijekom dana, ako je lijepo vrijeme, voda može biti grijana samo kolektorima a ako ne onda kolektori pomažu u grijanju vode i time smanjuju potrošnju struje. Postoje i kolektori koji direktno griju zrak. Kroz njih cirkulira zrak koji se zagrijava i vraća u prostoriju te na taj način održava temperature u prostoriji. Kombinacijom grijanja zraka i grijanja vode može se postići vrlo velika ušteda.

- fotonaponske ćelije

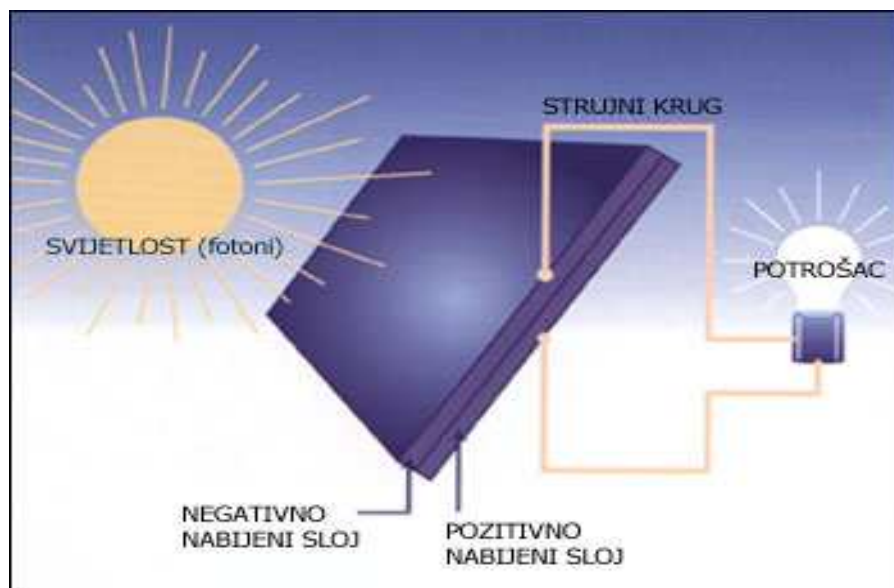
Fotonaponske ćelije su poluvodički elementi koji direktno pretvaraju energiju sunčeva zračenja u električnu energiju što je prikazano na slici 2.3. Efikasnost im je od 10 % za jeftinije izvedbe s amorfnim silicijem, do 25% za skuplje izvedbe.

Poluvodička ćelija se sastoji od dvaju osnovnih slojeva: N-tip poluvodiča i P-tip poluvodiča, a između njih je neutralna zona. Slojevi su stvoreni na pločici silicija dodavanjem različitih primjesa (fosfor, bor). Pod djelovanjem fotona iz sunčeve svjetlosne energije u N-sloju fotonaponske ćelije oslobađaju se elektroni iz atoma. Ovi oslobođeni elektroni putuju kroz N-sloj do površine i tu se povećava količina elektrona te ona postaje negativno električki nabijena. U isto vrijeme pozitivno nabijene čestice - šupljine (atom bez elektrona postaje pozitivan) putuju prema P-sloju (kao manjinski nosioci slobodno prelaze barijeru-neutralnu zonu) gdje se povećava koncentracija pozitivnih čestica i površina P-sloja postaje pozitivno električki nabijena.

Drugim riječima, pod djelovanjem svjetla na krajevima fotonaponske ćelije dobili smo razliku potencijala ili električni napon. Priključni vodovi sa površina ćelije usmjeravaju struju elektrona prema potrošaču. Spajanjem potrošača na priključne vodove ćelije, poteći će odgovarajuća istosmjerna struja. Stalnim djelovanjem fotona količina slobodnih

elektrona se obnavlja tako da i struja elektrona kontinuirano teče. Potrošač mora, s obzirom na prirodu procesa, biti projektiran za rad na istosmjernu struju. Napon osnovne silicijeve fotonaponske ćelije je oko 0,5 V, a struja koju može dati proporcionalna je površini pločice. Ovaj napon je prenizak, a da bi se dobio napon prihvatljiv za daljnju uporabu ćelije se spajaju serijski. Tako nastaju fotonaponski moduli na koje se može spojiti potrošače određenih naponskih i strujnih karakteristika. Fotonaponski moduli konstruirani su tako da na svom izlazu daju napone oko 15 V što je dovoljno za punjenje 12-voltnih akumulatora. Danas se proizvode fotonaponski moduli i većih napona za potrebe velikih solarnih elektrana koje su izravno spojene na distributivnu mrežu naravno preko odgovarajućih pretvarača napona.

Fotonaponske ćelije mogu se koristiti kao samostalni izvori energije ili kao dodatni izvor energije. Kao samostalni izvori energije koriste se na cestovnim znakovima, kalkulatorima i udaljenim objektima koji zahtjevaju dugotrajni izvor energije.



Slika 2.3 Pretvorba sunčeve energije u električnu; Izvor: [www.domacin.ba](http://www.domacin.ba)

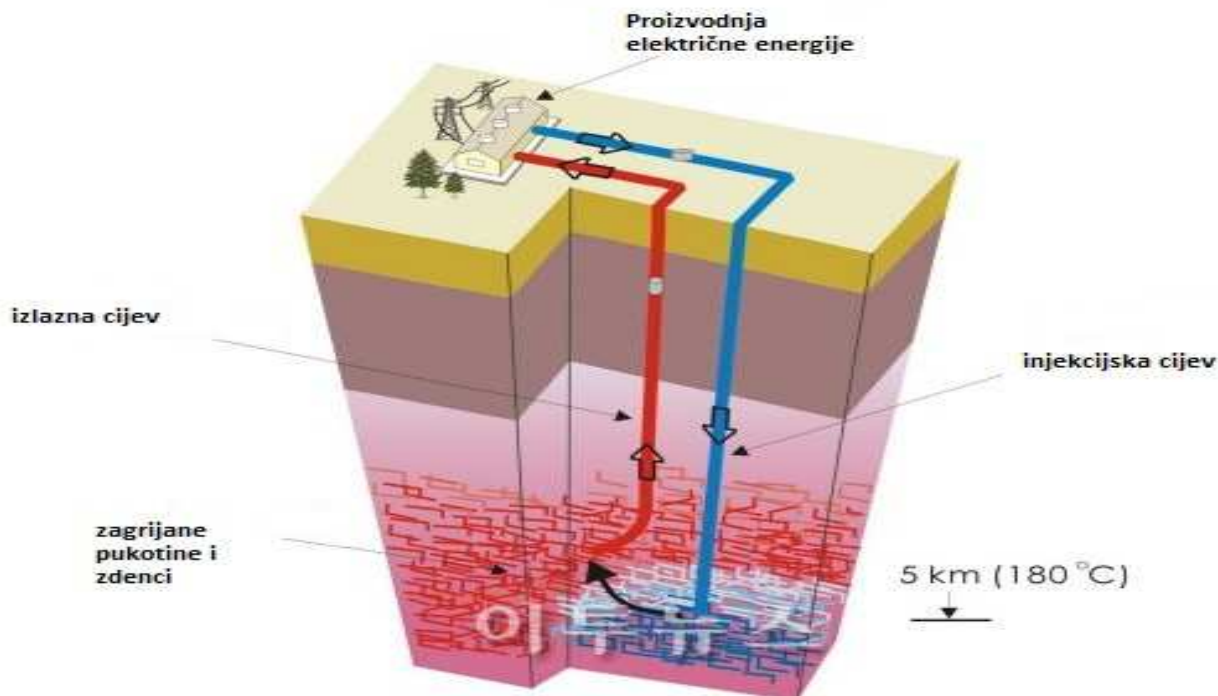
## 2.4 Geotermalna energija

Geotermija ili toplina Zemlje jest toplina koja prodire iz tekuće jezgre Zemljine unutrašnjosti na njezinu površinu. U tom se procesu zagrijavaju podzemna ležišta vode pa tako na nekim mjestima na površinu izbija vruća voda ili vodena para u obliku gejzira. Što se dublje prodire u

unutrašnjost Zemlje to se povećava razina temperature. Na području srednje Europe temperatura se povećava prosječno za 3 °C na svakih 100 metara dubine. Temperatura u Zemljinom plaštu iznosi oko 1300 °C dok u samoj jezgri doseže i do 5000 °C. Količina topline akumulirana u Zemlji je praktički neiscrpiva; iz utrobe Zemlje svakog dana na površinu izlazi i nestaje u svemiru višestruko veća količina toplinske energije od energijskih potreba cijeloga svijeta. Da bi se mogla iskoristiti toplinska energija iz podzemlja, potrebno je neko transportno sredstvo. Temeljni je princip, i za iskorištavanje topline, i za proizvodnju električne energije, jednostavan:

- transportno sredstvo, bilo u obliku vodene pare ili vruće vode, već stoji na raspolaganju; u tom se slučaju ono izvlači na površinu, hladi i vraća u unutrašnjost kao što je prikazano na slici 2.4.
- druga je mogućnost da se primjerice voda tek mora upumpavati u unutrašnjost Zemlje gdje će se zagrijavati i onda izvlačiti na površinu.

Geotermalna je energija neprestano na raspolaganju. Može se rabiti za pogon elektrana, opskrbu gradova toplinskim energijom, za sprječavanje zamrzavanja prometnica, u industriji i poljoprivredi.



Slika 2.4 Proizvodnja električne energije pomoću geotermalne energije; Izvor: [www.powerlab.fsb.hr](http://www.powerlab.fsb.hr)



Najveći nedostatak je to što nema mnogo lokacija koje su prikladne za iskorištavanje geotermalne energije i pogodnih za izgradnju geotermalnih elektrana. Ležišta geotermalnih voda se u Hrvatskoj obično nalaze na dubinama većim od 1.000 m – značajan financijski trošak kod eksploatacije. Najbolje lokacije su one koje imaju dovoljno vruće stijene na dubini pogodnoj za bušenje i koje su dovoljno mekane. Geotermalnu energiju je nemoguće transportirati i zbog toga se može koristiti samo za opskrbu toplinom obližnjih mjesta i za proizvodnju električne energije. Problem kod korištenja je ispuštanje materijala i plinova iz dubine zemlje koji mogu biti štetni kada izađu na površinu. Najopasniji je vodikov sulfid koji je vrlo korozivan i vrlo ga je teško pravilno odložiti. Statistike pokazuju da je povećana pojava potresa u regijama gdje se iskorištava geotermalna energija.

U Hrvatskoj se ukupni geotermalni energetska potencijal procjenjuje na 812 MW toplinskog učina i 45,8 MW električne snage, uz pretpostavku primjene u sustavima grijanja i s iskorištenjem do temperature 50 °C.

Geotermalna se voda na području Hrvatske koristila od davnina i na njoj se temelje brojne toplice (Varaždinske, Bizovačke). Dok je ranije voda na površinu dotjecala prirodno, danas se koriste plitke bušotine. S obzirom na značajniji potencijal, smatra se kako bi se geotermalna energija u Hrvatskoj iz većine ležišta ponajprije mogla koristiti za sustave grijanja ponajviše zgrada koja čine zdravstveno-turističke komplekse, gdje se geotermalni medij u te svrhe već koristi, a zatim i za zagrijavanje staklenika.

### **3. SMART GRIDS – NAPREDNE ENERGETSKE MREŽE I DISTRIBUIRANI IZVORI**

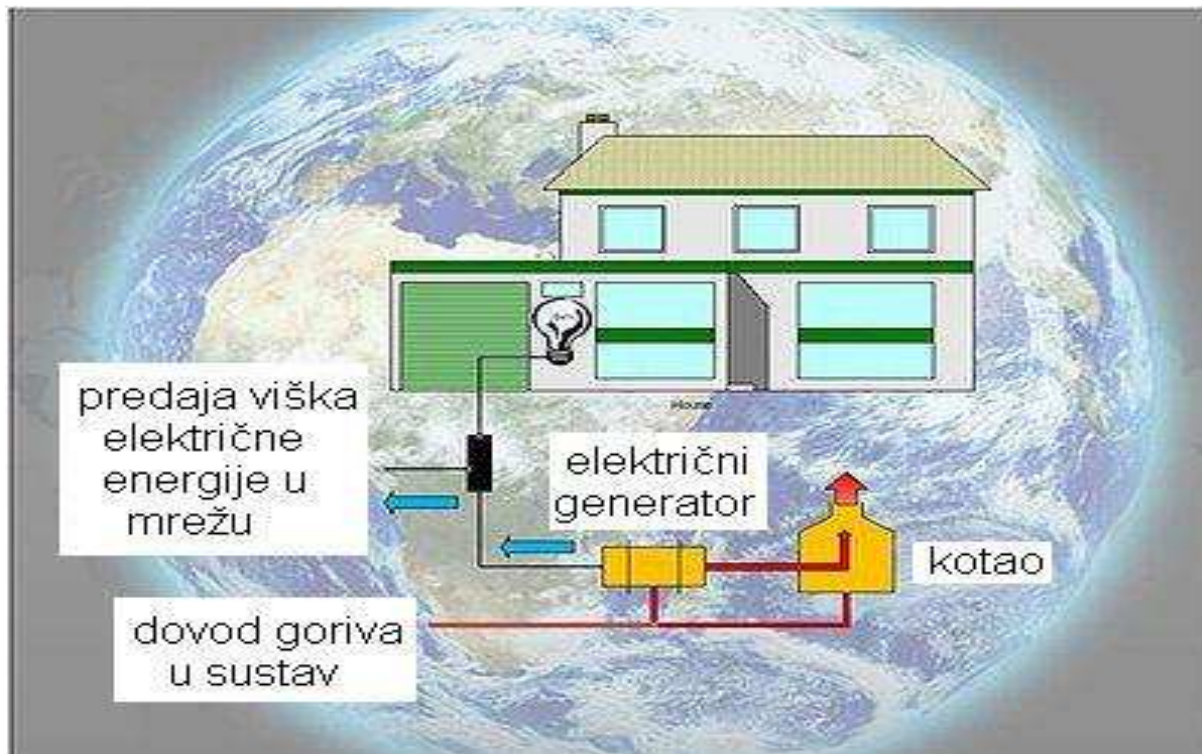
Napredne energetske mreže predstavljaju skup tehnologija koje omogućavaju bolju integraciju obnovljivih izvora u elektroenergetsku mrežu te uvode tehnološke inovacije da mreža funkcionira na bolji način nego sada. Do ideje o primjeni naprednih mreža se došlo u trenutku kada je ustanovljeno da je vijek elektroenergetskih mreža pri kraju te da treba ulagati u novu tehnologiju. Većina elektrifikacije se događala prije pedesetak godina, tako da uzevši u obzir životni vijek opreme od 30 – 40 godina nalazimo se u trenutku kad trebamo obnoviti mrežu.

Europska unija je odlučila da se ide prema “zelenoj energetici” i ulaganjima u obnovljive izvore i primjeni tehnologija koje smanjuju emisije. Koncept smartgrida razvijen je 2006. godine od strane European Technology Platform Smart Grids koja je počela s radom 2005. godine, i predviđa električnu mrežu koja može inteligentno integrirati aktivnosti svih korisnika spojenih na nju – proizvođače, potrošače i one koji su jedno i drugo kako bi se osigurala učinkovita, ekonomski isplativija i kvalitetna električna energija. Smartgrid koristi inovativne tehnologije zajedno s inteligentnim praćenjem, kontrolom i komunikacijom kako bi se ostvarilo

- Bolje povezivanje i rad generatora svih veličina i tehnologija;
- Dopuštanje potrošačima da sudjeluju u optimiziranju rada sustava;
- Pružanje više informacija ali i odabir nabavljača potrošačima;
- Veliko smanjenje utjecaja na okoliš cijelog sustava opskrbe;
- Veće stupnjeve pouzdanosti i opskrbe

Vizija SmartGrida je energiju proizvedeno lokalno prenijeti da se može koristiti globalno. Problem je u tome što je infrastruktura pametne mreže u povojima tako da ogromne rezerve obnovljivih energenata ne mogu biti iskorištene

Distribuirana proizvodnja električne energije je termin koji se u elektroenergetici koristi za proizvodnju električne energije na lokaciji potrošača kako je prikazano na slici 2.6. Distribuirani izvori (osim vjetroelektrana) najčešće su priključeni u blizini potrošača u distribucijskoj mreži, što u principu pomaže u smanjivanju gubitaka u distribucijskom sustavu. Decentralizirana proizvodnja električne energije povećava pouzdanost opskrbe i smanjenje gubitaka energije, smanjuje emisiju štetnih tvari i predstavlja moguću alternativu ili dopunu centraliziranim sustavima proizvodnje.



Slika 2.6 Distribuirani izvor: Izvor: [www.hr.wikipedia.org](http://www.hr.wikipedia.org)

### 3.1 Utjecaj distribuiranih izvora na gubitke u mreži

Rastuće svjetske potrebe za energijom te sve veća cijena energenata uzrokovale su veću brigu oko energetske efikasnosti energetske sustava. Stoga je utjecaj distribuiranih izvora na gubitke u mreži jedan od najbitnijih faktora prilikom njihovog planiranja. Cilj distribuiranih izvora je decentralizacija proizvodnje i djelomično napuštanje izgradnje velikih elektrana gdje se energija prenosi na velike udaljenosti što stvara gubitke u elektroenergetskom sustavu. Distribuirana proizvodnja bi trebala rasteretiti prijenosnu mrežu te na taj način povećati efikasnost sustava. S obzirom da se radi o malim proizvodnim jedinicama koje su priključene na srednjenaponsku (SN) ili niskonaponsku (NN) mrežu, prilikom planiranja bi trebalo osigurati da se proizvedena energija i potroši na istoj ili na nižim naponskim razinama. U suprotnom bi došlo do povećanja gubitaka u mreži te bi korist od takve proizvodnje imao samo vlasnik elektrane kojem je u cilju proizvesti što više energije po poticajnoj cijeni.

Iz podataka u tablici 3.1 vidljivo je da pri snazi elektrane od 30 kVA gubici u mreži postaju veći nego što su u slučaju kad elektrana nije priključena u mrežu. Stoga je prilikom dimenzioniranja elektrane potrebno odrediti vršnu snagu elektrane koja se smije priključiti na mrežu, a da pri tom

ne povećava gubitke u mreži. Na taj način se sprječava zlouporaba sustava poticaja za stjecanje financijske dobiti privatnih investitora te se distribuirana proizvodnja usmjerava ka povećanju efikasnosti elektroenergetskog sustava.

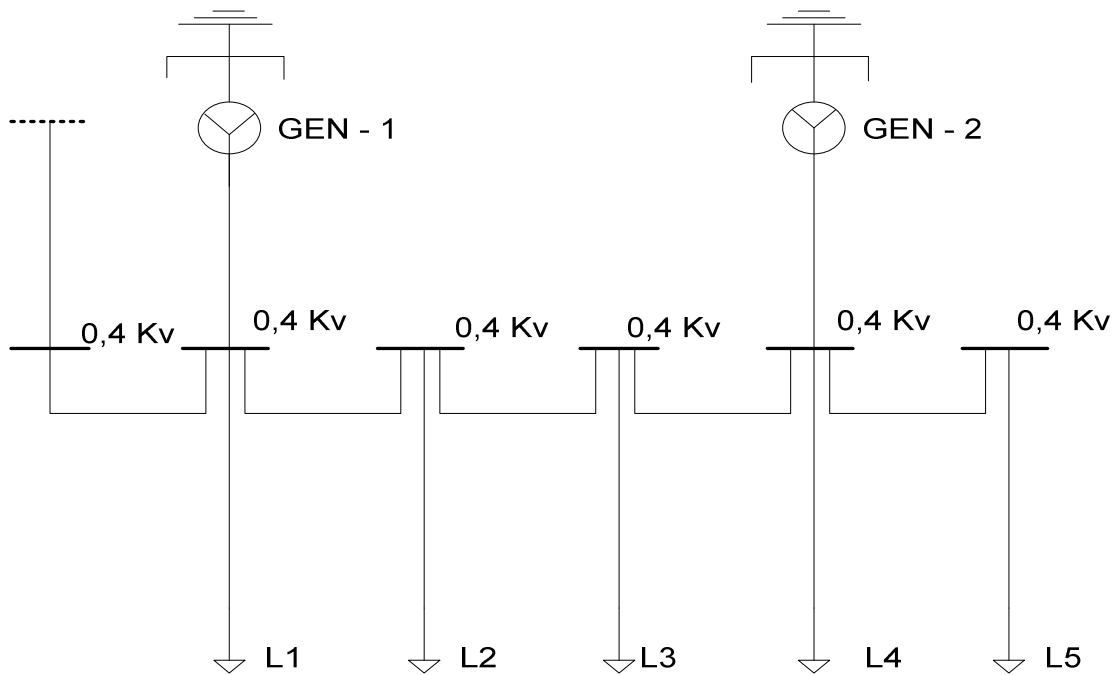
<b>Snaga solarne elektrane (kVA)</b>	<b>Gubici (kVA)</b>
0	1,069
5	0,811
10	0,666
15	0,63
20	0,699
25	0,87
30	1,14
35	1,504
40	1,961
45	2,508
50	3,141

Tablica 3.1 Gubici mreže ovisno o snazi solarne elektrane; Izvor: [www.fer.hr](http://www.fer.hr)

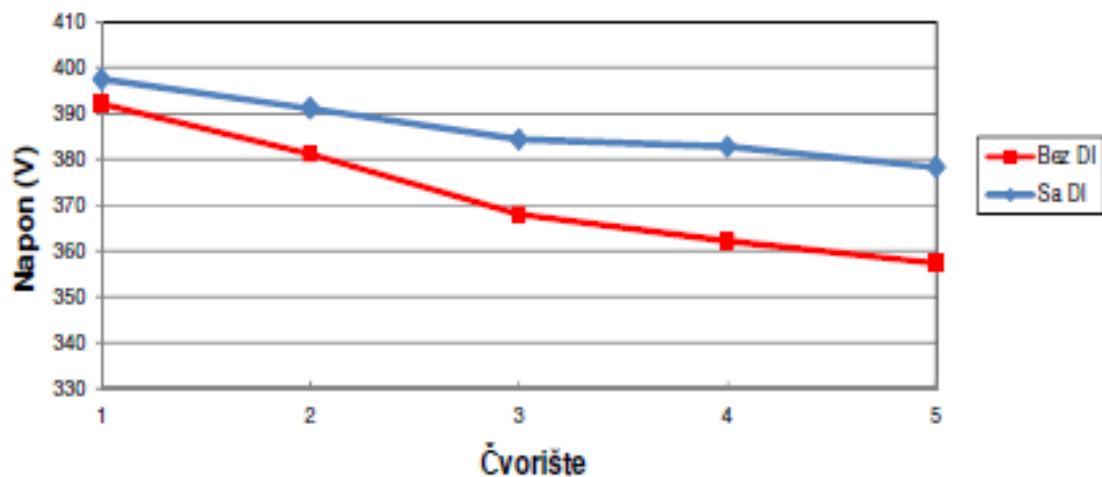
### **3.2 Utjecaj distribuiranih izvora na naponske prilike**

Osnovna zadaća ODS-a je održavati naponske prilike na mjestu predaje električne energije unutar propisanih granica. Do pojave distribuiranih izvora najčešći problem je bio prenizak napon dugih i preopterećenih radijalnih mreža. Distribuirani izvori, da bi mogli injektirati snagu u mrežu, moraju podići napon u točki priključenja na mreži. Ako je mreža preopterećena te je na njenom kraju napon prenizak, priključenjem elektrane će se napon podići te će se popraviti električne prilike u mreži. Na taj način distribuirani izvori imaju pozitivan utjecaj jer

pomažu održavanju naponskih prilika unutar dozvoljenih granica. To se može razmotriti na jednostavnom primjeru NN radijalne mreže s pet čvorišta na slici 3.2.1 na koju su priključene dvije male elektrane u čvorištima 1 i 4. Naponske prilike u mreži bez priključenih elektrana prikazane crvenom bojom na dijagramu 3.2.2, a nakon priključenja elektrana plavom bojom.



Slika 3.2.1 Primjer radijalne mreže s 5 čvorišta i priključenim elektranama u 1. i 4. čvorištu; Izvor: www.fer.hr



Dijagram 3.2.2 Naponske prilike u mreži sa slike 3.2.1 prije i poslije priključenja elektrana; Izvor: www.fer.hr

Vidljivo je da je bez priključenih elektrana napon na kraju mreže niži od dozvoljenih 360 V (400V-10 % ). Priključenjem elektrana napon u cijeloj mreži je porastao te se sada nalazi unutar dozvoljenih granica  $\pm 10\%$  od nazivnog. Ovo je primjer pozitivnog utjecaja distribuiranih izvora na naponske prilike u mreži.

### **3.3 Utjecaj distribuiranih izvora na kvalitetu električne energije**

Utjecaj distribuiranih izvora na gubitke i naponske prilike se može predvidjeti na temelju proračuna u koji se uvrštavaju realni podaci dobiveni mjerenjem. Međutim, utjecaj distribuiranih izvora na kvalitetu električne energije moguće je odrediti jedino mjernim uređajima. Stoga se provodi mjerenje na mjestu priključenja elektrane prije i nakon priključenja elektrane na mrežu. Prilikom mjerenja promatra se utjecaj elektrane na:

- Frekvenciju
- Harmonijsko izobličenje
- Flickere
- Naponsku nesimetriju
- Faktor snage

Svi mjereni parametri moraju biti u skladu s važećom normom EN 50160 koja definira kvalitetu električne energije.

## **4. IDEJNA RJEŠENJA SMARTGRIDA**

Kako raste broj elektrana koje su namijenjene isključivo proizvodnji električne energije za tržište, kao i onih koje nisu namijenjeni samo podmirenju potreba vlasnika, već višak proizvedene električne energije predaju u mrežu, mreža postaje poveznica elektroenergetskog gospodarstva. Izgradnja distribuiranih izvora u većem broju zasigurno utječe na gotovo sve dijelove sustava opskrbe električnom energijom. Osnovne karakteristike obilježava neizvjesnost pridruženja njihovoj izlaznoj snazi te ponekad čak i nedostatan poznavanje njihovog instaliranog kapaciteta. Stoga se gotovo uvijek javlja zahtjev za izgradnjom snažnih i prilagodljivih mreža u blizini distribuiranih izvora. Ponekad se zahtjevi postavljaju sve do visokonaponske razine

ukoliko je povećana potreba za trgovanjem snagom i pričuvom u sustavu. Zamjena električne energije isporučene iz velikih konvencionalnih proizvodnih objekata s energijom iz distribuiranih izvora utječe na pogon mreže, zahtjeve za pričuvom, regulacijom frekvencije. U distribucijskim mrežama, izgradnja distribuiranih izvora može povećati potrebu za mrežnom moći i stvoriti dodatne troškove pri planiranju. Ukoliko su uključeni u sustav središnjeg upravljanja, distribuirani izvori mogu imati pozitivan utjecaj na sustav u obliku povećanja pouzdanosti.

Stoga, da bi napredna mreža ispunjavala svoju zadaću mora sadržavati:

- pametna brojila
- programe za upravljanje potrošnjom
- skladišta energije

#### **4.1 Pametna brojila**

Pametno brojilo prikazano na slici 4.1 je elektronički uređaj koji mjeri potrošnju nekog energenta (danas najčešće električne energije), u svrhu naplate i praćenja potrošnje. Ima dvostruku komunikaciju s poslužiteljem. Prvi način komuniciranja je od poslužitelja ka brojilu u svrhu naplate odnosno onemogućavanja isporuke energenta. Drugi način je komunikacija brojila s poslužiteljem na kojeg odašilje potrošnju u vremenu. Podaci se pohranjuju na sustav SCADA, te se tako dobiva potpuna slika o navikama potrošnje krajnjeg korisnika. Sustav pametnog mjerenja omogućuje kontinuirano prikupljanje podataka mnogih parametara, npr. kvaliteta napona, trenutno opterećenje, frekvencija, korištenje jalove snage,  $\cos \varphi$ , kao i detekciju protoka energije u suprotnom smjeru te praćenje otvaranja poklopca električnog brojila (rano otkrivanje nedopuštene radnje). Ovakav sustav nadzora potrošnje i kontrole plaćanja ima mnogih prednosti i može se reći da je ovo temelj pametnih mreža. Pametno brojilo ima mogućnost kontrole i postavljanja određenih parametara bez slanja čovjeka na teren, kao i onemogućavanje isporuke električne energije. Sve to predstavlja uštedu za operatora distribucijskog sustava.

Od strane HEP-a u Hrvatskoj kontinuirano raste ugradnja pametnih brojila. Trenutni broj instaliranih pametnih brojila prelazi 20 000 i oni su pretežito ugrađeni industrijskim i/ili poduzetničkim kupcima električne energije snage iznad 30 kW. Svi uređaji opremljeni su suvremenom opremom za komunikaciju.

Kao što je navedeno ranije, HEP-ODS posjeduje tehnologiju koja omogućuje daljinsko promatranje potrošnje kao i kontrolu kvalitete električne energije. Svi podaci pohranjuju se te se koriste za formiranje računa. U slučaju zaštite korisniku se daljinski onemogućuje isporuka električne energije. Nužno je da HEP-ODS osigura, odnosno poduzme sve mjere kako bi zaštitio podatke od zloupotrebe kao i osobne podatke samog korisnika. Mjerenja i komunikacijski kanali ne smiju nikako utjecati na kvalitetu i isporuku električne energije, a najznačajniji ciljevi su:

- raspoloživost resursa
- tajnost podataka

Raspoloživost resursa predstavlja najkompleksniju zadaću u osiguranju stabilnosti pametne mreže, ali i najvećem broju komponenata od kojih je pametna mreža sastavljena.

Tajnost podatak također predstavlja kompleksnu zadaću jer bi svako neovlašteno korištenje moglo utjecati na isporuku električne energije, kao i na stabilnost EES-a. Pri tome se najčešće misli na namjerno izazvane kvarove koji bi mogli prouzrokovati velika oštećenja za EES. Tajnim podacima zaštitile bi se:

- informacije o cijenama – misli se na promjenu cijene u određenoj tarifi. Svaku promjenu mogao bi izvoditi administrator sustava ili za to ovlaštena osoba.
- upravljačke kontrole – omogućivanje odnosno onemogućivanje isporuke električne energije zbog neplaćanja ili nekog drugog razloga. Također svaku odluku donosi administrator ili ovlaštena osoba.
- tajnost podataka o brojilu i korisniku – podaci bi bili dostupni nadležnim institucijama.



**Brojila tri proizvođača: EWG, Meter&control, Enel**

Slika 4.1 Pametna brojila; Izvor: [www.javno.rs](http://www.javno.rs)



## 4.2 Programi upravljanja potrošnjom

Proces upravljanja potrošnjom donosi razne ciljane inicijative, tehnologije i programe edukacije korisnika usmjerene prema smanjenju potrošnje ili promjene ustaljenih obrazaca korištenja energije. Korištenje energije je koordinirana aktivnost koja je dio veće mreže, dok trošila i uređaji komuniciraju i odgovaraju na uvjete u mreži i reagiraju na vanjske podražaje. Upravljanje potrošnjom fokusira se na korištenje uređaja kroz upravljanje, pružajući zakazano uključivanje/isključivanje i praćenje potrošnje.

Potražnja za električnom energijom kao odgovor na vršno opterećenje uključuje sve izmjene u strukturi potrošnje električne energije kod krajnjih kupaca, te potiče potrošače da mijenjaju vrijeme i razinu trenutne potražnje, odnosno da promjene ukupnu potrošnju električne energije.

Mjere koje je moguće poduzeti u industrijskom sektoru su slijedeće:

- smanjenje potrošnje tijekom vršnih vrijednosti opterećenja, na zahtjev operatora sustava
- pomicanje glavne proizvodnje (maksimalne potražnje) na vrijeme prije ili nakon vršnog opterećenja u EES-u
- proizvodnja električne energije tijekom vršnog opterećenja iz vlastitih izvora poput vjetroelektrana, solarnih elektrana i sl.
- ugradnja opreme veće efikasnosti, poput LED rasvjete i sl.

U stambenom sektoru je moguće poduzeti slijedeće programe upravljanja potrošnjom:

- direktno upravljanje trošilima poput klima uređaja, pumpi za vodu u bazenima i svih ostalih trošila koja je moguće isključiti tijekom vršnog opterećenja u EES-u.
- višetarifno mjerenje potrošnje električne energije čime se potiče potrošnja u vremenu izvan vršnog opterećenja (off peak)
- poboljšanje energetske učinkovitosti objekata i ugradnje energetski učinkovitijih uređaja

Upravljanje potrošnjom svodi se na postupke kojima se utjecaji na komfor korisnika svode na minimalne vrijednosti, odnosno ostaju u zadovoljavajućim granicama.

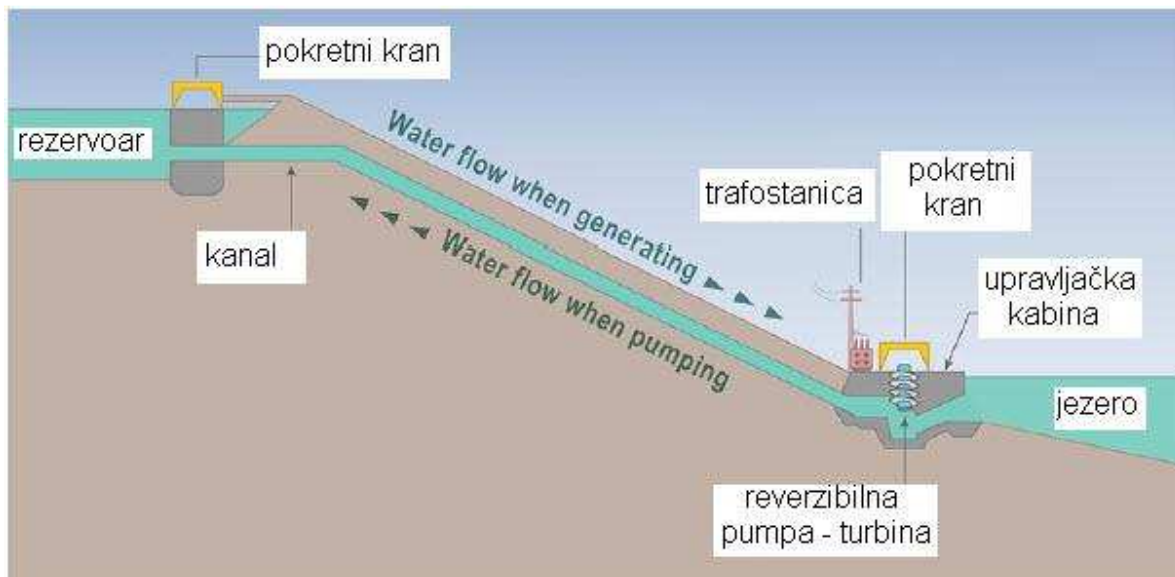
Razvojem informacijske infrastrukture omogućeno je jednostavno upravljanje i mjerenje u realnom vremenu kao i praćenje utjecaja i rezultata upravljanja potrošnjom.

### 4.3 Skladištenje energije

Temeljni ciljevi Europske unije, kada govorimo o pohranama u energetske sektoru, jesu poticanje ulaganja u svim zemljama članicama u nove i uspješnije tehnologije u području skladištenja energije dobivene iz obnovljivih izvora. Kako bi se prihvatile veće zalihe električne energije iz obnovljivih izvora, nužno je inteligentno upravljanje mrežama što uključuje i veće prostore za pohranu. Pohrana električne energije već je dugo jedan od sastavnih dijelova europskog energetske sustava, sa širokom i raznolikom bazom ponude od rješenja za korisnike sa svrhom zaštite opterećenja do podrške električnoj mreži. Reverzibilne hidroelektrane su danas najčešće i najšire korištena tehnologija za pohranu na razini energetske sustava, a olovni akumulator dominantna tehnologija u komercijalnoj, industrijskoj i automobilske primjeni. Danas je široka paleta tehnologija i principa, bilo mehaničkih, (elektro)kemijskih ili fizičkih dostupna za pohranu električne energije, zbog čega imamo i veliki spektar performansi i kapaciteta za različita područja i količine primjene. Kritični čimbenik u izgradnji dodatnih kapaciteta za pohranu je ekonomska izvedba u odnosu na alternative. Ona uvelike ovisi o lokalnim uvjetima i koracima koji se moraju poduzeti da bi se osposobio sustav za pohranu.

Neki od trenutno najzanimljivijih primjera pohrane električne energije:

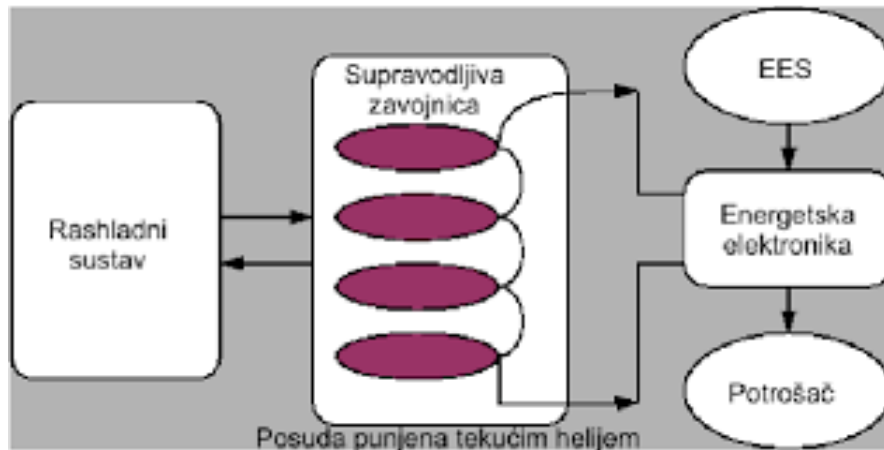
- Reverzibilne hidroelektrane prikazane na slici 4.3.1 već su zrele tehnologije. Njihov osnovni princip je pohrana potencijalne energije između dva akumulacijska jezera na različitim visinama. Reverzibilne hidroelektrane se uglavnom dijele u dvije kategorije: reverzibilne hidroelektrane sa akumulacijskim jezerom i one sa "napumpanim" spremnikom.



Slika 4.3.1 Reverzibilna hidroelektrana; Izvor: [www.decarboni.se](http://www.decarboni.se)

- Protočne baterije su alternativni sustav pohrane za skladištenje električne energije. Iako već sada postoji nekoliko proizvođača i jedinica u pogonu diljem svijeta, posebice u Japanu i SAD-u, ova tehnologija je još u ranoj fazi komercijalizacije. Protočne baterije se oslanjaju na reverzibilnu pretvorbu elektro-kemijskog potencijala u električnu energiju.
- Vodik se može koristiti za pohranu električne energije kroz proces reverzibilne elektrolize vode. Vodik proizveden na taj način pretvara se natrag u električnu energiju u razdobljima potražnje putem gorivih ćelija ili sagorijevanjem/turbinama. Koncept pohrane energije vodikom trenutno je u demonstracijskoj fazi sa posebnim fokusom na vjetroelektrane u udaljenim zajednicama. Na primjer, prva demonstracija na otoku Utsira u Norveškoj usmjerena je na povećanje opskrbe električnom energijom iz vjetra kroz hibridni sustav vjetar/vodik.
- Tehnologija pohrane u baterije se oslanja na elektro-kemijske reakcije za pohranu energije. Energija pohranjena u kemijske veze aktivnog materijala se vraća natrag u električnu energiju kroz niz reakcija oksidacije/redukcije (redoks). Trenutno se koristi niz različitih vrsta baterija, kao što su litij-ionske (Li-ion), natrij sumporne (NaS), nikal kadmij (NiCD), nikal metal hidrid (Ni-MEH) i olovno-sulfatne (PB-kiselina).

- Sustavi za pohranu električne energije mehaničkim putem u oblik kinetičke energije kroz koncept zamašnjaka. Temeljni element zamašnjaka je rotirajuća masa koja je spojena na glavnu osovinu (rotor) kojeg pokreće vanjski izvor energije. Za vrijeme okretanja, masa prikuplja inercijalnu energiju. Ova kinetička energija se potom otpušta kada je rotor isključen. Korištenje zamašnjaka kao sustava pohrane energije prvi je put predložen još 1970-ih u primjeni kod vozila ili sustavima stacionarne energije. Još uvijek je u demonstracijskoj fazi za primjenu u napajanju.
- Super-kondenzatori se oslanjaju na razdvajanje naboja električnog sučelja za pohranu energije. Super-kondenzatori se sastoje od dvije elektrode suprotnog polariteta koje su uronjene u elektrolitsku otopinu. Korištenje elektrolitske tekućine umjesto dielektričnog čvrstog materijala čini glavnu razliku u odnosu na konvencionalne kondenzatore. U ovim elektrokemijskim sustavima, svojstva nosivosti elektrolitsko-elektrodnog sučelja, poznatog i kao elektrokemijski dvostruki slojevi, koriste se za pohranu energije.
- Supravodljivo magnetsko skladištenje energije (SMES) prikazano na slici 4.3.2 je relativno nova tehnologija pohrane koja skladišti energiju u magnetsko polje koje stvara istosmjerna struja. Jednom kada se istosmjerna struja usmjeri u supravodljivu zavojnicu, stvara magnetsko polje u koje je pohranjena energija, iz kojeg se oslobađa kada se zatvoreni krug ponovno otvara. Vrijeme odaziva kod SMES-a kraće je od nekoliko milisekundi. Do sada su se koristile ovojnice od niobij-titana hladene tekućim helijem. SMES je razvijen za korištenje u visokonaponskim uređajima, te su glavne predviđene primjene SMES-a sustavi fluktuacije voltaže i propadanja napona u prijenosnim mrežama.

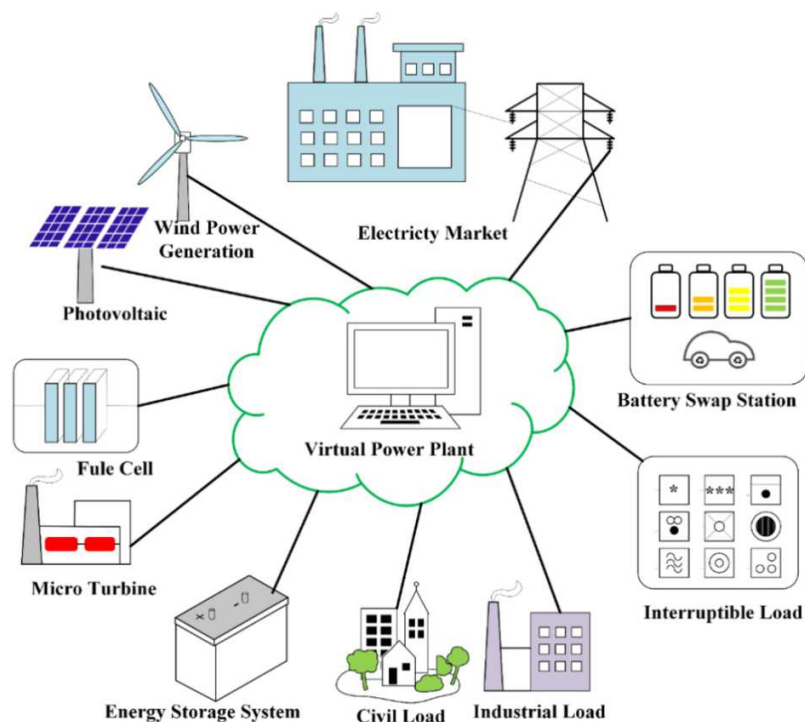


Slika 4.3.2 Supravodljivo magnetsko skladištenje energije; Izvor: [www.fer.unizg.hr](http://www.fer.unizg.hr)

#### 4.4 Virtualne elektrane

Virtualna elektrana prikazana na slici 4.1.1 predstavlja udruženje distribuiranih izvora energije te sustava za pohranu energije koji se na tržištu kao cjelina mogu javljati u obliku jedne konvencionalne elektrane s definiranom ukupnom vremenskom proizvodnjom, te ostalim parametrima koji čine jednu elektranu. Ukupna proizvodnja optimalno je raspoređena među DI-ima. Virtualne elektrane aktivno sudjeluju na tržištu i nude operatoru sustava svoje usluge. Operator virtualne elektrane ima pristup tržištu prijenosnog sustava i svakom pojedinom distribuiranom izvoru, te kao takav ima zadatak optimizirati zahtjeve prema prijenosnoj mreži, a s druge strane pobrinuti se da DI budu optimalno iskorišteni.

Glavni faktor koji određuje strukturu virtualne elektrane su tehnološke mogućnosti, ekonomske prilike i regulatorna ograničenja. Dostupna ICT tehnologija omogućuje komunikaciju, upravljanje i nadzor sustava, kako bi se postigli komercijalni i ekonomski ciljevi od strane operatora virtualne elektrane i vlasnika DI, a sve u regulatornim granicama. Također, strategija upravljanja distribucijske mreže, kao i karakteristike DI-a, sustava za skladištenje energije i upravljivih tereta mogu zahtijevati dodatne tehničke uvjete koje virtualna elektrane mora zadovoljiti.



Slika 4.4.1 Virtualna elektrana; Izvor: www.mdpi.com

Različiti DI mogu koristiti virtualne elektrane kako bi imali pristup širem tržištu i kako bi mogli nuditi dodatne usluge u EES-u (npr. rezerva, regulacija napona i frekvencije i sl.) U razvoju koncepta virtualne elektrane, aktivnosti virtualne elektrane ostvaruju se kroz dva tipa virtualnih elektrana:

- Komercijalne virtualne elektrane (KVEE)
- Tehničke virtualne elektrane (TVEE)

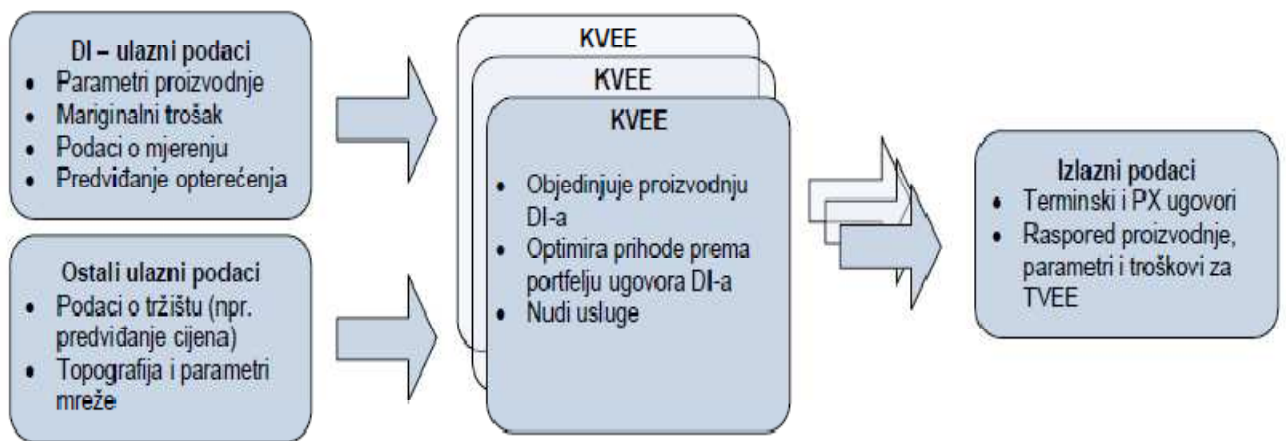
Komercijalne virtualne elektrane su kompetitivni sudionik na tržištu električne energije. KVEE ima profil objedinjenih DI i karakteristiku koja predstavlja troškovne i operativne karakteristike portfelja DI-a. Usluge koje KVEE može pružiti uključuju trgovanje na tržištu električne energije i balansiranje portfelja što je vidljivo na slici 4.4.2. Operator KVEE može biti bilo koja treća strana sa pristupom na tržište, kao npr. opskrbljivač energijom.

DI će se pridružiti u KVEE kako bi optimalno iskoristio svoje mogućnosti na tržištu. Jedna distribucijska mreža može imati više KVEE koje okupljaju sve DI-e u regiji. Svaki DI može birati kojoj KVEE će se pridružiti, ovisno o tome koja KVEE nudi povoljnije uvjete.

U komercijalnom pogledu, VEE pruža sljedeće usluge:

- vidljivost DI-a na tržištu,
- sudjelovanje DI-a na tržištu,
- maksimiziranje vrijednost DI-a na tržištu.

KVEE predstavlja skup DI-a koji se mogu koristiti na način da sudjeluju na tržištu na isti način kao što sudjeluju klasične elektrane spojene na prijenosu mrežu. Za pojedini DI ovim pristupom smanjuje se rizik samostalnog pojavljivanja na tržištu, a kao udruženje u skup izvora čini prednost zbog raznovrsnosti izvora i povećanog kapaciteta. Na taj način DI ima puno više koristi u sudjelovanju na tržištu, tj. povećava se profitabilnost svakog DI-a.



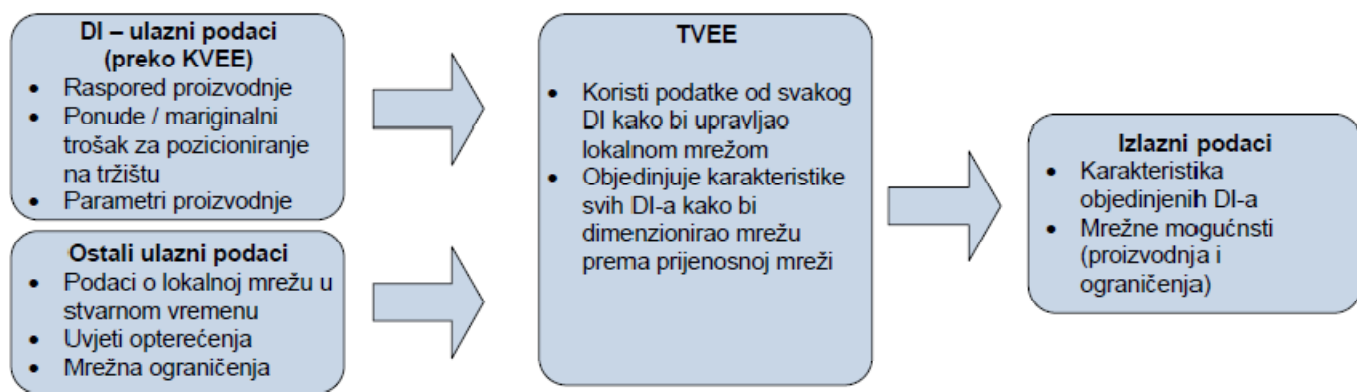
Slika 4.4.2 Aktivnosti komercijalne virtualne elektrane; Izvor: [www.ho-cired.hr](http://www.ho-cired.hr)

Tehnička virtualna elektrana je monopolistička uloga koju najčešće obnaša operator distribucijskog sustava. Sukladno tome, unutar TVEE će biti svi DI-i u regiji. TVEE je u mogućnosti prikazati točnu sliku mreže koja se spaja na prijenosni sustav, kao i proračun koliki je doprinos svakog DI-a uzimajući u obzir lokaciju, mrežna pravila, te mrežna ograničenja. TVEE će koristiti parametre za troškove pogona i proizvodnje (koje dobije preko KVEE), te parametre iz lokalne mreže da bi upravljao lokalnom mrežom i da bi napravio karakteristiku mreže na mjestu gdje se spajaju distribucijska i prijenosna mreža. Kalkulacija se provodi u svrhu potpomaganja operatora prijenosnog sustava.

TVEE pruža sljedeće usluge:

- vidljivost DI-a prema operatoru sustava,
- doprinos DI-a u upravljanju sustavom,
- optimalno korištenje DI-a.

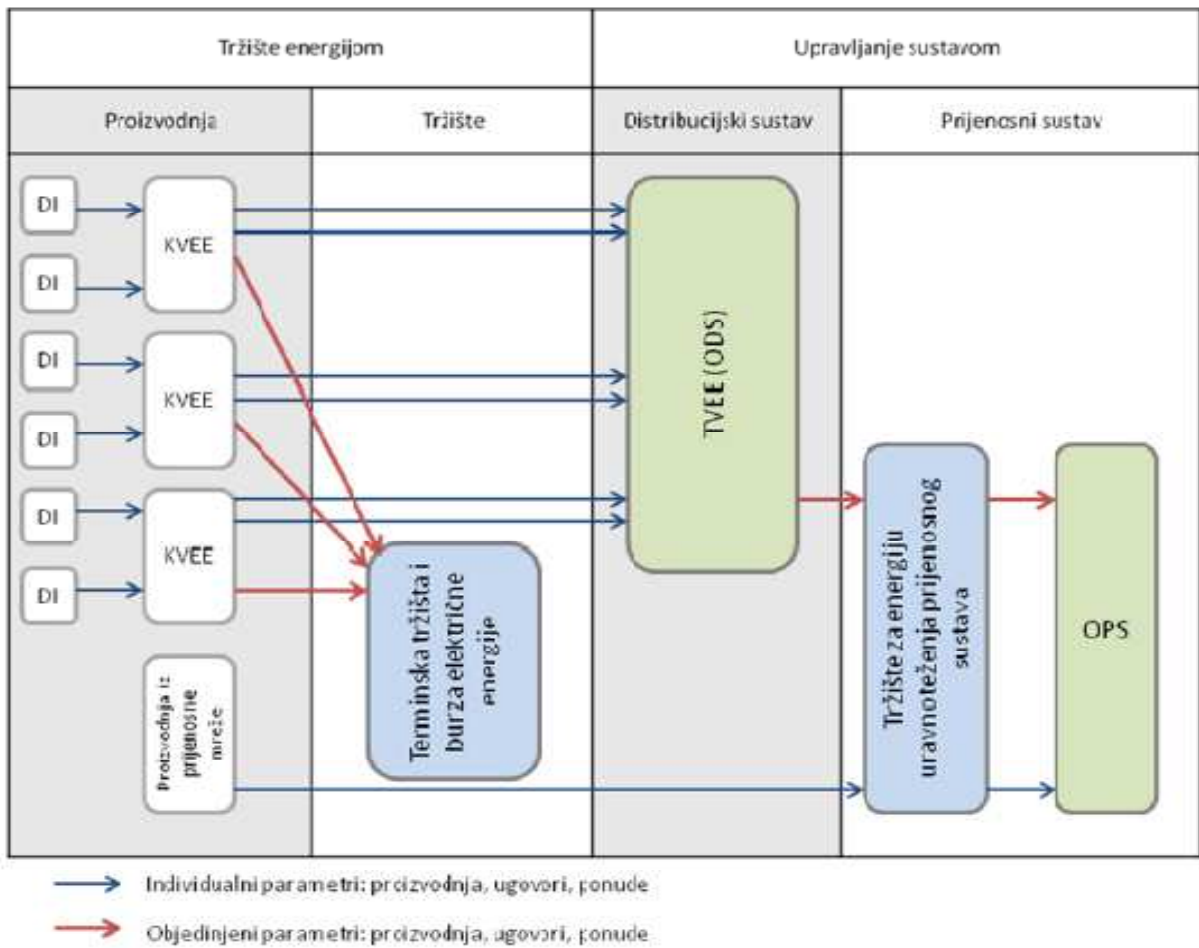
TVEE sakuplja podatke i modelira karakteristike sustava koji sadrži: DI-e, upravljive terete i mreže u regiji kako je prikazano na slici 4.4.3. Na nivou distribucijsko-prijenosne mreže TVEE predstavlja jedno tijelo, cijelu lokalnu mrežu. Tehničke karakteristike su jednake onima koje operator prijenosnog sustava ima za klasične elektrane spojene na prijenosnu mrežu.



Slika 4.4.3 Aktivnosti tehničke virtualne elektrane; Izvor: [www.ho-cired.hr](http://www.ho-cired.hr)

Slika 4.4.4 prikazuje uloge KVEE i TVEE i njihovu međusobnu interakciju na tržištu. KVEE je aktivan na tržištu i odgovoran za prijenos informacija sa DI-a na TVEE. TVEE je odgovoran za upravljanje sustavom kao i za prezentaciju sustava prema prijenosnoj mreži.





Slika 4.4.4 KVEE i TVEE i njihova međusobna interakcija na tržištu: Izvor: www.ho-cired.hr

#### 4.5 Mikromreže

Mikromreže se općenito mogu definirati kao niskonaponske mreže s distribuiranom proizvodnjom. Mikromreža ustvari povezuje niskonaponske distribucijske sustave, distribuirane izvore energije, uređaje za skladištenje energije zajedno s upravljivim trošilima, nudeći pri tome različite mogućnosti vođenja sustava. Iako su mikromreže uglavnom spojene na srednjonaponski distribucijski sustav, jedinstveno im je obilježje mogućnost otočnog rada, kada mogu raditi odvojeno od osnovne elektroenergetske mreže. Sa stajališta korisnika, mikromreže im osiguravaju i toplinske i električne potrebe, a dodatno i lokalno povećavaju pouzdanost, smanjuju zračenja (emisije stakleničkih plinova), poboljšavaju kvalitetu električne energije

održavanjem konstantnog napona i smanjenjem padova napona, te potencijalno mogu smanjiti cijenu opskrbe energijom. Sa strane SN mreže, mikromreže se mogu smatrati upravljivom jedinicom unutar elektroenergetsko sustava kojim se može upravljati kao cjelinom, a može ga se promatrati i kao mali izvor pomoćnog napajanja u mreži. Mikromreže koordiniraju distribuirane izvore energije, značajno koristeći i korisnicima i mreži. Osnovna ekonomska značajka primjene distribuiranih izvora energije kod kupaca leži u mogućnosti da se lokalno iskoriste toplinski gubici iz pretvorbe osnovnog goriva u električnu energiju.

Značajan napredak nastao je u razvoju malih kW-nih kogeneracijskih postrojenja. Od ovih sustava se očekuje važna uloga u mikromrežama sjevernijih zemalja. S druge strane, pretpostavlja se da će se fotonaponski sustavi značajnije razvijati u zemljama sa sunčanijom klimom. Primjena manjih kogeneracijskih postrojenja i fotonaponskih sustava potencijalno povećava ukupnu učinkovitost korištenih osnovnih izvora energije i stoga značajno smanjuje emisije stakleničkih plinova, koji predstavlja još jedan vrlo važan korak u globalnom nastojanju da se spriječe klimatske promjene. Još jedna važna značajka je da primjena distribuiranih izvora energije može potencijalno smanjiti zahtjeve za izgradnjom distribucijskih i prijenosnih objekata. Očito je da će distribuirana proizvodnja smještena u blizini trošila smanjiti tokove snaga u prijenosnim i distribucijskim mrežama uz dva važna učinka: smanjivanje gubitaka i mogućnost potencijalne zamjene dijelova mreže. Nadalje, prisustvo proizvodnje u blizini potrošnje, može povećati kvalitetu usluga krajnjih korisnika. Mikromreže mogu omogućiti podršku sustavu za vrijeme poremećaja i to uravnoteženjem preopterećenja te uspostavljanjem normalnog stanja sustava nakon kvara.

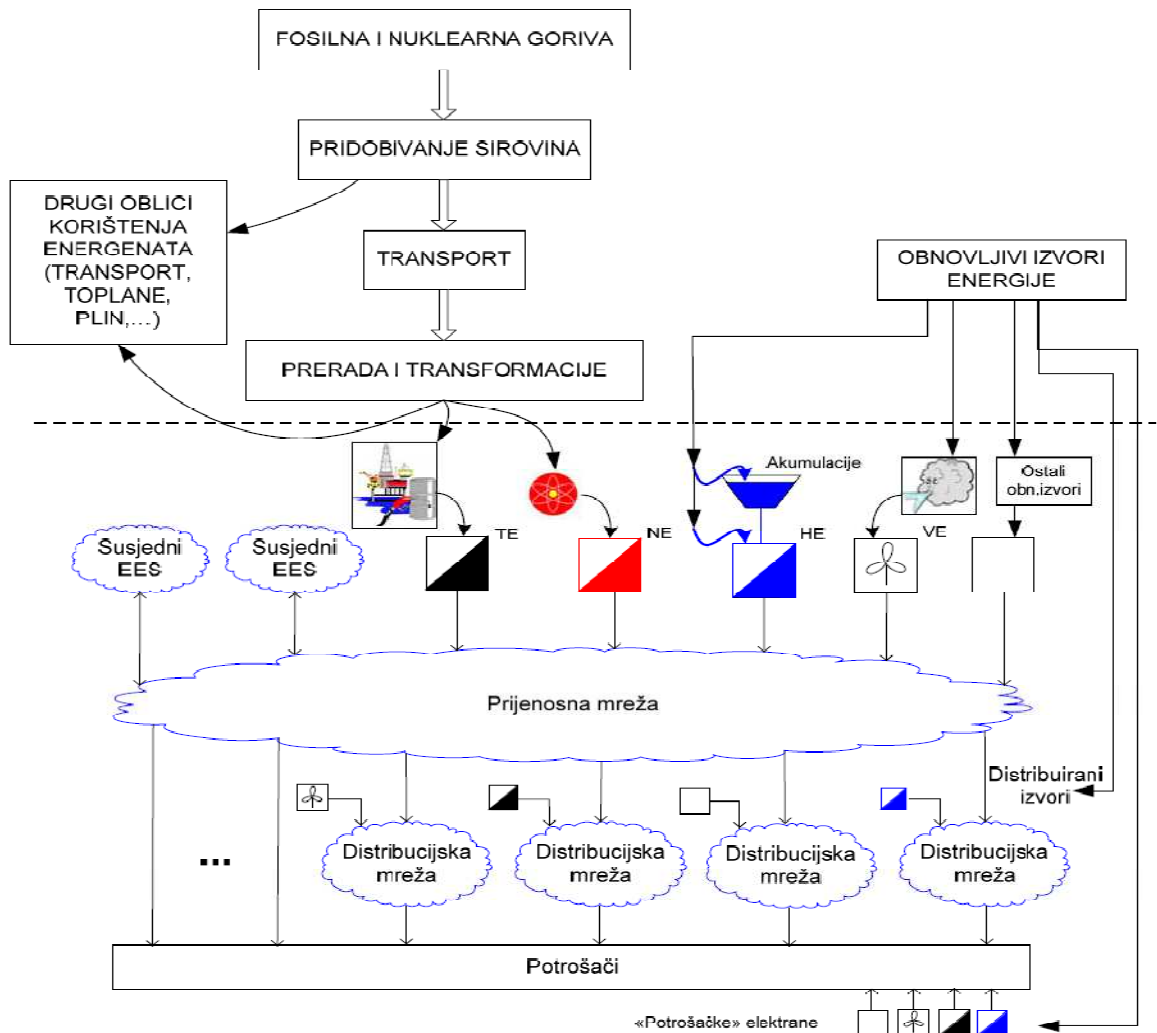
Da bi se u potpunosti iskoristile prednosti mikromreža potrebno je razmotriti optimalno plasiranje mjerila distribuiranih izvora unutar mikromreža. Na lokalnoj je razini potrebno uskladiti proizvedenu električnu energiju i toplinu s potražnjom, uz ukupno povećanje pouzdanosti mikromreže i osiguravanje njenog sigurnog rada.

Ni mikromreže nisu idealno rješenje i tu se moraju uzeti u obzir određena tehnička ograničenja: ukupni gubici u sustavu, stabilnost napona, karakteristike vodova, nesimetrija te ostali parametri kvalitete električne energije. Osim tehničkih, moraju se promatrati i ekonomska ograničenja: investicije, prihodi, dobivena zarada s pomoćnim uslugama, vjerojatnost gubitka potrošača, troškovi rada i održavanja. Skladištenje energije kod mikromreža veoma je značajno, pogotovo u slučajevima kada distribuirani izvori unutar mikromreže ne mogu zadovoljiti potrebe potrošnje, a

korištenje električne energije pomoću SN mreže za pokrivanje vršnih opterećenja definitivno je najskuplja varijanta.

## 5.ELEKTROENERGETSKI SUSTAV

Elektroenergetski sustav čine izvori električne energije (elektrane), prijenosna i distribucijska mreža i instalacije kupaca priključenih na mrežu kako je prikazano slikom 5, koji su svi zajedno u istovremenom pogonu i interakciji. Većina sustava je interkonekcijski povezana sa susjednim sustavima, pa je tako i hrvatski elektroenergetski sustav integralni dio europskog sustava u jedinstvenom sinkronom pogonu.



Slika 5. Elektroenergetska mreža; Izvor: www.fsb.hr

## **5.1 Proizvodnja električne energije**

Hrvatska je tokom 2012. godine iz obnovljivih izvora energije (bez velikih hidroelektrana) proizvela 510,75 GWh električne energije, što je bilo dovoljno za pokrivanje 4,9% ukupne proizvodnje električne energije.

Hrvatska godišnje proizvodi 10.500 do 14.500 GWh električne energije što je, ovisno o godini dovoljno za pokrivanje do 75% potreba za električnom energijom cijele države. Najveći udio u proizvodnji imaju termoelektrane i toplane, a nakon njih hidroelektrane pri čemu se u ekstremno dobrim hidrološkim godinama zna dogoditi da se više električne energije proizvede iz hidroelektrana. Ostatak potrošnje se pokriva uvozom električne energije pri čemu se u bilancu vlastite proizvodnje mora uzeti u obzir proizvodnja iz nuklearne elektrane Krško koja godišnje Hrvatskoj isporučuje oko 2.500 GWh električne energije. Time se dolazi do brojki od 70 do 90% električne energije proizvedene iz vlastitih izvora električne energije (uključujući Krško), što je još uvijek premala brojka s obzirom da Hrvatska ima potencijale da bude neto izvoznik električne energije. Dodatno se zbog starosti većini termoenergetskih postrojenja bliži i trenutak dekomisije ili ista zbog male efikasnosti ne proizvode energiju po konkurentnim tržišnim uvjetima.

Kao što se i vidi u tablici 5.1 proizvodnja iz hidroelektrana značajno i primarno ovisi o tome kakva je hidrološka godina. U tome smislu u zadnjem periodu rekordna je bila 2010. godina. Treba spomenuti da i unatoč rekordnoj proizvodnji iz hidroelektrana te godine, ista još uvijek nije bila dovoljna da se iz vlastite proizvodnje pokriju potrebe za električnom energijom u Hrvatskoj. Iz tablice je vidljivo da proizvodnja iz termoelektrana bilježi stalni pad, primarno uslijed izrazito visoke proizvodne cijene iz zastarjelih postrojenja, pa se tih godina najčešće i uvozi više električne energije. S obzirom na trenutno stanje na tržištu, obnovljivi izvori su jedina šansa da se u relativno kratkom vremenskom periodu smanji uvoz električne energije s obzirom da njihovo planiranje i izgradnja zahtjevaju značajno manje vremena od velikih termoenergetskih postrojenja.

<b>GODINA</b>	<b>2007.</b>	<b>2008.</b>	<b>2009.</b>	<b>2010.</b>	<b>2011.</b>	<b>2012.</b>
GWh						
PROIZVODNJA	12245,1	12325,6	12777,1	14105	10830,3	10557,4
HIDROELEKTRANE	4400,2	5325,9	6814,4	8435,2	4620	4801,2
VJETROELEKTRANE	34,9	39,9	54,2	139,1	201	328,7
SOLARNE FOTONAPONSKE ELEKTRANE	0	0,1	0,1	0,1	0,1	2,4
TERMOELEKTRANE	5181,4	4414,3	3422,2	2494,8	2876,6	2513,1
JAVNE TOPLANE	2115,5	2085,7	2090,3	2589	2620,7	2529,2
INDUSTRIJSKE TOPLANE	513,1	459,7	395,9	446,8	511,9	382,8
UVOZ	7811,8	8163,8	7580,7	6682,4	8729,9	9230,8
IZVOZ	1450,7	1586,9	1898,6	1917,4	1032,6	1601,8
<b>UKUPNA POTROŠNJA</b>	18606,2	18902,5	18459,2	18870	18527,6	18186,4

Tablica 5.1 Proizvodnja i potrošnja električne energije po tipu elektrane u GWh; Izvor:www.obnovljivi.com

Većinu proizvodnje iz novih obnovljivih izvora energije čine vjetroelektrane (328 GWh) kojih je tokom 2012. bilo otprilike 180 MW, a sada ih je u pogonu (probnom ili punom) 350 MW, te će ih uskoro biti preko 400 MW. Stoga se može očekivati veliki rast proizvodnje iz istih.

## 5.2 Prijenos električne energije

Prijenosna mreža kao poveznica elektrana i distribucijske mreže, odnosno kupaca zauzima središnje mjesto u elektroenergetskom sustavu, a sigurnost i pouzdanost pogona predstavljaju temeljne zakonske obveze operatora prijenosnog sustava koji obavlja energetska djelatnost

prijenosa električne energije. Siguran i pouzdan pogon elektroenergetskog sustava temelji se na ispravnom radu svih sastavnica sustava, pa tako i prijenosne mreže koju čine:

- Zračni i kabelski vodovi kojima se električna energija prenosi između dva rasklopna postrojenja, najčešće na velike udaljenosti (od nekoliko kilometara do nekoliko stotina kilometara i više)
- „Mrežni“ transformatori preko kojih se električna energija transformira iz jednog naponskog nivoa u drugi, i to:
  - između dvije podmreže unutar prijenosne mreže ( 400/220 kV, 220/110 kV, 400/110 kV),
  - iz prijenosne mreže u distribucijsku mrežu (npr. 110/35 kV, 110/10 kV),
  - iz prijenosne mreže u električno postrojenje velikog industrijskog potrošača (110/6 kV).

Ispravan pogon prijenosne mreže znači da na sučelju prijenosne mreže i korisnika mreže operator prijenosne mreže isporučuje električnu energiju propisane kvalitete i sigurnosti opskrbe.

Na mjestu priključka korisnika mreže na prijenosnu mrežu operator mora osigurati slijedeće:

- nazivna frekvencija: iznosi 50,00 Hz, a dopuštene su granice od 49,95 Hz do 50,05 Hz.
- nazivni naponi u prijenosnoj mreži su: 400kV, 220 kV i 110 kV, a dopuštene su granice:
  - u mreži 400 kV:  $400-10\%+5\%=360-420\text{kV}$
  - u mreži 220 kV:  $\pm 10\%=198-242\text{ kV}$
  - u mreži 110 kV:  $\pm 10\%=99-121\text{ kV}$
- valni oblik napona: vrijednost faktora ukupnog harmonijskog izobličenja napona na mjestu predaje/preuzimanja električne energije može iznositi:
  - u mreži 400 kV i 220 kV: 1,5%
  - u mreži 110 kV: 3%
- jačina flikera u prijenosnoj mreži ne smije biti veća od:
  - 0,8 za kratkotrajne flikere
  - 0,6 za dugotrajne flikere

Operator standardnu razinu kvalitete napona na obračunskom mjernom mjestu mora dokazati mjerenjem.

Kvarovi i ispadi iz pogona elemenata mreže kao nepredvidljivi događaji, te neraspoloživost prijenosne mreže u elektroenergetskom sustavu mogu imati za posljedicu prekid opskrbe električnom energijom gradova, regija, pa i djelomični, ili potpuni raspad sustava, a mogu

izazvati i poremećaje pogona susjednih sustava. U postizanju ispravnog pogona i smanjivanju vjerojatnosti kvarova i ispada u prijenosnoj mreži glavnu ulogu ima pravodobno, kvalitetno i ekonomično održavanje elemenata prijenosne mreže. U hrvatskoj prijenosnoj djelatnosti više od dvadeset godina primjenjuje se tradicionalno održavanje elemenata prijenosne mreže koje je utemeljeno na unaprijed utvrđenim rokovima i radovima održavanja elemenata mreže (tzv. time based maintenance). Tradicionalno održavanje prijenosne mreže izvodi se u najvećem dijelu pri isključenom objektu održavanja (dalekovod, visokonaponsko polje, energetski transformator), te zahtjeva relativno dugo vrijeme isključenja elemenata prijenosne mreže u kojem razdoblju je smanjena raspoloživost i sigurnost pogona mreže.

Ukidanjem monopola nacionalnih elektroprivrednih tvrtki, te uspostavljanjem i postupnim otvaranjem tržišta električne energije pojavio se velik broj novih sudionika i tehničkih i komercijalnih transakcija koji pretpostavljaju visoku raspoloživost i siguran i pouzdan pogon prijenosne mreže, ali donose i dodatni rizik u pogonu elektroenergetskog sustava. Novi uvjeti na otvorenom tržištu električne energije, zahtjevi za kvalitetu električne energije i sigurnost opskrbe, te nove tehnologije opreme postavljaju pred operatora prijenosnog sustava obvezu prilagodbe postojeće strategije održavanja tim novim okolnostima.

Nova strategija održavanja elektroenergetskih objekata u uvjetima otvorenog tržišta električne energije temelji se na postizanju što veće pouzdanosti pogona i raspoloživosti elemenata mreže uz što manje troškove održavanja.

Na slici 5.2 prikazana je prijenosna mreža Hrvatske i interkonekcijske veze prema susjednim sustavima. Iz slike sustava i prikazanih podataka je vidljivo da hrvatsku prijenosnu mrežu odlikuje specifičan oblik koji slijedi zemljopisni oblik države, vrlo dobra povezanost sa susjednim sustavima i najveći udjel elemenata naponske razine 110 kV u prijenosnoj mreži.



Slika 5.2 Prijenosna mreža Hrvatske; Izvor: www.fer.hr



### 5.3 Distribucija električne energije

Distribucijska mreža služi da se električna energija preuzeta iz prijenosne mreže ili manjih elektrana priključenih na distribucijsku mrežu distribuira do srednjih i malih potrošača priključenih na distribucijsku mrežu. Distribucijska mreža se kao i prijenosna mreža sastoji od zračnih i kablskih vodova ali manjih nazivnih napona, najčešće ispod 110 kV i rasklopnih postrojenja također manjih nazivnih napona u odnosu na prijenosnu mrežu.

Distribucijska mreža obično se dijeli na dvije cjeline:

- Srednjenaponska distribucijska mreža najčešće nazivnih napona 10kV, 20kV, 35kV.
- Niskonaponska distribucijska mreža najčešće nazivnog napona 0.4 kV.

Kao sastavni dio elektroenergetske mreže, u distribucijskoj mreži se pojavljuju:

- Zračni i kablski vodovi kojima se električna energija prenosi na udaljenosti koje su daleko manje u odnosu na prijenosnu mrežu (od nekoliko desetaka metara do nekoliko desetaka kilometara)
- „Distribucijski“ transformatori preko kojih se električna energija transformira iz jednog naponskog nivoa u drugi, i to:
  - između dvije podmreže unutar distribucijske mreže (35/10 kV, 10/0.4kV),
  - iz distribucijske mreže u električno postrojenje industrijskog potrošača (10/0.4 kV).

Osnovne karakteristike distribucijskih mreža su:

- Niže naponske razine u odnosu na prijenosnu mrežu ( $U_n < 110$  kV), budući da je snaga koju prenosi daleko manja od snaga koju prenosi prijenosna mreža, tako da nema potrebe za visokim naponskim nivoima.
- Prijenos snage u distribucijskoj mreži odvija se na manjim udaljenostima.
- Distribucijske mreže su većim dijelom otvorene strukture i imaju zrakasti oblik čime je smanjena pogonska sigurnost (u odnosu na prijenosnu mrežu), što je motivirano prvenstveno ekonomskim razlozima.
- Srednjenaponske gradske distributivne mreže su uglavnom upetljane, tako da je u slučaju kvara jednog voda ili transformatora moguće osigurati napajanje iz drugog smjera, s time da je u pogonu uključeno napajanje samo iz jednog smjera, a napajanje iz drugog smjera je rezervno koje se uključuje u slučaju potrebe.
- Niskonaponske mreže (barem u Hrvatskoj) i „seoske“ srednjenaponske mreže nemaju

mogućnost dvostranog napajanja.

- Glavni elementi distribucijskih mreža (zračni i kabelski vodovi, trafostanice) su isti kao i kod prijenosnih mreža, samo projektirani za manje nazivne napone, tako da je izvedba jednostavnija.

#### **5.4 Potrošnja električne energije**

U sektoru električne energije, ukupna potrošnja električne energije hrvatskog elektroenergetskog sustava u 2014. godini iznosila je 16,9 TWh, što predstavlja pad od 2,6% u odnosu na 2013. godinu i nastavak petogodišnjeg trenda pada ukupne potrošnje električne energije u Republici Hrvatskoj. Elektrane na teritoriju Republike Hrvatske u 2014. godini proizvele su ukupno 12,2 TWh električne energije kojom je podmireno 72% domaćih potreba. Povoljna je okolnost da je u hidroelektranama proizvedeno 8,4 TWh električne energije, najviše u zadnjih 10 godina, što je približno 69% ukupno proizvedene električne energije na teritoriju Republike Hrvatske u 2014. godini. Ostatak domaćih potreba (28%) pokriven je uvozom, pri čemu je 3,0 TWh (15% ukupnih potreba) podmireno proizvodnjom električne energije u Nuklearnoj elektrani Krško.

Gubici električne energije u prijenosnoj mreži u 2014. godini iznosili su 430 GWh ili 1,9 % ukupno prenesene električne energije (uključuje konzum prijenosa, gubitke i tranzite). Gubici električne energije u distribucijskoj mreži iznosili su 1.257 GWh, a oni predstavljaju razliku energije koja je ušla u mrežu, odnosno nabave, te energije prodane kupcima. U odnosu na nabavu električne energije za distribucijski sustav gubici su iznosili 8,14 %.

HEP-Proizvodnja drži 80% ukupne proizvodnje energije u Hrvatskoj.

## **6. INTEGRACIJA DISTRIBUIRANIH IZVORA U MREŽU**

Općenito, distribuirana proizvodnja električne energije obilježena je slijedećim karakteristikama:

- Postupak planiranja distribuiranih izvora nije centraliziran
- Raspored proizvodnje distribuiranih izvora nije centraliziran
- Distribuirani izvori uobičajeno su priključeni na distribucijsku mrežu
- Veličina instalirane snage distribuiranih izvora u svijetu manja je od 50-100 MW.

Postrojenja za distribuirane izvore imaju znatno niže investicijske troškove u usporedbi s velikim centraliziranim proizvodnim objektima, što utječe na povećanje njihova udjela u proizvodnji električne energije. Također, tehnologije distribuirane proizvodnje električne energije su danas poznate i stalno se usavršavaju, što omogućuje daljnje snižavanje investicijskih troškova u postrojenje, kao i pogonskih troškova vođenja. Troškovi održavanja postrojenja su znatno niži od održavanja centraliziranih proizvodnih objekata s trendom daljnjeg smanjenja. Sve češće subvencije i potpore, osobito u zemljama Europske unije, za DI tehnologije prihvatljive sa aspekta očuvanja okoliša, dodatno stimuliraju odluke u njihovo investiranje. Uz sve navedeno, mnogo je lakše pronaći lokacije i ishoditi potrebne dozvole za instalaciju distribuiranih izvora u odnosu na velike centralizirane proizvodne sustave.

Nedostaci korištenja distribuirane proizvodnje podrazumijevaju relativno visoke kapitalne troškove po jedinici instalirane snage, zatim činjenicu kako distribucijska mreža nije inicijalno građena za prihvrat proizvodnih objekata, traženje posebnih uvjeta na lokaciju ugradnje (posebice OIE), nepredvidljivost proizvodnje i posljedično veće troškove uravnoteženja sustava (OIE) te potreba za odgovarajućom rezervom u konvencionalnim izvorima.

Tehničke uvjete koje moraju zadovoljiti proizvodna postrojenja koja se priključuju na distribucijsku mrežu provjerava i utvrđuje ODS. Kada je riječ o priključenju distribuirane proizvodnje i obnovljivih izvora energije na niskonaponsku i srednjenaponsku mrežu, postoje dokumenti kojima su regulirani tehnički uvjeti. U njima su definirani minimalni uvjeti koje mora zadovoljiti proizvodno postrojenje ukoliko želi raditi paralelno sa distribucijskom mrežom. Dakle, propisanim tehničkim uvjetima sprječava se nedopušteno povratno djelovanje na mrežu i ostale korisnike mreže (odstupanje frekvencije, odstupanje napona, valni oblik napona, nesimetrija napona, pogonsko i zaštitno uzemljenje, razina kratkog spoja, razina izolacije, zaštita od kvarova i smetnji, te faktor snage).

## **6.1 Integracija vjetroelektrana u elektroenergetski sustav**

Integracija VE u elektroenergetski sustav dovodi do dodatnih zahtjeva u pogledu vođenja sustava i dimenzioniranja elektroenergetske mreže, što je zakonska odgovornost HOPS-a. Do sad izvršene analize upućuju da do razine integracije od 800 MW neće biti potrebni veći zahvati u prijenosnoj mreži u pogledu izgradnje novih vodova i TS (za veće razine integracije HOPS planira primijeniti princip „zonskog priključka“), no značajno se povećavaju zahtjevi na

osiguravanje pomoćnih usluga sekundarne i/ili brze tercijarne regulacijske rezerve (regulacija snage i frekvencije) čija je mogućnost dobave sa strane HOPSa u ovom trenutku ograničena, budući da te pomoćne usluge unutar EES RH može pružiti samo HEP – Proizvodnja, odnosno trenutno ne postoji način nabave tih usluga na tržištu. Radi toga HOPS je propisao kvotu moguće integracije VE, koja u postojećem trenutku iznosi oko 400 MW.

Povećanje kvote za prihvatanje VE ovisit će prvenstveno o mogućnostima nabave pomoćnih usluga sekundarne i brze tercijarne P/f regulacije u budućnosti. Provedene detaljne analize upućuju da će za povećanje integracije VE na 600 MW biti potrebno povećati brzu tercijarnu rezervu na iznos  $\pm 200$  MW, odnosno za integraciju VE ukupne snage 800 MW na iznos  $\pm 255$  MW, sve uz pretpostavku da u svakom trenutku unutar sustava bude dostupna sekundarna rezerva određena temeljem ENTSO-E formule (s obzirom na satni konzum, trenutno u EES RH u rasponu od  $\pm 35$  MW do  $\pm 75$  MW). U tom smislu HOPS planira s HEP – Proizvodnjom sklopiti odgovarajuće ugovore o pružanju pojedinačnih pomoćnih usluga, uz reguliranu cijenu koja će kompenzirati trošak u pružanju pojedine pomoćne usluge i plaćanje temeljem realizacije.

Najvažnije mjere za povećanje kvote integracije VE su:

- Osiguranje dovoljne P/f regulacijske rezerve koju može nabaviti HOPS i uređenje odnosa u pogledu pružanja i naplate pomoćnih usluga (odgovorni subjekti HOPS i HEP – Proizvodnja, HERA, u budućnosti i ostali tržišni sudionici).
- Uključivanje OIE u mehanizam uravnoteženja (odgovorni subjekti Ministarstvo gospodarstva, HERA, HROTE).
- Poboljšavanje kvalitete prognoze proizvodnje VE i konzuma (odgovoran subjekt HOPS, djelomično i vlasnici VE te ostali subjekti odgovorni za odstupanja).
- Provedba ovlasti HOPS-a za ograničavanje proizvodnje VE u slučaju ugrožavanja sigurnosti pogona sustava

Provedba prethodno navedenih mjera ne ovisi samo o HOPS-u već ovisi i o ostalim relevantnim subjektima u RH, prvenstveno Ministarstvu gospodarstva, HERI i HEP – Proizvodnji kao jedinom pružatelju pomoćnih usluga. Osim u tehničkom pogledu, integracija VE u hrvatski EES izaziva troškove i investicijska ulaganja koji se izravno ili neizravno tiču poslovanja HOPS-a. To su, pored investicijskih ulaganja u dodatna pojačanja prijenosne mreže, troškovi osiguravanja dodatnih pomoćnih usluga i dodatni troškovi energije uravnoteženja. Potrebno je naglasiti da niti

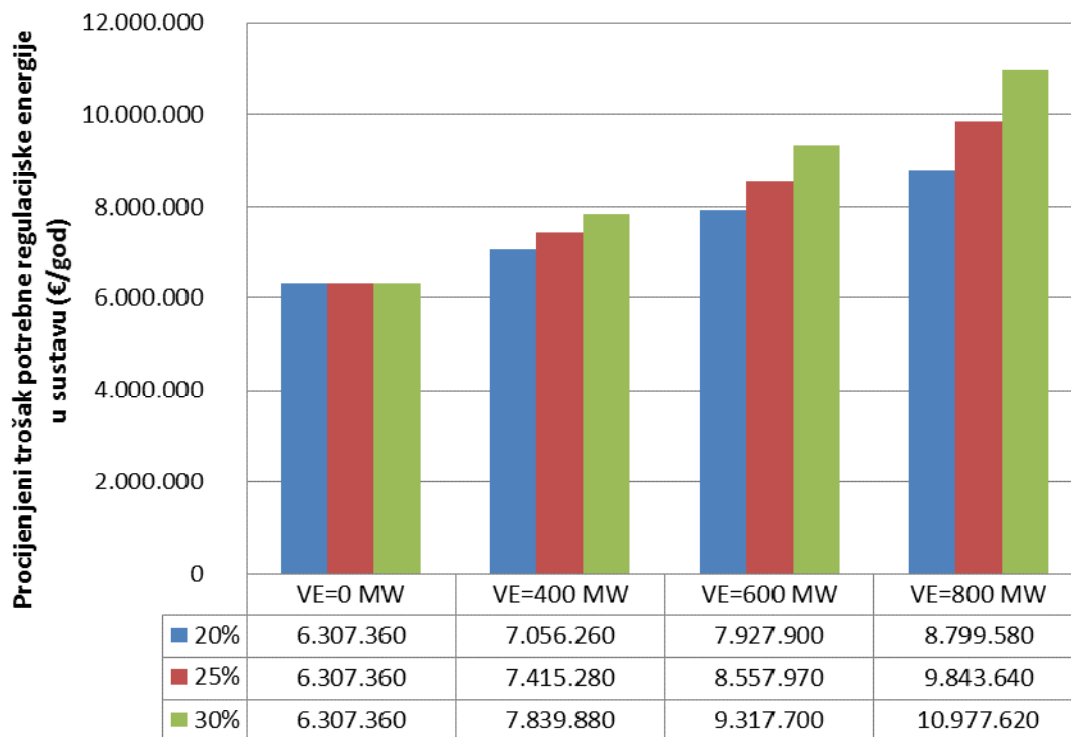
jedna od nabrojanih kategorija troškova ne bi smjela opterećivati poslovanje HOPS koji je u obvezi pružati usluge svim korisnicima prijenosne mreže na nediskriminirajući način.

Troškove (investicijska ulaganja) priključka prema zakonskim i podzakonskim aktima snose investitori u vjetroelektrane po tzv. „dubokom“ modelu, dok bi se troškovi ostalih pojačanja mreže na temelju Zakona o tržištu električne energije pokrivali iz naknade za prijenos električne energije. Iz iste naknade moguće je i pokrivanje dijela troškova dodatnih pomoćnih usluga (na primjer regulacijske rezerve – snage), dok bi se za troškove energije uravnoteženja morao poboljšati sadašnji mehanizam naplate istih iz subvencija za poticanje obnovljivih izvora energije ili kroz efikasan mehanizam obračuna i naplate energije uravnoteženja.

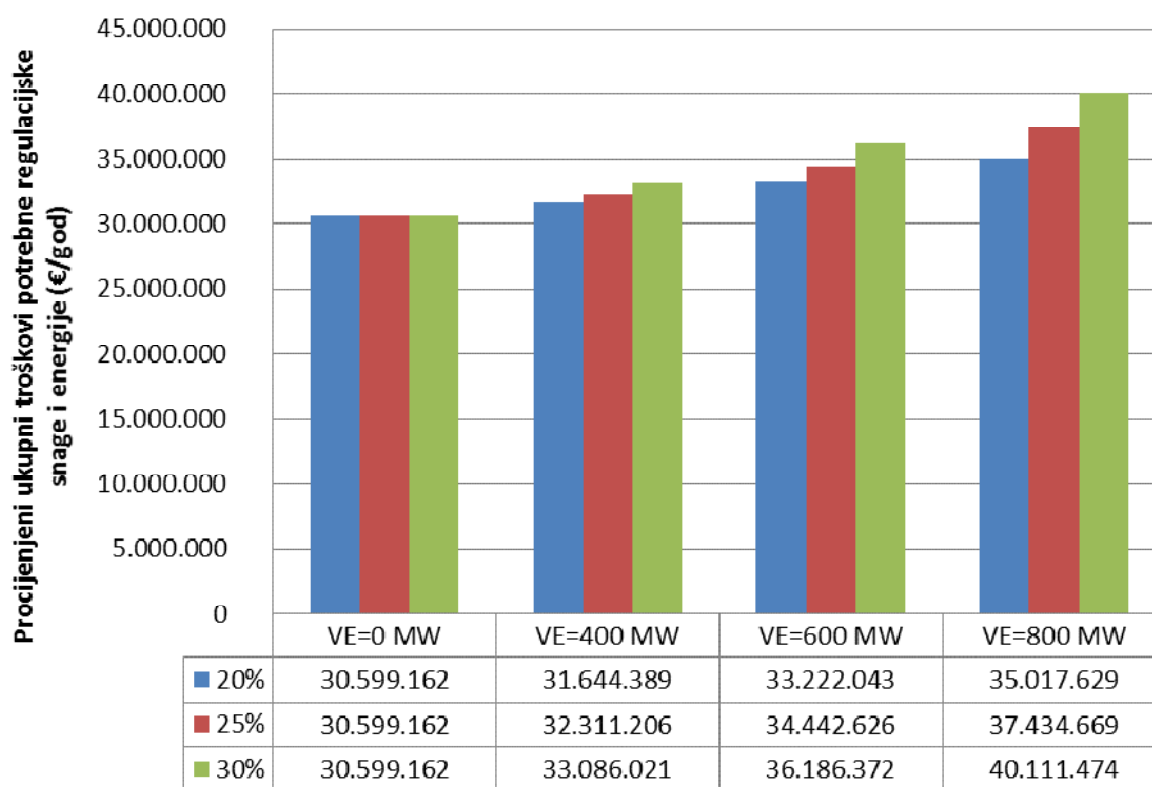
Sljedeće slike prikazuju procjenu ukupnih troškova energije uravnoteženja prikazano kroz troškove regulacijske energije, pri čemu se pretpostavlja da će se iz naknade uravnoteženje plaćati energija u regulaciji, te troškovi regulacijske rezerve (snage) koji se mogu financirati iz naknade za prijenos električne energije.

Integracijom dodatnih 400 MW vjetroelektrana, u odnosu na postojeću kvotu od 400 MW, može se očekivati dodatnih oko 100 GWh – 200 GWh potrebne regulacijske energije u sustavu, ovisno o razini pogreške prognoze proizvodnje VE. Raspoloživost proizvodnih kapaciteta koji bi osigurali tu energiju svakako je jedan od važnih kriterija prilikom odobravanja povećanja kvote mogućeg prihvata VE u EES Hrvatske.

Na sljedeća dva dijagrama 6.1.1 i 6.1.2 prikazani su ukupni troškovi regulacijske energije, odnosno snage i energije, počevši od scenarija bez VE.



Dijagram 6.1.1 Procijenjeni ukupni trošak potrebne regulacijske energije u sustavu u ovisnosti o kvaliteti prognoze VE; Izvor: www.hera.hr

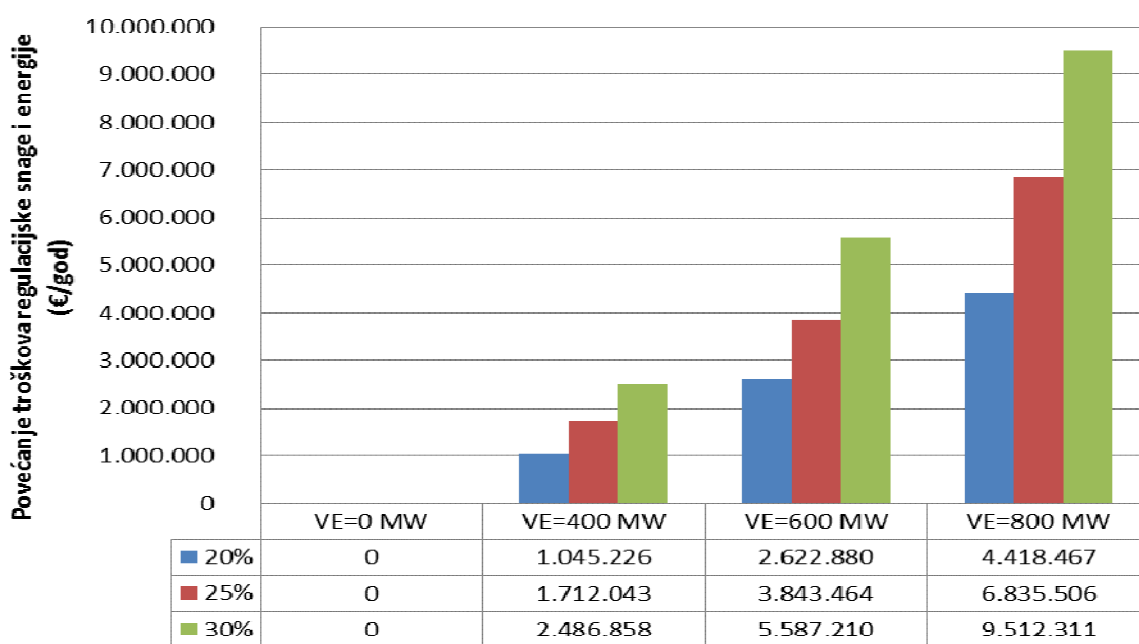


Dijagram 6.1.2 Procijenjeni ukupni troškovi potrebne regulacijske snage i energije u sustavu u ovisnosti o razini integracije i kvaliteti prognoze proizvodnje VE; Izvor: www.hera.hr

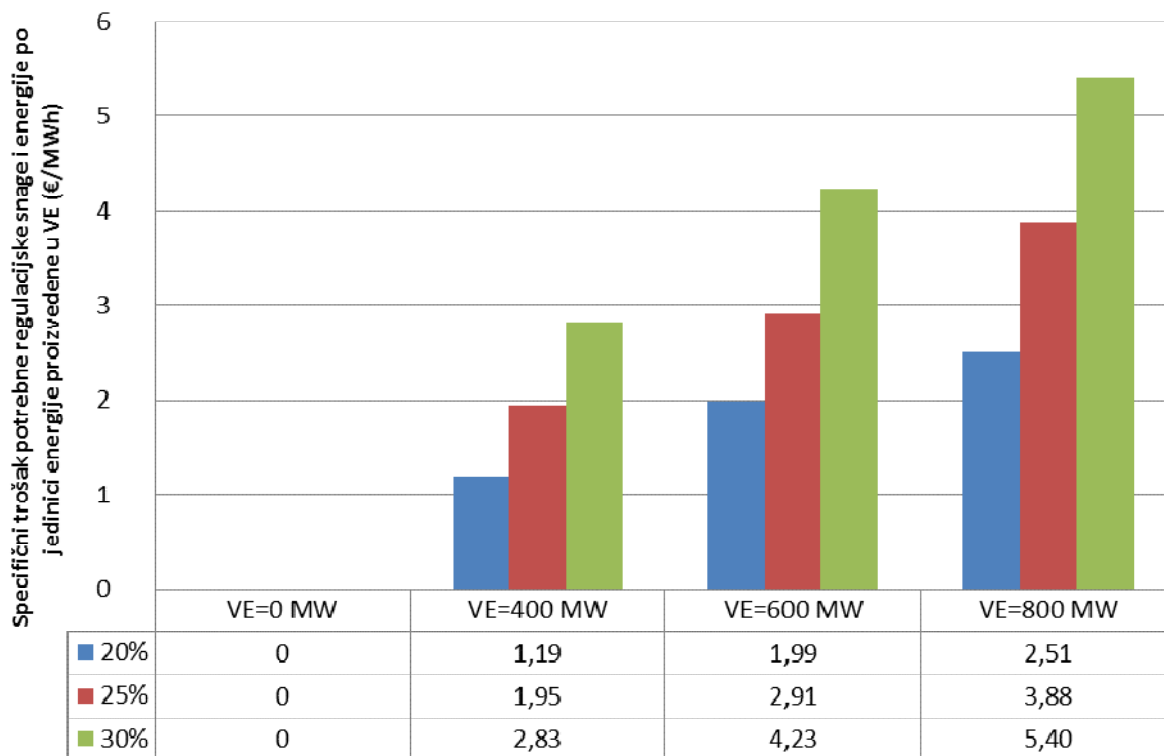
Integracijom 400 MW VE u EES može se očekivati dodatni trošak regulacije sustava u iznosu od 1,04 – 2,5 mil.€/godišnje ovisno o kvaliteti prognoze proizvodnje VE (20 – 25 – 30% pogreška dnevne prognoze).

Integracijom 600 MW VE u EES Hrvatske može se očekivati dodatni trošak između 2,6 – 5,6 mil.€/god, a integracijom 800 MW VE u sustavuće se pojaviti dodatni troškovi od 4,4 – 9,5 mil.€/god prikazano dijagramom 6.1.3. Ako se navedeni iznosi podijele s očekivanom proizvodnjom VE dobije se dodatni „trošak“ proizvodnje VE u rasponu 1,19 – 5,4 €/MWh, kako je prikazano dijagramom 6.1.4

Zaključno se može konstatirati da značajnija integracija VE u EES Hrvatske podrazumijeva značajno povećanje troškova za energiju uravnoteženja, kao i za pomoćne usluge. Bez obzira što navedeni troškovi i investicije dolaze s različitih naslova, potrebno ih je na vrijeme prepoznati i uspostaviti sustav kojim bi se osiguravala dostatna sredstva za njihovo pokrivanje.



Dijagram 6.1.3 Povećanje troškova regulacijske snage i energije u ovisnosti o instaliranoj snazi VE i kvaliteti prognoze proizvodnje VE; Izvor: www.hera.hr



Dijagram 6.1.4 Specifični troškovi potrebne regulacijske energije i snage po jedinici proizvedene energije iz VE;

Izvor: www.hera.hr

## 6.2 Integracija fotonaponskih sustava u elektroenergetski sustav

Ključni i reprezentativni dio fotonaponskih sustava je fotonaponska ćelija. To je poluvodič, silicij u 98% slučajeva pomoću kojeg se svjetlost Sunčevog zračenja izravno pretvara u električnu energiju, odnosno dolazi do pojave kod koje na krajevima prikladno oblikovanog poluvodičkog elementa za vrijeme izloženosti svjetlosti nastaje napon čime fotonaponska ćelija postaje izvor (istosmjerni) električne struje. Efekt izravne pretvorbe Sunčevog zračenja u električnu energiju poznat je kao fotonaponski efekt. Fotonaponski modul je element koji nastaje međusobnim povezivanjem više fotonaponskih ćelija. Pri tome se ćelije mogu međusobno spajati serijski u niz ili paralelno u podmodul. Moduli proizvode istosmjernu struju i to obično s naponom od 12 ili 24 V. Glavni razlog za povezivanje fotonaponskih ćelija u module je postizanje puno veće izlazne snage u odnosu na snagu koju bi omogućila pojedina ćelija. Tu su i još neke prednosti. Npr, njihovim se električnim spajanjem i fizičkim povezivanjem u modul značajno poboljšavaju uporabna svojstva kao što su jednostavnost rukovanja, postavljanja i održavanja te otpornost na vanjske utjecaje.



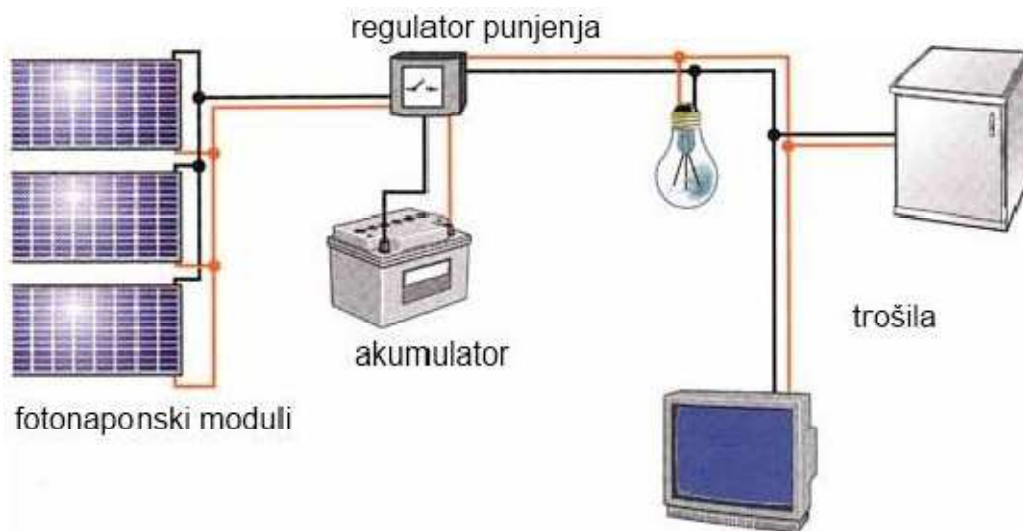
Također je bitno napomenuti kako fotonaponski moduli nemaju pokretnih dijelova što je veliki plus u odnosu na recimo vjetroturbine. Uz to, modul bi trebao imati što veću iskorištenost površine, uz što manju masu i prikladan dizajn, a istodobno bi trebao biti jednostavan za ugradnju i pristupačan cijenom.

Solarni generator je naziv za jedan ili više međusobno povezanih fotonaponskih elemenata (ćelija ili modula), određene nazivne snage izražene u Wp, kWp ili MWp (vršna snaga). Snaga solarnog generatora te izlazni napon i jakost struje ovise o broju i načinu spajanja modula, isto kao i kod spajanja ćelija u module. Naravno, nabrojani izlazni parametri najviše ovise o Sunčevom zračenju kao i o temperaturi samog modula. Solarni generator je izvor električne energije pa se u njegovom radu mogu pojaviti problemi kao i kod bilo kojih drugih električnih uređaja, a najčešći su: kratki spojevi, izboji na masu, prekidi strujnog kruga i zasjenjivanje pojedine ćelije ili dijela modula.

Dvije osnovne skupine fotonaponskih sustava su:

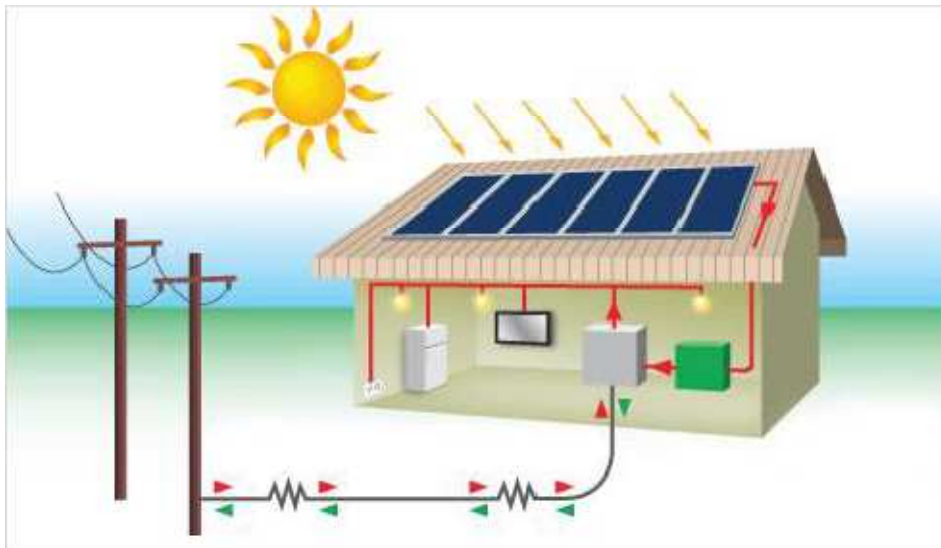
- Fotonaponski sustavi prikazani na slici 6.2.1 koji nisu priključeni na mrežu, a često se nazivaju i samostalnim, autonomnim ili otočnim sustavima,
- Fotonaponski sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu ili umreženi sustavi.

Autonomni sustavi su oni u kojima proizvedena električna energija služi za pokrivanje potreba potrošača koji nisu spojeni na javnu elektroenergetsku mrežu (vikendice, kampovi izolirani objekti na otocima ili planinama itd). U svakom elektroenergetskom sustavu proizvodnja električne energije uvijek mora odgovarati njezinoj potrošnji, a kako kod autonomnih fotonaponskih sustava to uglavnom nije slučaj, oni se opremaju spremnikom energije, odnosno akumulatorom. Autonomni sustavi mogu proizvoditi istosmjernu ili izmjeničnu struju (uz primjenu izmjenjivača). Njihovi uobičajeni sastavni dijelovi su: solarni generator, priključni ormarić, akumulatori, regulator punjenja, spoj na trošila te izmjenjivač (za trošila na izmjeničnu struju). Autonomni sustavi se najčešće izvode s fiksnim solarnim generatorom te jednoosnim ili dvoosnim sustavom praćenja prividnog kretanja Sunca. Ako su fotonaponski moduli fiksni, obično se postavljaju pod nekim kutem (optimalni kut je oko  $30^\circ$ ). Dok su kod takvih sustava investicijski troškovi manji u odnosu na sustave s praćenjem Sunca, proizvodnja električne energije je do 40% manja u odnosu na sustav s dvoosnim praćenjem prividnog kretanja Sunca. Podrazumijeva se da su investicijski troškovi takvih sustava dosta veći u odnosu na one bez praćenja Sunca pa preostaje pronaći kompromis ili optimalno rješenje za neku lokaciju.



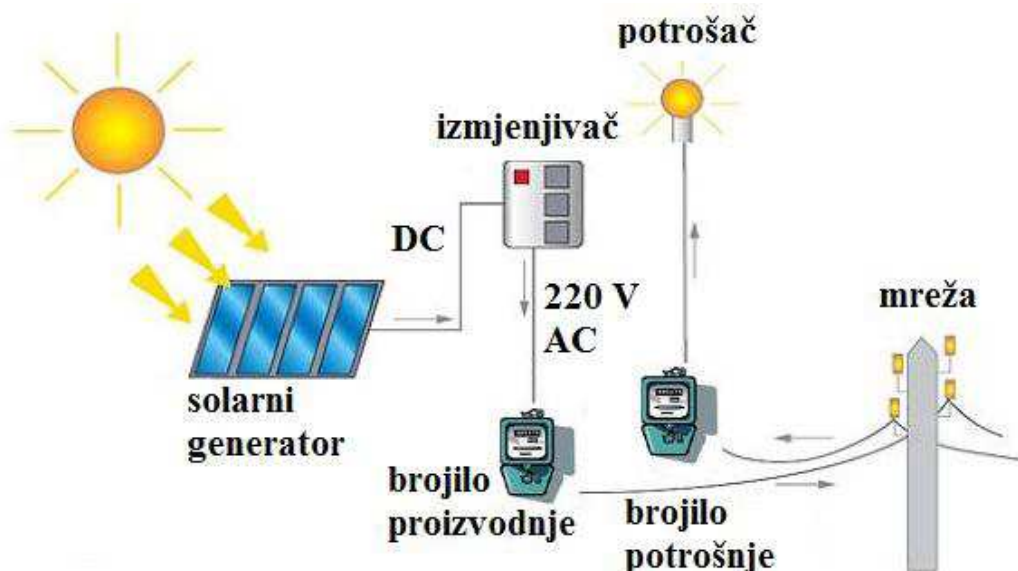
Slika 6.2.1 Autonomni fotonaponski sustav za trošila na istosmjernu struju; Izvor: [www.flamtron.hr](http://www.flamtron.hr)

Fotonaponski sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu ili umreženi fotonaponski sustavi su oni u kojima se proizvedena električna energija koristi za pokrivanje potreba objekta na kojem se sustav nalazi (obiteljske kuće, stambene zgrade i sl.) i javne elektroenergetske mreže ili samo javne elektroenergetske mreže (fotonaponske elektrane). Umreženi sustavi proizvode izmjeničnu struju pa moraju biti opremljeni izmjenjivačem, koji pretvara istosmjernu struju solarnog generatora u izmjeničnu, sinkroniziranu s naponom i frekvencijom mreže. U njihove se uobičajene sastavne dijelove ubrajaju: solarni generator, priključni ormarić, razvod istosmjerne struje, glavni prekidač istosmjerne struje, izmjenjivač, razvod izmjenične struje, razvodni ormarić sa zaštitnim i regulacijskim elementima te dvosmjernim električnim brojiлом i spoj na javnu elektroenergetsku mrežu. Primjenom umreženih sustava je otklonjen nedostatak autonomnih sustava, a to je nemogućnost usklađivanja proizvodnje i potrošnje električne energije (korištenje skupih akumulatora). Kod umreženih sustava ulogu spremnika električne energije ima javna elektroenergetska mreža pa kada je proizvodnja električne energije u solarnom generatoru veća od vlastitih potreba objekta, viškovi se isporučuju u mrežu, a kada je proizvodnja nedostatna za pokrivanje vlastitih potreba, energija se uzima iz mreže. Ipak, i kod primjene umreženih sustava postoje određeni problemi, posebno u vezi pretvorbe istosmjerne u izmjeničnu struju, npr. usklađivanje frekvencija, faza i napona na izlazu iz izmjenjivača s vrijednostima iz mreže što zahtjeva posebnu pozornost kod odabira izmjenjivača.



Slika 6.2.2 Fotonaponski sustav priključen na javnu mrežu preko kućne instalacije; Izvor: [www.hsuse.hr](http://www.hsuse.hr)

Fotonaponski sustavi priključeni na javnu mrežu preko kućne instalacije (slika 6.2.2) pripadaju distribuiranoj proizvodnji električne energije i u paralelnom su spoju s mrežom. Oni tako omogućuju povezivanje distribuiranih sustava na centralizirane sustave, odnosno sustave priključene uglavnom na niskonaponsku razinu elektroenergetskog sustava. Takvi se sustavi obično mogu podijeliti na one do 30 kW, od 30 kW do 100 kW i preko 100 kW, dok u Hrvatskoj vrijedi podjela prema instaliranoj snazi do 10 kW, od 10 kW do 30 kW i preko 30 kW.



Slika 6.2.3 Fotonaponski sustav izravno priključen na javnu elektroenergetsku mrežu; Izvor: [www.powerlab.fsb.hr](http://www.powerlab.fsb.hr)

Posljedično razvoju tržišta fotonaponske tehnologije, fotonaponski se sustavi počinju ugrađivati ne samo na građevinama ili u njihovoj neposrednoj blizini, nego i na slobodnim površinama u blizini elektroenergetske mreže do priključka na nisku, srednju ili visoku razinu napona elektroenergetskog sustava. Ti su sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu kako je prikazano na slici 6.2.3 i svu proizvedenu električnu energiju predaju izravno u elektroenergetski sustav.

## **7. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U HRVATSKOJ I ISTARSKOJ ŽUPANIJI**

Cilj Europske unije je da do 2020. godine Hrvatska koristi 20% energije iz obnovljivih izvora. Viši udio obnovljivih izvora energije u konačnoj potrošnji omogućava smanjenje proizvodnje stakleničkih plinova, ali i manju ovisnost o uvezenoj električnoj energiji. Razvoj industrije s obnovljivim izvorima energije potiče tehnološke inovacije i otvaranje novih radnih mjesta u Europi. U sektoru zgradarstva na razini EU potiče se uporaba energije iz obnovljivih izvora u novim i obnovljenim zgradama.

U pogledu hrvatskih planova za 2020. godinu, u skladu s Direktivom 2009/28/EZ o obnovljivoj energiji, Hrvatska se obvezala dostići udio od 20% energije iz obnovljivih izvora u konačnoj bruto potrošnji energije, što je ugrađeno u Strategiju energetskog razvitka Republike Hrvatske.

### **7.1 Vjetroelektrane u Hrvatskoj i Istarskoj županiji**

Posljednjih godina HOPS je zaprimio velik broj zahtjeva za priključak novih vjetroelektrana, ukupne snage veće od 2000 MW. S obzirom na veličinu i karakteristike hrvatskog elektroenergetskog sustava, posebno u pogledu mogućnosti regulacije snage i frekvencije, procijenjeno je da trenutno nije moguće integrirati VE ukupne priključne snage više od okvirno 400 MW (kvota).

U postojećem tretmanu priključaka planiranih VE na prijenosnu mrežu razlikuju se tri osnovne kategorije

- VE (izgrađene, u izgradnji) koje su unutar kvote od okvirno 400 MW
- VE koje imaju Ugovor o priključenju na prijenosnu ili distribucijsku mrežu, te čekaju ulazak u kvotu kada se ista povisi.

- ostale VE (s izdanom prethodnom elektroenergetskom suglasnošću, s revidiranom preliminarnom analizom priključka na prijenosnu mrežu, one koje su se javile na poziv za izradu Plana).

Potrebno je naglasiti da ovdje prikazan plan priključenja VE ne predstavlja konačnu dinamiku njihove izgradnje i priključka na prijenosnu mrežu, budući da o Investitorima ovisi kako će dalje razvijati projekt. HOPS će u budućnosti, zajedno s mjerodavnim institucijama (HERA, MINGO), i dalje raditi na potrebnim aktivnostima za povećanje kvote VE te njihovoj ubrzanom integraciji u elektroenergetski sustav.

Kasnije prikazan plan razvoja prijenosne mreže određen je uz pretpostavku povećanja kvote na 600 MW do 2020. godine, te do 800 MW u 2024. godini. HOPS očekuje da će u navedenom razdoblju eventualno biti moguće osigurati dostatnu rezervu sekundarne i brze tercijarne P/f regulacije, što prvenstveno ovisi o realizaciji planova izgradnje novih konvencionalnih proizvodnih objekata. U slučaju veće integracije VE od pretpostavljene u ovom planu (Pins VE > 800 MW), predviđa se priključak istih ostvariti uglavnom primjenom principa zonskog priključka. Zonski priključak predviđa formiranje jednog novog mrežnog čvora 400(220)/110 kV na ograničenom području koje obuhvaća nekoliko VE sa osnovnom zadaćom prihvata (priključenja) svih obuhvaćenih VE, odnosno novog voda 110 kV ukoliko nije potrebno povezivati mreže različitih naponskih razina. Način formiranja takve zone i financijske obveze investitora u VE bit će definirani novom Uredbom Vlade RH o uvjetima priključenja i izdavanja energetske suglasnosti (obveza Vlade prema čl. 32. Zakona o energiji) koja je u trenutku izrade ovog Plana u izradi, što je nužan uvjet za njihovo formiranje. Ako do toga ne dođe ili bude drugačije definirano morati će se mijenjati navedena koncepcija priključenja novih elektrana, što će se moći učiniti tek pri donošenju novog desetogodišnjeg plana.

Prema prikazanim pretpostavkama, uz postojeće VE ukupne snage 339,45 MW do 2015. godine očekuje se izgradnja i preostalih VE iz sadašnje kvote ukupne snage 81,5 MW prikazano u tablici 7.1.1, nakon čega bi se do 2020. godine eventualno moglo priključiti dodatnih 180 MW, a nakon 2020. godine još 200 MW ili više.

<b>IME VJETROELEKTRANE</b>	<b>INSTALIRANA SNAGA (MW)</b>	<b>NAPONSKA RAZINA PRIKLJUČKA (kV)</b>
RUDINE	35	110
OGORJE	44	110
POMETENO BRDO (proširenje)	2,5	110
<b>UKUPNO</b>	<b>81,5 MW</b>	

Tablica 7.1.1 Planirane VE za priključak na prijenosnu mrežu (planirano za izgradnju od 2015-2020. godine, koje su ušle u kvotu); Izvor: www.hera.hr

Tablice u nastavku prikazuju VE koje u trenutku izrade ovog plana imaju Ugovor o priključenju i čekaju ulazak u kvotu tablica 7.1.2, te projekte koji još nemaju Ugovor o priključenju na mrežu tablica 7.1.3. U sklopu poziva na dostavljanje podataka o namjeri priključka na prijenosnu mrežu, HOPS je prikupio dodatne zahtjeve vezane za izgradnju VE Obzova 36 MW (lokacija otok Krk) i VE Moseć-2/VE Movran/VE Runjevac 80 MW (lokacija u neposrednoj blizini TS Konjsko), te iskaze namjere proširenja VE Velika Glava, Bubrig i Crni Vrh (dodatnih 45 MW), VE Rudine (dodatnih 35 MW) i VE Mazin-Bruvno 2A (dodatnih 18 MW).

<b>IME VJETROELEKTRANE</b>	<b>SNAGA (MW)</b>	<b>NAPONSKA RAZINA PRIKLJUČKA (kV)</b>
ZELENGRAD - OBROVAC	12	110
KATUNI	39	110
LUKOVAC	48	110
JASENICE	10	SN
ZD6P	45	110
GLUNČA	22	110
KOM - OBRAD -GREDA	10	SN
<b>UKUPNO</b>	<b>186 MW</b>	

Tablica 7.1.2 Planirane VE za priključak na prijenosnu mrežu (planirane za izgradnju do 2020. godine, VE koje nisu u kvoti, a imaju Ugovor o priključenju); Izvor: www.hera.hr

<b>IME VJETROELEKTRANE</b>	<b>SNAGA (MW)</b>
KRŠ - PAĐENE	142
OPOR	33
VOŠTANE	27
OTRIĆ	20
ST 3-1/2VISOKA ZELOVO	33
BRUVNO	45
MAZIN	45
MAZIN 2	20
BORAJA	45
ORLJAK	42
KONAVOSKA BRDA	120
KORLAT	58
ČEMERNICA	43,5
VRATARUŠA 2	24
ZD2P	48
ZD3P	33
SENJ	156
ĆUĆIN	27
FUŽINE	56
RUST	120
BRDO - UMOVI	127,5
GOLI	72
KOZJAK	36
ORLIĆ	16
PUSTO POLJE - LISAC	82,5
RAVNO VRDOVO	98
RIPENDA	18
UDBINA	120
UNIŠTA	16
VUČIPOLJE	82
ZELOVO	44
ŽUJINO POLJE	80
<b>UKUPNO HOPS</b>	<b>1929,5</b>
LJUBAČ	10
<b>UKUPNO HEP - ODS</b>	<b>10</b>
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>1939,5</b>

Tablica 7.1.3 Planirane VE za priključak na mrežu (planirano za izgradnju do 2024. godine, VE koje nisu u kvoti, bez Ugovora o priključenju); Izvor: www.hera.hr



## 7.2 Fotonaponske elektrane u Hrvatskoj i Istarskoj županiji

### Solarna elektrana Kanfanar

Najveća fotonaponska elektrana u Hrvatskoj nalazi se uz županijsku cestu na ulazu u Kanfanar (slika 7.2.1). Navedena elektrana ima instaliranu snagu nešto manju od jednog megavata, zauzima 21 tisuću četvornih metara, sastoji se od 4000 fotonaponskih modula i električnom energijom bi trebala opskrbljivati 350 kućanstava. Zanimljivo je da je investitor uspio sklopiti ugovor s HROTE-om po starom modelu na 12 godina, po starim povoljnim otkupnim cijenama električne energije i da će mu se investicija vrijednosti 1.5 milijuna eura isplatiti u roku od osam do deset godina. Također, investitor uz ovu elektranu na drugom zemljištu namjerava izgraditi još jednu elektranu iste snage.



Slika 7.2.1 Solarna elektrana Kanfanar; Izvor: [www.glasistre.hr](http://www.glasistre.hr)



## Solarna elektrana Barban

U Poduzetničkoj zoni Barban izgrađena je fotonaponska elektrana (slika 7.2.2) tvrtke Amnis Energija sa snagom od 0,57 MW te je, nakon kanfanarske elektrane od jednog megavata, druga solarna elektrana po snazi u Istri. Elektrana se sastoji od 2.866 panela raspoređenih na površini od 1,2 hektara, a investicija Amnis Energije, koja djeluje u sklopu LSG grupe sa sjedištem u Beču, teška je 1,2 milijuna eura. Sva proizvedena energija trošit će se u istoimenoj poduzetničkoj zoni.



Slika 7.2.2 Solarna elektrana Barban; Izvor: [www.glasistre.hr](http://www.glasistre.hr)

## Solarna elektrana Orahovica 1

Puštena u rad 2012.godine, trenutne snage 0.5 MW, a izgradnjom elektrana "Orahovica 2" i "Orahovica 3" ukupna snaga iznositi će 2,5 MW. Ukupno je ugrađeno 2.000 fotonaponskih modula na površini od 15.000 m<sup>2</sup>. Elektrana je izvedena korištenjem polikristalne fotonaponske

tehnologije visoke učinkovitosti. Investitor je tvrtka "SunStroom" iz Španjolske. Investitor će plaćati 100 tisuća eura godišnje lokalnoj upravi za najam zemljišta. Očekivani prihod iznosi 1,6 milijuna eura, a očekivani povrat investicije se procjenjuje na 8 godina

### Solarna elektrana Petrokov

2012. godine u Svetoj Klari otvorena je elektrana "Petrokov" (slika 7.2.3) snage 400 kW . Solarna elektrana je izgrađena na krovovima skladišta istoimene tvrtke koja je ujedno i vlasnik elektrane. Povrat investicije vrijedne 9 milijuna kuna očekuje se za 9,5 godina. Fotonaponski sustav ima više od 2.000 fotonaponskih modula, postavljenih pod kutom 25°, dok nazivna snaga jednog modula iznosi 185 W



Slika 7.2.3 Solarna elektrana Petrokov; Izvor: [www.geo-solar.hr](http://www.geo-solar.hr)

## 8. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme sve se više govori o obnovljivim izvorima energije kako bi se smanjilo emisiju štetnih plinova, što je moguće postići korištenjem obnovljivih izvora energije jer oni ne zagađuju okoliš, bar ne u tolikoj mjeri kao uobičajeni neobnovljivi izvori.

Problem kod obnovljivih izvora je taj da proizvodnja električne energije uvelike ovisi o vremenskim prilikama na koje je nemoguće utjecati. Primjerice kod vjetroelektrana je problem što brzina vjetra nikad nije stalna pa tako ni proizvodnja električne energije nije stalna, javljaju se oscilacije u proizvodnji. Da bi se to smanjilo na najmanju moguću mjeru potrebno je razvijati pametne mreže kako bi se balansirala energija u sustavu, kad se pojavi višak energije, tu energiju je potrebno uskladištiti da bi se ona mogla koristiti kod manjka energije. Uvode se pametna brojila kako bi se ostvarila komunikacija između proizvođača i potrošača s ciljem boljeg iskorištavanja energije. Pametna mreža omogućuje integraciju obnovljivih izvora u elektroenergetski sustav a temelji se na upotrebi naprednih informacijskih i telekomunikacijskih tehnologija kako bi se smanjili utjecaji distribuiranih izvora na prilike u mreži.

U Republici Hrvatskoj postoji velik potencijal iskorištavanja obnovljivih izvora energije ali je potrebno paralelno sa njima razvijati pametnu mrežu kako bi se obnovljivi izvori uspješno integrirali u elektroenergetsku mrežu.

U interesu održivog razvoja i zaštite okoliša potrebno je ukinuti ili bar povećati kvote za sklapanje ugovora o otkupu električne energije koje koče ulaganja u obnovljive izvore energije.

## 9. POPIS SLIKA, TABLICA I DIJAGRAMA, TUMAČENJE SKRAĆENICA

### Popis slika:

Slika 2.1 Vjetroelektrana.

Slika 2.2 Hidroelektrana.

Slika 2.3 Pretvorba sunčeve energije u električnu.

Slika 2.4 Proizvodnja električne energije pomoću geotermalne energija.

Slika 2.6 Distribuirani izvor.

Slika 3.2.1 Primjer radijalne mreže s 5 čvorišta i priključenim elektranama u 1. i 4. čvorištu.

Slika 4.1 Pametna brojila.

Slika 4.3.1 Reverzibilna hidroelektrana.

Slika 4.3.2 Supravodljivo magnetsko skladištenje energije (SMES).

Slika 4.4.1 Virtualna elektrana.

Slika 4.4.2 Aktivnosti komercijalne virtualne elektrane.

Slika 4.4.3 Aktivnosti tehničke virtualne elektrane.

Slika 4.4.4 KVEE i TVEE i njihova međusobna interakcija na tržištu.

Slika 5. Elektroenergetska mreža.

Slika 5.2 Prijenosna mreža Hrvatske.

Slika 6.2.1 Autonomni fotonaponski sustav za trošila na istosmjernu struju.

Slika 6.2.2 Fotonaponski sustav priključen na javnu mrežu preko kućne instalacije.

Slika 6.2.3 Fotonaponski sustav izravno priključen na javnu elektroenergetsku mrežu.

Slika 7.2.1 Solarna elektrana Kanfanar.

Slika 7.2.2 Solarna elektrana Barban.

Slika 7.2.3 Solarna elektrana Petrokov.

### Popis tablica i dijagrama:

Tablica 3.1 Gubici mreže ovisno o snazi solarne elektrane.

Tablica 5.1 Proizvodnja i potrošnja električne energije po tipu elektrane u GWh.

Tablica 7.1.1 Planirane VE za priključak na prienosnu mrežu (planirano za izgradnju od 2015-2020. godine, koje su ušle u kvotu).

Tablica 7.1.2 Planirane VE za priključak na prijenosnu mrežu (planirane za izgradnju do 2020. godine, VE koje nisu u kvoti, a imaju Ugovor o priključenju).

Tablica 7.1.3 Planirane VE za priključak na mrežu (planirano za izgradnju do 2024. godine, VE koje nisu u kvoti, bez Ugovora o priključenju).

Dijagram 3.2.2 Naponske prilike u mreži sa slike 3.2.1 prije i poslije priključenja elektrana.

Dijagram 6.1.1 Procijenjeni ukupni trošak potrebne regulacijske energije u sustavu u ovisnosti o kvaliteti prognoze.

Dijagram 6.1.2 Procijenjeni ukupni troškovi potrebne regulacijske snage i energije u sustavu u ovisnosti o razini integracije i kvaliteti prognoze proizvodnje VE.

Dijagram 6.1.3 Povećanje troškova regulacijske snage i energije u ovisnosti o instaliranoj snazi VE i kvaliteti prognoze proizvodnje VE.

Dijagram 6.1.4 Specifični troškovi potrebne regulacijske energije i snage po jedinici proizvedene energije iz VE.

#### **Tumačenje skraćenica:**

RH – Republika Hrvatska

OIE – obnovljivi izvori energije

HE – hidroelektrane

SN – srednjenaponska

NN – niskonaponska

ODS – Operator distribucijskog sustava

EES – elektroenergetski sustav

SMES - supravodljivo magnetsko skladištenje energije

VE - vjetroelektrane

VEE – virtualne elektrane

OVEE – operator virtualne elektrane

KVEE – komercijalne virtualne elektrane

TVEE – tehničke virtualne elektrane

DI – distribuirani izvori

HEP – Hrvatska elektroprivreda

HOPS – Hrvatski operator prijenosnog sustava

HERA – Hrvatska energetska regulatorna agencija

HROTE – Hrvatski operator tržišta energije

MINGO – Ministarstvo gospodarstva

## 10. POPIS LITERATURE

1. Majdandžić, L.J. Solarni sustavi
2. Potočnik, V., Lay, V. Obnovljivi izvori energije i zaštita okoliša u Hrvatskoj
3. Škrlec, D., Capuder, T. Distribuirana proizvodnja

### Internet:

4. [http://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/Tomislav\\_Alinjak\\_-\\_Kvalifikacijski\\_doktorski\\_ispit.pdf](http://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Tomislav_Alinjak_-_Kvalifikacijski_doktorski_ispit.pdf)
5. [http://www.obnovljivi.com/pdf/PDF\\_OBNOVLJIVI\\_COM/URH\\_T1\\_4.nova\\_energetika-vodice-smart\\_grid.pdf](http://www.obnovljivi.com/pdf/PDF_OBNOVLJIVI_COM/URH_T1_4.nova_energetika-vodice-smart_grid.pdf)
6. [http://www.eihp.hr/~ndizdar/CIGRE2003\\_01.pdf](http://www.eihp.hr/~ndizdar/CIGRE2003_01.pdf)
7. [http://www.mojastruja.net/Pristup\\_i\\_koraci\\_SM.pdf](http://www.mojastruja.net/Pristup_i_koraci_SM.pdf)
8. <http://hro-cigre.hr/CMS/content/1/41/C6-05.pdf>
9. <https://library.e.abb.com/public/e163f892b3d4b305c1257a100036024c/Smart%20Grid%20-%20Napredne%20mreze%20iz%20iskustva%20ABB-a.pdf>
10. <http://www.vjetroelektrane.com/aktualno/1729-vjetroelektrane-u-hrvatskoj-2014>
11. [http://www.regea.org/cro2013/images/prezentacije/CROENERGY2013\\_Radionica%20I\\_Vladimir%20Matjacic%20-%20Primjer%20dobre%20prakse%201%20ZD4.pdf](http://www.regea.org/cro2013/images/prezentacije/CROENERGY2013_Radionica%20I_Vladimir%20Matjacic%20-%20Primjer%20dobre%20prakse%201%20ZD4.pdf)
12. [http://atlas.geog.pmf.unizg.hr/e\\_skola/geo/mini/vjetar\\_u\\_hrvatskoj/postojece\\_u\\_izradi\\_u\\_planu.html](http://atlas.geog.pmf.unizg.hr/e_skola/geo/mini/vjetar_u_hrvatskoj/postojece_u_izradi_u_planu.html)
13. <http://www.poslovni.hr/tag/solarne-elektrane-i-solarni-parkovi-u-rh-9823>
14. <http://www.obnovljivi.com/aktualno/2069-energetska-neovisnost-hrvatska?showall=1>
15. [http://across.fer.hr/\\_download/repository/2013\\_ACROSS\\_WS\\_CTP\\_CRES\\_SG\\_Josip\\_Tosic.pdf](http://across.fer.hr/_download/repository/2013_ACROSS_WS_CTP_CRES_SG_Josip_Tosic.pdf)
16. <http://soltech.hr/2013/01/04/u-istri-izgradena-najveca-solarna-elektrana-u-hrvatskoj/>
17. [http://www.istra-istria.hr/fileadmin/poddomene/IRENA/F\\_Predavanje\\_ISTRA\\_-\\_Novi\\_energetski\\_koncepti\\_10-11-2012.pdf](http://www.istra-istria.hr/fileadmin/poddomene/IRENA/F_Predavanje_ISTRA_-_Novi_energetski_koncepti_10-11-2012.pdf)
18. [http://www.hera.hr/hr/docs/2014/Prijedlog\\_2014-11-07.pdf](http://www.hera.hr/hr/docs/2014/Prijedlog_2014-11-07.pdf)
19. <http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2014/10/EUHweb12.pdf>
20. <http://www.smartgrids.eu/>