

# Primjena naprednih mreža

---

**Matetić, Iva**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:186:511023>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-24**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences - FHSSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
Sveučilišni preddiplomski studij politehnike

Završni rad  
PRIMJENA NAPREDNIH MREŽA

Rijeka, Rujan 2018.

Iva Matetić

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
Sveučilišni preddiplomski studij politehnike

Završni rad  
PRIMJENA NAPREDNIH MREŽA  
Mentor: Izv. prof.. dr. sc. Lidija Runko Luttenberger

Rijeka, Rujan 2018.

Iva Matetić

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
STUDIJ POLITEHNIKE

Povjerenstvo za završne i diplomske ispite

|   |        |
|---|--------|
| Sveučilište u Rijeci<br>Odsjek za politehniku |        |
| Datum   | Prilog |
| Klasa:  |        |
| Ur. Broj:                                     |        |

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: Iva Matetić

Mat.broj:

Naslov: Primjena naprednih mreža

Opis zadatka:

Opisati mogućnosti naprednih mreža obzirom na potrebu uvođenja decentraliziranih obnovljivih izvora energije i uravnoteženja potreba za energijom s raspoloživom energijom, obraditi integriranje električnih vozila (V2G) za pohranu, te predložiti način uvođenja naprednih mreža u hrvatski elektroenergetski sustav.

Zadatak zadao:

Doc. Dr. sc. Lidija Runko Luttenberger

Rok predaje rada:

1. lipnja 2018.

Predsjednik povjerenstva:

Doc.dr.sc. Damir Purković



## SADRŽAJ

|   |     |
|---|-----|
| SADRŽAJ .....   | I   |
| POPIS SLIKA .....                                     | II  |
| POPIS TABLICA.....                                    | III |
| SAŽETAK.....  | IV  |
| 1. Uvod .....   | 1   |
| 2. Napredne mreže .....                               | 2   |
| 3. Implementacija napredne mreže .....                | 5   |
| 3.1. Značajke naprednih mreža .....                   | 9   |
| 3.2. Prednosti dobave električne energije.....        | 12  |
| 3.3. Pametna kuća .....                               | 14  |
| 4. Napredne mreže u Hrvatskoj .....                   | 16  |
| 4.1. Politika EU.....                                 | 17  |
| 4.2. HEP.....   | 19  |
| 4.3. Temeljni koraci za uvod napredne mreže u HR..... | 20  |
| 5. Obnovljivi izvori energije.....                    | 22  |
| 5.1. Klimatske promjene i energija.....               | 23  |
| 5.2. Solarna fotonaponska snaga.....                  | 24  |
| 5.3. Integriranje električnih vozila (V2G).....       | 25  |
| 6. V2G sustav spajanja vozila s mrežom.....           | 27  |
| 5. Zaključak .....                                    | 32  |
| LITERATURA.....                                       | 34  |
| PRILOZI.....  | 36  |

**POPIS SLIKA**

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Slika 1:  | Evolucijski karakter naprednih mreža .....  | 2  |
| Slika 2.  | Područja tehnologije napredne mreže .....   | 4  |
| Slika 3.  | Tehnološka rješenja – Odnosi o ključnoj vrijednosti područja .....  | 11 |
| Slika 4.  | Prikaz rada pametne kuće .....  | 15 |
| Slika 5.  | Sustavi naprednih mreža po JRC, Hrvatska (2002.-2020.) .....  | 17 |
| Slika 6.  | Napredak obnovljivih izvora energije po zemlji.....   | 25 |
| Slika 7.  | Solarni fotonaponski kapacitet instaliran i povezan u Hrvatskoj od 2013. do 2017. godine (u Megawattima). ..... | 26 |
| Slika 8.  | Opterećenje struje u trenutnoj energetskej infrastrukturi.....  | 28 |
| Slika 9.  | Opterećenja struje u trenutnoj energetskej infrastrukturi u kombinaciji s V2G tehnologijom.....                 | 29 |
| Slika 10. | Okrug Lombok i njegove stanice za punjenje Električnih Vozila.....  | 31 |

## POPIS TABLICA

|   |    |
|---|----|
| Tablica 1. Sedam glavnih značajki naprednih mreža .....                     | 9  |
| Tablica 2. Sredstva potpore iz EU fondova za istraživanje i inovacije)..... | 19 |
| Tablica 3. Konzorcij Pametnog Solarnog Punjenja (SSC) .....                 | 30 |



## SAŽETAK

Električna infrastruktura brzo postiže svoj maksimalni kapacitet, a napredna mreža predstavlja rješenje tog problema. Bitni elementi napredne mreže, poput napredne mjerne infrastrukture i obnovljivih izvora energije, predstavljaju izazov za postojeće energetske menadžerske pristupe. Rad električne mreže više nije jednosmjernan, stoga postoji više mogućnosti kako upravljati njome. Iako su tradicionalni elektroenergetski sustavi dobro razvijeni za rješavanje varijabilne prirode zahtjeva opterećenja, dodatna varijabilnost i neizvjesnost integracije obnovljivih izvora uzrokuje nagle oscilacije električne energije koja predstavlja značajnu prijetnju stabilnosti električne mreže. Napredna mreža je tehnologija budućnosti koja se planira iskoristiti za razvoj Hrvatske. Europska unija se zalaže za ekonomičnu upotrebu energije te je od velike važnosti kako će se uvesti ovaj sustav u Hrvatsku.

Ključne riječi: Napredna mreža, električna mreža, napredna mjerna infrastruktura, obnovljivi izvori energije.

## **APPLICATION OF SMART GRID**

### **SUMMARY**

With electrical infrastructure quickly achieving its maximum capacity, smart grid is the solution to this problem. Essential elements of smart grid, such as advanced metering infrastructure and renewable energy sources present a challenge for the existing energy management approaches. Electric grid operation is no longer one-way, so there are various options how to manage it.. Although traditional power systems are well developed to address the variable nature of load requirements, the additional variability and uncertainty of the integration of renewable sources causes sudden power oscillations that pose a significant threat to the stability of power grid. Smart grid is the future of technology that is intended to be used for Croatia's development. The European Union is committed to the economical use of energy and the method of introducing such technology in the Republic of Croatia is of great importance.

Keywords: Smart grid, power grid, smart metering infrastructure, renewable energy sources.

## 1. Uvod

Cilj ovog rada je ukazati na važnost naprednih mreža, njihove mogućnosti te kako uz njih štedimo električnu energiju, to jest kako je trošimo na ekonomičan način. Najrazvijenije zemlje su već počele primjenjivati ovaj sustav te možemo reći da razvoj hrvatskog gospodarstva ovisi dijelom i o načinu na koji koristimo električnu energiju. Uz pametne mreže usko je vezano i integriranje električnih vozila u pametnu mrežu (V2G) za pohranu.

Nakon uvoda, obrada problematike započinje drugim poglavljem, koje govori općenito o naprednoj mreži. U trećem poglavlju rada opisuje se implementacija napredne mreže. Prikazane su značajke naprednih mreža, prednosti dobave električne energije, pametne kuće, upravljanje distribuiranim energetske resursima i distribucijski sustav napredne mreže.

Način uvođenja naprednih mreža u Hrvatski elektroenergetski sustav naslov je četvrtog poglavlja rada. Zatim se obrađuje politika u Europskoj Uniji što se tiče naprednih mreža i HEP-a kao glavnog isporučitelja električne energije u Republici Hrvatskoj.

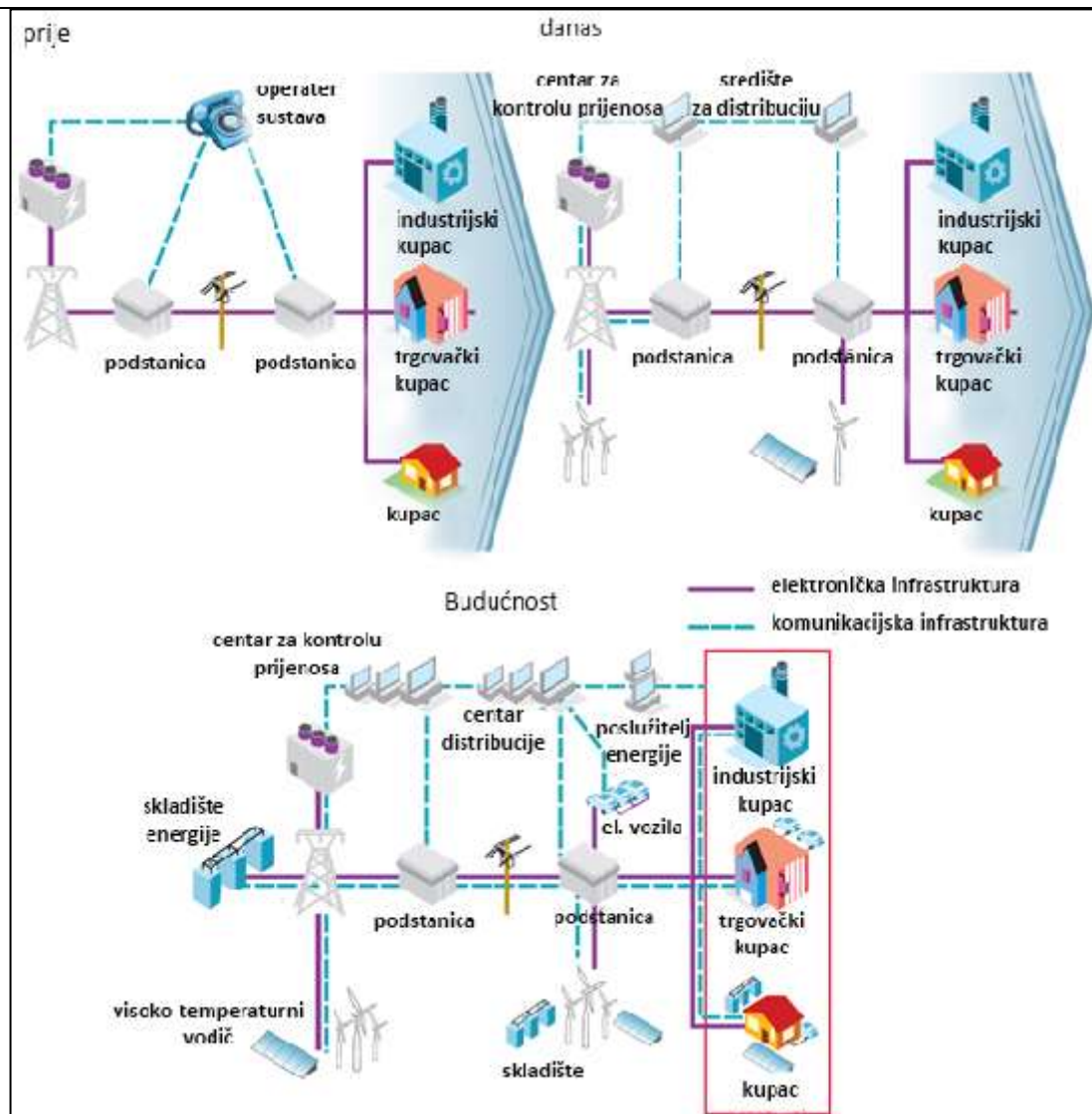
U petom poglavlju se obrađuju obnovljivi izvori energije poput solarnih ploča, energije vjetra, te se kao zadnje šesto poglavlje integracija električnih vozila u sustav naprednih mreža i način punjenja električnih vozila.

Zaključak rada navodi temeljne spoznaje do kojih se došlo pisanjem rada te istraživanjem literature potrebne za njegov nastanak. Rad je nastao prije svega metodom istraživanja sekundarnih izvora literature, od knjiga i članaka do internetskih izvora. Od ostalih metoda, u radu su korištene metoda indukcije i dedukcije, metoda analize i sinteze, deskriptivna metoda, metoda kompilacije te metoda komparacije.

## 2. Napredne mreže

Napredna mreža (eng. smart grid) je elektroenergetska mreža koja koristi digitalne i druge napredne tehnologije za praćenje i upravljanje transportom električne energije iz svih izvora proizvodnje za zadovoljenje različitih zahtjeva potrošača električne energije. Napredna mreža koordinira potrebe i kapacitete svih generatora, mrežnih operatera, krajnjih korisnika i dionika na tržištu električne energije kako bi što učinkovitije upravljali svim dijelovima sustava, umanjivši troškove i utjecaje na okoliš, istovremeno povećavajući pouzdanost sustava, otpornost i stabilnost.

Napredne mreže uključuju elektroenergetske mreže (sustave prijenosa i distribucije) i sučelja s proizvodnjom, skladištenjem i krajnjim korisnicima. Iako su mnoge regije već započele razvijati pametniji elektroenergetski sustav, bit će potrebna značajna dodatna ulaganja i planiranje za postizanje napredne mreže. Napredne mreže su razvojni skup tehnologija koje se primjenjuju u različitim okruženjima širom svijeta, ovisno o lokalnoj komercijalnoj atraktivnosti, kompatibilnosti s postojećim tehnologijama, regulatornim kretanjima i investicijskim okvirima. Slika 1. pokazuje evolucijski karakter naprednih mreža.



Slika 1.: Evolucijski karakter naprednih mreža [1].

Svjetski elektroenergetski sustavi suočeni su s brojnim izazovima, uključujući starenje infrastrukture, kontinuirani rast potražnje, integraciju sve većeg broja promjenjivih obnovljivih izvora energije i električnih vozila, potrebu za poboljšanjem sigurnosti opskrbe i potrebom smanjenja emisija ugljičnog dioksida. Inteligentne tehnologije naprednih mreža nude načine ne samo za rješavanje ovih izazova, već i za razvoj čistije opskrbe energijom koja je energetske učinkovitija, pristupačnija i održivija.

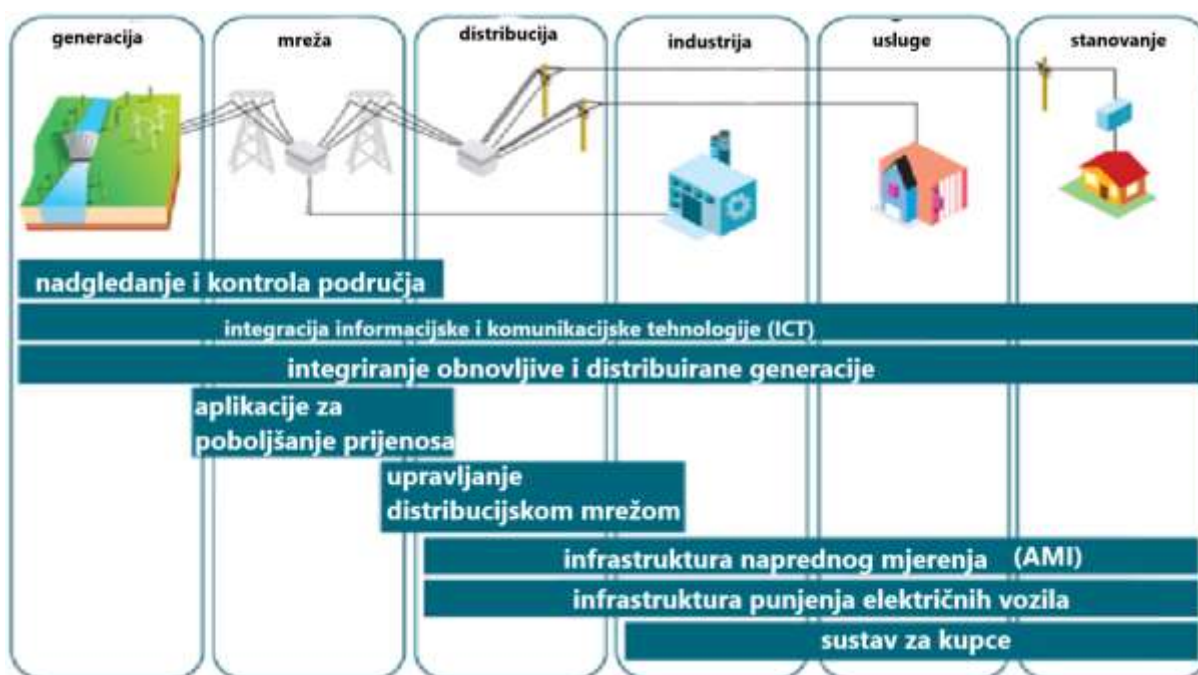
Ti izazovi također moraju biti riješeni jedinstvenim tehničkim, financijskim, te komercijalnim regulatornim okruženjem svake regije. Obzirom na visokoreguliranu prirodu elektroenergetskog sustava, zagovornici naprednih mreža moraju osigurati da se bave svim zainteresiranim stranama, uključujući proizvođače opreme, operatore sustava, potrošače i

---

njihove predstavnike kako bi razvili prilagođena tehnička, financijska i regulatorna rješenja koja omogućuju izgradnju napredne mreže.

### 3. Implementacija napredne mreže

Područje tehnologije napredne mreže obuhvaća cijelu mrežu, od proizvodnje do prijenosa i distribucije do različitih vrsta potrošača električne energije. Neke od tehnologija aktivno se oživotvoruju i smatraju se zrelim u svojem razvoju i primjeni, dok druge zahtijevaju daljnji razvoj i praktičnu primjenu u praksi. Potpuno optimizirani elektroenergetski sustav će implementirati sva tehnološka područja na Slici 2. Međutim, ne moraju se instalirati sva tehnološka područja da bi se jačao pametni karakter.



Slika 2.: Područja tehnologije napredne mreže [2].

U nastavku slijedi objašnjenje slike 2. koja opisuje područja tehnologije napredne mreže:

#### 1. Nadzor i kontrola širokog područja „Wide-area monitoring and control“

Praćenje i prikaz komponenti i performansi sustava preko međusobnog povezivanja i preko velikih zemljopisnih područja u realnom vremenu pomoći će operaterima sustava da optimiziraju ponašanje i performanse određenog područja. Napredni alati za rad sustava sprječavaju pad sustava napajanja i olakšavaju integraciju obnovljivim izvorima energije. Tehnologija nadzora i kontrole uz naprednu analitiku sustava uključujući poznavanje stanja u širem području (WASA - Wide-Area Situation Awareness), sustave nadzora širokog područja (WAMS - Wide-Area Measurement System) i širokopojasnu prilagodljivu zaštitu, kontrolu i

automatizaciju (WAAPCA – Wide-Area Adaptive Protection Control Automation ) – stvaraju podatke potrebne za donošenje odluka, ublažavanje poremećaja u širokom području i poboljšanje prijenosnih kapaciteta i pouzdanosti.

## 2. Integracija informacijske i komunikacijske tehnologije (Information and communications technology integration)

Temeljna komunikacijska infrastruktura, bilo da se koristi privatnim komunikacijskim mrežama (radio mreža, mreža s mjernim mrežama) ili javnim operatorskim mrežama (Internet, mobilni, kabel ili telefon), podržava prijenos podataka za svako vrijeme rada, te tijekom prekida. Zajedno s komunikacijskim uređajima, značajni računalni softver, sustav kontrole softvera i softver za planiranje resursa poduzeća podržavaju dvosmjernu razmjenu informacija između dionika i omogućavaju učinkovitije korištenje i upravljanje mrežom.

## 3. Integriranje obnovljive i distribuirane proizvodnje (Renewable and distributed generation integration)

Integracija obnovljivih i distribuiranih energetske resursa koja obuhvaća veliku razmjenu razine prijenosa na razini komercijalne ili stambene zgrade može predstavljati izazov za kontrolu tih resursa i za rad elektroenergetskog sustava. Sustavi za skladištenje energije mogu ublažiti problem na način da razdvoje proizvodnju i isporuku energije. Napredne mreže mogu pomoći putem automatizacije kontrole, proizvodnje i potražnje kako bi se osigurala ravnoteža ponude i potražnje.

## 4. Aplikacije za poboljšanje prijenosa (Transmission enhancement application)

Postoji niz tehnologija i aplikacija za prijenosni sustav. Fleksibilni AC (Alternating Current - izmjenična struja) prijenosni sustav „FACTS“ (Flexible AC Transmission System) koristi se za poboljšanje kontrole prijenosnih mreža i maksimiziranje kapaciteta prijenosa snage. Uvođenje ove tehnologije na postojeće linije može poboljšati učinkovitost i odgoditi potrebu dodatnih ulaganja. Visokonaponska DC (HVDC – High Voltage Direct Current) tehnologija ima poboljšanu kontrolu sustava, a koristi se za povezivanje vjetroelektrana i solarnih farmi, čime se omogućuje učinkovito korištenje izvora energije. Dinamička ocjena linije (DLR – Dynamic Line Rating), koja koristi senzore za prepoznavanje trenutne mogućnosti nosivosti dijela mreže u stvarnom vremenu, može optimizirati korištenje



postojećih prijenosnih sredstava bez opasnosti od preopterećenja. Visoko-temperaturni punjači (HTS - High-temperature superchargers) mogu značajno smanjiti gubitke prijenosa.

## 5. Upravljanje distribucijskom mrežom

Automatizacija i senzori u podstanici mogu smanjiti pad sustava napajanja i vrijeme popravka, održavanje razine napona i poboljšanje upravljanja imovinom. Napredna automatizacijska distribucija procjenjuje podatke u realnom vremenu sensorima i mjeračima za lokaciju kvara, a isto tako može optimizirati napon i kontrolirati distribuiranu proizvodnju.

## 6. Napredna mjerna infrastruktura (Advanced metering infrastructure)

Napredna mjerna infrastruktura (AMI) uključuje implementaciju brojnih tehnologija. AMI obuhvaća napredna ili pametna brojila koja omogućuju dvosmjerni protok podataka, pružajući korisnicima i komunalnim poduzećima podatke o cijeni i potrošnji električne energije, uključujući vrijeme i količinu električne energije koja je konzumirana. AMI će pružiti širok spektar sljedećih funkcionalnosti:

- Daljinsko slanje signala o potrošačkim cijenama, koji mogu pružiti informacije o cijenama koje se koriste tijekom vremena
- Sposobnost prikupljanja, pohranjivanja i izvještavanja o potrošnji energije potrošača za bilo koje potrebne vremenske intervale
- Poboljšana dijagnostika energije za detaljnije profile opterećenja
- Sposobnost utvrđivanja lokacije i opsega pada sustava napajanja na daljinu putem mjerne funkcije koju šalje signal kad se mjerač ugasi i kada se napajanje vrati
- Daljinsko povezivanje i isključenje
- Gubici i otkrivanje krađe
- Sposobnost maloprodajnog pružatelja usluga u energetici da upravlja svojim prihodima kroz učinkovitiju naplatu i upravljanje dugom.

---

## 7. Infrastruktura za punjenje električnog vozila (Electric vehicle charging infrastructure)

Infrastruktura za punjenje električnih vozila obrađuje naplatu, upravljanje i druge inteligentne značajke za pametno punjenje (V2G – vehicle to grid) tijekom niske potrošnje energije. Dugoročno, predviđeno je da će velika instalacija za punjenje osigurati pomoćne usluge sustava napajanja kao što su rezervni kapaciteti i regulacija vozila sa mrežom. To će uključivati interakciju s AMI i sustavima na strani korisnika.

## 8. Sustavi na strani korisnika (Customer side systems)

Sustavi na strani korisnika, koji se koriste za upravljanje potrošnjom električne energije na industrijskim, uslužnim i stambenim razinama, obuhvaćaju sustave upravljanja energijom, uređaje za pohranu energije, pametne uređaje i distribuirano generiranje. Dobitak energetske učinkovitosti može se ubrzati pomoću unutarnjih zaslona / nadzornih ploča, pametnih uređaja i lokalne pohrane. Odziv potražnje obuhvaća fizički odgovor korisnika, automatiziran odgovor, uređaje koji javljaju promjene u cijeni i termostate koji su spojeni na sustav upravljanja energijom ili kontrolirani signalom komunalnog ili operatorskog sustava.

### 3.1. Značajke naprednih mreža

U tablici 1. je prikazano sedam glavnih značajki naprednih mreža s njihovim opisom:

| Značajka  | Opis  |
|---|---|
| <b>1.Omogućuje aktivno sudjelovanje potrošača</b>                             | Potrošači imaju veći izbor i povećanu interakciju s mrežom. Donosi određene prednosti i mreži i okolišu, istodobno smanjujući trošak isporučene električne energije.  |
| <b>2.Prihvaća sve mogućnosti generiranja i pohrane</b>                        | Razna sredstva s priključcima „plug and play“ povećavaju mogućnosti za proizvodnju i pohranu električne energije te uključuju nove mogućnosti za učinkovitu i čišću proizvodnju energije.   |
| <b>3.Omogućuje stvaranje novih proizvoda, usluga i tržišta</b>                | Tržište otvorenog pristupa mreži otkriva neučinkovitost i nudi nove izbore za potrošače kao što su zeleni energetske proizvodi i nova generacija električnih vozila. Smanjenje zagušenja prijenosa također dovodi do učinkovitijih tržišta električne energije. |
| <b>4.Pružuje kvalitetnu energiju za digitalno gospodarstvo</b>                | Digitalna kvaliteta energije izbjegava gubitke proizvodnje, posebno u okruženjima digitalnih uređaja.   |
| <b>5.Optimizira iskoristivost imovine i djeluje učinkovito</b>                | Željena funkcionalnost s minimalnim troškovima omogućuje potpunije korištenje imovine. Ciljano i učinkovito održavanje mreže rezultira manjim kvarovima opreme i sigurnijim radom.  |
| <b>6.Predviđa i reagira na poremećaje sustava (samostalno se popravljaju)</b> | Napredna mreža će obavljati kontinuirane procjene za otkrivanje, analizu, odgovaranje i prema potrebi vraćanje dijelova ili sekcija mreže u rad.  |
| <b>7.Djeluje elastično protiv napada i prirodnih katastrofa</b>               | Mreža sprječava i podnosi fizički i hakerski napad i poboljšava javnu sigurnost.  |

Tablica 1.: International Journal of Smart Grid and Clean Energy, Fadi Aloul, Rami Al-Dalky, Mamoun Al-Mardini, Wassim El-Hajj [3].

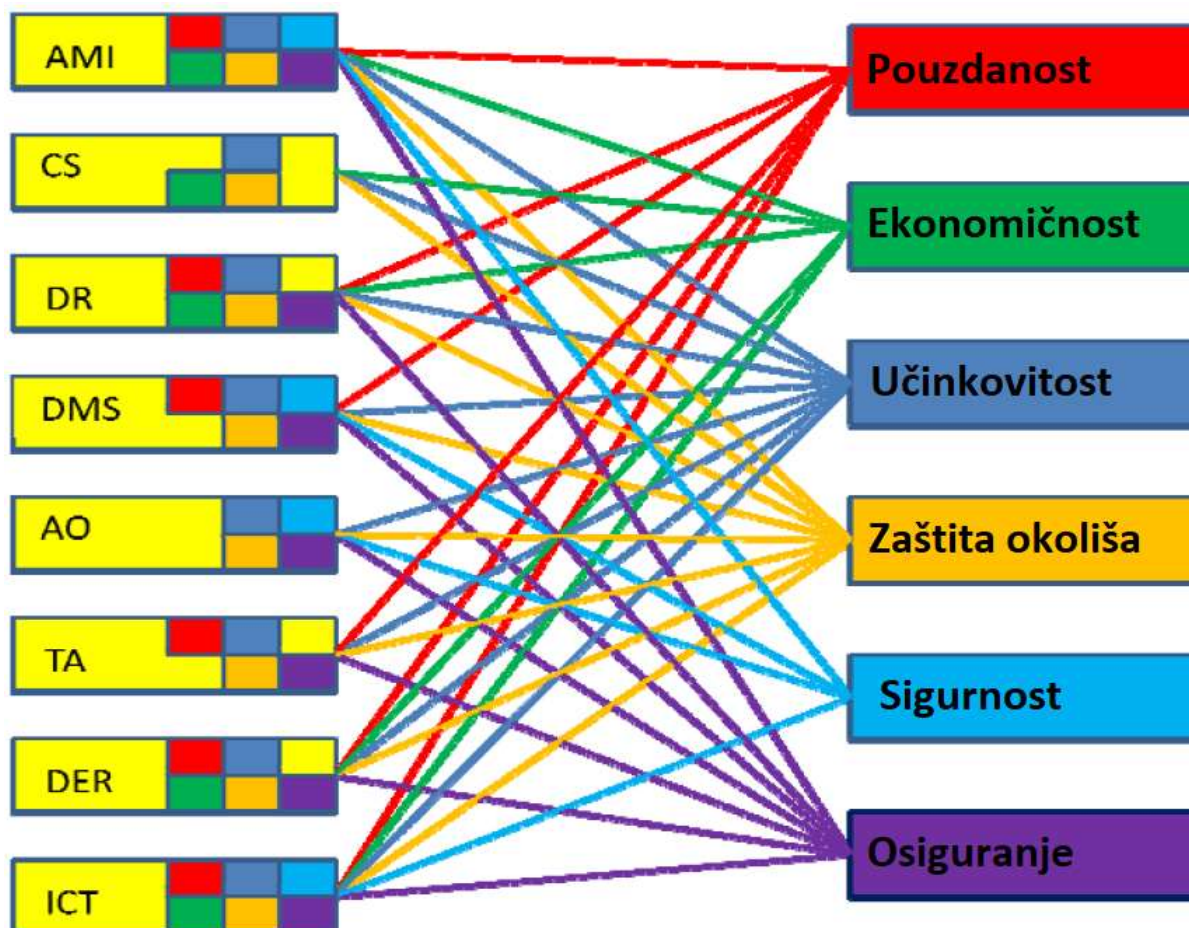
Implementacija tehnoloških rješenja koja ostvaruje ove značajke poboljšat će planiranje, projektiranje, upravljanje i održavanje napredne mreže. Ta poboljšanja u svakoj od gore navedenih područja dovode do specifičnih pogodnosti. Sljedeća tehnološka rješenja općenito se uzimaju u obzir pri razvoju plana implementacije napredne mreže:

- 1) Napredna infrastruktura mjerenja (Advanced Metering Infrastructure -AMI)
- 2) Sustavi na strani potrošača (Customer Side Systems - CS)
- 3) Odziv na zahtjev (Demand Response - DR)
- 4) Sustav upravljanja distribucijom/Automatizacija distribucije (Distribution Management System/Distribution Automation - DMS)
- 5) Aplikacije za poboljšanje prijenosa (Transmission Enhancement Applications - TA)
- 6) Optimizacija imovine / sustava (Asset/System Optimization - AO)
- 7) Distribuirani energetske resursi (Distributed Energy Resources - DER)
- 8) Integracija informacija i komunikacija (Information and Communications Integration - ICT)

Očekuje se da će implementacija nabrojanih tehnoloških rješenja stvoriti poboljšanja u šest ključnih područja vrijednosti:

- 1) Pouzdanost
- 2) Ekonomičnost
- 3) Učinkovitost
- 4) Zaštita okoliša
- 5) Sigurnost
- 6) Osiguranje

Slika 3. prikazuje odnose između tehnoloških rješenja i ključnih područja vrijednosti. Ovaj višestruki odnos ilustrira rješenja sinergije naprednih mreža. Postizanje vizije napredne mreže ovisit će o tome koliko su značajne te koristi, kolektivno i kada se gleda iz perspektive svake pojedine skupine.



Slika 3.: Odnosi između tehnoloških rješenja i ključnih područja vrijednosti [4].

Općenito, pouzdana napredna mreža je ona koja isporučuje električnu energiju potrošačima kada to žele ili trebaju, s kvalitetom koja podržava zahtjeve potrošača. Poboljšanja pouzdanosti općenito se mogu mjeriti smanjenjem učestalosti, trajanjem prekida rada, smanjenjem broja poremećaja uslijed slabe kvalitete električne energije i virtualnim uklanjanjem raznih prekida. Poboljšanja u pouzdanosti stvorili bi niz prednosti.

### 3.2. Prednosti dobave električne energije

U nastavku se analiziraju prednosti dobave u odnosu na koristi potrošača u kućanstvu, šira društvena korist, integracija brojnih tehnologija napredne mreže koja može doprinijeti značajnim poboljšanjima pouzdanosti, te prednosti tvrtke za isporuku.

#### a) Koristi potrošača u kućanstvu

- Poboljšana razina usluge uz manje neugodnosti uzrokovane prekidima i slabom kvalitetom napajanja (resetiranje elektroničkih uređaja, bez svjetla, hlađenja itd.)
- Smanjeni troškovi koji proizlaze iz prekida rada pumpi, kvarljiva roba itd.

Općenito, koristi povezane s pouzdanošću nisu financijski značajne korisnicima u kućanstvu. Mnogi nikada ne doživljavaju financijske gubitke zbog problema s pouzdanošću. No, oni koji trpe štetu kroz dulje razdoblje ostankom „bez struje“, nastali troškovi iz potopljenih podruma, pokvarene hrane i drugih neugodnosti, pate zbog problema pouzdanosti.

Komercijalni i industrijski potrošači, s druge strane imaju značajnu korist od poboljšane pouzdanosti. Glavnina potreba u komercijalnim i industrijskim objektima temelji se na elektronici i zahtijeva viši stupanj kvalitete snage nego ikad prije. Čak i kratki trenutni prekidi mogu stvoriti probleme. Gubici u proizvodnji i produktivnosti i utjecaj na sigurnost radnika su također važni. Ti se troškovi često prenose u obliku viših cijena za proizvode i usluge. Stoga bi smanjenje tih gubitaka trebalo smanjiti pritisak na cijene proizvoda.

#### b) Šira društvena korist

- Smanjeni troškovi gubitaka koje su veliki potrošači pretrpjeli zbog prekida. Napredna mreža uvelike će smanjiti trošak, što u konačnici pomaže da cijene dobara i usluga budu niže nego što bi inače bile.
- Smanjeni troškovi gubitaka koje su veliki potrošači pretrpjeli zbog slabe kvalitete električne energije. Problemi oko kvalitete energije predstavljaju veliki godišnji trošak za društvo.
- Virtualna eliminacija pada sustava napajanja - napredna mreža bit će daleko manje ranjiva na takve pojave.

- Poboljšani uvjeti za gospodarski razvoj. Gospodarski razvoj ovisi o pouzdanom, visokokvalitetnom izvoru električne energije. Robusna napredna mreža stvara okruženje privlačno novim ulaganjima u usporedbi s onom s lošim rezultatima.
- c) Integracija brojnih tehnologija napredne mreže može doprinijeti značajnim poboljšanjima pouzdanosti:
- Napredna mjerna infrastruktura s komunikacijskim pametnim brojilima može odmah otkriti probleme s kvalitetom napajanja i gubitkom snage, omogućujući operaterima sustava da brzo dijagnosticiraju probleme sustava i brže uspostave uslugu.
  - Odziv na zahtjev može smanjiti udar na imovinu sustava tijekom najveće potrošnje energije, čime se smanjuje vjerojatnost neuspjeha.
  - Sustav upravljanja distribucijom sa sveprisutnim sensorima, komunikacijama i inteligentnim kontrolama pruža operatorima povećanu svijest o stanju u distribucijskom sustavu. Rano otkrivanje škodljive opreme može dopustiti zamjenu prije kvara. Automatizirano presijecanje linije može brzo izolirati probleme sustava, čime se ograničava broj pogođenih korisnika.
  - Aplikacija za poboljšanje prijenosa koristi napredne senzore kao što su jedinice za mjerenje faza i alati za simulaciju i vizualizaciju. Visoka brzina komunikacije između visokonaponskih stanica i između stanica i upravljačkih centra omogućit će dinamičko upravljanje prijenosnim sustavom, u usporedbi s današnjim kvazistabilnom kontrolom. Automatizirane podstanice za prijenos, novi digitalni sustavi zaštite i napredni upravljački uređaji poput FACTS spojiti će se s ovom komunikacijskom sposobnošću velike brzine kako bi operatorima omogućio nove alate koji sprječavaju kaskadne prekide na prijenosnoj razini
  - Distribuirani energetske resursi, uključujući i lokalnu proizvodnju i lokalnu pohranu, mogu poslužiti kao izvori za sigurnosnu potporu koji omogućuju korisnicima da prebrode poremećaje koji utječu na normalnu opskrbu. Napredne mikromrežne konfiguracije mogu dodatno integrirati rad ovih tehnologija na razini zajednice
  - Informacijska i komunikacijska integracija, zajedno s arhitekturom usmjerenom na uslugu (SOA - Service-Oriented Architecture ), omogućit će tvrtkama za isporuku da

integriraju, razumiju i djeluju na veliku količinu novih informacija koje pruža napredna mreža kako bi se dodatno optimizirala pouzdanost sustava.

d) Prednosti tvrtke za isporuku

- Smanjeni troškovi rada zbog manjeg broja kamiona i manje potražnje na pozivnom centru operacija i inženjerstva.
- Poboljšana sigurnost zaposlenika jer su zaposlenici rjeđe izloženi opasnim uvjetima.
- Povećani prihodi jer se prodaja električne energije rjeđe prekida i kraće traje.
- Viša ocjena zadovoljstva kupaca i poboljšani odnosi s regulatorom i zajednicom.
- Smanjeni troškovi jer se manji broj uređaja šalje na servis.

Novčana vrijednost ovih pogodnosti ovisi o trenutnom stanju isporuke. Očekuje se da će sve tvrtke za isporuku imati smanjenje troškove.

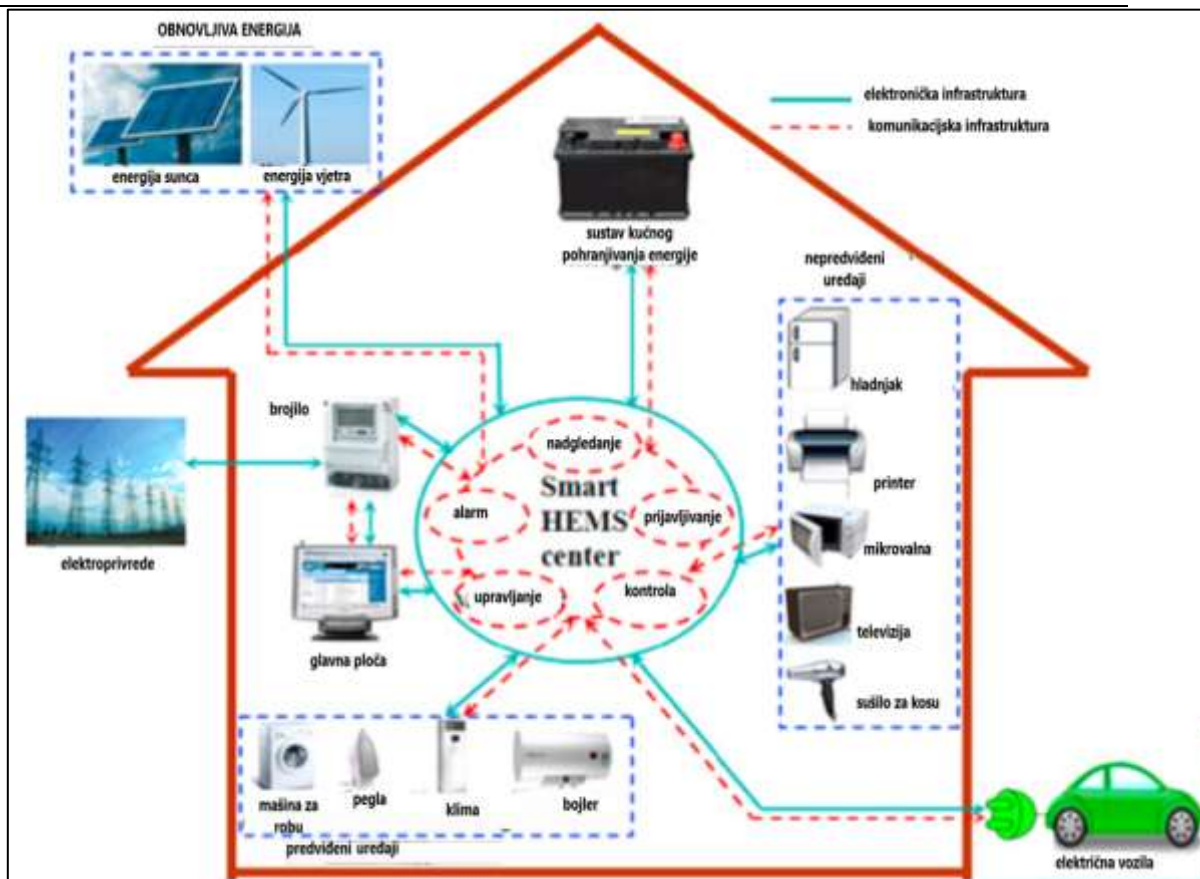
### 3.3. Pametna kuća

Električna energija je poboljšala svakodnevni život dajući svjetlo umjesto mraka i pružajući snagu strojevima. Danas tradicionalni dom ima uređaje koji se rabe lokalno i kontroliraju ručno, obično okretanjem prekidača ili pritiskanjem gumba. Ovi uređaji imaju ograničene kontrole i upravljanje energijom koju koriste može biti teško.

Naplata također može dovesti do zabune. Potrošači primaju račune za struju jednom mjesečno, obično više od 20 dana nakon korištenja usluge. Kupac nema načina dovesti u korelaciju iznos novca potrošen na električnu energiju i način korištenja. Nadalje, za one kupce koji su nabavili sustave obnovljivih izvora energije, nema mogućnosti mjerenja vrijednosti energije proizvedene iz obnovljivih izvora.

Pametna kuća je prikazana na slici 4. te predstavlja konvergenciju energetski učinkovitih, kontroliranih uređaja i realno vrijeme pristupa podacima o korištenju energije. Ova integracija pametnih uređaja i napredne mreže omogućuje korisnicima da proaktivno upravljaju korištenjem energije na načine koji su prikladni, troškovno učinkoviti i pogodni za okoliš.





Slika 4.: Prikaz rada pametne kuće [5].

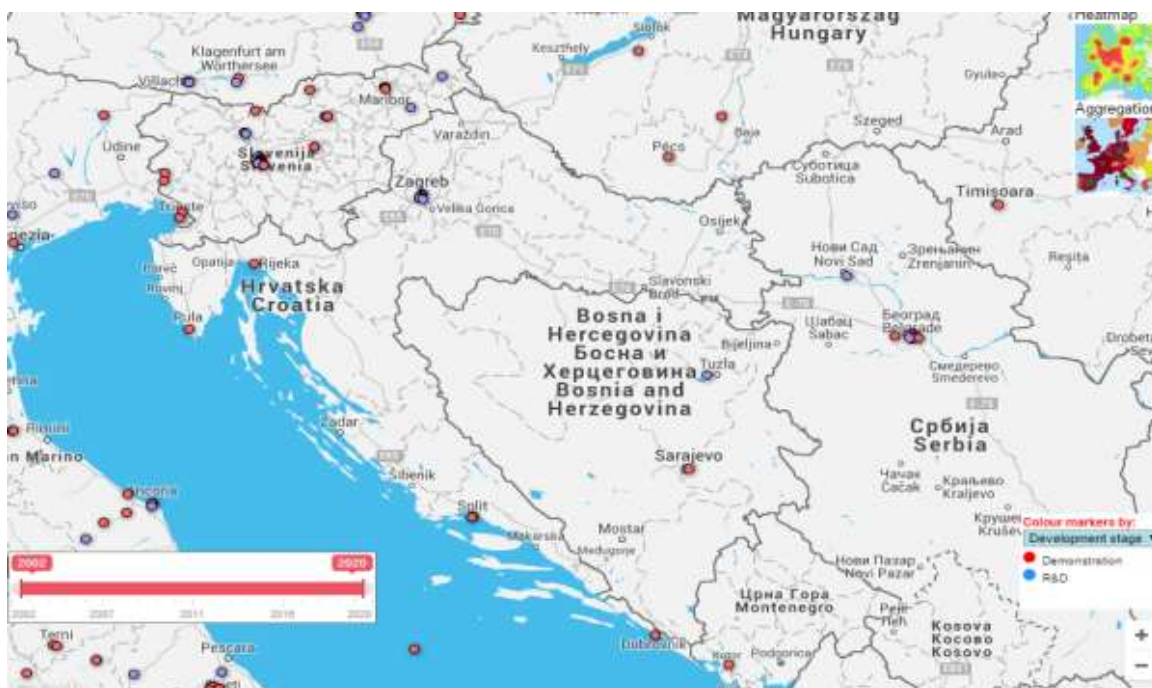
Korisnički portali omogućuju daljinski nadzor kućanskih uređaja, korištenjem Interneta i računala ili mobilnog uređaja. Ukućani mogu pristupiti detaljnim informacijama o njihovoj potrošnji energije u intervalima od 15 minuta. Uređaji se prate i kontroliraju na temelju procijenjenih troškova energije po uređaju i podržavaju sustav automatiziranog alarma i upozorenja.

Pametani dom također pruža kupcima mogućnost utvrđivanja je li energija isporučena iz obnovljivih izvora i povećava sposobnost izračuna i praćenja jedinstvenog otiska ugljika njihovog doma. Komunikacija s korisnicima omogućena je putem poruka poslanih putem portala kupca. Ove poruke mogu uključivati savjete za uštedu energije i vremenska upozorenja, kao i ažurirane informacije o tome kada će se ponoviti nestanak struje.

#### 4. Napredne mreže u Hrvatskoj

Predviđa se da će u budućnosti biti puno složenije upravljanje hrvatskim elektroenergetskim sustavom radi povećanog korištenja obnovljivih izvora na svim naponskim razinama te za takve probleme javlja se kao rješenje uvođenje naprednih mreža to jest 'smart grid'. Primjena naprednih mreža u elektroenergetskoj mreži bi uvelike olakšala izvozne prednosti elektroindustrije i time bi se podupirao njen napredak te bi to nadalje pridonijelo razvoju gospodarstva.

Napredne mreže su budućnost industrijalizacije te one određuju i dižu standard upravljanja elektroenergetskih sustava, što bi značilo da Hrvatska treba početi implementirati ovaj tip sustava radi općenitog razvoja gospodarstva. Živimo u 21. stoljeću gdje se javljaju nove tehnologije i inovacije, uz to se javlja velika potreba za energijom. Radi zastarjelih elektroenergetskih sustava potrebno ih je obnoviti te osmisliti praktično i ekonomično rješenje za uporabu energije. Prema JRC (engl. Joint Research Centre) prikazan je na slici 5. popis sustava naprednih mreža u Hrvatskoj. Kao što možemo zaključiti napredne mreže su implementirane uglavnom u većim gradovima: Zagreb, Split, Rijeka, Pula i Dubrovnik.



Slika 5.: Sustavi naprednih mreža po JRC, Hrvatska (2002.-2020.) [6].

Firma Siemens iz Hrvatske je postavila prvu brzu mrežu u Hrvatskoj koja se sama obnavlja i služi kao pilot projekt HEP ODS-a u regiji Elektra Koprivnica. To je prva postavljena mreža s decentraliziranim sustavom u Europi koja koristi komunikacijski protokol IEC 61850 preko bežične komunikacije što znači da se komunikacija između kontrolera odvija u stvarnom vremenu, a vrijeme isključivanja i rekonfiguracije mreže kraće je od 0.3 sek.

Decentralizirani sustav omogućuje kontrolerima koji su ugrađeni duž mreže da međusobno komuniciraju u stvarnom vremenu i zajednički donose odluke oko upravljanja mrežom, a da pritom nema središnjeg sustava koji odlučuje. Da bi takav sustav bio moguć, potrebna je brza razmjena informacija, što Siemens proizvodi mogu pružati jer su u mogućnosti zadovoljiti sve zahtjeve. Siemens rješenje za lociranje kvara i povrat sustava FLISR (Fault Location and System Restoration) ima sposobnost prepoznati kvar, izolirati kvar te rekonfigurirati mrežu i uspostaviti napajanje, i to sve za manje od 0,3 sekunde. Ta je tehnologija prvi korak prema potpuno autonomnim sustavima s umjetnom inteligencijom što spada u okvir tehnologija naprednih mreža.

#### **4.1. Politika EU**

Obzirom na to da je Hrvatska u Europskoj uniji, veoma je bitno u kakvu vrstu tehnologije ulažemo. Politika Europske unije je ulaganje u obnovljive izvore energije, tj. u primjenu tehnologije koje smanjuju ispušne plinove to jest 'zelenu energetiku'. U svijetu se ulaže u različita istraživanja kako bi na temelju njih došli do održivih poslovnih i tržišnih modela naprednih mreža. SAD, Japan i EU imaju značajnu ulogu u tim aktivnostima te putem različitih organizacija šire politiku i provode strategiju zelene energetike.

Hrvatska se treba prilagoditi prijašnjim opisanim ciljevima i definirati potrebne pripreme i radnje za primjenu naprednih mreža. Takvim podržavanjem politike 'zelene energetike' Hrvatska će moći koristiti EU fondove te dobiti potporu za istraživanje.

U tablici 2. prikazana je struktura operativnog programa Konkurentnost i kohezija 2014.-2020 gdje su za Hrvatsku odobrena sredstva u visini 6.881 milijarda eura. Navedeni iznosi predstavljaju 85% ukupnog iznosa za pojedinu os, a preostalih 15% do potpunog iznosa za os izdvaja se iz proračuna RH.

| Prioritetna os  | Alokacija ESIF (EUR) |
|---|----------------------|
| Jačanje gospodarstva primjenom istraživanja i inovacija           | 664.792.165          |
| Korištenje informacijske i komunikacijske tehnologije             | 307.952.676          |
| Poslovna konkurentnost  | 970.000.000          |
| Promicanje energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora energije | 531.810.805          |
| Klimatske promjene i upravljanje rizicima                         | 245.396.147          |
| Zaštita okoliša i održivost resursa                               | 1.987.360.608        |
| Povezanost i mobilnost  | 1.310.205.755        |
| Socijalno uključivanje i zdravlje                                 | 356.500.000          |
| Obrazovanje, vještine i cjeloživotno učenje                       | 270.914.791          |
| Tehnička pomoć  | 236.112.612          |
| <b>Ukupno</b>   | <b>6.881.045.559</b> |

Tablica 2.: Sredstva potpore iz EU fondova za istraživanje i inovacije [7].

Implementacija naprednih mreža, za koju se zalaže Europska unija bi olakšale raspodjelu energije dobivenu iz vjetra, bioenergije i sunca. U Danskoj, gradu Kalundborg, je uspješno implementirana mreža i organizacija prostornog planiranja. Uprava više od 20 godina razrađuje i rješava ekološke probleme te radi na razvoju zelene energetike na što bi se Hrvatska trebala ugledati. Naime, gradsko vijeće općine Kalundborg je prvo u Danskoj donijelo odluku da se cijela općina pretvori u pametan grad. Štoviše, općina Kalundborg potpisala je sporazum, zajedno s drugim danskim općinama, pod nazivom „Pakt gradonačelnika“. Ovaj sporazum obvezuje Kalundborg da kratkoročno osigura plan održivog energetskog djelovanja kako bi Kalundborg postao klimatski ekološka općina, prelazeći ciljeve EU 2020 u smislu smanjenja CO<sub>2</sub>, prilagođavajući gradsku strukturu i mobilizirajući stanovništvo. Plan također predviđa izgradnju uređaja za generiranje energije iz obnovljivih izvora (solarni paneli, solarni bojleri, energija generirana vjetrom) u okviru općinskog prostornog plana, uključujući zgrade, vozni park, druga vozila za prijevoz i druge javne komunalne usluge.

## 4.2. HEP

Hrvatska elektroprivreda (HEP) je hrvatska elektroenergetska tvrtka koja se bavi proizvodnjom, distribucijom električne energije te opskrbom korisnika toplinom i plinom. Prijašnjih godina HEP nije sudjelovao u dijelovima europskih istraživačkih projekata koji su vezani za ulaganje u napredne mreže i druge „obnovljivce“. Naime Hrvatska dostiže svoje kvote glede udjela „obnovljivaca“ na hidroelektranama te se tako zanemaruje sve drugo. Tek 2015 godine počinje aktivno raditi na implementaciji mreža te uvodi napredna brojila u veće hrvatske gradove i gradi moderne telekomunikacijske mreže.

Definirana je izvodljivost i plan implementacije kroz sljedeće ključne točke:

1) Napredna mjerna infrastruktura:

- Ugradnja brojila
- Izmjena sadašnjih brojila kod krajnjih kupaca naprednima,

2) Automatizacija srednjenaponske mreže:

- Automatizacija i organizacija nadzemnih SN vodova putem rastavnih sklopki,
- Automatizacija SN postrojenja u podzemnoj kabelskoj mreži putem integriranih sklopnih blokova,

3) Razvoj i optimizacija konvencionalne mreže:

- Izmjena trenutnih transformatora SN/NN

Ove ključne stavke se provode u sklopu pilot projekta te se izvode s ciljem da bude sve u skladu s europskom politikom. Rezultat ovog projekta trebao bi pridonijeti rješavanju problema povezanih za distribuciju električne energije te povećati udio izvora i broja osoba sa pristupom naprednim mrežama.

### 4.3. Temeljni koraci za unaprjeđenje napredne mreže u Republici Hrvatskoj

Električna mreža se suočava s različitim izazovima u pogledu održivog razvoja. Kao što je ranije navedeno, buduća električna mreža zvana napredna mreža opisuje sustav električne energije koji karakterizira povećanu uporaba komunikacija, informacijske tehnologije, kontrole i upravljanja u proizvodnji, distribuciji i potrošnji električne energije. Cilj ove složene nadogradnje je dopustiti dvosmjerni tok struje i informacija, kako bi mreža mogla pratiti i reagirati na promjene koje se dešavaju između elektrane i potrošača.

Provedbeni koraci za implementaciju naprednih mreža u Hrvatski energetske sustav se dijele na četiri segmenta koji su povezani sa učinkovitosti energije, strujom, transportom te industrijom. Podjela tih segmenta je slijedeća:

- Energetska učinkovitost i grijanje
  - Sve nove zgrade moraju dobiti certifikat o energetske učinkovitosti najmanje razine B i biti povezani s DH mrežu (District Heating – kvartovsko grijanje) kako bi bili u skladu s projiciranim padom potrošnje topline od 52%.
  - Potrebno je obnoviti sve postojeće zgrade koje ne zadovoljavaju zahtjeve energetske učinkovitosti (isti razlog kao prethodna točka).
  - U slučaju scenarija gdje nisu integrirani sustavi obnovljivih izvora energije, bojleri koji koriste fosilna goriva ne smiju se ugrađivati kao pojedinačna rješenja za grijanje, nego se moraju koristiti cilindrični grijači koji rade na krovu zgrade i koriste solarnu toplinu. To je glavna tehnička mjera u sektoru grijanja.
- Električna struja
  - Stvoriti novi sustav za potporu i razvoj malih privatnih fotonaponskih projekata (i drugih obnovljivih izvora energije) kako bi se potaknulo postizanje visoke razine proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije.
  - HEP, kao glavni vlasnik i operater energetske infrastrukture, treba usmjeriti svoje buduće poslovne aktivnosti na razvoj solarne energije CSP (Concentrated solar power) i biomase.
  - Za održavanje i praćenje održive potrošnje biomase mora se razviti bolje razumijevanje raspoloživih resursa biomase u Hrvatskoj i planirati izgradnja elektrana na biomasu, a u skladu s tim istraživačke institucije trebaju provesti studiju koja određuje točnu održivu količinu biomase koja se može koristiti u energetske svrhe godišnje.

- Transport
  - Subvencionirati kupnju električnog vozila dok tehnologija ne postane pristupačna.
  - Izraditi plan izgradnje infrastrukture za naplatu EV-a (električnih vozila) u cijelom gradu (npr. jedinice za punjenje na svim javnim parkiralištima, garažama, trgovačkim centrima i poslovnim centrima).
- Industrija
  - Temeljem modela industrijske potražnje, važno je uvesti zahtjeve za sektore industrije kako bi se provele mjere energetske učinkovitosti i prelazak s fosilnih goriva na bioplin i električnu energiju.
  - Industrijski višak topline igra važnu ulogu u sektoru grijanja u SES (smart energy system) scenariju, stoga bi trebala biti uspostavljena suradnja između industrije i operatera kvartovskog grijanja (DH) za korištenje viška topline iz industrije do DH mreže, tako da se razvije poslovni model koji je koristan za oboje.

Ugradnjom pametnih brojila i opreme planira se postići sljedeće:

- praćenje opterećenja niskonaponskih trafostanica,
- izračun gubitaka u srednje naponskoj distribucijskoj mreži,
- pronalazak i smanjivanje gubitaka u niskonaponskoj mreži i smanjenje emisije CO<sub>2</sub>,
- prikupljanje ulaznih podataka za analizu masovne ugradnje naprednih brojila,
- bolje održavanje distribucijske mreže i planiranje razvoja i (posebno) pouzdanosti postojećeg sustava.

Ovim specifičnim ciljem trebalo bi se postići uvođenje koncepta naprednih mreža u hrvatsku distribucijsku mrežu kao inicijalnog (pilot) projekta.

## 5. Obnovljivi izvori energije

Energija je svugdje oko nas. To je jedna od najpotrebnijih stvari u životu, bez nje smo bespomoćni. Međutim, naša ovisnost o energiji također donosi ozbiljne rizike. Stvaranje i trošenje fosilnih goriva uzrokuje ozbiljnu štetu po okoliš, ljude i životinje, a bez promjene šteta će se povećati. Stoga je nužno učiniti temeljnu promjenu u proizvodnji i potrošnji energije. Energetska tranzicija donosi izazove i prilike za nove planove, u kojima se na dinamičan način odvijaju mnogi događaji na društvenoj i političkoj sceni.

Fosilna goriva se trenutačno koriste kao glavni izvor energije u opskrbi društva. Međutim, ti izvori emitiraju štetne plinove koji uzrokuju ozbiljnu štetu klimi i globalnom sustavu. Da bi nastavili koristiti energetske sustave potrebna je temeljita promjena prema energetskom sustavu koji se temelji na obnovljivim izvorima energije. Obnovljivi izvori energije dobivaju više pozornosti radi pojave novih tehnologija koje bi mogle pomoći pri realizaciji ove tranzicije. Od tih tehnologija fotonaponska snaga je najbrže rastući način korištenja obnovljivih izvora energije u svijetu, a električna vozila su također rastuća tehnologija s izuzetno dinamičnim razvojem. Međutim, ove inovacije stvaraju pritisak na elektroenergetski sustav na strani potražnje i na strani ponude. Stoga su potrebni novi sustavi upravljanja energijom koji bi mogli integrirati ove inovacije čiste energije. V2G ili „vozilo priključeno na mrežu“, je novi oblik napredne mreže, inovacija koja integrira električna vozila i fotonaponske sustave na pametan način. U ovom radu proučava se slučaj implikacije spajanja vozila na mrežu sa korištenjem obnovljivih izvora energije, te način uvođenja naprednih mreža u hrvatski elektroenergetski sustav.

U 2015. godini uvedena je nova inovacija na tržište energije i mobilnosti, pod nazivom „Smart Solar Charging“ (SSC - pametno solarno punjenje). Ova inovacija omogućila je integriranje solarne fotonaponske snage s električnim vozilima (EV) kako bi se postigao održivi energetske sustav na razini regije. SSC se temelji na tehnologiji V2G i prve solarne kontrolne stanice za punjenje u svijetu. Taj novi koncept pametne mreže je napravljen u gradu Utrecht (Netherlands). Iako SSC izgleda kao uspješna inovacija, potrebno je svladati prepreke kako bi se postigla energetska tranzicija, u kojem izazovu projektanti mogu igrati važnu ulogu. Iz tog razloga ovaj rad se bavi istraživanjem načina na koji sustavi V2G mogu igrati ulogu u tranziciji energije na području Republike Hrvatske, a o temama klimatskih promjena i



energije, solarnih fotonaponskih sustava, električne mobilnosti, V2G sustava i pametnog solarnog punjenja razradit će se istraživačka pitanja.

## 5.1. Klimatske promjene i energija

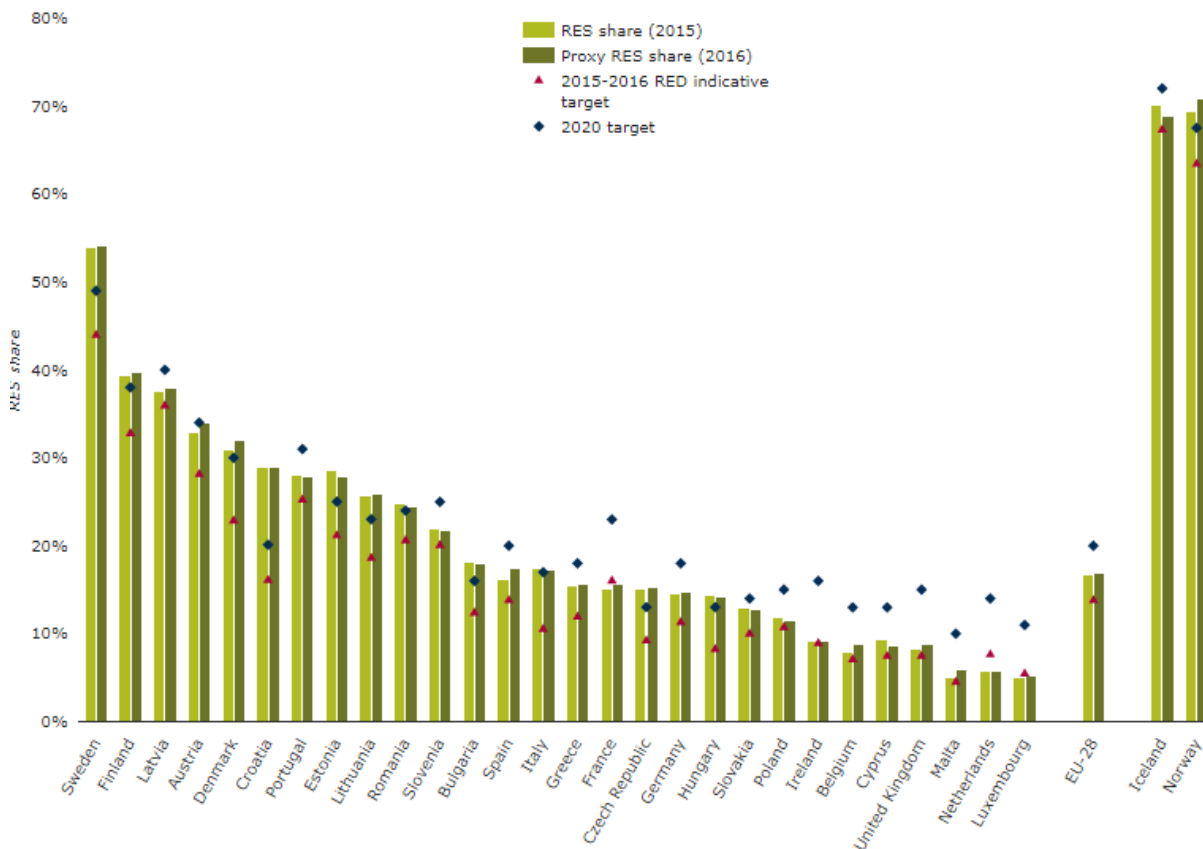
Ovisnost društva o energiji ugrožava naše dugoročno postojanje. Potrošnja fosilnih goriva uzrokuje ozbiljnu štetu. Emisije stakleničkih plinova (GHG - Greenhouse gases) se povećava i dostiže nove maksimalne vrijednosti. Kao rezultat toga, temperature atmosfere i vode se povećavaju, ledenjaci se tope i razina mora raste. Klimatske promjene utječu na ljude i prirodu širom svijeta. Prema IEA (International Energy Agency) oko 6,5 milijuna ljudi umire zbog niske kvalitete zraka, što čini zrak četvrtom najvećom prijetnjom za ljudsko zdravlje na svijetu i bez promjena u proizvodnji i potrošnji energije, ovaj broj će rasti. U većini industrijaliziranih zemalja količina emisija onečišćujućih tvari je već u padu, ali ne dovoljno brzo da zadovolji projicirani rast trećine globalne potrošnje energije.

Posljednjih godina bilo je više pokušaja za rješavanje pitanja klimatskih promjena, kao što su: sastanak u Rio de Janeiro 1992. godine, Protokol Kyoto 1997. godine i nedavni sastanak u Parizu 2015. godine. Ovi posljednji sastanci su pokušali promijeniti način na koji vlade upravljaju društvom kako bi se potaknulo razvijanje održivog energetskeg sustava. Osim toga, postoje i pokušaji za promjenu načina na koji pojedinci razmišljaju o klimatskim promjenama i energiji kako bi pokrenuli promjenu odozdo prema gore. U razvijenim zemljama već se tijekom posljednjih deset godina uočava promjena stava vlada, donositelja odluka, projekatana i pojedinaca u odnosu na klimatske promjene.

Danas su pojedinci i vlast spremniji promijeniti svoj odnos prema održivom energetskeg sustavu. Štoviše, povećavaju se i mogućnosti da se iskoristi ova promjena. U ovom trenutku pokušavaju se ograničiti stalno rastuće količine stakleničkih plinova, iako je potrebno smanjiti njihovo povećavanje kako bi se neutralizirali negativni utjecaji.

Suočavanje s pitanjima o klimatskim promjenama i energiji često se smatra složenim izazovom. U 2007. godini Europska unija postavila je cilj postizanja udjela od 20% obnovljive energije od ukupne potrošene energije do 2020. godine. To postavlja cilj da Hrvatska od 2012. godine dosegne udio od 5.4% do 2020. godine [18]. Međutim, Hrvatska je u 2016. godini uspjela dosegnuti udio od 16.1% obnovljivih izvora energije (Slika 7.), što ukazuje na povećanje od 1.5% u 4 godine. Za sljedeće 4 godine bi morali povećati udio za 3.9% kako bi ispunili zahtjev od EU.

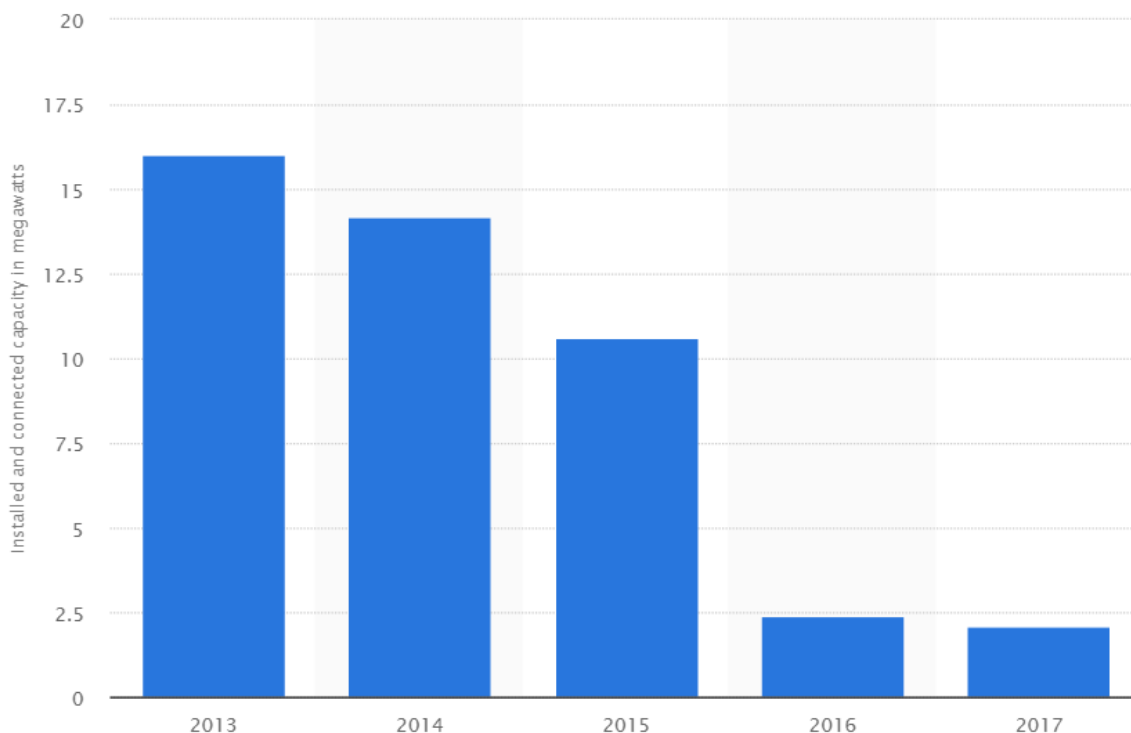
Štoviše, nedavni Nizozemski „National Energy Outlook (NEV) 2017“ je utvrdio da cilj za 2020. vjerojatno neće biti postignut [8]. Ipak, NEV također navodi da je cilj za 2023. u udjelu obnovljivih izvora energije na vidiku.



Slika 6.: Napredak obnovljivih izvora energije po zemlji [9].

## 5.2. Solarna fotonaponska snaga

Vjetar, Sunce, hidroenergija i biomasa kao obnovljivi izvori energije su u porastu. Od svih obnovljivih izvora energije, solarni fotonaponski sustav je najuspješniji u odnosu na godišnju stopu rasta. Iz slike 7. slijedi da je između 2013. i 2017. hrvatska opskrba energijom solarnim panelima pala sa 16 MW u 2013. na 2.1 MW u 2017. Analitički gledano glavni razlog jest to da su solarni paneli tehnologija, a ne gorivo. Stoga se učinkovitost povećava a cijene padaju sa vremenom, iz tog razloga Hrvatska je odlučila pričekati par godina da se tehnologija razvije a cijene padnu [10].



Slika 7.: Solarni fotonaponski kapacitet instaliran i povezan u Hrvatskoj od 2013. do 2017. godine (u Megawattima) [11].

### 5.3. Integriranje električnih vozila (V2G)

Osim solarnih panela razvija se i tehnologija električnih vozila. Pojava električne mobilnosti otvara brojne mogućnosti da sektor prometa bude održiviji. Danas je sve atraktivnije voziti električni auto. Europsko udruženje za električna vozila s baterijama napominje da transport na električni pogon smanjuje potrošnju krajnje energije za faktor veći od tri u usporedbi s benzinskim motorima.“[12]. Globalna procjena energetske učinkovitosti (GEA – Global Energy Assessment) tvrdi da do sredine stoljeća posebno elektroenergetski sektor mora biti gotovo potpuno dekarboniziran u postizanju ciljeva održivosti. Električna vozila znatno manje onečišćuju u odnosu na normalne automobile s izgaranjem [13].

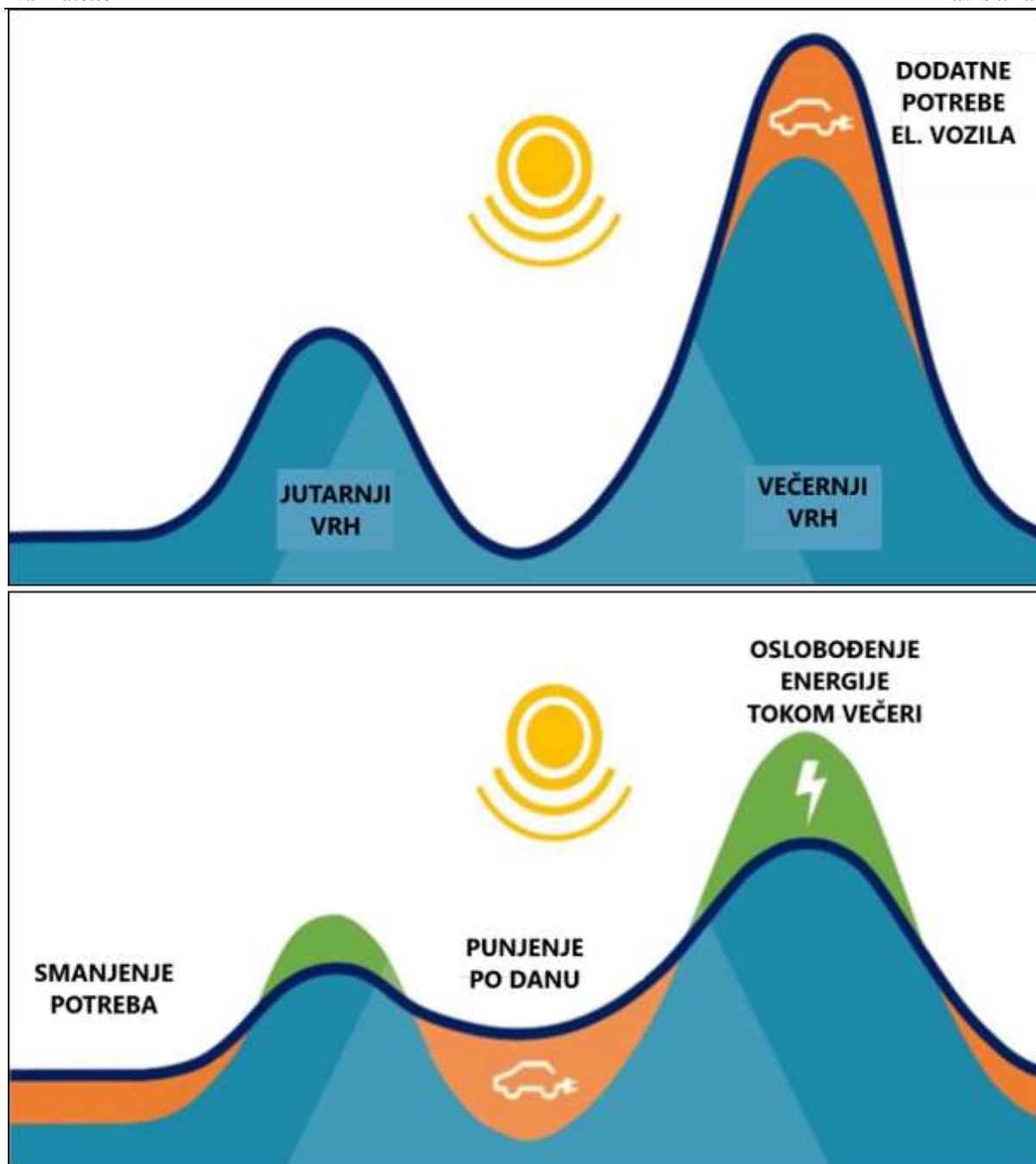
Rast uporabe solarnih panela i električnih vozila remeti rad mreže električne energije na lokalnoj razini, što ponekad dovodi i do kvara na lokalnoj mreži. Nedavni primjer je slučaj općine Bedum u pokrajini Groningen. Tvrtka za eksploataciju plina NAM je doprinijela učestalosti potresa, što je uzrokovalo pad vrijednosti nekretnina na tom području. Kao naknada štete, pogođeni stanovnici nekoliko općina dobili su od firme NAM 4000€. Naknada

je trebala biti iskorištena za povećanje vrijednosti njihovih nekretnina kroz uštedu energije ili sredstva za stvaranje energije. To je rezultiralo velikim povećanjem potražnje i ugradnje solarnih panela u općini Bedum. Rezultat za vrijeme „sunčanih dana“ bio je da električna mreža u Bedumu nije mogla podnijeti količinu napona u mreži proizvedenog od solarnih panela.<sup>[14]</sup> Godine 2016. zbog previše proizvedene struje, električni padovi su pogodili mrežu nekoliko puta. Slični problemi s energijom vjetra već su se pojavili Danskoj i Njemačkoj.

Stoga je potrebno prilagoditi mrežu kako bi se nosila s rastom energije iz obnovljivih izvora, te s električnim vozilima koji predstavljaju pritisak za trenutnu mrežu. Kao rezultat toga, mrežni operatori prisiljeni su iznalaziti nove ideje u rješavanju ovih problema. Rješenje bi moglo biti jačanje električne mreže, što bi moglo dovesti do neočekivanih visokih ulaganja u istu. Ipak, skladištenje električne energije kao alternativa postaje zanimljivije jer se kapacitet baterija povećava.. Dakle, primjena naprednih mreža smatra se potencijalnim i potrebnim rješenjem za integriranje lokalnih obnovljivih izvora energije u postojeći energetske sustav.

## 6. V2G sustav spajanja vozila sa mrežom

Nedavno je predstavljen novi koncept naprednih mreža, odnosno V2G sustava. Proizvodnja električne energije solarnim pločama, koja se uglavnom događa tijekom dana, uzrokuje neravnotežu između ponude i potražnje unutar električne mreže. To je stoga što većina ljudi napušta svoje domove tijekom dana. V2G tehnologija koristi električna vozila koja su priključena na mrežu kao sustave za pohranu, tj. akumulatore za generiranu električnu energiju iz solarnih panela. Kada informacijski sustav prepozna nedostatak električne energije u mreži tijekom jutra i večeri, opterećenje na bateriji može pasti. Na taj način funkcioniraju električna vozila u sustavu V2G kao sustav međuspremnik. Osim toga, sustav također sprječava preopterećenje smanjivanjem vršnog opterećenja koje nastaje tijekom dana na električnoj mreži. Rezultat je ravnomjerna krivulja potražnje električne energije koja osigurava veću stabilnost u mreži električne energije, što je vidljivo na slici 8.



Slika 8.: Gornja slika prikazuje energetske opterećenje u sadašnjoj infrastrukturi, a donja slika prikazuje energetske opterećenja sadašnje energetske infrastrukture u kombinaciji s V2G tehnologijom [15].

Zaključno, može se tvrditi da sustav V2G može imati katalizatorski učinak na tranziciju energije na dva različita načina. Prvo, ima stabilizacijski učinak na elektroenergetsku infrastrukturu, što omogućuje bolju integraciju obnovljivih izvora energije kao što su solarne ploče unutar trenutnog energetskeg sustava. Drugo, poboljšava se održiva pokretljivost poticanjem uporabe električnih vozila. Može se reći da ovaj novi koncept

pametne mreže može igrati važnu ulogu u prijelazu prema budućem energetsom sustavu temeljenom na obnovljivim izvorima energije.

U okrugu Lombok u gradu Utrecht napravljen je prvi svjetski V2G sustav, pod nazivom Pametno solarno punjenje (SSC - Smart Solar Charging). Ova lokalna inovacija je primjer koji prikazuje kako V2G sustavi mogu igrati ulogu u energetskej tranziciji.

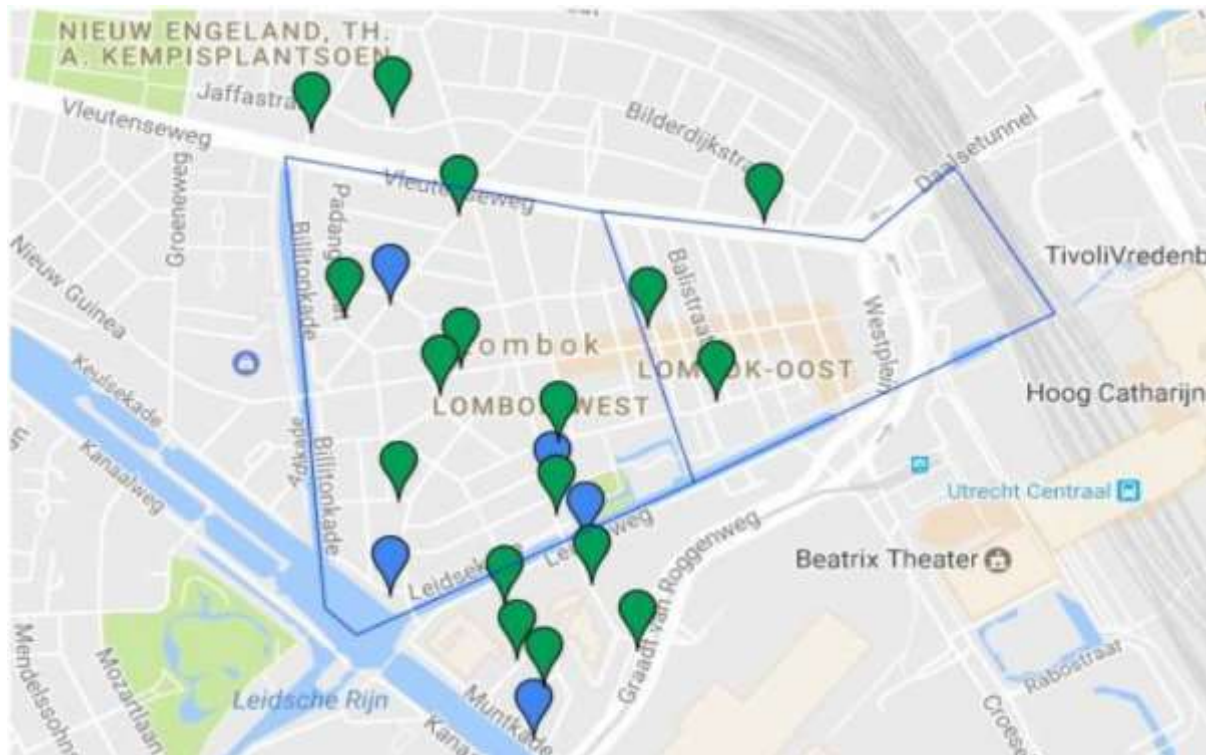
Prije nego što je nastao SSC, osnovana je u okrugu Lombok lokalna korporacija za Internet promet koja je koristila lokalnu električnu energiju iz solarnih panela. Ova korporacija se zove Lombo Xnet. Ta tvrtka je počela stavljati solarne ploče na krovove zgrada i pojavila se ideja za implementaciju V2G tehnologije. Stoga je tvrtka inicirala SSC konzorcij, u kojemu je Lombo Xnet funkcionirao kao tehnički voditelj, a različiti sudionici pridonijeli su realizaciji dvosmjerne stanice za punjenje SSC. Ova dvosmjerna stanica za punjenje omogućava punjenje i pražnjenje električnih vozila, što je bitno za V2G tehnologiju. Organizacija „We Drive Solar“ (WDS), koja je i dio SSC konzorcija javno objavljuje cijeli koncept SSC-a. Robin Berg je direktor sve tri organizacije (Lombo Xnet, SSC, WDS). Konzorcij SSC-a se nadalje sastoji od različitih sudionika koji su prikazani na Tablici 3.

| Organizacija                                  | Uloga u konzorciju                                      |
|---|---|
| <b>LomboXnet</b>                              | Tehnički voditelj, lokalna korporacija                  |
| <b>Utrecht Sustainability Institute (USI)</b> | Institut znanja o održivosti                            |
| <b>General Electric Benelux</b>               | Programeri za stanice za električno punjenje            |
| <b>Last Mile Solutions (LMS)</b>              | Programeri softvera za stanice za električno punjenje   |
| <b>We Drive Solar (WDS)</b>                   | Zajednički EV projekt temeljen na SSC-u                 |
| <b>New Solar</b>                              | Tvrtka za solarno savjetovanje                          |
| <b>Vydin</b>                                  | Specijalisti u povezivanju tehnologije                  |
| <b>Jedlix</b>                                 | Programeri aplikacije za stanice za električna punjenja |

|   |                            |
|---|----------------------------|
| <b>Stedin</b>   | Regionalni operator mreže  |
| <b>University of Utrecht (UU)</b>                     | Regionalni institut znanja |
| <b>University of Applied Sciences of Utrecht (HU)</b> | Regionalni institut znanja |

Tablica 3.: Konzorcij Pametnog Solarnog Punjenja (SSC) [16].

Konzorcij Pametnog Solarnog Punjenja (SSC) dodatno podržava Renault koji je osigurao električna vozila za projekt WDS i nekoliko drugih organizacija. U siječnju 2017. električno vozilo, model Renault Zoe, koristi se u općini Utrecht u sklopu WDS projekta. WDS se temelji na konceptu dijeljenja automobila na osnovi V2G sustava SSC-a. To znači da se V2G sustav SSC-a koristi javno od strane pojedinaca i tvrtki pod imenom „We Drive Solar“. Projekt se nalazi u okrugu Lombok, Utrecht (Slika 9.). Plave i zelene točkice su javne stanice za punjenje rezervirane za WDS Električna Vozila u tom području. Plava boja predstavlja jedno parkirno mjesto a zelena boja dva parkirna mjesta.



Slika 9.: Okrug Lombok i njegove stanice za punjenje Električnih Vozila [17].



Nadalje slijedi zanimljiv podatak za grad Rijeku gdje su Hrvatski Telekom i Tower Centar Rijeka postavili prvu brzu e-punionicu za električna vozila u Gradu Rijeci u sklopu projekta "Sveobuhvatna mreža koridora s brzim punjenjem u jugoistočnoj Europi". Ovom instalacijom Rijeka se pridružila karti pametnih gradova koji potiču razvoj e-mobilnosti kao ključnog koncepta nisko-ugljične mobilnosti.

## 7. Zaključak

Ovaj završni rad pokazuje da je poslovna praksa naprednih mreža više korisna za društvo nego za dobavljače. Stoga regulatori igraju važnu ulogu u Europi za ostvarenje punog potencijala vrijednosti napredne mreže. Kako bi se olakšalo ulaganje u sektor, suradnja između regulatora i dobavljača trebala bi se ubrzati u cilju razvoja prakse naprednih mreža.

Razvoj napredne mreže nije samo nužan za integraciju distribuiranih obnovljivih izvora električne energije. Naime, napredna mreža također omogućuje spajanje električnih vozila sa mrežom i predstavlja važnu priliku za energetske učinkovitost i smanjenje emisije CO<sub>2</sub>. Uvedene su europske direktive za obnovljive izvore energije, energetske učinkovitost i smanjenje emisije CO<sub>2</sub>. Dok je većina država članica ozbiljno shvatila ciljeve smanjenja emisije CO<sub>2</sub> i obnovljivih izvora energije, provedba cilja EU za 20% veću energetske učinkovitost bila je slaba. Odbor za energetiku Europskog parlamenta (ITRE) nije postavio obvezno zakonodavstvo o ovom cilju.

Tijekom istraživanja postalo je jasno da se među europskim državama napredna mreža razvija vrlo različitim brzinama. Neke vlade i dobavljači su učinili važna ulaganja u implementaciju pametnog mjerenja, ali automatizacija distribucije, sustavi upravljanja mrežom i kućne automatizacijske mreže uglavnom su u ranoj fazi razvoja.

Europska komisija obvezala je uvođenje pametnih mjerila u najmanje 80% europskih kućanstava do 2020. godine. Neke su zemlje gotovo postigle cilj, dok su neke tek započele pilot projekte. Većina rasprava i literature usredotočuje se na uloge vlasti i industrije u razvoju i uspostavi tehnologije. Međutim, bez aplikacija za kućnu automatizaciju i spremnosti na promjenu ponašanja krajnjih potrošača, napredna će mreža ostati daleko od ispunjavanja svojih potencijala da dovede do značajnog povećanja energetske učinkovitosti i smanjenja CO<sub>2</sub>.

Događa se energetska tranzicija, što znači da se energetske sustav mijenja iz jednog relativno stabilnog te prolazi kroz temeljne promjene. Iako je takav prijelaz potreban, vanjski utjecaji koji se tiču ekoloških problema, primjerice onečišćenja zraka i okoliša, efekta staklenika, kiselih kiša, globalnog zatopljenja, klimatskih promjena još uvijek ne stvaraju toliki pritisak da bi se dogodila promjena u sustavu. Uz prethodno navedene probleme koji prate masovno korištenje energije iz fosilnih goriva tj. neobnovljivih izvora, većina ljudi se i

---

dalje oslanja na korištenje takvih resursa. Ipak, pojava tehnoloških inovacija nude mogućnosti za tranziciju. Električna vozila i solarni fotonaponski sustavi temeljeni na obnovljivim izvorima energije mijenjaju sustav odozdo prema gore. V2G će vjerojatno biti ostvariviji u urbanim područjima, jer na takvim područjima najbrže raste onečišćenje zraka.

## LITERATURA

- [1] Edvart Csanyi, Smart Grid Concept and Characteristics, <https://electrical-engineering-portal.com/smart-grid-concept-and-characteristics>
- [2] Lopez Gregorio, Jose Ignacio Moreno, Pedro S. Moura, Anibal T. de Almeida, 5 Smart Grid technology areas (IEA 2011), [https://www.researchgate.net/figure/Smart-Grid-technology-areas-IEA-2011\\_fig3\\_257391860](https://www.researchgate.net/figure/Smart-Grid-technology-areas-IEA-2011_fig3_257391860)
- [3] International Journal of Smart Grid and Clean Energy, Fadi Aloul, Rami Al-Dalky, Mamoun Al-Mardini, Wassim El-Hajj, <http://www.ijsgce.com/uploadfile/2012/1011/20121011121836539.pdf>
- [4] George Feuerlicht, Jiri Vorisek, Illustrating the correlation between applications and key success factors, [http://images.slideplayer.com/39/10964227/slides/slide\\_27.jpg](http://images.slideplayer.com/39/10964227/slides/slide_27.jpg)
- [5] Hector Costello, Smart home energy management system market share, growth by top company, regions, applications, drivers, trends and forecast to 2025, <https://newsofenergy.com/smart-home-energy-management-system-market-share-growth-by-top-company-regions-applications-drivers-trends-forecast-to-2025/>
- [6] European Commission, Joint research Centre, Smart grid projects map: Organisations and implementation sites, <http://ses.jrc.ec.europa.eu/ses/project-maps>
- [7] Republika Hrvatska, Ministarstvo regionalnoga razvoja i fondova Europske unije, Mogućnosti financiranja iz Operativnog programa Konkurentnost i kohezija 2014. - 2020. ,Zagreb, kolovoz 2015. [www.strukturnifondovi.hr/](http://www.strukturnifondovi.hr/)
- [8] Koen Schoots, Michiel Hekkenberg, Pieter Hammingh, National Energy Outlook 2017, <http://www.pbl.nl/en/publications/national-energy-outlook-2017>
- [9] Mateo Beus, Ivan Pavić, Ivona Štritof, Tomislav Capuder, Hrvoje Pandžić, Electricity Market Design in Croatia within the European Electricity Market— Recommendations for Further Development, <http://www.mdpi.com/1996-1073/11/2/346/htm>
- [10] Ministarstvo uprave, Ministarstvo rada i mirovinskog sustava, Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture, Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Ministarstvo poduzetništva i obrta, Ministarstvo gospodarstva, Operativni program u okviru cilja investicija za rast i zapošljavanje, Operativni program Konkurentnosti i kohezija 2014-2020. [https://www.mingo.hr/public/investicije/OPKK\\_2014\\_2020\\_31316.pdf](https://www.mingo.hr/public/investicije/OPKK_2014_2020_31316.pdf)

- 
- [11] European Environment Agency, Share of renewable energy in gross final energy consumption, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/renewable-gross-final-energy-consumption-4/assessment-2>
- [12] European Association for Battery Electric Vehicles, Energy consumption, CO2 emissions and other considerations related to Battery Electric Vehicles, [https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/consultations/doc/2009\\_03\\_27\\_future\\_of\\_transport/20090408\\_eabev\\_%28scientific\\_study%29.pdf](https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/consultations/doc/2009_03_27_future_of_transport/20090408_eabev_%28scientific_study%29.pdf)
- [13] Thomas B. Johansson, Anand Patwardhan, Nebojsa Nakicenovic, Luis Gomez-Echeverri, Global Energy Assessment Toward a Sustainable Future, Key Findings Summary for Policymakers Technical Summary, <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/GEA-Summary-web.pdf>
- [14] S.C. van der Zwaag, The role of V2G system in the energy transition based on Smart Solar Charging in the municipality of Utrecht, <http://smartsolarcharging.eu/wp-content/uploads/sites/274/2018/01/Msc-Thesis-S.C.-van-der-Zwaag.pdf>
- [15] Thomas Wnzel, Niklas Hanewinkel, Solar photovoltaic capacity installed and connected in Croatia from 2013 to 2017 (in megawatts), <https://www.statista.com/statistics/497406/installed-photovoltaic-capacity-croatia/>
- [16] European Commission, The solution to sustainable urban mobility and energy, <http://www.amsterdamvehicle2grid.nl/>
- [17] Smart Solar Charging, <http://smartsolarcharging.eu/en/project-partners/>
- [18] HINA, Udio obnovljive energije u Hrvatskoj je 14,6 posto, <http://www.novilist.hr/Vijesti/Gospodarstvo/Udio-obnovljive-energije-u-Hrvatskoj-je-14-6-posto> (27.05.2018)

**PRILOZI**

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija