

# Decentralizacija proizvodnje energije korištenjem obnovljivih izvora

---

**Koprivica, Denis**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:186:358226>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-16**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FILOZOFSKI FAKULTET  
Sveučilišni preddipomski studij politehnike

Završni rad

**DECENTRALIZACIJA PROIZVODNJE ENERGIJE  
KORIŠTENJEM OBNOVLJIVIH IZVORA**

Rijeka, rujan 2017.

Denis Koprivica

**SVEUČILIŠTE U RIJCI**  
**FILOZOFSKI FAKULTET**

Sveučilišni preddipomski studij politehnike

Završni rad

**DECENTRALIZACIJA PROIZVODNJE ENERGIJE**  
**KORIŠTENJEM OBNOVLJIVIH IZVORA**

Mentor: prof. dr. sc. Lidija Runko Luttenberger

Rijeka, rujan 2017.

Denis Koprivica

Student: Denis Koprivica

Studijski program: politehnika

JMBAG: 0101995360110

## IZJAVA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom Decentralizacija proizvodnje energije korištenjem obnovljivih izvora izradio samostalno pod mentorstvom doc. dr. sc. Lidije Runko Luttenberger

U radu sam primijenio metodologiju znanstvenoistraživačkog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezao s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Suglasan sam s objavom završnog rada na službenim stranicama Fakulteta.

Denis Koprivica

Sveučilište u Rijeci  
STUDIJ POLITEHNIKE  
**Povjerenstvo za završne i diplomatske radove**

U Rijeci, 1. lipnja 2017. godine

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

**Pristupnik:** Denis Koprivica

**Naziv zadatka:** Decentralizacija proizvodnje energije korištenjem obnovljivih izvora

**Rješenjem zadatka potrebno je obuhvatiti sljedeće:**

Pristupnik pri realizaciji zadatka treba dati pregled raspoloživih obnovljivih izvora energije, udjela u ukupnoj energetskej potrošnji u Republici Hrvatskoj, analizirati aspekte decentralizacije proizvodnje energije, potrebnu energetskej infrastrukturu za postizanje decentralizacije glede proizvodnje, prijenosa, distribucije i potrošnje, razmotriti primjere iz prakse, te predložiti način podizanja svijesti javnosti i donositelja odluka o potrebi korištenja obnovljivih izvora energije u cilju postizanja zahtjeva Pariškog sporazuma.

U diplomskom se radu obavezno treba pridržavati **Uputa o izradi završnog rada.**

Zadatak uručen pristupniku: 1. lipnja 2017.

Rok predaje završnog rada: 3 mjeseca

Datum predaje završnog rada: 4. rujna 2017.

**Predsjednik povjerenstva:**

Doc. dr. sc. Tomislav Senčić, dipl. ing.

T. Senčić

**Mentor:**

Doc. dr. sc. Lidija Runko Luttenberger, dipl.ing.



## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
SAŽETAK.....	V
1. UVOD.....	1
2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE .....	3
2.1. Vrste obnovljivih izvora energije.....	4
2.1.1. Energija Sunca.....	4
2.1.2. Energija vjetra .....	5
2.1.3. Energija vodenih tokova.....	5
2.1.4. Energija vodika .....	6
2.1.5. Energija biomase .....	7
2.1.6. Energija iz okoliša.....	7
2.2. Prirodni i tehnički potencijal obnovljivih izvora energije.....	7
2.2. Energetska tranzicija .....	9
2.3. Prednosti primjene obnovljivih izvora energije .....	11
2.4. Obnovljivi izvori energije u Europskoj uniji .....	14
3. DECENTRALIZIRANA PROIZVODNJA ENERGIJE .....	18
3.1. Centralizirana i decentralizirana proizvodnja energije: usporedba .....	19
3.2. Motivi uvođenja decentralizirane proizvodnje energije.....	22
3.3. Izazovi decentralizirane proizvodnje energije.....	22
3.4. Koristi decentralizirane proizvodnje energije .....	24
4. DECENTRALIZIRANA PROIZVODNJA ENERGIJE PRIMJENOM OBNOVLJIVIH IZVORA U HRVATSKOJ .....	26
4.1. Energija u Hrvatskoj.....	26
4.2. Strateški dokumenti u Hrvatskoj i Europskoj uniji .....	33
4.2.1. Europa 2020. ....	33
4.2.2. Pariški sporazum .....	35
4.3. Korištenje obnovljivih izvora energije i energetska efikasnost u Republici Hrvatskoj	36
4.4. Mogućnosti distribuirane proizvodnje energije putem obnovljivih izvora u Republici Hrvatskoj.....	39
4.5. Infrastrukturni zahtjevi za decentraliziranu proizvodnju energije u Hrvatskoj.....	43

4.5.1. Virtualne elektrane .....	44
4.5.2. Građani kao proizvođači u decentraliziranom energetsom sustavu .....	45
4.6. Primjeri dobre prakse .....	47
4.7. Preporuke za podizanje svijesti o važnosti uporabe obnovljivih izvora .....	48
5. ZAKLJUČAK .....	50
6. LITERATURA .....	51

## POPIS SLIKA

Slika 1. Prirodni i tehnički potencijal obnovljivih izvora energije u odnosu na ukupnu svjetsku potrošnju energije .....	8
Slika 2. Emisija CO <sub>2</sub> u g/kWh prema različitim izvorima energije.....	13
Slika 3. Udio energije iz obnovljivih izvora u Europskoj uniji i zemljama članicama u ukupnoj potrošnji energije (u%) i usporedba 2004. i 2015. godine .....	15
Slika 4. Primarna proizvodnja energije iz obnovljivih izvora u Europskoj uniji, od 1990. do 2015. godine .....	16
Slika 5. Energija proizvedena iz obnovljivih izvora dostupna za korištenje, na razini EU, od 1990. – 2015. godine, u milijunima tona uljnog ekvivalenta (Mtoe).....	17
Slika 6. Centralizirani i decentralizirani sustav proizvodnje energije.....	20
Slika 7. Proizvodnja, potrošnja i skladištenje energije u decentraliziranom sustavu proizvodnje energije .....	23
Slika 8. Koristi od decentralizirane proizvodnje energije .....	25
Slika 9. Osnovni pokazatelji kretanja potrošnje energije u Hrvatskoj, 2010. – 2015. godine .	27
Slika 10. Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj, 1988. – 2015. godine.....	28
Slika 11. Potrošnja električne energije u Hrvatskoj, 1988. do 2015. godine .....	28
Slika 12. Proizvodnja primarne energije u Hrvatskoj prema izvoru energije, 2010. i 2015. godine .....	30
Slika 13. Potrošnja energije u Hrvatskoj prema izvorima energije, 2010. i 2015. godine.....	32
Slika 14. Emisija stakleničkih plinova u Hrvatskoj, 2005. – 2015. godine u odnosu na 1990. godinu.....	37
Slika 15. Udio potrošnje energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije u Hrvatskoj, 2008. do 2015. godine .....	37
Slika 16. Energetska efikasnost u Hrvatskoj, 2008. do 2015. godine, u Mtoe.....	38
Slika 17. Ukupan broj instaliranih postrojenja na obnovljive izvore energije u Hrvatskoj, 2015. godine, prema izvoru energije .....	42
Slika 18. Virtualna elektrana.....	45



## POPIS TABLICA

Tablica 1. Primarna proizvodnja energije u Hrvatskoj, od 2010. – 2015. godine.....	29
Tablica 2. Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj, 2010. – 2015. godine, prema izvoru energije .....	31

## SAŽETAK

Razvoj suvremenog društva u tehnološkom i ekonomskom smislu utječe na povećane potrebe za energijom. U skladu s time, prisutne su višestruke negativne implikacije na okoliš te se nameće potreba za pronalaskom novih načina proizvodnje i korištenja energije, s ciljem smanjenja negativnih učinaka na okoliš. Europska unija definirala je svoju energetske strategiju, na način da se postupno napušta korištenje fosilnih goriva te su dane smjernice za povećanje potrošnje energije iz obnovljivih izvora. U sklopu strategije, želi se dostići cilj od smanjenja emisije CO<sub>2</sub> za 20% na razini Unije te ostvariti udio potrošnje iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji od 20%. Hrvatska je kao članica Europske unije obvezna poštivati ciljeve europske regulative o smanjenju emisije CO<sub>2</sub> i povećanom udjelu korištenja obnovljivih izvora u proizvodnji energije. Obnovljivi izvori energije su izvori energije koji nastaju kao posljedica prirodnih procesa, a koji se neprestano nadoknađuju ili obnavljaju. Korištenje obnovljivih izvora energije utječe na smanjenje emisije stakleničkih plinova, što znači da se osigurava čista energija koja ima minimalne ili nema štetnih utjecaja na okoliš, a na taj način pozitivno djeluje na usporavanje klimatskih promjena. Uporaba obnovljivih izvora u proizvodnji energije moguća je putem decentraliziranih sustava, u kojima se postrojenja za proizvodnju energije lociraju bliže mjestu potrošnje. U decentraliziranom sustavu, omogućena je optimalna uporaba obnovljivih izvora energije, smanjenje potrošnje fosilnih goriva i povećanje ekološke i energetske učinkovitosti.

Ključne riječi: *obnovljivi izvori energije, decentralizirana proizvodnja, smanjenje emisije stakleničkih plinova, energetska efikasnost, Europa 2020*



## 1. UVOD

Tema ovog završnog rada je „Decentralizacija proizvodnje energije korištenjem obnovljivih izvora“. Cilj rada je prikazati načine proizvodnje i koristi uporabe obnovljivih izvora energije, a svrha rada je ukazati na mogućnosti decentralizirane proizvodnje energije korištenjem obnovljivih izvora. Rad se, uz uvod i zaključak, sastoji od još tri poglavlja, kojima se obrađuje uža tema rada.

Nakon uvoda, obrada problematike započinje drugim poglavljem, koje govori općenito o obnovljivim izvorima energije. Najprije su prikazane vrste obnovljivih izvora energije te je svaka od njih detaljnije objašnjena. Zatim su opisani prirodni i tehnički potencijal obnovljivih izvora energije, definiran je pojam energetske tranzicije te je prikazan utjecaj primjene obnovljivih izvora energije na okoliš. Posljednje potpoglavlje ovog dijela rada govori o obnovljivim izvorima energije u Europskoj uniji, dan je prikaz udjela potrošnje energije iz obnovljivih izvora te je prikazano njihovo kretanje u odabranom razdoblju.

U trećem poglavlju rada opisuje se decentralizirana proizvodnja energije. U ovom je poglavlju dana usporedba centraliziranog i decentraliziranog sustava proizvodnje energije radi jednostavnijeg uočavanja razlika među njima i definiranja obilježja decentraliziranog sustava. Nadalje, navedeni su motivi uvođenja decentraliziranog sustava proizvodnje energije, kao i izazovi i koristi koji proizlaze iz primjene takvog sustava.

„Decentralizirana proizvodnja energije primjenom obnovljivih izvora u Hrvatskoj“ naslov je četvrtog poglavlja rada. Poglavlje polazi od prikazivanja stanja energije u Hrvatskoj, a tu su grafički prikazani podaci o osnovnim pokazateljima kretanja potrošnje energije u Hrvatskoj, primarnoj proizvodnji energije u Hrvatskoj, proizvodnji primarne energije prema izvoru te potrošnji energije u Hrvatskoj prema izvorima energije. Zatim su navedeni i opisani strateški dokumenti u Hrvatskoj i Europskoj uniji koji se odnose na primjenu obnovljivih izvora energije i smanjenje emisije stakleničkih plinova te su navedeni i objašnjeni njihovi ciljevi i smjernice. U istom poglavlju rada, prikazano je stanje korištenja obnovljivih izvora energije i energetska efikasnost u Hrvatskoj te mogućnosti distribuirane proizvodnje energije putem

obnovljivih izvora. Kako bi zaživio sustav decentralizirane proizvodnje energije, potrebna je odgovarajuća infrastruktura, koja će omogućiti proizvodnju, prijenos, distribuciju i skladištenje energije u takvom sustavu te osigurati stabilnu opskrbu energije i dvosmjernu komunikaciju između proizvođača i potrošača. Infrastrukturni zahtjevi za decentraliziranu proizvodnju energije navode se unutar četvrtog poglavlja, a nakon toga prikazano je nekoliko primjera dobre prakse, koji dokazuju mogućnosti i učinkovitost distribuirane proizvodnje energije. Posljednji dio ovog poglavlja iznosi preporuke za podizanje svijesti o važnosti uporabe obnovljivih izvora i osiguravanju dugoročnog održivog razvoja.

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 ininternetnih izvora. Od ostalih metoda, u radu su korištene metoda indukcije i dedukcije, metoda analize i sinteze, deskriptivna metoda, metoda kompilacije te metoda komparacije.

## 2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Razvoj suvremenog društva u tehnološkom i ekonomskom smislu utječe je na povećanje potrebe, a time i povećanje potrošnje energije. Takav, ubrzan razvoj, ima višestruke negativne implikacije na okoliš te nameće potrebu za pronalaskom novih načina proizvodnje i korištenja energije, s ciljem smanjenja negativnih učinaka na okoliš. Novi model prema kojem bi se trebalo razvijati današnje društvo naziva se održivim razvojem, za kojim se potreba javlja u svim sferama ljudskog djelovanja. Sukladno definiciji UN-a, održivi razvoj je „razvoj kojim se zadovoljavaju potrebe današnjih naraštaja, a da se pritom ne ugrožava mogućnost budućih naraštaja u zadovoljavanju njihovih potreba“ [1]. Koncept održivog razvoja uvjetuje da se procesi uporabe resursa usklade s današnjim i budućim ekonomskim, ekološkim i društvenim potrebama. Ciljevi koncepta održivog razvoja koji se odnose na proizvodnju i potrošnju resursa i energije su [2]:

- pristupačna i čista energija;
- održivi gradovi i zajednice;
- odgovorna proizvodnja i potrošnja energije;
- minimiziranje ljudskog utjecaja na klimatske promjene;
- smanjenje potrošnje i povećanje dostupnosti pitke vode;
- smanjenje negativnih utjecaja proizvodnje i potrošnje energije na vodu, zrak i tlo.

Realizaciji navedenih ciljeva mogu doprinijeti dva pristupa. Prvo, nastavak iskorištavanja do sada korištenih izvora energije, poput fosilnih i nuklearnih goriva, uz primjenu inovativne tehnologije koja bi omogućila višu učinkovitost proizvodnje, pretvorbe i korištenja tradicionalnih izvora energija te smanjenje i neutraliziranje njihovih negativnih učinaka na okoliš. Druga mogućnost je potpuno napuštanje do sada korištenih izvora energije te provođenje energetske tranzicije radi korištenja obnovljivih izvora energije.

Obnovljivi izvori energije su izvori energije koji nastaju kao posljedica prirodnih procesa, a koji se neprestano nadoknađuju ili obnavljaju. Obnovljivi izvori energije se korištenjem ne mogu u potpunosti utrošiti te su na Zemlji prisutni u neograničenim količinama. Međunarodna agencija za energiju dala je svoju definiciju obnovljivih izvora energije, koja navodi da je obnovljiva energija „energija koja se dobiva iz prirodnih procesa koji se stalno obnavljaju, a

uključuje električnu i toplinsku energiju dobivenu iz izvora Sunčeve svjetlosti, vjetra, energije kopnenih vodotokova, oceana, biomase i geotermalne energije te biogoriva i vodika dobivenih iz obnovljivih izvora energije“ [3].

## 2.1. Vrste obnovljivih izvora energije

Obnovljivi izvori energije se, prema njihovim izvorima, mogu podijeliti prema tri temeljna izvora [4]:

- energija od raspadanja izotopa u dubini Zemlje
- energija od gravitacijskog djelovanja Zemlje
- energija od termonuklearnih pretvorbi na Suncu.

Najveći izvor energije na Zemlju dolazi od Sunčevog zračenja, stoga ovaj izvor energije ima najveći potencijal korištenja. Od Sunčeve enerije zapravo potječe i velik broj ostalih izvora energije, poput energije fosilnih goriva i vodenih tokova. Ovisno o srodnosti, a istovremeno zanemarujući njihovo porijeklo, obnovljivi izvori energije dijele se na [4]:

- energiju Sunca
- energiju vjetra
- energiju vodenih tokova
- energiju vodika
- enegiju iz biomase
- energiju iz okoliša.

### 2.1.1. Energija Sunca

Energija Sunca je osnovni pokretač klimatskih i životnih ciklusa na Zemlji te je Sunce najveći potencijal za podmirivanje energetske potrebe uz minimalan negativan utjecaj na okoliš. Energija Sunčevog zračenja izravno i kontinuirano dolazi na Zemlju, a snaga Sunčevog zračenja na ulazu u Zemljinu atmosferu iznosi  $13701 \text{ W/m}^2$ , dok do Zemljine površine stigne otprilike pola te energije. Snaga Sunčevog zračenja koje stvarno stigne na Zemlju uvelike ovisi o atmosferskim prilikama i oblacima, a procijenjeno je da je prosječna godišnja snaga Sunčevog zračenja na Zemlji oko  $200 \text{ W/m}^2$  [5]. Iskorištavanje pristigle energije Sunca na

Zemlju vrši se putem solarnih kolektora, fotonaponskih ćelija ili fokusiranjem te se takav način korištenja Sunčeve energije naziva aktivnom primjenom. Međutim, moguća je i njena pasivna primjena. Pasivna primjena Sunčeve energije je izravno iskorištavanje Sunčeve topline odgovarajućom izvedbom građevina, njihovim razmještajem, izborom materijala u gradnji i slično.<sup>1</sup>

### **2.1.2. Energija vjetra**

Vjetar predstavlja vodoravnu komponentu strujanja zračnih masa koja nastaje zbog razlike u temperaturama odnosno prostorne razdiobe tlake [4]. Vjetar također proizlazi iz Sunčevog zračenja, a smatra se kako od ukupnog Sunčevog zračenja na Zemlji, oko 2% otpada na stvaranje vjetrova. Intenzitet i smjerovi strujanja vjetrova ovise o godišnjim dobima te o cikloni i anticikloni. Iz različitih raspodjela tlaka i putujućih cirkulacijskih sustava nastaju lokalni vjetrovi, koji na različitim područjima imaju različita obilježja. Vjetar se od davne povijesti koristi za stvaranje energije. Najprije je energija vjetra služila ljudima za plovidbu, dok se danas, osim u plovidbi, energija vjetra iskorištava putem izgrađenih pogona vjetroelektrana odnosno vjetrenjača. Gradnja vjetroelektrane danas još uvijek iziskuje visoke početne investicije, stoga vjetroelektrane nisu čest način dobivanja energije, osobito ne u nerazvijenim i srednje razvijenim zemljama.

### **2.1.3. Energija vodenih tokova**

Energija vodenih tokova obuhvaća energiju iz [4]:

- kopnenih vodotoka (rijeke i potoci)
- morskih mijena (plime i oseke)
- morskih valova.

Energija kopnenih vodotoka je posljedica kruženja vode u prirodi, koje potječe od Sunčeve energije. Energija morskim mijena, plime i oseke, dolazi od gravitacijskog djelovanja nebeskih tijela te ovisi o međudjelovanju Mjeseca i Zemlje. Pojava morskih valova posljedica

---

<sup>1</sup> Primjer pasivne primjene Sunčeve energije su pasivne i niskoenergetske kuće, koje su građene na način da osiguravaju minimalne gubitke energije te imaju optimalan razmještaj vanjskih i unutarnjih zidova, izbor materijala i razmještaj staklenih površina koji osigurava maksimalnu iskorištenost Sunčevog zračenja.



je vremenskih prilika te su također posljedica djelovanja Sunčeve energije. Osim pravilnih pojava morskih valova, postoje i morski valovi koji nastaju kao posljedice djelovanja Zemljine kore te imaju razorno djelovanje i nisu poželjni niti pogodni za proizvodnju energije. Energija vodenih tokova danas se koristi za dobivanje električne energije u hidroelektranama, postrojenjima koje potencijalnu energiju vode pretvaraju u kinetičku energiju njenog strujanja, da bi se zatim pretvorila u mehaničku, a potom i u električnu energiju,

#### **2.1.4. Energija vodika**

Vodik je jedan od najčešćih elemenata na Zemlji, koji se nalazi u brojnim kemijskim spojevima u vezanom obliku. Vodik je najlakši element u prirodi te je 14 puta lakši od zraka. Vodik je neutrovan element, koji je pri sobnoj temperaturi i atmosferskom tlaku u plinovitom stanju, bezbojan, bez mirisa i okusa, ali je zapaljiv. Vodik se danas zbog svojih obilježja često naziva gorivom budućnosti. Naime, vodik se vrlo lako pretvara u korisne oblike energije te time postiže visoku efikasnost, bez štetnih utjecaja na okoliš. Vodik je obnovljivo gorivo, koje se vrlo jednostavno može proizvesti iz vode, a nakon njegove uporabe, nusprodukt je ponovo voda. Vodik se danas smatra gorivom budućnosti, a prednosti korištenja vodika kao alternativnog goriva su [6]:

- visoka energetska vrijednost
- neograničene količine
- ekološka prihvatljivost
- mogućnost razvođenja na daljinu putem cjevovoda
- lakoća skladištenja.

Za proizvodnju energije iz vodika temeljna je sirovina voda, a izdvajanje vodika iz vode moguće je putem elektrolize, termolize, termokemijske reakcije te fotokemijskih i bioloških procesa.

### **2.1.5. Energija biomase**

„Biomasa je biorazgradivi dio proizvoda, otpada i ostataka poljoprivredne proizvodnje, šumarskih i srodnih industrija“ [5]. Energija iz biomase može se naći u čvrstom, tekućem ili plinovitom stanju. Prema porijeklu, biomasa se može podijeliti na drvenu i nedrvnu biomasu i životinjski otpad. Temeljna prednost korištenja biomase kao izvora energije je razmjernost potencijala, koji se nalazi u ostacima šumarstva, otpadnom drvu, namjerno uzgojenoj biomasi, nedrvnoj uzgojenoj biomasi, otpadnoj biomasi, životinjskom otpadu i ostacima te u gradskom i industrijskom otpadu. Uz to, iskorištavanjem energije iz biomase nastaju plinovi, koji se dalje mogu koristiti u proizvodnji energije. Kod korištenja energije iz biomase emitira se manje štetnih plinova i otpadnih tvari, što je temeljna prednost biomase u odnosu na fosilna goriva. Temeljni nedostatak biomase je stvaranje onečišćujućih plinova, otpadnih voda i otpada, za čiju je reciklažu i pročišćavanje potrebno izgraditi velike sustave, koji mogu biti isplativi samo u veliki pogonima. Isto tako, prikupljanje, skladištenje i transport biomase mogu biti vrlo skupi, zbog čega je korištenje biomase relativno ograničeno.

### **2.1.6. Energija iz okoliša**

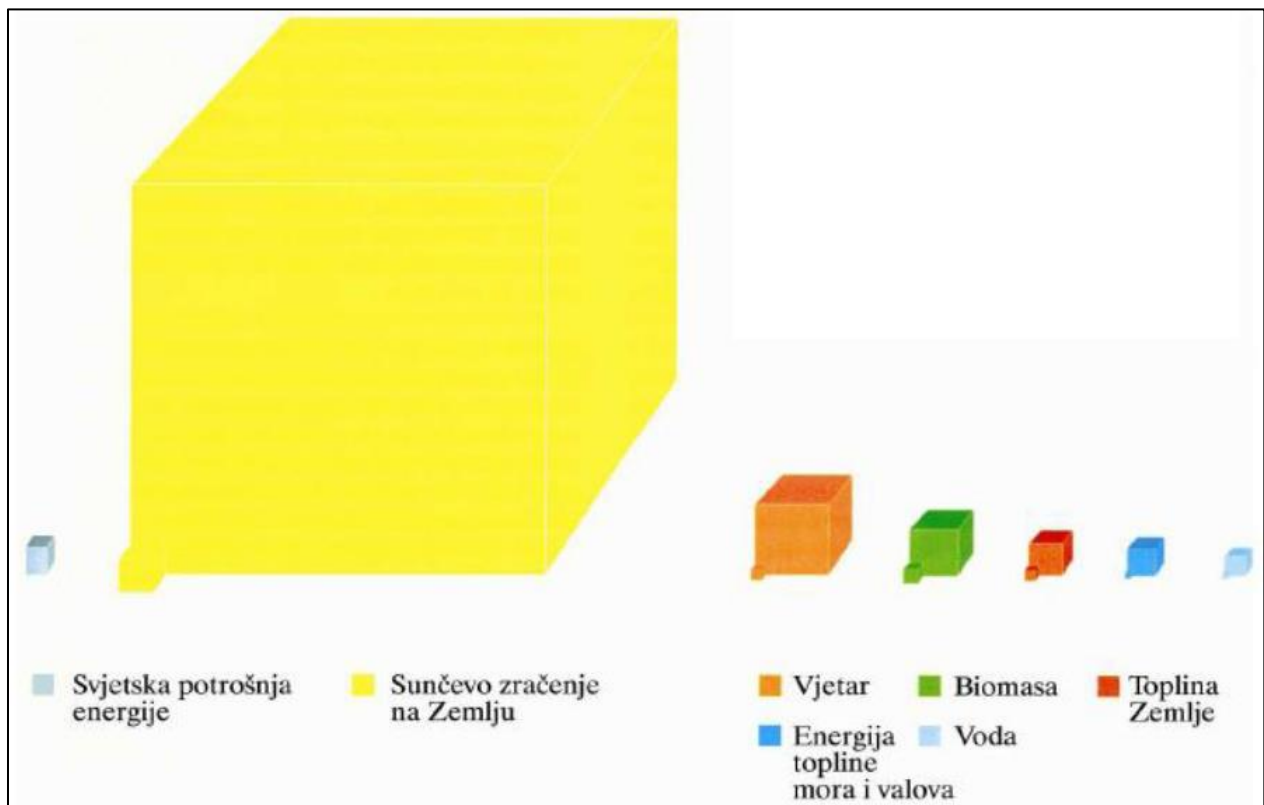
Energija iz okoliša je energija koju je moguće dobiti iz tla, vode ili zraka [7]. Kada se govori o energiji iz okoliša, misli se prije svega na geotermalnu energiju. Geotermalna energija nastaje kao posljedica hlađenja užarene jezgre zemlje. Prosječna godišnja količina energije koja dolazi na površinu Zemlje iznosi oko  $0,27 \times 10^6$  TWh/god. Geotermalna energija iskorištava se korištenjem toplinskih crpki i energije vrućih izvora i stijena, odnosno uporabom temperaturnog gradijenta.

## **2.2. Prirodni i tehnički potencijal obnovljivih izvora energije**

Različiti obnovljivi izvori energije imaju različite potencijale. Kada se razmatra potencijal obnovljivih izvora energije, potrebno je razlikovati prirodni i tehnički potencijal. Naime, prirodni potencijal nekog obnovljivog izvora energije predstavlja ukupno raspoloživi potencijal tog oblika energija, dok je tehnički potencijal dio prirodnog potencijala koji se može koristiti uz danu tehnološku opremljenost. Osim toga, moguće je govoriti i o pojmu

ekonomskog potencijala, koji označava dio ukupnog tehničkog potencijala kojeg je ekonomski opravdano koristiti.

Moguće je zaključiti kako svaka vrsta obnovljivog izvora energije ima određeni stupanj tehničkog potencijala, kojeg je moguće iskoristiti u proizvodnji energije, ukoliko se postoji tehnologija kojom je navedeni proces podržan. Korištenje obnovljivih izvora energije može doprinijeti smanjenju ili potpunom napuštanju korištenja tradicionalnih izvora energije te time neutralizirati štetne utjecaje proizvodnje i korištenja energije na okoliš. Prirodni i tehnički potencijal obnovljivih izvora energije u odnosu na ukupnu svjetsku potrošnju energije prikazani su slikom 1.



Slika 1. Prirodni i tehnički potencijal obnovljivih izvora energije u odnosu na ukupnu svjetsku potrošnju energije

Izvor: [http://www.irena-istra.hr/uploads/media/Clanak\\_OIE-Final\\_01.pdf](http://www.irena-istra.hr/uploads/media/Clanak_OIE-Final_01.pdf) [8]

Na slici, veća kocka označuje prirodni potencijal obnovljivog izvora energije, dok manja kocka iste boje označava tehnički potencijal istog izvora energije te je dana usporedba sa svjetskom potrošnjom energije. Lako je uočljivo kako je tehnički potencijal Sunčeve energije

vidljivo veći od ukupne svjetske potrošnje energije. Ostali obnovljivi izvori energije nemaju toliko velik tehnički potencijal, no njihovim međusobnim kombiniranjem moguće je zadovoljiti svjetske energetske potrebe.

## 2.2. Energetska tranzicija

Energetsku tranziciju moguće je definirati kao pomak od energetskog sustava kojime dominiraju tradicionalni izvori energije, s naglaskom na fosilna goriva, ka sustavu energije koji većim dijelom koristi energiju iz obnovljivih izvora i time povećava energetske učinkovitost, odgovornost u potrošnji energije i odgovornost prema okolišu.

Strateški razvojni dokumenti brojnih zemalja, pa tako i Europske unije, nameću održivi razvoj kao potrebu, ne više samo kao izbor djelovanja. Sukladno tome, nastoje se smanjiti negativne implikacije ekonomskog i tehnološkog razvoja na okoliš, osobito na klimu. Jedna od najvećih negativnih posljedica današnje industrije i rasta urbanih područja je konstantno povećanje emisije CO<sub>2</sub> u atmosferu. Zbog toga, jedan od ključnih ciljeva energetske i klimatske politike Europske unije je smanjenje emisije CO<sub>2</sub> te povećanje razine učinkovitosti energetskog sektora [9]. Energetske i klimatske politike vodećih svjetskih vlada nastoje utjecati na opseg i prirodu investicija u gospodarstvu, namećući potrebu za prelaskom na korištenje obnovljivih izvora energije radi dugoročno održivog gospodarskog razvoja.

Energetska tranzicija danas je globalni izazov i međunarodna problematika te je sastavni dio razvojnih dokumenata svih svjetskih zemalja. Kao takva, energetska tranzicija nameće potrebu za energetskom učinkovitošću, diverzifikacijom energetskih izvora i određivanjem održivog modela proizvodnje energije, koji će uzeti u obzir korištenje obnovljivih izvora te omogućiti investicije u tehnologiju prilagođenu njihovom iskorištavanju. Energetska tranzicija unutar nekog gospodarstva predstavlja skup mjera za usvajanje odgovornog ljudskog djelovanja, koje u obzir uzima okoliš i potrebe budućih generacija. Potreba za energetskom tranzicijom javila se kao posljedica izraženog globalnog zatopljenja, uočenih štetnih utjecaja na biosferu, nedostatka fosilnih goriva i neekonomičnosti postojećih energetskih sustava. Iako su kod energetske tranzicije prioritetni ciljevi provedba tranzicije na aktivnostima i subjektima koji proizvode i koriste velike količine energije, potrebno je s energetskom tranzicijom krenuti od prvih razina, odnosno od manjih proizvođača i potrošača,

koji svojim racionalnim korištenjem energije i proizvodnjom za vlastite potrebe mogu značajno utjecati na konačan ishod.

Mjere za koordinirano djelovanje svih svjetskih zemalja ka energetske tranziciji pokrenute su Kyotskim protokolom. Kyoto protokol usvojen je u Japanu 1997. godine, a stupio je na snagu 2005. godine. Danas je Kyoto protokol potpisan od strane 184 zemlje, uključujući Europsku uniju kao međunarodnu regionalnu zajednicu [10]. Kyoto protokol za zemlje potpisnice postavlja obvezujuće ciljeve koji se odnose na smanjenje emisije šest stakleničkih plinova, uključujući CO<sub>2</sub>, za 37 industrijski razvijenih zemalja u razdoblju od 2008. do 2012. godine. Ciljevi protokola različiti su od države do države, a zahtijevane stope smanjenja razlikuju se ovisno o stupnju razvijenosti zemlje. Na taj način, Kyoto protokol više odgovornosti postavlja pred razvijene zemlje, koje snose najveći dio odgovornosti za visoke koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi te imaju više financijskih i tehnoloških mogućnosti prilagodbe u svrhu realizacije ciljeva protokola.

Energetska tranzicija ima istaknute dugoročne i kratkoročne ciljeve. Dugoročni cilj energetske tranzicije je stvaranje zelenog i održivog gospodarstva na globalnoj razini. Kratkoročan cilj energetske tranzicije je potaknuti društvo na prihvaćanje korištenja energije iz obnovljivih izvora te racionalizaciju pri njoj uporabi. Za uspješno ostvarenje ciljeva energetske tranzicije, potrebno je njihovo prihvaćanje te kreiranje smjernica za energetske tranziciju na svim razinama razvoja, od lokalne do nacionalne i međunarodne, ali i od strane gospodarskih subjekata i pojedinaca. Također, potrebno je ciljeve energetske tranzicije implementirati u sve razvojne politike i dokumente te osigurati prilagođene ekonomske, tehnološke i političko-pravne uvjete.

Postoje određena ograničenja koja se moraju uzeti u obzir prilikom planiranja procesa energetske tranzicije. Prvo, ne postoji odgovarajuća kombinacija obnovljivih izvora energije koja bi maksimizirala koristi energetske tranzicije i osigurala maksimalnu učinkovitost u svim zemljama svijeta. Unatoč jednakim ciljevima i smjericama koje daje Kyoto protokol, potrebno je istaknuti kako se proces energetske tranzicije razlikuje od zemlje do zemlje, a te razlike proizlaze primarno iz geografskih karakteristika zemalja i stupnja njihove gospodarske razvijenosti. Drugo, energetske sustavi su vrlo složeni i skupi, što znači da je proces tranzicije vrlo spor i zahtijeva visoke investicije. Treće, energetska tranzicija zahtijeva

visoku tehnološku opremljenost i velike promjene u obrascu ponašanja potrošača energije [11].

### 2.3. Prednosti primjene obnovljivih izvora energije

Fosilna goriva danas su glavni izvor energije u svijetu. No, njihove su zalihe ograničene, a utjecaji na okoliš vrlo štetni, stoga se nameće potreba za sve češćim analiziranjem mogućih alternativa u proizvodnji energije, s primarnim ciljem očuvanja okoliša i osiguravanja dostupnosti energije u svijetu. Temeljna prednost korištenja obnovljivih izvora energije je u njihovom svojstvu konstantne obnove te u minimalnim štetnim utjecajima na čovjekovo zdravlje i okoliš.

Općenito, prednosti korištenja obnovljivih izvora energije mogu se svesti na [12]:

- smanjenje emisije stakleničkih plinova
- povećanje broja radnih mjesta
- diversifikaciju opskrbe energijom
- zaštitu ljudskog zdravlja i unapređenje kvalitete života ljudi
- povećanje energetske neovisnosti
- financijske uštede i stabilne cijene energije.

Alternativni izvori energije omogućavaju smanjenje ili potpuni prestanak uporabe fosilnih goriva u industriji, prometu i kućanstvima. Na taj način, obnovljivi izvori energije pomažu u smanjenju emisije stakleničkih plinova te doprinose zaštiti okoliša, osobito zraka.

Za proizvodnju i korištenje energije iz obnovljivih izvora potrebno je izgraditi prilagođene energetske sustave i podršku takvim sustavima, što bi na dvojak način utjecalo na zapošljavanje. Prvo, bila bi potrebna radna snaga tijekom gradnje energetske infrastrukture, a nakon gradnje, potrebno je otvoriti radna mjesta i zaposliti stručne osobe koje bi upravljale izgrađenom infrastrukturom.

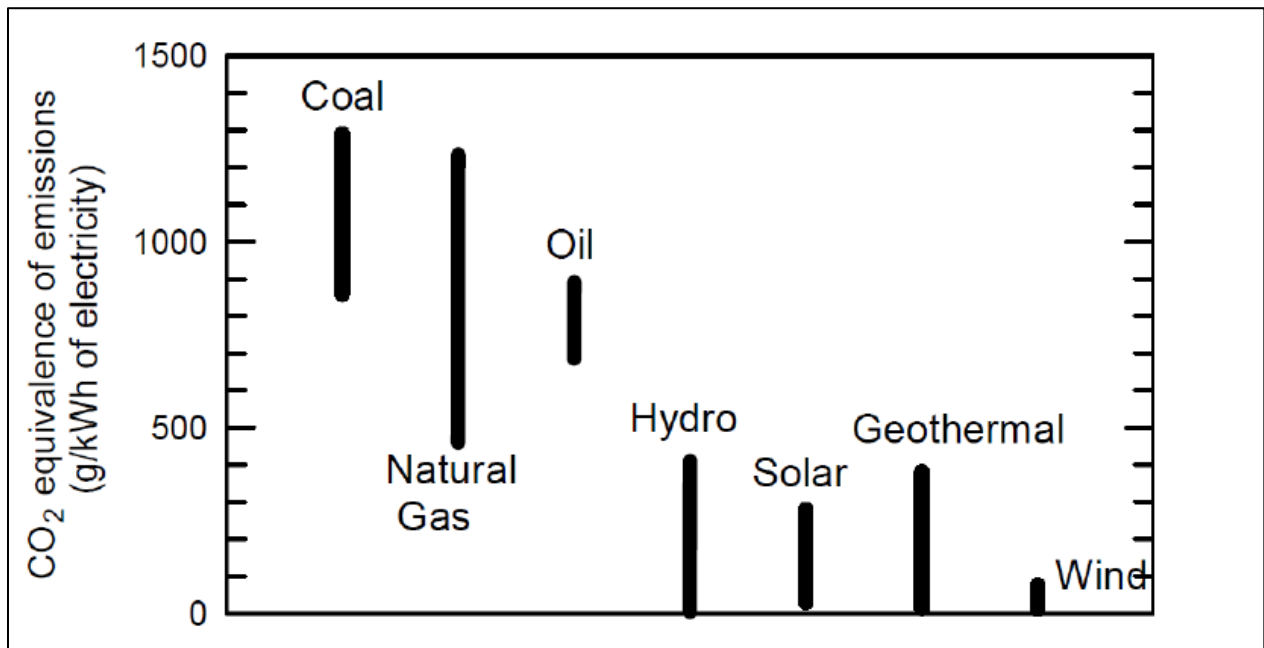
Diversifikacija opskrbe energijom znači da potrošači samostalno mogu birati iz kojih bi se izvora opskrbljivala njihova potrošnja te na taj način smanjuju ovisnost o fosilnim gorivima.

Korištenje obnovljivih izvora energije, kao što je prethodno navedeno, utječe na smanjenje emisije stakleničkih plinova, što znači da se osigurava čista energija koja ima minimalne ili nema štetnih utjecaja na okoliš, a na taj način pozitivno djeluje na usporavanje klimatskih promjena. Zdravlje ljudi izravno ovisi o kvaliteti vode, tla i zraka, stoga se može reći da obnovljivi izvori energije izravno čuvaju ljudsko zdravlje. Uz to, energija biomase utječe na racionalno gospodarenje otpadom i smanjenje njegove količine.

Energetska neovisnost je pojam koji ukazuje na neovisnost industrije i kućanstava o tradicionalnim izvorima energije. Obnovljivi izvori energije nude mogućnost kućanstvima da samostalno proizvode energiju za vlastite potrebe, što ih čini dijelom ili u potpunosti energetske neovisnima.

Kod proizvodnje energije iz obnovljivih izvora, početni troškovi izgradnje energetske sustava veći su u odnosu na izgradnje klasičnih elektrana. Međutim, jednom kada se iz proizvodnje energije putem obnovljivih izvora isplate početni troškovi, energetske sustav temeljen na obnovljivim izvorima ekonomski je isplativ i samoodrživ. Najbolji primjer navedenoga su solarni kolektori, čija kupovina i instalacija predstavljaju skupu početnu investiciju, koja se putem visokih ušteda ostvarenih korištenjem energije iz Sunčeve energije, može isplatiti već u pet godina [12]. Cijene obnovljivih izvora energije ne ovise o njihovim zalihama jer su zalihe neograničene, svaka ih zemlja posjeduje, što znači da se ne moraju uvoziti te se njima ne trguje na svjetskom tržištu, zbog čega su cijene energije proizvedene iz obnovljivih izvora relativno stabilne.

Temeljni razlog za energetske tranzicije u svim zemljama svijeta su ubrzane klimatske promjene, o kojima svjesnost na međunarodnoj razini postoji posljednjih dvadesetak godina. Smatra se kako je glavna prednost obnovljivih izvora energije u smanjenoj emisiji CO<sub>2</sub>. Ubrzan porast prosječnih godišnjih temperatura od sredine 20. stoljeća do danas, nedvojbeno je uzrokovan razvojem industrije i prometa, koji emitiraju velike količine stakleničkih plinova u atmosferu. Primjerice, u Sjedinjenim Američkim Državama, proizvodnja električne energije najveći je izvor emisije CO<sub>2</sub>, koja je u 2014. godini iznosila 2,3 milijarde tona, što je 40% od ukupne emisije CO<sub>2</sub> [13]. Uporaba obnovljivih izvora energije može značajno smanjiti emisiju CO<sub>2</sub> te dugoročno doprinijeti usporavanju klimatskih promjena i očuvanju čovjekovog okoliša. Usporedba emisije CO<sub>2</sub> korištenjem različitih izvora energije dana je slikom 2.



Slika 2. Emisija CO<sub>2</sub> u g/kWh prema različitim izvorima energije

Izvor: <http://www.ipcbee.com/vol69/021-ICEST2014-A1026.pdf> [13].

U usporedbi sa prirodnim plinom, koji emitira između 400 i 1350 grama ugljičnog dioksida po kilovatu na sat (CO<sub>2</sub> g/kWh) i ugljenom, koji emitira između 850 i 1400 grama ugljičnog dioksida po kilovatu na sat, energija vjetra emitira samo do 100 grama CO<sub>2</sub> g/kWh, a solarna energija emitira od 100 do 300 grama CO<sub>2</sub> E/kWh. Nadalje, geotermalna energija ima emisiju od 0 do 400 grama CO<sub>2</sub> g/kWh, a hidroenergija emitira između 0 i 500 grama CO<sub>2</sub> g/kWh [12]. Slikom u nastavku dana je usporedba emisije CO<sub>2</sub> uporabom različitih tradicionalnih i obnovljivih izvora energije.

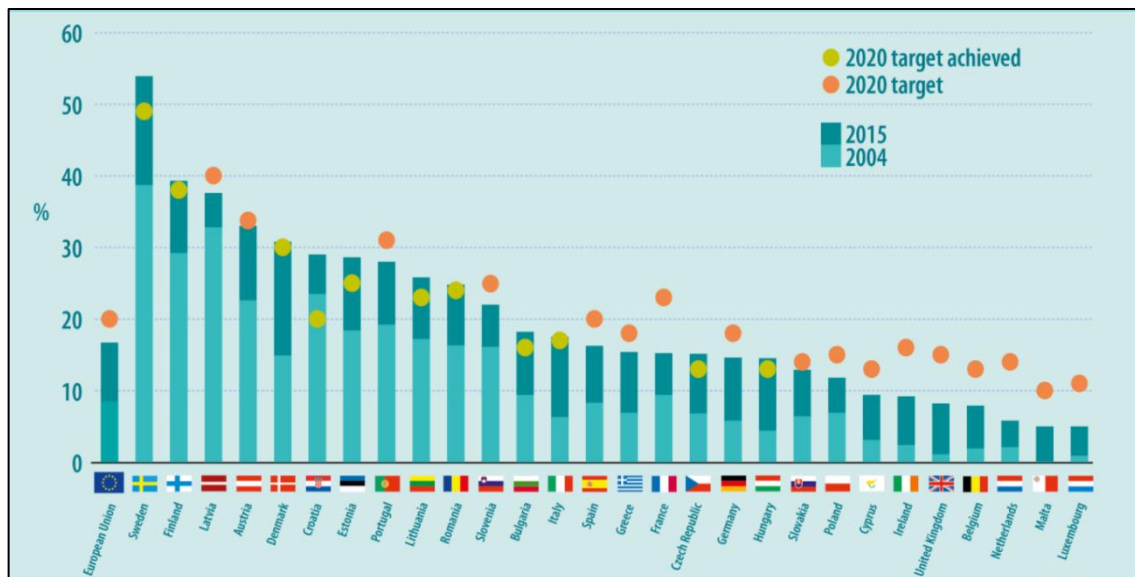


## 2.4. Obnovljivi izvori energije u Europskoj uniji

Proizvodnja energije iz obnovljivih izvora doživjela je u posljednjem desetljeću nagli porast, što je uvelike potaknuto obvezujućim pravnim ciljevima vezanim uz Direktivu 2009/28 Europskog parlamenta i Vijeća, o poticanju uporabe energije iz obnovljivih izvora (u nastavku Direktiva). Ova Direktiva zapravo je obvezujući cilj, koji sve zemlje članice Europske unije obvezuje na povećanje potrošnje energije iz obnovljivih izvora na 20% do 2020. godine na razini unije. Radi dostizanja postavljenog cilja, zemlje EU obvezale su se povećati korištenje obnovljivih izvora energije sukladno mogućnostima i potrebama na nacionalnoj razini. Tako primjerice, Malta mora povećati proizvodnju energije iz obnovljivih izvora na 10%, a Švedska na čak 49% do 2020. godine. Isto tako, iz Direktive proizlazi da svaka zemlja članica mora iz obnovljivih izvora osigurati barem 10% od ukupne potrošnje goriva u prometu.

Sve zemlje Europske unije usvojile su vlastite nacionalne energetske strategije i planove djelovanja za povećanje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora, u skladu sa europskom Direktivom. Planovi uključuju sektorske ciljeve za električnu energiju, energiju namijenjenu grijanju i hlađenju te za potrebe prijevoza. Za 2030. godinu, cilj Europske unije je da obnovljivi izvori energije igraju ključnu ulogu u opskrbljivanju Europske unije energijom. Zemlje Europske unije već su postigle konsenzus oko novog cilja: najmanje 27% ukupne potrošnje energije u Europskoj uniji mora dolaziti iz obnovljivih izvora. Stupanj realizacije postavljenog cilja mjeri se svake dvije godine te se rezultati na razini Europske unije i zasebno za svaku zemlju objavljuju u izvješću o napretku. Prema posljednjem takvom izvješću, objavljenom 2017. godine, Europska unija je kao cjelina postigla udio od 16,4% proizvodnje energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj proizvodnji energije [14]. Unatoč razrađenom političko-pravnom okviru i uspješnosti dostizanja ciljeva na razini unije do 2020. godine, pojedine zemlje članice moraju uložiti dodatne napore kako bi ispunile obvezu za povećanjem udjela potrošnje energije iz obnovljivih izvora.

Slikom 3. prikazan je udio potrošnje energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije na razini Europske unije i u zemljama članicama te je izvršena usporedba 2015. godine u odnosu na 2014. godinu.



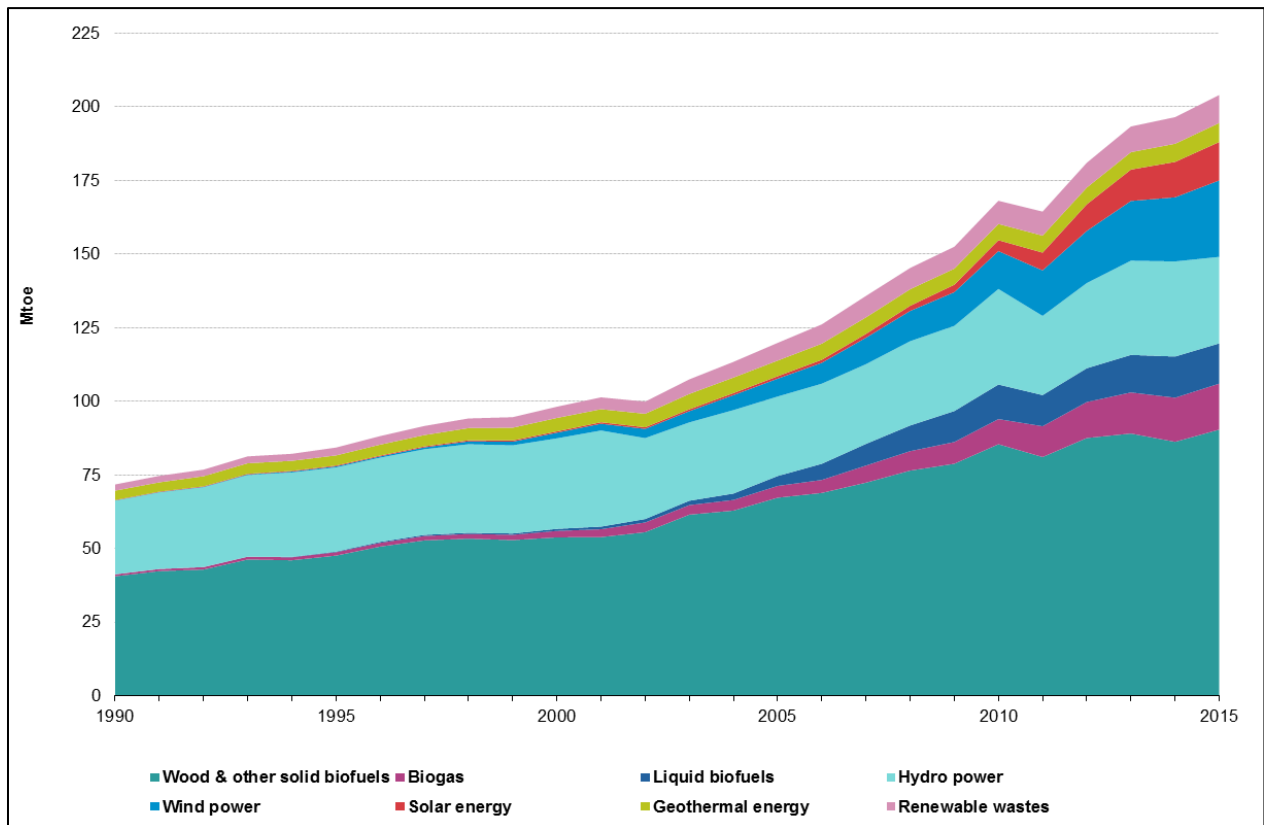
Slika 3. Udio energije iz obnovljivih izvora u Europskoj uniji i zemljama članicama u ukupnoj potrošnji energije (u %) i usporedba 2004. i 2015. godine

Izvor: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Infographic\\_REN-2004-2015.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Infographic_REN-2004-2015.png) [15]

Na razini Europske unije, potrošnja energije iz obnovljivih izvora dostigla je udio od oko 16% u 2015. godini, dok je u 2004. godini iznosila oko 8%. Od zemalja članica, pojedinačni cilj postavljen za 2020. godinu već su u 2015. godini dostigle Švedska, sa udjelom potrošnje energije iz obnovljivih izvora od 53%, zatim Finska (38%), Danska (31%), Hrvatska (20%), Estonija (26%), Latvija (25%), Rumunjska (26%), Bugarska (16%), Italija (18%), Češka (14%) te Mađarska (14%). U svim zemljama članicama Europske unije, primjećuje se značajan porast korištenja obnovljivih izvora energije u 2015. godini u odnosu na 2004. godinu. Pojedine zemlje EU još uvijek nisu dostigle ciljeve postavljene za 2020. godinu, ali se predviđa da će to učiniti u narednom periodu.

Potrošnja energije iz obnovljivih izvora u Europskoj uniji značajnije raste nakon 2010. godine. Primarna proizvodnja energije iz obnovljivih izvora ima dugoročan trend rasta, a između 1990. i 2015. godine povećana je za 184% te ima prosječnu godišnju stopu rasta od 4,3%. Međutim, primarna proizvodnja energije iz obnovljivih izvora pala je u 2011. godini, kada se smanjila za 2,2%, kao posljedica godišnje varijacije u proizvodnji hidroenergije i smanjenom izgaranju krute biomase. U 2015. godini, primarna proizvodnja energije iz obnovljivih izvora porasla je za 3,8% u odnosu na prethodnu godinu, što je jedno od

najmanjih stopa rasta u posljednjih 15 godina. Svejedno, kada se razina proizvodnje energije iz obnovljivih izvora u 2015. godini uspoređi s onom iz 2010. godine, vidljiv je rast od 21% [16]. Kretanje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora u Europskoj uniji od 1990. do 2015. godine prikazano je slikom 4.



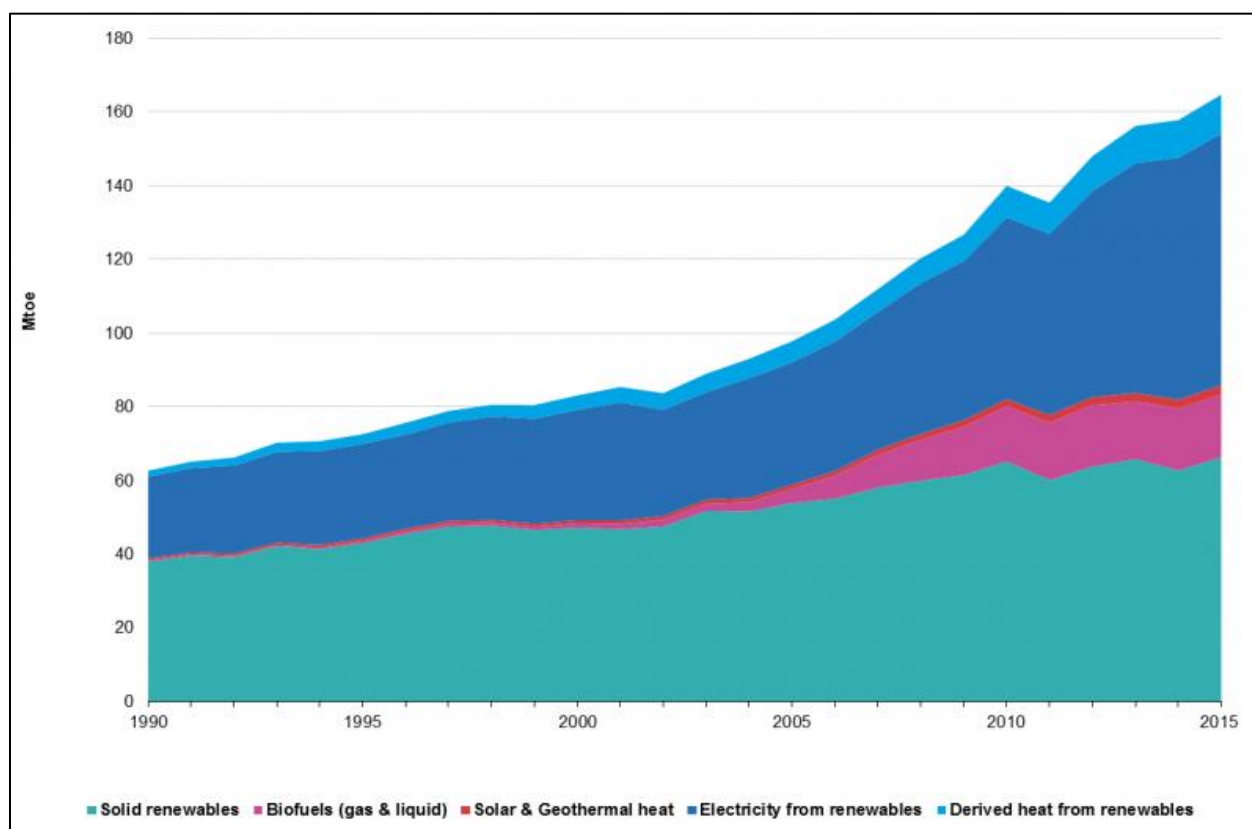
Slika 4. Primarna proizvodnja energije iz obnovljivih izvora u Europskoj uniji, od 1990. do 2015. godine

Izvor: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy\\_from\\_renewable\\_sources#Main\\_statistical\\_findings](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_from_renewable_sources#Main_statistical_findings) [16]

Iz grafikona je vidljiva proizvodnja energije u Europskoj uniji od 1990. do 2015. godine, prema obnovljivim izvorima energije. Najviši udio u ukupnoj primarnoj proizvodnji energije iz obnovljivih izvora ima proizvodnja energije iz drva i krutih biogoriva, zatim hidroenergija i energija vjetra, dok se najmanje energije iz obnovljivih izvora proizvede iz solarne energije, geotermalne energije i otpada.

Pokazatelj primarne proizvodnje energije iz obnovljivih izvora nije značajan, ukoliko se energija koja se proizvede ne može koristiti u privredi i u kućanstvima. Slikom 5. prikazana je

količina energije dobivena iz obnovljivih izvora koja je dostupna za korištenje, na razini Europske unije te njeno kretanje od 1990. do 2015. godine.



Slika 5. Energija proizvedena iz obnovljivih izvora dostupna za korištenje, na razini EU, od 1990. – 2015. godine, u milijunima tona uljnog ekvivalenta (Mtoe)

Izvor: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Renewable\\_energy\\_available\\_for\\_final\\_consumption,\\_EU-28,\\_1990-2015\\_F7.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Renewable_energy_available_for_final_consumption,_EU-28,_1990-2015_F7.png)

[17]

Količina energije iz obnovljivih izvora, koja je dostupna za potrošnju, ima tendenciju rasta. Brzo širenje novih tehnologija u proizvodnji energije smanjilo je udio energije iz čvrstih obnovljivih izvora energije, uključujući drvo i obnovljivi otpad, sa 61% u 1990. godini na 40% u 2015. godini. Međutim, u apsolutnom iznosu, taj je udio u istom razdoblju porastao za 74%. Obnovljiva energija dostupna za krajnju potrošnju porasla je za 68% od 2005. do 2015. godine te se povećala za 4,4% u 2015. u odnosu na prethodnu godinu.

### 3. DECENTRALIZIRANA PROIZVODNJA ENERGIJE

Decentralizirani energetska sustav je sustav u kojem se postrojenja za proizvodnju energije lociraju bliže mjestu potrošnje. U decentraliziranom sustavu, omogućena je optimalna uporaba obnovljivih izvora energije, smanjenje potrošnje fosilnih goriva i povećanje ekološke i energetske učinkovitosti. O decentraliziranim sustavima proizvodnje energije govori se tek posljednjih godina, a smatra se kako u je budućnost proizvodnje energije upravo u ovakvim sustavima. Tradicionalna proizvodnja energije orijentirana je na uporabu fosilnih goriva i izgradnju velikih, središnjih elektrana, uz prenošenje generacijskih opterećenja putem dugih prijenosnih i distribucijskih linija potrošačima u regiji. U decentraliziranom sustavu, izvori energije nalaze se bliže krajnjim korisnicima. Prema navedenom, moguće je utvrditi kako decentralizirani sustav energije smanjuje neučinkovitost prijenosa i distribucije energije [18].

Decentralizirana proizvodnja energije suprotna je centraliziranoj proizvodnji, na kojoj se temelji energetska opskrba u Europi, no to se postupno mijenja. Prema principu decentralizirane proizvodnje energije, napušta se uporaba fosilnih goriva te se u proizvodnji energije koriste obnovljivi izvori. Sustav decentralizirane proizvodnje energije sastoji se od distribuirane proizvodnje energije, ali i pohrane energije i opskrbe krajnjih korisnika energijom. Osim proizvođača energije, u ovom sustavu postoje aktivni sudionici koji pridonose uravnoteženju cjelokupnog sustava.

Prema Direktivi Europske unije 2009/72, decentralizirani sustav proizvodnje energije sastoji se od postrojenja za proizvodnju koja su priključena na visokonaponski, srednjenaponski i niskonaponski energetska sustav. Međutim, Direktiva ne određuje teorijski aspekt definiranja decentraliziranog sustava proizvodnje energije, već služi kao smjernica za shvaćanje pojma decentraliziranog sustava proizvodnje u teoriji i njegovu implementaciju u praksi.

U kontekstu decentraliziranog sustava proizvodnje energije, javlja se pojam mikro generacije energije, koja označava generiranje vrlo male količine energije, spojene na niskonaponsku mrežu, što znači da su takvi sustavi namijenjeni kapacitetima ispod 50 kW. To znači da, kod decentraliziranog sustava energije, jedinice generacije povezane s distribucijskom mrežom

obično nisu velike jedinice te su povezane niskonaponskom mrežom za prijenos. U ovim sustavima energija se proizvodi lokalno putem obnovljivih izvora, a vlasnici sustava su obično općine, privatni investitori i slično.

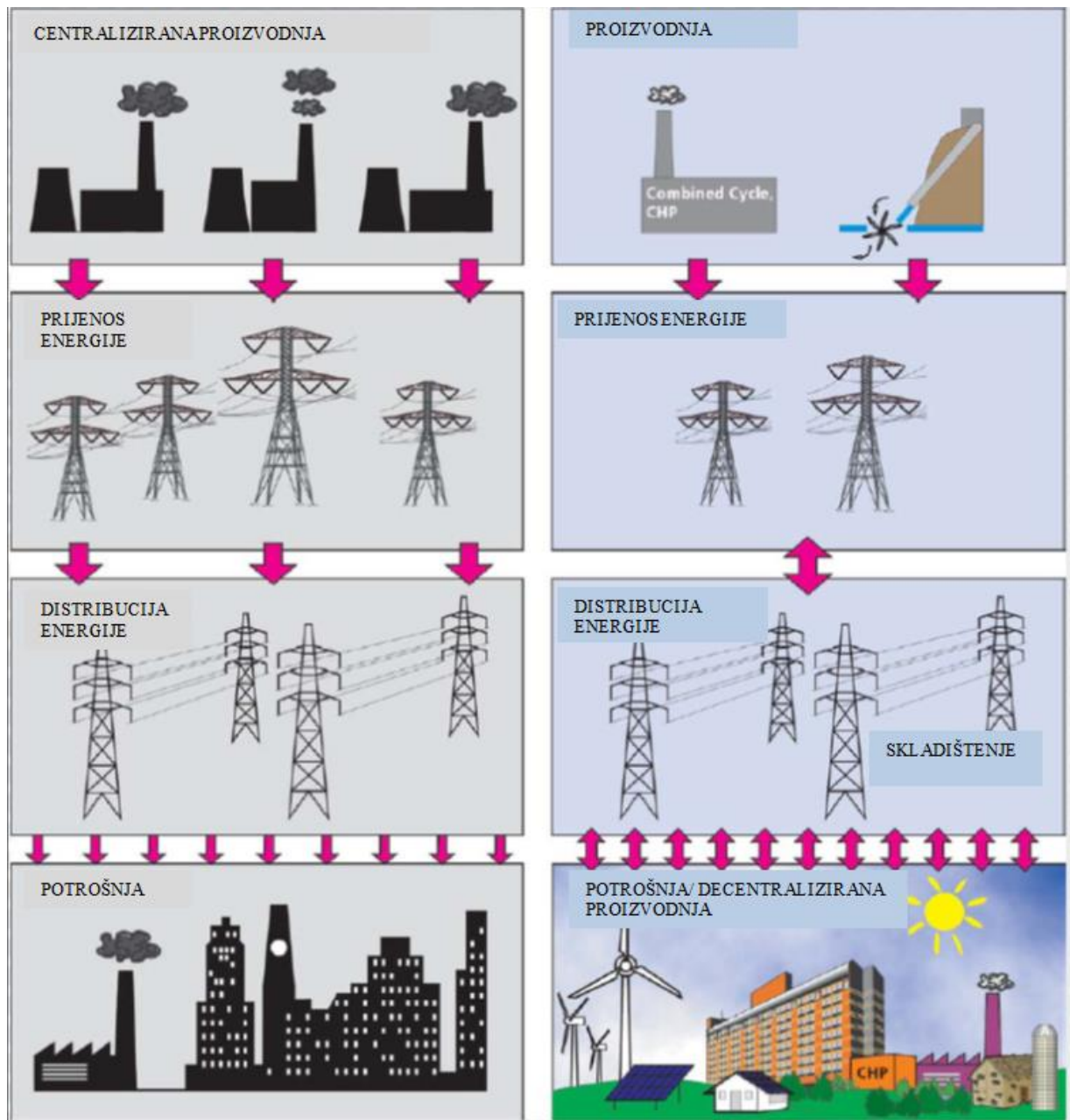
### 3.1. Centralizirana i decentralizirana proizvodnja energije: usporedba

Većina suvremenih energetske sustava su centralizirani sustavi. Međutim, povećanjem brige o zaštiti okoliša te pojavom potrebe za smanjenjem emisije CO<sub>2</sub>, javlja se problematika novih energetske sustava, koji će omogućiti energetske efikasnost uz smanjenje emisije CO<sub>2</sub> i doprinos ciljevima zaštite okoliša. To su ujedno i temeljni razlozi za porastom zanimanja za decentralizirane sustave proizvodnje energije.

Centralizirana proizvodnja električne energije kreće od velikih centralnih elektrana, koje osiguravaju ukupnu opskrbu. Većina tih elektrana koristi se fosilnim ili nuklearnim gorivima, koja pokreću paru, koja onda pokreće turbinske generatore. Osim fosilnih i nuklearnih goriva, velik broj suvremenih centraliziranih sustava proizvodnje energije koristi hidroenergiju. U tom slučaju, govori se o ogromnim postrojenjima, koja zahtijevaju skup i složen sustav upravljanja te su često vrlo nestabilni i nepouzdana prilikom nastanka nepredviđenih događaja. Ograničenja ovakvih sustava proizvodnje električne energije ogledaju se u [19]:

- niskoj učinkovitosti
- negativnim utjecajima na okoliš
- otežanom upravljanju i održavanju.

Razlike između centraliziranog i decentraliziranog sustava proizvodnje energije prikazane su u slikom 6.



Slika 6. Centralizirani i decentralizirani sustav proizvodnje energije

Izvor: <http://iet.jrc.ec.europa.eu/remea/integration-renewable-energy-sources-and-distributed-generation-energy-supply-systems> [18]

Uspoređivanjem dvaju prikazanih sustava proizvodnje energije, ističu se negativne strane centraliziranog sustava proizvodnje energije. Prije svega, kod centraliziranog sustava proizvodnje energije troškovi prijenosa i distribucije u pravilu su veći za 30% u odnosu na troškove energije koja je isporučena. Pri tome, najniži trošak ostvaruje se kod industrijskih proizvođača koji uzimaju energiju sa visokim ili srednjim naponom, dok najviše trošak snose fizičke osobe kao krajnji potrošači koji se opskrbljuju strujem za niskonaponsku mrežu. Osim

toga, proizvedena količina energije se gubi putem distribucijske mreže, događaju se nestanci struje i gubitci prilikom pretvorbe, kada se napon struje mijenja kako bi odgovarao potrebama mreže.

Nadalje, u centraliziranoj proizvodnji energije, postoji izazov opskrbe energijom u ruralnim područjima. Prvi razlog tome je taj što su potrebni veliki kapitalni izdatci za povezivanje ruralnih područja izravno na udaljeno mjesto centralne proizvodnje, stoga se to čini ekonomičnim. Drugo, uzimajući u obzir gubitke prijenosa i distribucije kod centraliziranog sustava, moguće je utvrditi kako se gubitci povećavaju sukladno povećanju udaljenosti. U tom slučaju, bolje je osigurati opskrbu energijom iz decentralizirane proizvodnje. Uz navedeno, distribuirana proizvodnja energije osigurava energetske sigurnost na način da se energija proizvodi iz više obnovljivih izvora, što znači da je manja vjerojatnost da će ponestati izvora za proizvodnju energije.

Centralizirani energetske sustavi imaju vrlo jak negativni učinak na okoliš zbog uporabe fosilnih goriva, ugljena i prirodnog plina. Procjenjuje se da je sustav energetike odgovoran za ukupno četvrtinu emisije stakleničkih plinova te trećinu ukupne količine emitiranog CO<sub>2</sub>. Decentraliziranim sustavima proizvodnje energije nastoji se smanjiti emisije stakleničkih plinova, smanjiti troškove prijenosa i distribucije energije i povećati efikasnost energetskog sustava kroz korištenje obnovljivih izvora [18].

U decentraliziranom sustavu proizvodnje energije, mala postrojenja povezana su na distribucijsku mrežu, a ne na prijenosnu mrežu. Takva postrojenja mogu osiguravati izravnu opskrbu energijom za zgrade, tvornice ili za zajednicu, a u slučaju viška proizvedene energije, istu mogu prodavati natrag u distribucijsku mrežu. U decentraliziranim sustavima, moguće je za proizvodnju energije kombinirati dva ili više energetska izvora, a takvi sustavi se vrlo često mogu naći u domaćinstvima za podmirivanje vlastitih energetske potreba.



### 3.2. Motivi uvođenja decentralizirane proizvodnje energije

U svijetu se 90% električne energije proizvede iz fosilnih goriva, što je zabrinjavajuća činjenica, ukoliko se uzme u obzir da su upravo fosilna goriva najveći izvor ugljičnog dioksida i drugih onečišćivača. Ugljični dioksid u najvećoj se mjeri emitira iz centraliziranih elektrana na fosilna goriva, od kojih je velik broj starih elektrana sa niskom efikasnošću proizvodnje. Kako bi se dostigli energetske ciljevi Europske unije, odnosno smanjila potrošnja energije za 20% do 2020. godine, smanjila emisija CO<sub>2</sub> i povećao udio obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji primarne energije, počela se primjenjivati decentralizirana, odnosno distribuirana proizvodnja električne energije.

### 3.3. Izazovi decentralizirane proizvodnje energije

Primjena decentraliziranih sustava proizvodnje električne energije još uvijek nije u većoj primjeni, a razlog tome potrebno je potražiti u [18]:

- političkim i zakonskim preprekama
- administrativnim preprekama
- tehničkim preprekama.

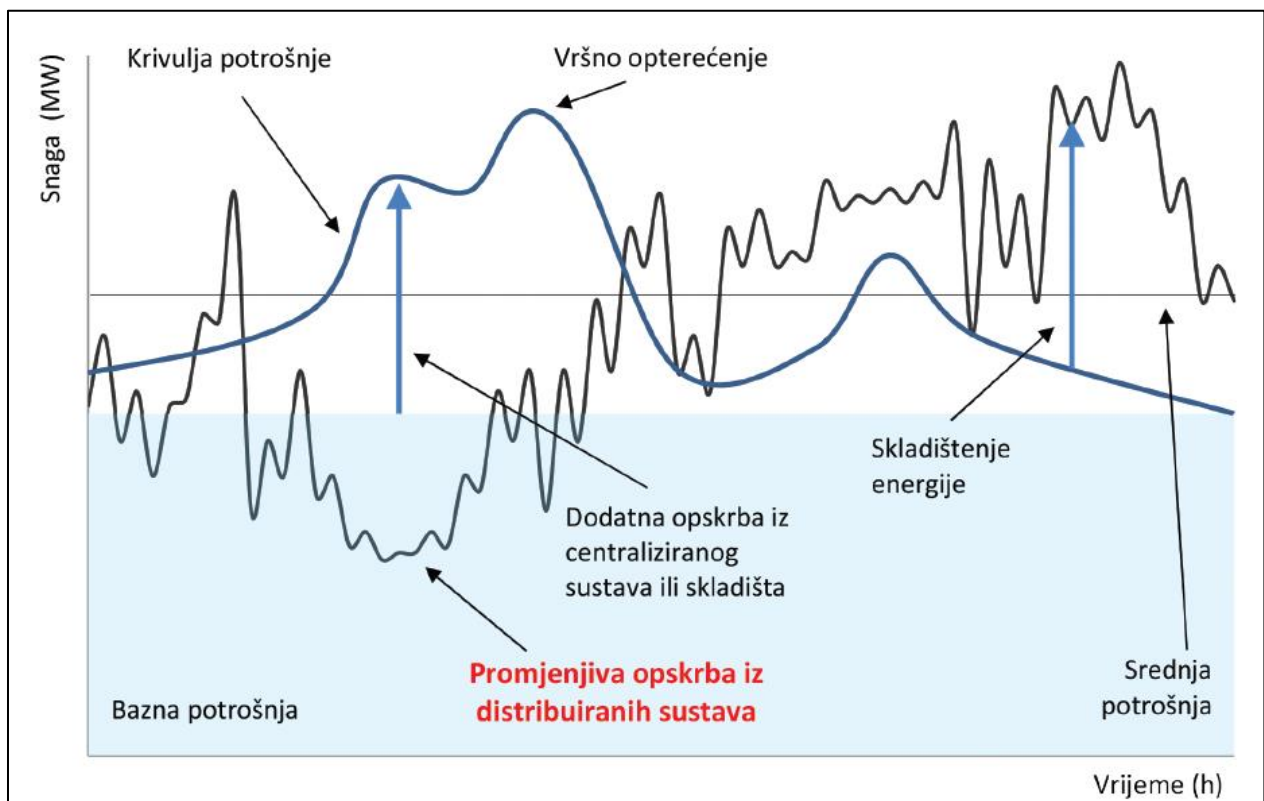
Političke i zakonske prepreke su nepodudarnost tehničkih sučelja i zakonskih okvira, jer kod decentraliziranih sustava operator distribucijskog sustava nije vlasnik obnovljivog izvora energije ili decentralizirane proizvodne jedinice. Isto tako, nedostaje regulatorni okvir za interakciju između različitih operatera distribuirane proizvodnje, kao ni jasno utvrđena odgovornost za kvalitetu i sigurnost opskrbe električnom energijom na razini Europske unije.

Administrativne prepreke su nedostatak standardiziranih ugovora za utvrđivanje odnosa između decentraliziranih i centraliziranih jedinica. Postoji i ograničeno iskustvo sa procjenom dodatnih vrijednosti ili troškova te nedostatak usluge podrške, kao i različitih tarifa za plaćanje različitih oblika potrošnje kod decentraliziranih sustava.

Temeljna tehnička prepreka u primjeni decentraliziranih sustava je, na razini Europske unije, manjak standardiziranih sučelja kako bi se uspostavio odnos između decentraliziranih i

centraliziranih jedinica. Nedostaju odgovarajuće strategije kontrola i sučelja za kontrolu postupaka za napajanje električnom energijom te iskustvo u radu i upravljanju ovim sustavom energije.

Centraliziranim sustavima proizvodnje energije upravlja se planirano, na način da se proizvodnja i opskrba usklade s potrošnjom. Kod decentraliziranih sustava, upravljanje nije planirano te se tu javljaju određeni izazovi, kao što je prikazano slikom 7.



Slika 7. Proizvodnja, potrošnja i skladištenje energije u decentraliziranom sustavu proizvodnje energije

Izvor: [http://www.hsap.hr/upload\\_data/editor/files/OU\\_13\\_03.pdf](http://www.hsap.hr/upload_data/editor/files/OU_13_03.pdf) [20]

Proizvodnja električne energije u distribuiranom sustavu je nepredvidljiva te ima promjenjiv karakter, stoga se ne može prilagoditi potrebama potrošnje. U uvjetima niske potrošnje, prekomjernom proizvodnjom električne energije iz obnovljivih izvora u decentraliziranom sustavu, dolazi do zagušenja mreže. U tom slučaju, problem nastaje zbog decentraliziranih sustava energije, koji u uvjetima velike raspoloživosti energije nisu u mogućnosti električnu energiju proizvedenu u malim distribuiranim pogonima preuzeti u mrežu i distribuirati. Stoga,

temeljni izazov kod uvođenje decentraliziranih energetske sustava je nepostojanje adekvatnog tehničkog rješenja za skladištenje električne energije te otežano planiranje izgradnje budućih centraliziranih sustava zbog nepromjenjivosti opskrbe iz distribuiranih sustava [20].

### 3.4. Koristi decentralizirane proizvodnje energije

Decentralizirana proizvodnja energije putem obnovljivih izvora može povećati učinkovitost cjelokupne proizvodnje energije. Na prijenos električne energije iz elektrane do korisnika u centraliziranom sustavu gubi se značajan udio proizvedene energije, kao posljedica prijenosne opreme. Istovremeno, korisnici vrlo često imaju pad napona ili električni protok relativno niske kakvoće energije, što proizlazi iz različitih čimbenika: lošeg preklapanja u mreži, napona, prekidna i poremećaja koji u mreži nastaju radi opterećenja. Budući da su u računima za potrošenu električnu energiju uračunati troškovi za infrastrukturu, uz korištenje opreme za distribuciju na licu mjesta, uvođenje decentralizirane energije omogućilo bi potrošačima pristupačniju električnu energiju po konkurentnoj cijeni. Osim toga, stanovnici i tvrtke na lokalnoj razini imaju mogućnost prodati višak energije na mrežu, što može dati značajan prihod tijekom vremena vrhunske potražnje.

Uz povećanje učinkovitosti, tehnologija decentralizirane proizvodnje energije pruža koristi u obliku pouzdane i stabilne električne energije za industriju, koja zahtijeva neprekidnu uslugu opskrbe električnom energijom. Primjerice, 2001. godine Međunarodna energetska agencija izvjestila je da prosječni trošak nestanka struje na jedan sat za industriju znači 6.480.000 dolara za posredničke operacije i 2.580.000 odlazi na operacije kreditnih kartica. S obzirom na visinu tih troškova, jasno je zašto veliki broj tvrtki za vlastite potrebe opskrbe koristi decentralizirani sustav proizvodnje energije i osiguranje dodatnih napajanja.

Decentralizirani sustavi proizvodnje energije putem obnovljivih izvora mogu pružiti i dodatne koristi za cijelo društvo, Velike, centralizirane elektrane emitiraju značajne količine ugljičnog dioksida, sumpornih oksida, čestica, ugljikovodika i dušikovih oksida. Agencija za zaštitu okoliša dugo je zabilježila povezanost između visokih razina emisija sumpornih oksida i stvaranja kisele kiše. Budući da koncentriraju količinu energije koju proizvode, velike

elektrane također usmjeravaju svoje onečišćenje i otpadnu toplinu koja često uništava vodena staništa i bioraznolikost morske. S druge strane, nedavne studije potvrdile su da široko korištenje tehnologija decentralizirane proizvodnje bitno smanjuje emisije. Koristi primjene decentraliziranog sustava proizvodnje prikazani su na slici 8.

		<b>KATEGORIJE KORISTI</b>						
		Ušteda zbog smanjenih financijskih troškova za energiju	Smanjenje gubitaka energije tijekom prijenosa i distribucije	Povećanje kapaciteta proizvodnje	Povećanje kapaciteta prijenosa i distribucije	Povećanje pouzdanosti proizvodnje	Veća snaga proizvedene energije	Iskorištavanje neobrađenih i nenaseljenih područja u svrhu proizvodnje energije
USLUGE DECENTRALIZIRANE PROIZVODNJE ENERGIJE	Redukcija pri najvećoj razini potražnje za energijom	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Osiguranje pomoćnih usluga	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Opskrba energijom u nuždi	✓	✓			✓	✓	
		<b>PRIENOS I DISTRIBUCIJA ENERGIJE</b>						

Slika 8. Koristi od decentralizirane proizvodnje energije

Izvor: <https://www.ferc.gov/legal/fed-sta/exp-study.pdf> [21]

Primjenom obnovljivih izvora energije u svrhu decentralizirane proizvodnje, moguće je ostvariti financijske uštede uslijed smanjenja potrošnje energije i smanjenja cijene energenata. Isto tako, obzirom da decentralizirani sustav proizvodnje energije osigurava efikasniji proces prijenosa i distribucije, smanjuju se gubitci energije od točke potrošnje do točke proizvodnje te se povećava kapacitet proizvodnje, prijenosa i distribucije. Decentralizirani sustavi proizvodnje energije pružaju veću sigurnost i pouzdanost procesa proizvodnje i u distribucijsku mrežu šalju veću energetska snagu. Kod decentraliziranog energetskeg sustava, opskrba potrošača energijom osigurana je u nuždi, kao i prilikom naglog povećanja potražnje za energijom, što znači da je mogućnost prekida opskrbe električnom energijom minimizirana.

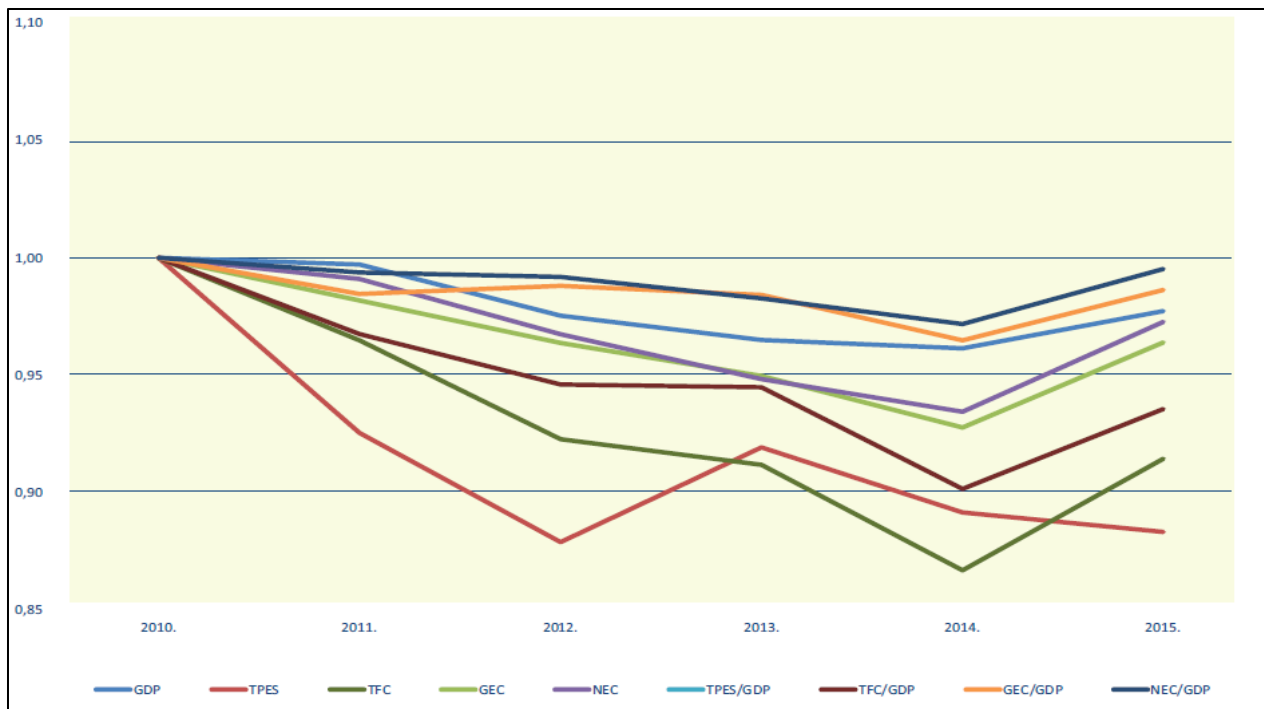
## **4. DECENTRALIZIRANA PROIZVODNJA ENERGIJE PRIMJENOM OBNOVLJIVIH IZVORA U HRVATSKOJ**

Hrvatska je kao članica Europske unije obvezna poštivati ciljeve europske direktive o smanjenju emisije CO<sub>2</sub> i povećanom udjelu korištenja obnovljivih izvora u proizvodnji energije. Prema statističkim pokazateljima, Hrvatska je do sada samo zahvaljujući hidroelektranama već realizirala ciljeve koji su bili određeni za 2020. godinu, a u 2015. godini udio energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije iznosio je oko 29%.

Uzimajući u obzir dostupne prirodne resurse, Hrvatska ima velik potencijal iskorištavanja obnovljivih izvora energije za proizvodnju energije. U narednim poglavljima, prikazati će se stanje energije u Hrvatskoj, strateški dokumenti relevantni za daljnji razvoj energetske sustava te mogućnosti za distribuiranu proizvodnju energije u Hrvatskoj putem obnovljivih izvora.

### **4.1. Energija u Hrvatskoj**

U Hrvatskoj je 2015. godine bruto domaći proizvod povećan za 1,6% u odnosu na 2014. godinu, što je odraz opravka od recesije. U istoj godini, ukupna potrošnja energije se smanjila, dok je neposredna potrošnja energije povećana za 5,5%, kao i potrošnja električne energije. Tijekom razdoblja od 2010. do 2015. godine, ukupna potrošnja energije se smanjivala i to po prosječnoj godišnjoj stopi od 2,5%. Istovremeno, neposredna potrošnja energije se smanjivala po prosječnoj stopi od 1,8%, dok su u potrošnji električne energije također ostvarene negativne stope te je prosječna godišnja stopa smanjenja iznosila 0,7%. Za isto razdoblje, u Hrvatskom energetske sektoru, ostvareni su gubitci prijenosa i distribucije električne energije, no primjetno je njihovo smanjenje tijekom godina po prosječnoj stopi od 2,3% [22]. Osnovni pokazatelji kretanja potrošnje energije u Hrvatskoj prikazani su slikom 9.



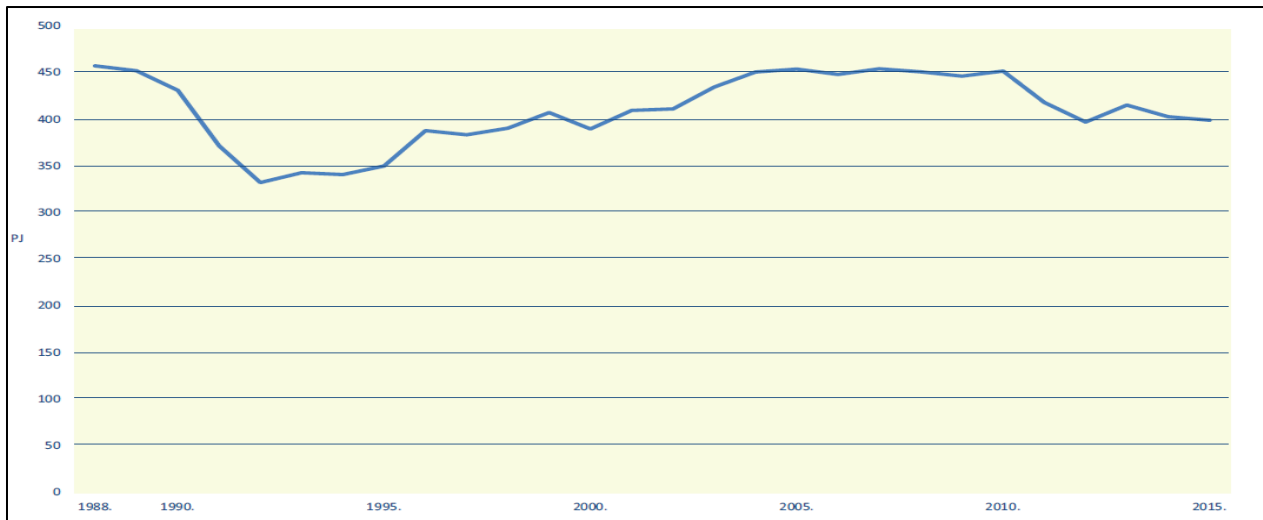
Slika 9. Osnovni pokazatelji kretanja potrošnje energije u Hrvatskoj, 2010. – 2015. godine

Izvor: Energija u Hrvatskoj, 2015: 31 [22]

Na slici 9. prikazani su sljedeći pokazatelji:

- bruto domaći proizvod (GDP)
- ukupna potrošnja energije (TPES)
- neposredna potrošnja energije (TFC)
- ukupna potrošnja električne energije (GEC)
- neto potrošnja električne energije (bez gubitaka, NEC).

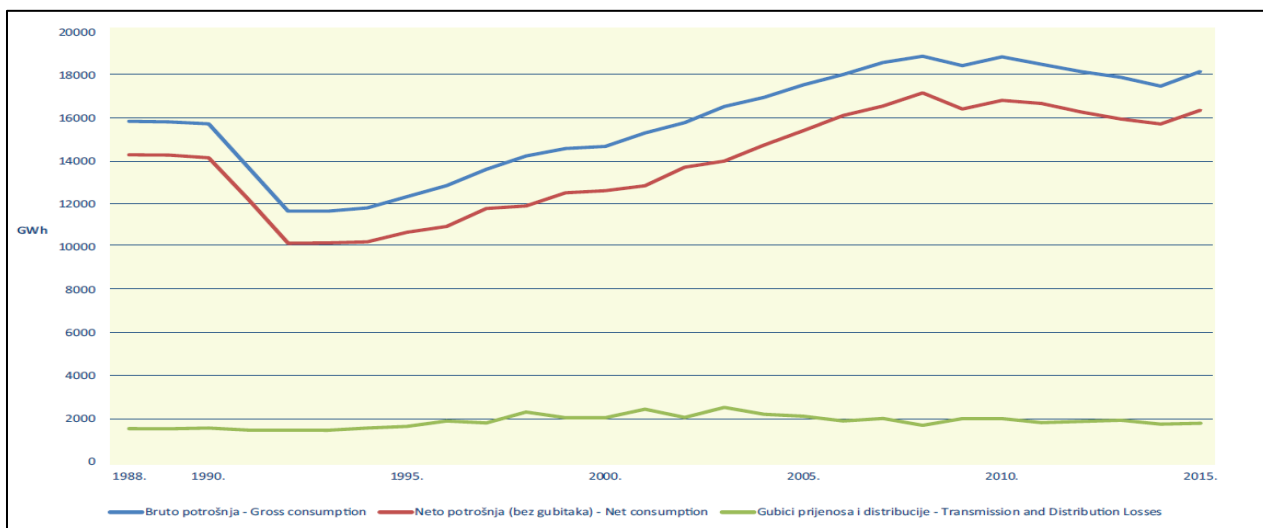
U Hrvatskoj su od 1988. do 2015. godine bruto i neto proizvodnja električne energije smanjene, a smanjenje je zabilježeno po prosječnim godišnjim stopama od 0,7 i 0,6%. U 2015. godini u Hrvatskoj je zabilježen porast potrošnje električne energije u odnosu na 2014. godinu, stoga je bruto potrošnja iznosila 18.190,4 GWh, a neto potrošnja 16.388,9 GWh. Navedeno je prikazano slikom 10.



Slika 10. Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj, 1988. – 2015. godine

Izvor: Energija u Hrvatskoj, 2015: 34 [22]

Pri analiziranju ukupne potrošnje energije u Hrvatskoj, potrebno je izdvojiti tri veličine, koje se zasebno analiziraju. To su bruto potrošnja energije, neto potrošnja energije i ostvareni gubitci u prijenosu i distribuciji energije. Neto potrošnja energije je ukupna potrošnja umanjena za ostvarene gubitke. Slikom 11. prikazana je potrošnja električne energije u Hrvatskoj od 1988. do 2015. godine te je izdvojena krivulja bruto potrošnje, neto potrošnje i gubitaka energije.



Slika 11. Potrošnja električne energije u Hrvatskoj, 1988. do 2015. godine

Izvor: Energija u Hrvatskoj, 2015: 34 [22]

Potrošnja električne energije u Hrvatskoj ima padajući trend od 1988. do 1995. godine, a uzrok tome je smanjenje potrošnje energije u kućanstvima i stagnacija hrvatske industrije u razdoblju Domovinskog rata. Nakon društvenog i gospodarskog oporavka, potrošnja električne energije u Hrvatskoj, kako bruto potrošnja, tako i neto, imaju rastući trend. Važno je primijetiti kako je kretanje krivulje gubitaka električne energije padajuće, što ukazuje na smanjenje gubitaka ostvarenih prijenosom i distribucijom energije te porast učinkovitosti sustava proizvodnje i distribucije energije. U tablici 1. prikazana je proizvodnja primarne energije u Hrvatskoj u razdoblju od 2010. do 2015. godine.

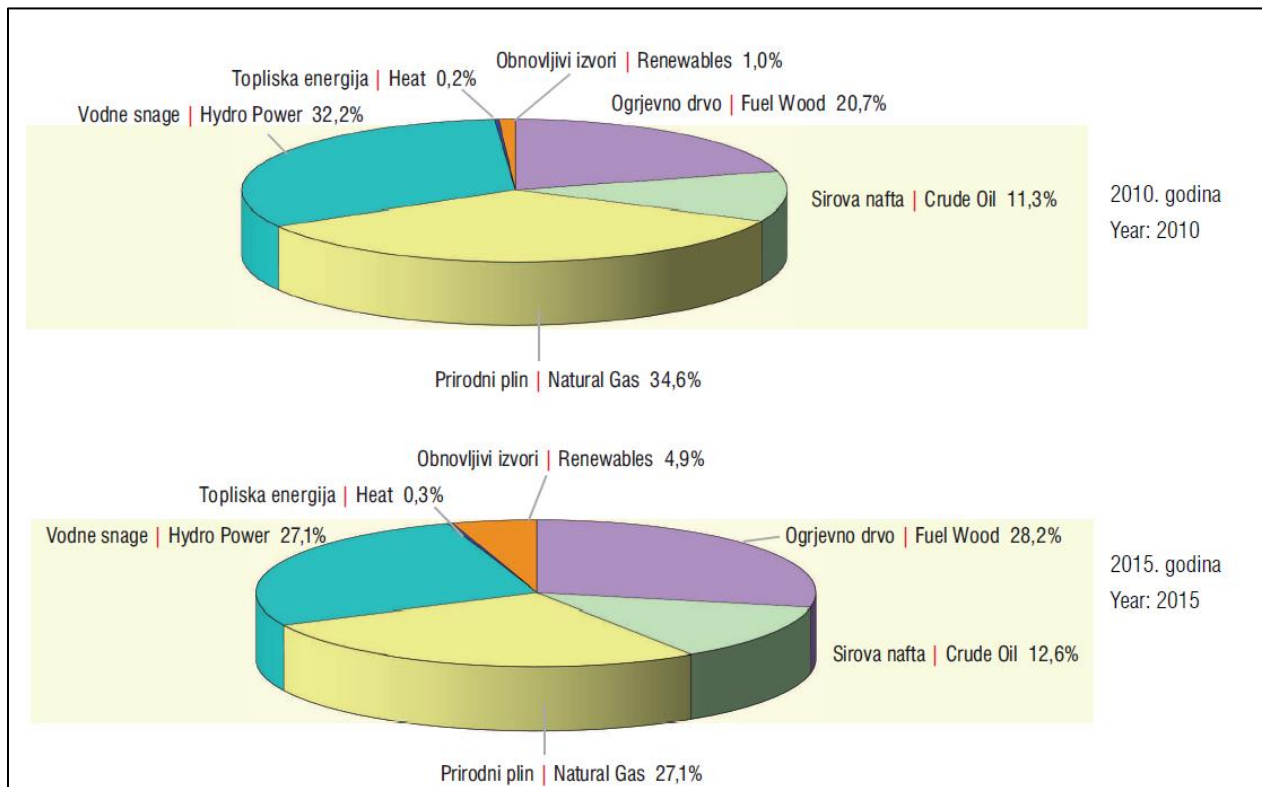
	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2015./14.	2010.-15.
	PJ						%	
Ogrjevno drvo i biomasa Fuel Wood and Biomass	56,20	59,01	60,39	61,45	57,67	64,19	10,7	2,7
Sirova nafta Crude Oil	30,69	28,37	25,62	25,71	25,38	28,62	12,7	-1,4
Prirodni plin Natural Gas	93,88	85,02	69,19	63,11	60,52	61,61	1,8	-8,1
Vodne snage Hydro Power	87,24	47,58	47,32	84,92	88,99	61,63	-30,7	-6,7
Toplinska energija Heat	0,63	0,61	0,62	0,63	0,53	0,64	20,3	0,4
Obnovljivi izvori Renewables	2,63	2,97	5,66	7,71	10,70	11,06	3,4	33,3
<b>UKUPNO TOTAL</b>	271,26	223,56	208,79	243,53	244,09	227,75	-6,7	-3,4

Tablica 1. Primarna proizvodnja energije u Hrvatskoj, od 2010. – 2015. godine

Izvor: Energija u Hrvatskoj, 2015: 35 [22]

Proizvodnja primarne energije u Hrvatskoj je u 2015. godini smanjena za 6,7% u odnosu na 2014. godinu. Smanjenje primarne proizvodnje ostvareno je u iskorištavanju hidroenergije za 30,7%, dok se u proizvodnji putem ostalih energenata ostvarilo povećanje. Posebice se ističe povećanje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora: energije vjetera i Sunca, bioplina, tekućih biogoriva i geotermalne energije), koje je iznosilo 3,4%. Proizvodnja iz sirove nafte povećana je za 12,7%, prirodnog plina 1,8%, a proizvodnja energije iz toplinskih crpki povećala se za 20,3%. Slikom 12. prikazana je proizvodnja primarne energije u Hrvatskoj prema izvoru energije te je izvršena usporedba 2015. godine u odnosu na 2010. godinu.





Slika 12. Proizvodnja primarne energije u Hrvatskoj prema izvoru energije, 2010. i 2015. godine

Izvor: Energija u Hrvatskoj, 2015: 37 [22]

Od 2010. do 2015. godine, razvoj proizvodnje pojedinih primarnih oblika energije obilježen je smanjenjem udjela prirodnog plina sa 34,6% na 27,1% te smanjenje vodnih snaga sa 32,2% udjela na 27,1% udjela. Udjeli ostalih primarnih oblika energije su povećani. Udio sirove nafte povećan je sa 11,3% na 12,6%, a udio drva i krute biomase sa 20,7% na 28,2%. Za energetske sektor je najznačajnije povećanje u korištenju obnovljivih izvora energije, a udio obnovljivih izvora povećan je sa 1% na 4,9%. Udio toplinske energije iz toplinskih crpki povećan je za 0,1% u 2015. u odnosu na 2010. godinu. Iz slike je lako uočljivo kako najveći udio u proizvodnji primarne energije u Hrvatskoj i u 2015. godini ima prirodni plin, zatim ogrjevno drvo i hidroenergija, dok je najmanji udio toplinske energije. Tablica 2. prikazuje ukupnu potrošnju energije u Hrvatskoj od 2010. do 2015. godine, prema izvoru energije.

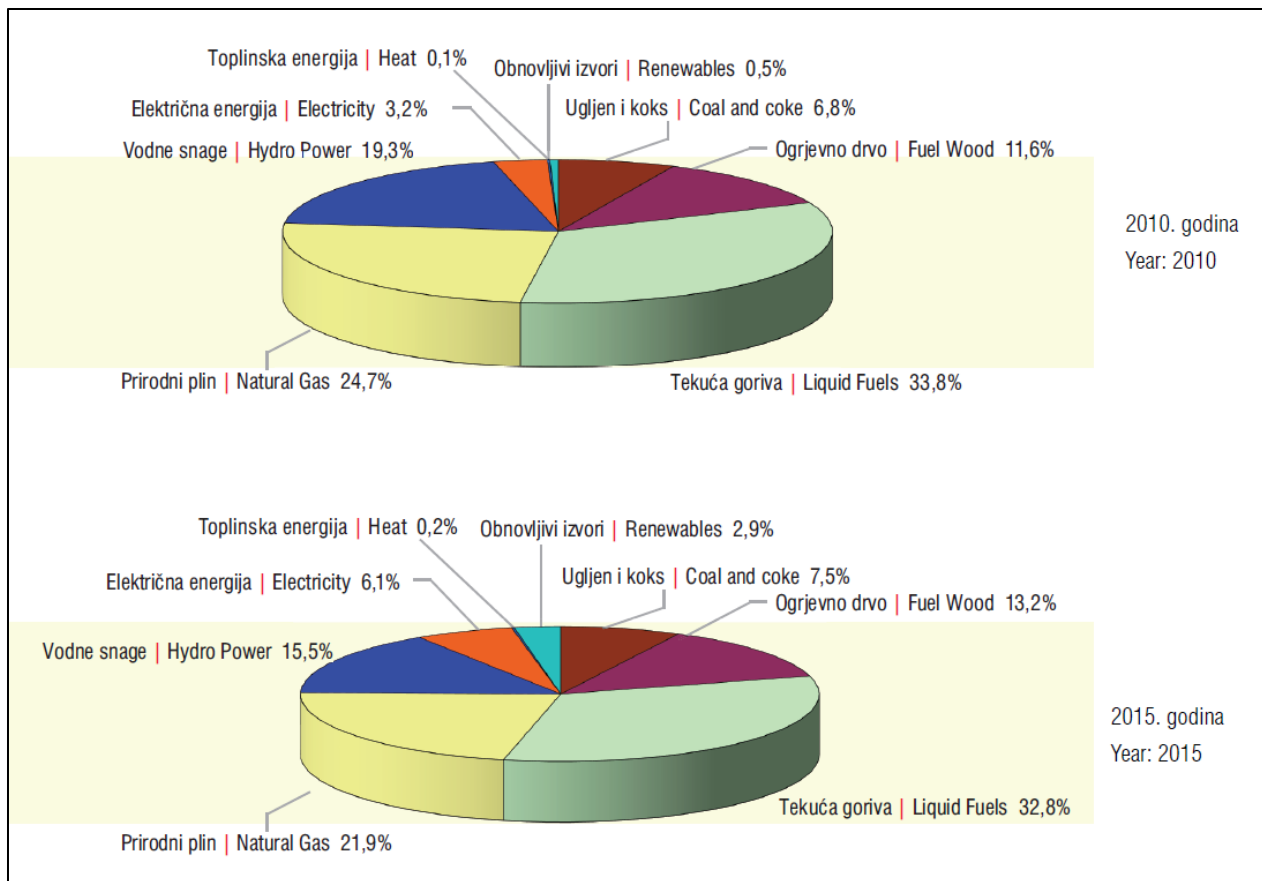
	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2015./14.	2010.-15.
	PJ						%	
Ugljen i koks Coal and Coke	30,92	31,66	28,37	32,18	31,59	29,86	-5,5	-0,7
Drvo i biomasa Biomass	52,29	51,50	52,10	51,67	46,12	52,69	14,2	0,2
Tekuća goriva Liquid Fuels	152,54	149,30	134,17	128,37	125,80	130,92	4,1	-3,0
Prirodni plin Natural Gas	111,37	108,60	101,78	95,54	84,62	87,16	3,0	-4,8
Vodne snage Hydro Power	87,24	47,58	47,32	84,92	88,99	61,63	-30,7	-6,7
Električna energija Electricity	14,28	25,76	26,75	13,93	14,23	24,44	71,7	11,3
Toplinska energija Heat	0,63	0,60	0,62	0,63	0,53	0,64	20,3	0,4
Obnovljivi izvori Renewables	2,24	2,83	5,72	7,80	10,65	11,44	7,4	38,6
<b>UKUPNO TOTAL</b>	451,50	417,84	396,83	415,04	402,53	398,77	-0,9	-2,5

Tablica 2. Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj, 2010. – 2015. godine, prema izvoru energije

Izvor: Energija u Hrvatskoj, 2015: 46 [22]

Od 2010. do 2015. godine, ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj smanjivala se po prosječnoj godišnjoj stopi od 2,5%. U istom razdoblju, ostvaren je trend porasta potrošnje obnovljivih izvora, uvozne električne energije, toplinske energije te ogrjevnog drva i biomase. Kod ostalih oblika energije, potrošnja je smanjena. Važno je napomenuti kako je u petogodišnjem razdoblju ostvaren izniman rast potrošnje energije iz obnovljivih izvora, koja je rasla stopom od 36,6%. Istovremeno, potrošnja prirodnog plina smanjivala se po prosječnoj godišnjoj stopi od 4,8%, potrošnja tekućih goriva smanjivala se po stopi od 3%, a potrošnja ugljena po stopi od 0,7%, što ukazuje na uspješnost implementacije ciljeva europske Direktive u Hrvatskoj. Energija vodenih masa ostvarila je negativan rast po godišnjoj stopi od oko 6,7%, uz godišnje varijacije koje ukazuju na promjene u hidrološkim prilikama.

Na slici 13. prikazana je potrošnja energije u Hrvatskoj prema izvorima energije u 2015. godini te je izvršena usporedba sa 2010. godinom.



Slika 13. Potrošnja energije u Hrvatskoj prema izvorima energije, 2010. i 2015. godine

Izvor: Energija u Hrvatskoj, 2015: 47 [22]

Najveći udio u ukupnoj potrošnji energije u Hrvatskoj imaju tekuća goriva, čiji je udio 33,8% u 2010. godini smanjen na 32,8% u 2015. godini. Smanjenje udjela u ukupnoj potrošnji energije ostvareno je za prirodni plin i hidroenergiju, i to za 2,8% odnosno 3,8%. Prema tome, udio prirodnog plina u ukupnoj potrošnji u 2015. godini iznosio je 21,9%, a udio vodnih snaga 15,5%. Udjeli ostalih oblika energije u ukupnoj potrošnji energije u Hrvatskoj su povećani; povećan je udio uvozne električne energije sa 3,2% u 2010. godini na 6,1% u 2015. godini, a važan je i porast potrošnje energije iz obnovljivih izvora, sa 0,5% 2010. godine na 2,9% 2015. godine.

U Hrvatskoj je u promatranim razdobljima smanjena proizvodnja primarne energije, dok je istovremeno primjećen porast potrošnje energije. Jedan dio proizvodnje energije iz primarnih izvora zamijenjen je proizvodnjom energije iz obnovljivih izvora, pri čemu se najviše ističe proizvodnja energije u hidroelektranama. Prema tome, može se reći kako je Hrvatska

ispunjenje ciljeva Direktive ostvarila na temelju korištenja energije vjetra, dok je uporaba energije Sunca, za koju Hrvatska ima iznimno velik potencijal, gotovo zanemarena.

## 4.2. Strateški dokumenti u Hrvatskoj i Europskoj uniji

U Hrvatskoj je 2009. godine donijeta Strategija energetskeg razvoja Republike Hrvatske (NN 130/2009). U to vrijeme, Hrvatska je vodila pregovore za punopravno članstvo u Europskoj uniji te se potpisivanjem Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju obvezala na preuzimanje europske pravne stečevine iz područja energetike. Strategija energetskeg razvoja uz 2009. godine, imala je za svrhu definirati daljnji razvoj energetskeg sektora Republike Hrvatske do 2020. godine, s ciljem izgradnje održivog energetskeg sustava. U okviru energetskeg ciljeva Europske unije, Hrvatska je svoju energetskeg strategiju morala prilagoditi ciljevima unije te novonastalim uvjetima. U 2007. godini, Hrvatska je ratificirala Kyotski protokol i time preuzela obvezu smanjenja emisije stakleničkih plinova za 5% u razdoblju od 2008. do 2012. godine, kao i načelo zajedničke, ali i opredijeljene odgovornosti za održivi razvoj i klimatske promjene. U tako definiranoj strategiji energetskeg razvoja, Hrvatska je imala tri cilja [23]:

- sigurnost opskrbe energijom
- konkurentnost energetskeg sustava
- održivost energetskeg razvoja.

### 4.2.1. Europa 2020.

Punopravnim članstvom u Europskoj uniji, kojeg je stekla 01. srpnja 2013. godine, Hrvatska je ostvarila prava i obveze koje proizlaze iz članstva te vrijede za sve zemlje članice. Sukladno tome, strategija i ciljevi energetskeg razvoja Hrvatske danas su u okviru Strategije Europske unije Europa 2020. Strategije Europa 2020. je desetogodišnja strategija pokrenuta 2010. godine kako bi se unutar Europske unije stvorili uvjeti za pametan, održiv i uključiv rast. Strategije Europa 2020. slijedi Lisabonsku strategiju te je strateški razvojni plan Europske unije za razdoblje od 2010. do 2020. godine. Temeljni ciljevi strategije na razini Europske unije odnose se na [24]:

- zapošljavanje

- istraživanje i razvoj
- energiju i klimatske promjene
- obrazovanje
- socijalnu uključenost i smanjenje siromaštva.

U okviru svakog cilja na razini unije, Europska unija daje zasebne ciljeve svakoj zemlji članici, koji se moraju ostvariti sukladno europskim direktivama.

Paket mjera unutar strategije Europa 2020 koji se odnosi na energetiku i klimatske promjene ima tri ključna cilja [24]:

- smanjenje emisije stakleničkih plinova za 20% u 2020. godini u odnosu na 1990. godinu
- povećanje udjela potrošnje energije iz obnovljivih izvora na 20% na razini Europske unije
- povećanje energetske efikasnosti za 20%.

Ostvarenjem navedena tri cilja, stvaraju se preduvjeti za dostizanje pametnog, održivog i uključivog rasta unutar Europske unije. Zemlje članice Europske unije preuzeće su obvezujuće ciljeve do 2020. godine za smanjenje emisije stakleničkih plinova u sektoru energetike, zrakoplovstva i industrije. Ciljevi zemalja razlikuju se prema nacionalnom bogatstvu zemalja. Za najrazvijenije zemlje Europske unije ciljevi su od 20%, dok za najmanje razvijene zemlje iznose do 20%, uz uvjet ulaganja daljnjih napora u ograničavanju emisija. Europska komisija svake godine prati napredak zemalja u realizaciji ciljeva putem Europskog semestra, pri čemu svaka zemlja članica mora obavijestiti Komisiju o svojim emisijama.

Razvoj energetskega sektora u Hrvatskoj temelji se na usklađivanju sa direktivama unije, kako bi se postigao cilj 20-20-20. Zakonski okvir za postizanje i praćenje postizanja energetske učinkovitosti i uporabe obnovljivih izvora energije je Zakon o energetskega učinkovitosti (NN 127/14). Ovaj zakon utvrđuje prednosti Hrvatske prema postizanju cilja te određuje tko su obveznici planiranja energetskega učinkovitosti. Zakonom o energetskega učinkovitosti stvoreni su uvjeti za postizanje ciljeva, usvajanje mjere za smanjenje potrošnje primarne energije u djelatnostima proizvodnje, prijenosa i distribucije energije i mehanizama za poticanje

energetske učinkovitosti kroz institucionalne, financijske i druge okvire za uklanjanje prepreka koje sprječavaju razvoj tržišta energetske učinkovitosti [25].

Nacionalni cilj povećanja energetske učinkovitosti zadan je kao apsolutni iznos neposredne potrošnje energije u 2020. godini te iznosi 293,04 PJ odnosno 7,00 Mtoe. Radi ostvarenja određenih ciljeva, Hrvatska je donijela Nacionalni akcijski plan energetske učinkovitosti, koji predstavlja sveobuhvatni provedbeni dokument politike energetske učinkovitosti te se odnosi na razdoblje od tri godine. U okviru njega donose se regionalni i lokalni planovi povećanja energetske učinkovitosti, čime se potiče i decentralizirana proizvodnja energije u Hrvatskoj, sukladno lokalnim prilikama i mogućnostima.

Iako još nije u potpunosti provedena strategija Europa 2020, Europska unija već je prihvatila zajedničku energetska i klimatska strategiju Europa 2030. Strategija donosi ciljeve i političke smjernice za period od 2020. do 2030. godine te je usmjerena na kreiranje kompetitivnog, sigurnog i energetska učinkovitog sustava, spremnog za dostizanje dugoročnog cilja smanjenja emisija stakleničkih plinova do 2050. godine. Ciljevi Europske unije za 2030. godinu su [26]:

- smanjenje emisije stakleničkih plinova za 40% u usporedbi s razinama iz 1990. godine
- minimalan udio od 27% potrošnje energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije
- minimalno 27% uštede u potrošnji energije u odnosu na 1990. godinu.

Za dostizanje novopostavljenih ciljeva, Europska unija je odredila provođenje reforme sustava razmjene emisija stakleničkih plinova i uvođenje novih indikatora kompetitivnosti i sigurnosti energetska sustava.

#### **4.2.2. Pariški sporazum**

Uz strategiju Europske unije i njenih Direktiva, za smanjenje negativnih utjecaja proizvodnje energije na klimu, važan je Pariški sporazum. Pariški sporazum je sporazum o klimatskim promjenama potpisan 2015. godine u Parizu, na 21. zasjedanju Konferencija stranaka Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda (UNFCCC) o promjeni klime. Sporazum je postignut 12. prosinca 2015. godine, a stupio je na snagu 4. listopada 2016. godine, nakon što ga je ratificirala Europska unija. Do kraja 2016. godine, sporazum je potpisalo 194 država članica

UNFCCC-a, a 118 zemalja ga je ratificiralo. Temeljni cilj Pariškog sporazuma je ograničiti globalno zatopljenje na razini znatno manjoj od 2 stupnja Celzijusa. Cilj sporazuma odnosi se na razdoblje od 2020. godine nadalje [27]. Sporazum je postignut u kontekstu održivog razvoja i nastojanja da se iskorijeni siromaštvo, osigura opskrba hranom te ojača kapacitet država u borbi s posljedicama klimatskih promjena. Nadalje, Sporazumom se iskazuje težnja za potpunim anuliranjem emisije stakleničkih plinova u svijetu do kraja 21. stoljeća. Mjere Pariškog sporazuma su [27]:

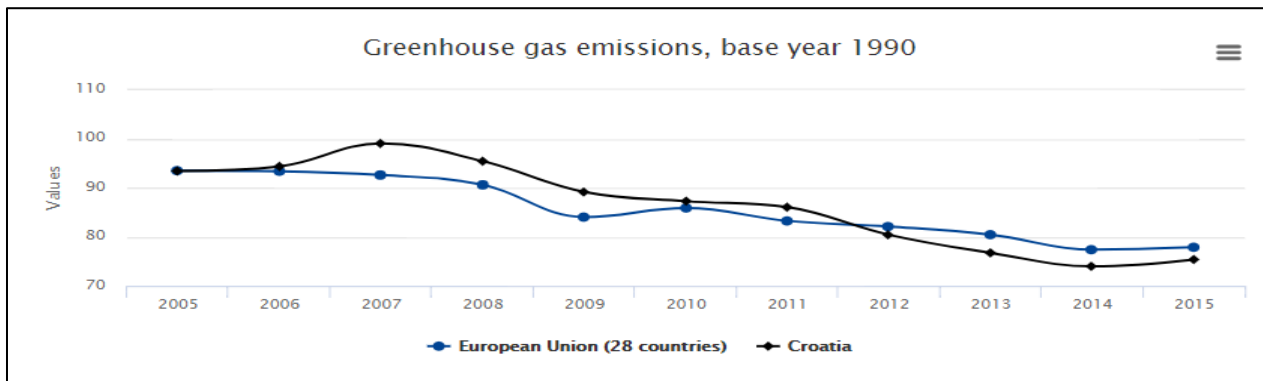
- zadržati povećanje globalne prosječne temperature na 2°C iznad razina u predindustrijskom razdoblju te poduzeti mjere u svrhu ograničavanja rasta globalne prosječne temperature iznad 1,5°C iznad razina u predindustrijskom razdoblju;
- povećati sposobnost prilagodbe posljedicama klimatskih promjena i poticati smanjenje emisija stakleničkih plinova na način kojim se ne ugrožava proizvodnja hrane;
- osigurati financiranje projekata koji smanjuju emisiju stakleničkih plinova i povećavaju otpornost na klimatske promjene.

Pariški sporazum određuje da se doprinosi pojedinih zemalja potpisnica sporazuma ostvaruju putem nacionalnih planova. Svaka država potpisnica trebala bi periodično donositi nacionalni plan za ostvarenje ciljeva definiranih Sporazumom te bi se u sklopu takvog plana morao predstaviti napredak u odnosu na prethodno razdoblje. Za zemlje u razvoju, cilj je ublažiti emisiju stakleničkih plinova po pojedinim kategorijama unutar gospodarstva, dok je za razvijene zemlje definirana provedba ciljeva smanjenja emisija na razini cjelokupnog gospodarstva. Isto tako, zadatak je razvijenih zemalja da manje razvijenim zemljama pomažu u napretku ka realizaciji cilja. Hrvatska je Pariški sporazum ratificirala 22. travnja 2016. godine, a Sporazum je stupio na snagu 23. lipnja 2017.

#### **4.3. Korištenje obnovljivih izvora energije i energetska efikasnost u Republici Hrvatskoj**

Energetska efikasnost i korištenje obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj prate se putem Europskog semestra, radi utvrđivanja napretka prema realizaciji ciljeva strategije Europa 2020. Slikom 14. je prikazano kretanje odabranih pokazatelja za Hrvatsku, i to:

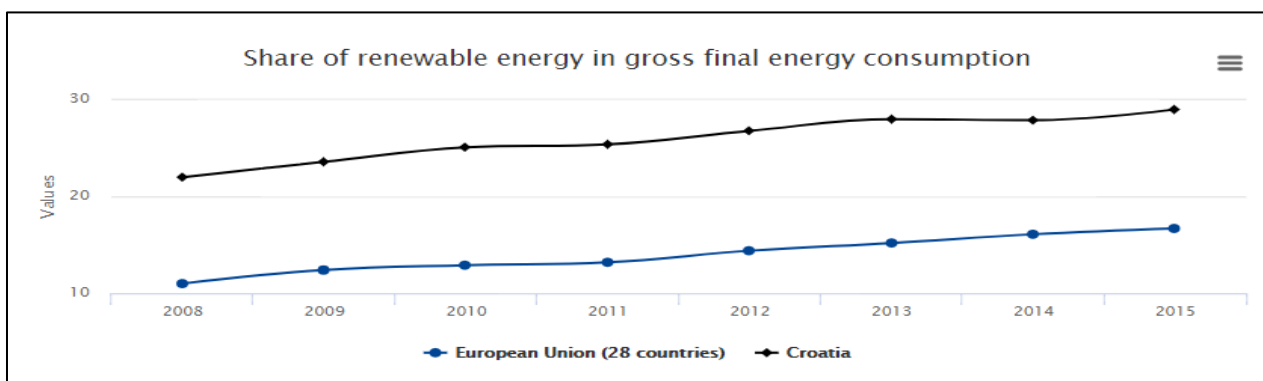
- emisija stakleničkih plinova
- udio obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije
- energetska efikasnost.



Slika 14. Emisija stakleničkih plinova u Hrvatskoj, 2005. – 2015. godine u odnosu na 1990. godinu

Izvor: [https://ec.europa.eu/info/strategy/european-semester/european-semester-your-country/croatia/europe-2020-targets-statistics-and-indicators-croatia\\_en#energy-efficiency](https://ec.europa.eu/info/strategy/european-semester/european-semester-your-country/croatia/europe-2020-targets-statistics-and-indicators-croatia_en#energy-efficiency) [28]

U razdoblju od 2005. do 2015. godine primjećeno je smanjenje emisije stakleničkih plinova u Hrvatskoj, a isti je trend zabilježen i na razini Europske unije. Hrvatska kontinuirano smanjuje emisiju stakleničkih plinova, u skladu sa ciljevima Europske unije. Nacionalni cilj za Hrvatsku iznosio je smanjenje od 11% 2015. godine u odnosu na 2005. godinu te je isti i ostvaren. Indeks emisije stakleničkih plinova u Hrvatskoj u 2005. godini u odnosu na 1990. godinu iznosio je 93,43, dok je u 2015. godini iznosio 75,38. Slikom 15. prikazuje se udio potrošnje energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije u Hrvatskoj od 2008. do 2015. godine.

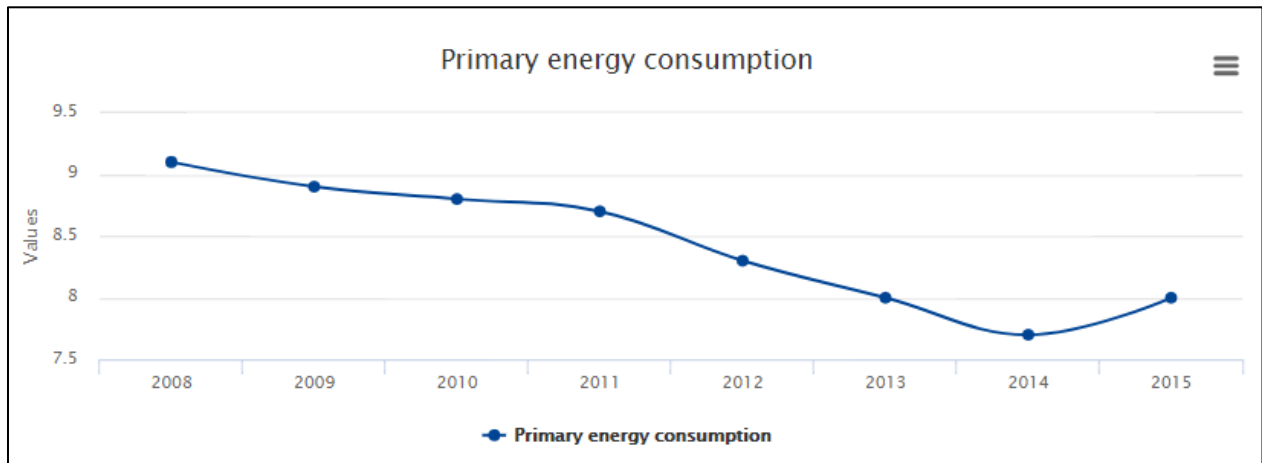


Slika 15. Udio potrošnje energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije u Hrvatskoj, 2008. do 2015. godine

Izvor: [https://ec.europa.eu/info/strategy/european-semester/european-semester-your-country/croatia/europe-2020-targets-statistics-and-indicators-croatia\\_en#energy-efficiency](https://ec.europa.eu/info/strategy/european-semester/european-semester-your-country/croatia/europe-2020-targets-statistics-and-indicators-croatia_en#energy-efficiency) [28]



Udio potrošnje energije iz obnovljivih izvora u Hrvatskoj je u 2008. godini iznosio 22%, dok je isti pokazatelj u 2015. godini povećan na 29%. To pokazuje da je Hrvatska već dostigla cilj strategije Europa 2020 o minimalnom udjelu potrošnje energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije od 20% te ulaže daljnje napore u njegovo povećanje. Slika 16. prikazuje potrošnju primarne energije u Hrvatskoj od 2008. do 2015. godine.



Slika 16. Potrošnja primarne energije, 2008. do 2015. godine, u Mtoe

Izvor: [https://ec.europa.eu/info/strategy/european-semester/european-semester-your-country/croatia/europe-2020-targets-statistics-and-indicators-croatia\\_en#energy-efficiency](https://ec.europa.eu/info/strategy/european-semester/european-semester-your-country/croatia/europe-2020-targets-statistics-and-indicators-croatia_en#energy-efficiency) [28]

Potrošnja primarne energije u Hrvatskoj smanjila se u 2015. godini u odnosu na razinu iz 2008. godine. Najniža potrošnja primarne energije ostvarena je u 2014. godini, a uzrok tomu, osim povećanja energetske efikasnosti, može biti i pad gospodarske aktivnosti uzrokovan recesijom. Međutim, opravkom gospodarstva u 2015. godini također se uočava niža razina potrošnje primarne energije nego u 2008. godini, što znači da se povećala energetska efikanost u Hrvatskoj, kako zbog povećanja proizvodnje energije iz obnovljivih izvora, tako i radi smanjenja gubitaka energije njenim prijenosom i distribucijom.

#### 4.4. Mogućnosti distribuirane proizvodnje energije putem obnovljivih izvora u Republici Hrvatskoj

Hrvatska ima veliki tehnički i ekonomski potencijal proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora, koji zemlji može osigurati stopostotnu potrošnju energije iz obnovljivih izvora. Najveći potencijal Hrvatske u proizvodnji decentralizirane energije iz obnovljivih izvora ogleda se u korištenju energije Sunca, čije količine zadovoljavaju trenutne, ali i buduće potrebe [29]. Najsunčaniji dijelovi Hrvatske imaju 40% više sunčeve svjetlosti godišnje u odnosu na središnju Europu i čak 60% više u odnosu na sjevernu Europu. Potrošnja energije iz obnovljivih izvora u Hrvatskoj danas je dosegla oko 30% od ukupne potrošnje energije, a najviše te energije dolazi od hidroelektrana i drve mase. Proizvedena električna energija iz obnovljivih izvora čini samo 35,46% od ukupno proizvedene električne energije u Hrvatskoj, a od toga je samo 0,02% solarna energija, 1,67% je energija vjetra te 33,46% je energija vode. Instalirani kapaciteti za proizvodnju toplinske i električne energije putem obnovljivih izvora u Hrvatskoj u 2015. godini prikazani su tablicom 3.

**Tablica 3.** Instalirani kapaciteti za proizvodnju toplinske i električne energije putem obnovljivih izvora u Hrvatskoj, 2015. godine

OIE RES	Instalirana toplinska snaga Installed heat capacity (MW)	Instalirana električna snaga Installed power capacity (MW)
Sunce Solar	128,12*	47,8**
Vjetar Wind	0	418
Biomasa Biomass	515*	24,585
Bioplin Biogas		27,433
Male hidroelektrane Small hydro power plants	0	36
Geotermalna Geothermal	52,79 / 124,65	0
<b>UKUPNO TOTAL</b>		554

Izvor: Energija u Hrvatskoj, 2015: 188 [22]

Instalirana toplinska snaga kapaciteta za proizvodnju toplinske energije u Hrvatskoj iznosi oko 760 MW. Pri tome, potrebno je uzeti u obzir određena odstupanja, obzirom da se instalirana toplinska snaga kapaciteta za solarnu energiju ne može statistički precizno utvrditi, već se procjenjuje na temelju anketa i izmjerene površine instaliranih solarnih kolektora. Isto tako, podaci o procijenjenoj toplinskoj snazi kotlovnica za biomasu obuhvaćaju samo industrijske kotlovnice te ne uključuju snagu malih peći za grijanje i pripremu tople vode koje se koriste u kućanstvima.

Instalirana električna snaga iznosi ukupno 554 MW. Od toga, najveći je kapacitet bioplina i biomase, zatim vjetra i malih hidroelektrana, a najmanji je instalirani kapacitet za iskorištavanje energije Sunca.

Ukoliko se ne uzme u obzir proizvodnja električne energije u velikim, centraliziranim hidroelektranama, Hrvatska godišnje proizvede tek 1.219,6 GWh električne energije iz obnovljivih izvora, kao što je prikazano tablicom 4.

**Tablica 4.** Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora u Hrvatskoj, 2015. godine

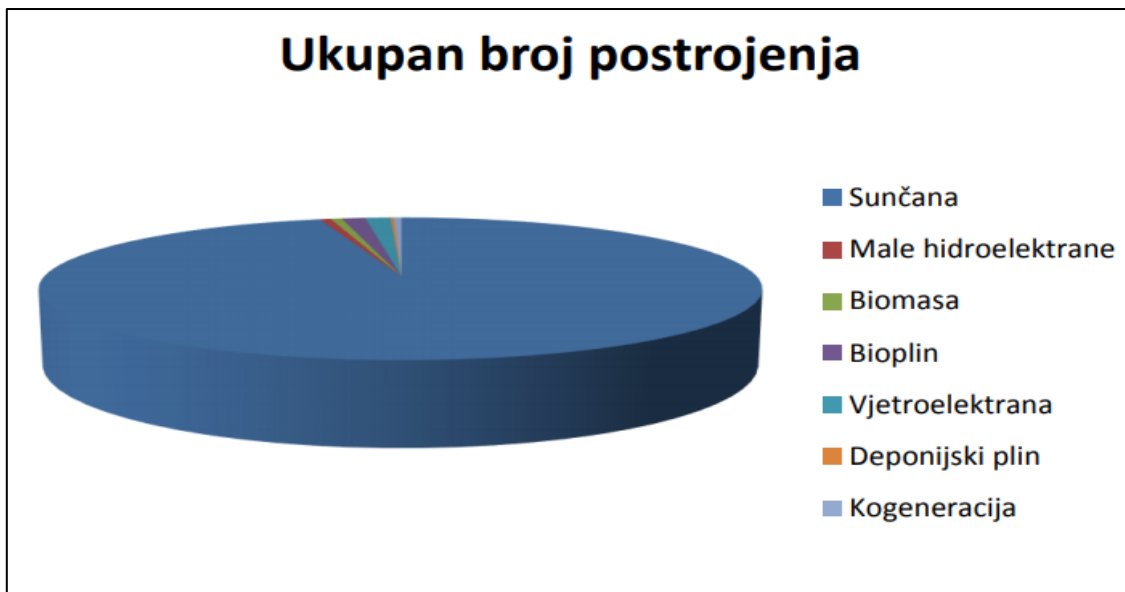
Vrsta izvora Type of renewable energy source	Proizvodnja električne energije Electricity generation
Sunce Solar	57,3 GWh
Vjetar Wind	796,3 GWh
Biomasa Biomass	89,1 GWh
Bioplin Biogas	176,1 GWh
Male hidroelektrane Small hydro power plants	100,8 GWh
Geotermalna Geothermal	0 GWh
<b>UKUPNO TOTAL</b>	<b>1 219,6 GWh</b>

Izvor: Energija u Hrvatskoj, 2015: 190 [22]

Najviše se električne energije iz obnovljivih izvora proizvede korištenjem energije vjetra, koja generira 796,3 GWh električne energije. Slijedi proizvodnja iz bioplina sa 176,1 GWh te malih hidroelektrana, koje proizvedu 100,8 GWh električne energije. Najmanje se električne energije proizvede putem solarne energije (57,3 GWh), dok se geotermalna energija u potpunosti isključuje u proizvodnji električne energije u Hrvatskoj.

U Hrvatskoj je u pogonu 2.186.58 MW hidroelektrana, pri čemu je 18 velikih hidroelektrana. Većina hidroelektrana u Hrvatskoj su akumulacijske hidroelektrane, koje imaju kapacitet od 1.759,5 MW. Ove hidroelektrane imaju vlastita akumulacijska jezera te osiguravaju stabilnost električne energije. Uz to, Hrvatska ima 427 MW protočnih hidroelektrana od kojih je najveća na rijeci Dravi. To su hidroelektrane bez ili sa vrlo malim akumulacijskim jezerima koje se pri normalnoj snazi isprazne kroz nekoliko sati rada. Malih hidroelektrana u Hrvatskoj, sa kapacitetom od 28,64 MW ima ukupno osam. Ovisno o prirodnim uvjetima, velike i male hidroelektrane u Hrvatskoj proizvode 25% do 40% godišnjih potreba za električnom energijom. Prema posljednjim tehničkim procjenama, u Hrvatskoj je trenutno iskorišteno tek 50% od ukupnog potencijala hidroelektrana. Njihova prosječna godišnja proizvodnja je 6.130 GWh, pri čemu se ona u sušnoj godini snižava na oko 4.500 GWh, dok se u kišnoj godini proizvede do 8.000 GWh. Ukupni potencijal, kada bi bio u potpunosti iskorišten, mogao bi doseći do 12.500 GWh godišnje [30].

Od 2007. do 2015. godine, u Hrvatskoj je u pogon ušlo 1.207. postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije. To su postrojenja koja su ušla u pogon proizvodnje električne energije te imaju ugovor o otkupu električne energije sa vodećim distributerom. Ukupna instalirana snaga tih postrojenja iznosi 431 MW. Ukoliko se promatra količina, a ne snaga postrojenja, moguće je uvidjeti kako najviše ima sunčanih elektrana (96%), a slijede vjetroelektrane (16,15%), elektrane na bioplin i biomasu [31]. Slikom 17. prikazan je ukupan broj instaliranih postrojenja na obnovljive izvore energije u Hrvatskoj 2015. godini prema izvoru energije.



Slika 17. Ukupan broj instaliranih postrojenja na obnovljive izvore energije u Hrvatskoj, 2015. godine, prema izvoru energije

Izvor: Zelena energetska zadruga, 2015: 20 [30]

Ukoliko se analizira udio snage pojedinih obnovljivih izvora energije, moguće je uočiti kako najveću snagu ima 16 vjetroelektrana koje su u pogonu u Hrvatskoj, čija je instalirana snaga 78,74% od ukupne instalirane snage svih obnovljivih izvora. Elektrane na biomasu, bioplin, kogeneraciju i deponijski plin imaju pojedinačnu prosječnu snagu od jednog do nekoliko MW, dok hidroelektrane imaju nekoliko stotina kW, a vjetroelektrane prosječnu pojedinačnu snagu veću od 20 MW.

Potencijal decentralizirane proizvodnje energije u Hrvatskoj putem obnovljivih izvora je velik te može pokriti potrebe potrošnje države nekoliko puta. U Hrvatskoj, energija Sunca ima dovoljan tehnički potencijal da u potpunosti podmiri potrošnju električne energije. Prema istraživanjima Energetskog instituta Hrvoje Požar (EIHP), tehnički potencijal sunčane toplinske energije u Hrvatskoj je 630 PJ/g, dok je za fotonaponske ćelije potencijal 33 PJ/g. Realno, u Hrvatskoj je postavljanje energetskih sustava na solarnu energiju za proizvodnju električne ili toplinske energije moguće na 25% od ukupno izgrađene površine države, što je jednako površini od 1.130 kvadratnih kilometara. Ako je prosječna iskoristivost kvadratnog metra tog sustava 700kWh, godišnja toplinska proizvodnja bila bi 791.000 GWh/g, znatno više od hrvatskih potreba. Isto tako, ako fotonapon ima prosječnu vrijednost od 1.100 kWh, a za jedan kW treba oko 7 kvadratnih metara, znači da bi se na 2% ukupne površine Hrvatske

moglo proizvesti 177.500 GWh električne energije, što je deset puta više od trenutne potrošnje.

Za vjetroelektrane se u Hrvatskoj procjenjuje tehnički potencijal od 10.000 GWh na kopnu i 12.000 GWh na moru. Međutim, za vjetroelektrane trenutno ne postoji veliki interes, a nije formiran ni zakonodavni okvir za priobalne elektrane na moru, pa ne postoji njihova iskorištenost. Mogućnosti za instalaciju vjetroelektrana u Hrvatskoj postoje u primorskom dijelu u Dalmaciji i Dalmatinskoj zagori, Primorju, otocima, Lici i Gorskom kotru te u Istri. Kopneni dio Hrvatske ima potencijal za vjetroelektrane samo na granici sa Srbijom. Potencijal vjetroelektrana u Hrvatskoj procjenjuje se na oko 10.000 GWh/g. Daljnji razvoj tehnologije omogućio bi iskorištavanje energije vjetra čak i pri njegovim nižim brzinama strujanja, pa je moguće kako će potencijal energije vjetra u budućnosti rasti.

#### **4.5. Infrastrukturni zahtjevi za decentraliziranu proizvodnju energije u Hrvatskoj**

Za decentraliziranu proizvodnju energije u Hrvatskoj potrebno je uspostaviti napredne energetske mreže, koje predstavljaju skup tehnologija koje omogućavaju bolju integraciju obnovljivih izvora u elektroenergetsku mrežu i nove inovacije, kako bi mreža bila učinkovitija od tradicionalnih energetskih mreža. Sukladno strategiji Europske unije i smjernicama za povećanje potrošnje energije iz obnovljivih izvora, 2006. godine razvijen je koncept smartgrida od strane European Technology Platform Smart Grids. Smart grid je pojam koji se odnosi na mrežu budućnosti, odnosno pametnu mrežu koja može integrirati aktivnosti svih korisnika koji se na nju spoje, s ciljem ekonomski isplative i kvalitetne električne energije [32]. Smartgrid je mreža koja koristi inovacije u tehnologiji te na pametan način prati i kontrolira proizvodnju, prijenos, distribuciju i potrošnju električne energije unutar mreže. Putem smartgrida se osigurava povezivanje generatora svih veličina i tehnologija, potrošačima se omogućuje optimiziranje rada sustava te se smanjuje negativan utjecaj na okoliš cjelokupnog sustava opskrbe. Međutim, koncept smart grida nije u širokoj upotrebi, jer nedostaju pametna tehnološka rješenja koja mogu omogućiti funkcioniranje ove mreže.

Danas su distribuirani izvori energije u pravilu priključeni u blizini potrošača u distribucijskom mreži, što smanjuje gubitke distribucijskog sustava. Kako bi decentralizirani

sustav proizvodnje energije funkcionirao, osiguravajući stabilnost i pouzdanost u opskrbi, on mora sadržavati [32]:

- pametno brojilo
- program upravljanja potrošnjom
- sustav skladištenja energije.

Pametno brojilo bio bi elektronički uređaj koji mjeri potrošnju energije, radi praćenja, kontrole i naplate potrošnje. Uz to, pametno brojilo ima dvosmjernu komunikaciju te na taj način omogućuje kontinuirano prikupljanje podataka o kvaliteti napona, opterećenju mreže, frekvenciji, korištenju jalove snage i slično. Danas je u Hrvatskoj od strane HEP-a instalirano oko 20.000 pametnih brojila, koja se koriste uglavnom za potrebe industrije.

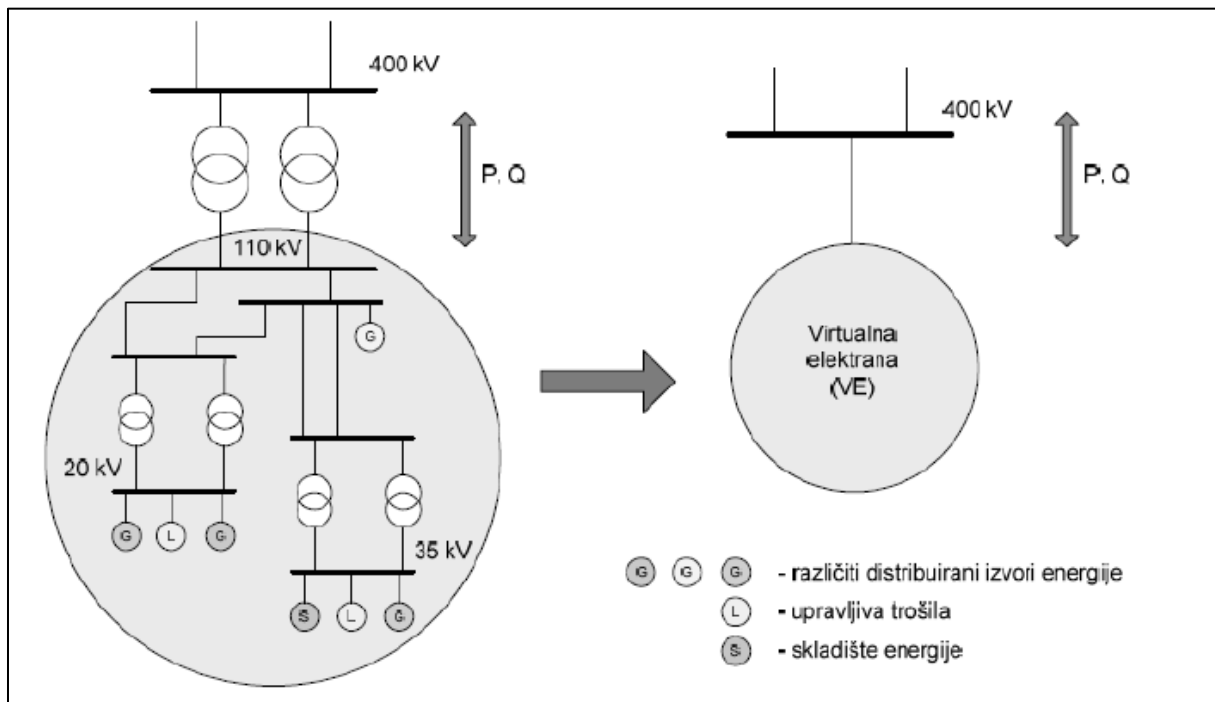
Program upravljanja potrošnjom optimizirao bi potrošnju energije, omogućujući zakazano uključivanje ili isključivanje potrošnje i njeno praćenje.

Kako bi bilo moguće pohraniti energiju proizvedenu u decentraliziranom sustavu putem obnovljivih izvora, potrebno je razviti tehnologiju koja bi omogućila prihvaćanje i skladištenje te energije. Za to je nužno razviti pametan sustav upravljanja mrežom, koji osigurava dodatan prostor za pohranu. Danas su za to najčešće u uporabi različite mehaničke, elektrokemijske ili fizičke tehnologije, a odabir tehnologije skladištenja utječe na performanse cjelokupnog decentraliziranog energetskeg sustava. Konačan odabir odgovarajuće tehnologije i njena izvedba ovise o fizičkim obilježjima prostora te aktivnostima i troškovima potrebnim za izgradnju sustava pohrane.

#### **4.5.1. Virtualne elektrane**

Danas se decentralizirani izvori energije spajaju na niskonaponske ili srednjenaponske mreže, što dovodi do problema dvosmjernih tokova snaga, opterećenja vodova i transformatora te regulacije napona i frekvencije. Da bi decentralizirani sustav bio stabilan, u njemu se moraju uskladiti proizvodnja i potrošnja te osigurati skladištenje energije i kvalitetno upravljanje. U tu svrhu razvijen je koncept virtualnih elektrana. Virtualna elektrana je udruženje distribuiranih izvora energije i sustava za njenu pohranu, koje se na tržištu pojavljuje kao

cjelina [33]. Ukupna proizvodnja energije u virtualnoj elektrani optimizirana je i raspoređena prema distribuiranim izvorima. Koncept virtualne elektrane prikazan je slikom 18.



Slika 18. Virtualna elektrana

Izvor: Tošić, 2012: 1 [33]

Operator virtualne elektrane ima pristup tržištu prijenosnog sustava i izvoru energije, a njegov zadatak sastoji se u optimiziranju zahtjeva potrošača prema mreži te osiguravanje optimalnog korištenja distribuiranih izvora radi proizvodnje energije. Virtualnim elektranama upravlja se putem pametne tehnologije, odnosno informacijsko komunikacijskih rješenja i aplikacija koje osiguravaju povezanost subjekata unutar mreže i kontrolu toka energije. Pametni sustavi putem kojih se upravlja virtualnim elektranama omogućuju stabilnost energije unutar energetskog sustava, skladištenje energije, optimizaciju potrošnje energije te eliminaciju štetnih utjecaja proizvodnje i potrošnje energije na okoliš.

#### 4.5.2. Građani kao proizvođači u decentraliziranom energetskom sustavu

Decentralizirana proizvodnja energije iz obnovljivih izvora je sustav u kojem se proizvodnja odvija bliže potrošaču. U ovakvom sustavu proizvodnje energije, značajnu ulogu ima



stanovništvo, koje kroz korištenje energije iz obnovljivih izvora može djelomično ili u potpunosti podmiriti svoju potrošnju energije.

U decentraliziranom sustavu energije, pojedinci i lokalna zajednica mogu zajednički snositi troškove i dijeliti koristi od proizvodnje energije iz obnovljivih izvora. Kao primjer, često se navodi proizvodnja energije iz solarnih kolektora, čija je uporaba najviše raširena. Građani često ugrađuju solarne panele na krovovima kuća ili zgrada te na taj način iz energije Sunca osiguravaju podmirenje potreba kućanstva za toplom vodom, grijanjem ili električnom energijom.

Uloga građana u proizvodnji energije u decentraliziranom sustavu može biti dvostruka. Kao što je prethodno već spomenuto, građani mogu iz obnovljivih izvora podmiriti vlastite energetske potrebe. Nadalje, moguće je da građani osmisle i izgrade takav energetski sustav u kojem im, nakon podmirenja vlastitih potreba za energijom, preostaje višak količine energije, koju onda mogu prodavati u mrežu te ju distribuirati prema ostalim korisnicima.

Direktiva Europske unije o energiji iz obnovljivih izvora ukazuje na prilike za ekonomskim rastom i zapošljavanjem, do kojih vodi primjena regionalne i lokalne proizvodnje energije iz obnovljivih izvora te putem Europskih fondova pruža mogućnost privlačenja sredstava za navedenu namjenu. Energija iz obnovljivih izvora utječe na mobilizaciju sredstava na lokalnoj razini te stvara nove lance vrijednosti koji se zadržavaju u lokalnoj zajednici. Zajednice koje proizvode vlastitu energiju iz obnovljivih izvora zadržavaju veliku količinu sredstava koja se prethodno koristila za uvoz energije te ulažu u inovacije, poduzetništvo i infrastrukturu, čime se stvaraju nova radna mjesta i osigurava ekonomski i društveni razvoj.

U Hrvatskoj je još uvijek mali broj primjera građana koji samostalno proizvode energiju iz obnovljivih izvora radi zadovoljavanja vlastitih potreba. Razlog tomu prije svega je velika početna cijena investicije, koja mnoge građane odbija od ulaganja u vlastitu energiju. Međutim, primjećuje se porast broja poduzeća, općina i građana koji ulažu u proizvodnju energije iz obnovljivih izvora te se predviđa da će se trend rasta nastaviti.

#### 4.6. Primjeri dobre prakse

U Europi i u Hrvatskoj postoje brojni primjeri proizvodnje energije iz obnovljivih izvora, koji omogućuju energetska neovisnost i utječu na smanjenje emisije stakleničkih plinova u atmosferu. Takvi primjeri pozitivno utječu na percepciju javnosti o ulozi i značaju korištenja obnovljivih izvora energije te služe za prijenos znanja, tehnologije i vještina u praksi.

Danska je danas vodeća zemlja u svijetu prema iskorištavanju potencijala vjetra te je u 2014. godini iz vjetra proizvela više od 40% ukupne proizvodnje energije. U Danskoj su prve vjetrenjače građene još sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća, a danas je mreža vjetroelektrana toliko razvijena da osigurava velike količine za potrebe danskih potrošača, dok se višak proizvedene energije prodaje susjedima. Glavni cilj Danske je do 2050. godini u potpunosti zamijeniti fosilna goriva obnovljivim izvorima energije. Osim u proizvodnji energije iz vjetra, Danska je prva zemlja u svijetu koja je započela s proizvodnjom vjetroturbina te je danas oko 40% ukupno instaliranih kapaciteta u svijetu proizvedeno upravo u Danskoj. Proizvodnja energije iz vjetra i proizvodnja vjetroturbina danas su među glavnim industrijama u Danskoj, a zapošljavaju više od 25.000 djelatnika [34].

U Hrvatskoj postoji nekoliko primjera malih proizvođača energije, koji proizvode električnu energiju za vlastite potrebe. Najčešće se za takav oblik proizvodnje energije koriste solarni paneli ili male vjetrenjače.

U Gradu Poreču je 2015. godine osnovano gradsko poduzeće Parentium d.o.o., koje je investiralo u postavljanje fotonaponskih postrojenja i solarnih kolektora, putem kojih se iz energije sunca velikim dijelom zadovoljavanju zahtjevi gradskih objekata za potrošnjom tople vode, i to u sportskim dvoranama, školskim zgradama i dječjim vrtićima. U dvije godine rada, sunčane elektrane u Poreču proizvele su oko 275.000 kWh električne energije, a ukupna proizvodnja porasla je u drugoj godini za oko 18,2% u odnosu na prethodnu godinu. Kada bi se ista količina energije proizvela iz ugljena, količina emisije CO<sub>2</sub> iznosila bi 94 tona. Cilj Grada Poreča je stvoriti održivo i čisto okruženje te unaprijediti kvalitetu života građana, što će se činiti daljnjim investiranjem u proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora [35].

U mjestu Sibinje kod Slavenskog Broda, jedna je obitelj izgradila 15 metara visoku vjetrenjaču, koja opskrbljuje njihovu kuću električnom energijom. Putem snage vjetra,

osigurana je električna energija za cjelokupnu rasvjetu u kući, televizor, računalo i hladnjak. Vjetrenjaču je samostalno konstruirao vlasnik kuće, a u projekt je uloženo 15.000 kuna. Sustav proizvodnje energije osigurava 15 sati električne energije dnevno kada nema jakog vjetra, a ukoliko vjetar zapuše, energija se nadopunjuje. Vjetrenjača se sastoji od šest aluminijskih krila, od kojih svako ima ukupnu površinu od jednog kvadratnog metra te pocinčanu cijev. Svako krilo ima dva generatora, od kojih jedan puni akumulator, a drugi osigurava vjetrenjaču stavljajući ju u mirovanje kod jakih udara vjetra te se tada krila okreću prema vjetru i prestaju se vrtjeti. Snaga generatora je 1.080 W, a iz njega je moguće dobiti od 300 do 800 W. Ukupna ušteda koju ovo kućanstvo ostvaruje na temelju korištenja vjetrenjače je oko 100,00 kuna mjesečno [36].

Zanimljiv je primjer iz Općine Malinska, gdje je umirovljeni svećenik dao izgraditi fotonaponsku centralu koja mu omogućuje opskrbu kućanstva električnom energijom putem sunca. Početna investicija iznosila je 100.000,00 kuna, a danas fotonaponski sustav energijom opskrbljuje sve uređaje u kući te omogućuje punjenje baterije električnog automobila [37].

#### **4.7. Preporuke za podizanje svijesti o važnosti uporabe obnovljivih izvora**

U svrhu poticanja korištenja obnovljivih izvora i distribuirane proizvodnje energije, potrebno je podići razinu svijesti građana o ulozi obnovljivih izvora u suvremenoj proizvodnji energije i dugotrajnim ekonomskim, društvenim i ekološkim koristima koji se na taj način ostvaruju za pojedince i društvo u cjelini.

Radi promicanja korištenja obnovljivih izvora energije, najprije je potrebno uspostaviti sustav podrške za korištenje energije iz obnovljivih izvora, koji bi se morao sastojati u kvalitetno formiranom zakonodavnom okviru koji osigurava jednake uvjete za sve koji proizvode električnu energiju. Vlade država trebale bi postupno ukidati potpore za fosilna goriva te osigurati potpore za gradnju infrastrukture koja će služiti proizvodnji energije iz obnovljivih izvora.

Široka uporaba obnovljivih izvora u proizvodnji energije može zaživjeti samo uz podršku lokalnih i regionalnih vlasti te sudjelovanje građana i civilnog društva. Pri tome, kreatori politike na lokalnim razinama moraju osmisliti sustav promocije proizvodnje energije iz

obnovljivih izvora. U tu svrhu najbolje mogu poslužiti javne prezentacije putem kojih će se predstaviti ciljevi strategije Europa 2020 i ciljevi Pariškog sporazuma, a zatim ukazati na koristi od proizvodnje energije iz obnovljivih izvora. Prezentacije bi trebale biti održane od strane stručnjaka iz energetskega sektora, a na njima je poželjno da sudjeluju subjekti koji proizvode energiju za vlastite potrebe radi širenja primjera dobre prakse, kao i predstavnici lokalne i regionalne vlasti koji mogu predstaviti program poticanja takve proizvodnje. Nadalje, potrebno je istaknuti financijske koristi i uštede koje se ostvaruju potrošnjom energije iz obnovljivih izvora, ali i mogućnosti koje proizlaze iz prodaje i distribucije energije putem energetske mreže.

## 5. ZAKLJUČAK

Decentralizirani energetske sustavi su sustavi u kojima se energija proizvodi u blizini mjesta potrošnje, čime je omogućena optimalna uporaba obnovljivih izvora energije, smanjenje potrošnje fosilnih goriva i povećanje ekološke i energetske učinkovitosti. O decentraliziranim sustavima proizvodnje energije govori se tek posljednjih godina, a smatra se kako je budućnost proizvodnje energije upravo u ovakvim sustavima. U decentraliziranom sustavu proizvodnje energije, mala postrojenja povezana su na distribucijsku mrežu, a ne na prijenosnu mrežu. Takva postrojenja mogu osiguravati izravnu opskrbu energijom za zgrade, tvornice ili za zajednicu, a u slučaju viška proizvedene energije, istu mogu prodavati natrag u distribucijsku mrežu. U decentraliziranim sustavima, moguće je za proizvodnju energije kombinirati dva ili više energetska izvora, a takvi sustavi se vrlo često mogu naći u domaćinstvima za podmirivanje vlastitih energetske potreba. Uz povećanje učinkovitosti, tehnologija decentralizirane proizvodnje energije pruža koristi u obliku pouzdane i stabilne električne energije za industriju, koja zahtijeva neprekidnu uslugu opskrbe električnom energijom.

U Europskoj uniji je 2010. godine pokrenuta strategija Europa 2020, kojom se osiguravaju uvjeti za pametan, održiv i uključiv rast. Unutar strategije definirana su tri ključna cilja glede energetike i klimatskih promjena, a oni se odnose na smanjenje emisije stakleničkih plinova, povećanje udjela potrošnje energije iz obnovljivih izvora i povećanje energetske efikasnosti. Ostvarenjem navedena tri cilja, stvaraju se preduvjeti za dostizanje pametnog, održivog i uključivog rasta unutar Europske unije. Hrvatska kao članica Unije djeluje u skladu s njenim ciljevima, kontinuirano smanjujući emisiju stakleničkih plinova i povećavajući udio potrošnje energije iz obnovljivih izvora. Međutim, danas se, obzirom na potencijal, još uvijek nedovoljna količina energije u Hrvatskoj proizvodi putem decentralizirane proizvodnje iz obnovljivih izvora. Razlog tome su političke, zakonske, administrativne i tehničke prepreke, ali i nedovoljna osviještenost stanovnika o koristima primjene obnovljivih izvora energije. U narednom razdoblju, potrebno je održati kontinuitet ulaganja u proizvodnju energije iz obnovljivih izvora te osmisliti učinkovite načine podizanja svijesti stanovništva o korištenju energije iz obnovljivih izvora, kako bi se građani uključili u decentralizirani sustav proizvodnje energije i osigurali čistu energiju za potrebe svojih kućanstava.

## 6. LITERATURA

- [1] <http://www.un.org/sustainabledevelopment/> (Sustainable development goals), 5.7.2017.
- [2] <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/> (The Hague Academy for local governance), 8.7.2017.
- [3] <https://www.iea.org/topics/renewables/> (International Energy Agency), 8.7.2017.
- [4] Labudović, J. (2002): *Obnovljivi izvori energije*, Energetika marketing d.o.o., Zagreb
- [5] Šiljevac, D., Šimić, Z., (2007): *Obnovljivi izvori energije s osvrtom na štednju*, Grafika Osijek
- [6] [https://www.fkit.unizg.hr/\\_download/repository/4\\_OIE\\_Jukic\\_vodik%5B1%5D.pdf](https://www.fkit.unizg.hr/_download/repository/4_OIE_Jukic_vodik%5B1%5D.pdf) (Vodikova energija i ekonomija), 10.7.2017.
- [7] Đurić, V. (2006): *Bioenergija*, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb
- [8] [http://www.irena-istra.hr/uploads/media/Clanak\\_OIE-Final\\_01.pdf](http://www.irena-istra.hr/uploads/media/Clanak_OIE-Final_01.pdf) (Istarska regionalna energetska agencija), 17.7.2017.
- [9] Gobbo, B. (2013): *Proizvodnja električne energije korištenjem obnovljivih izvora – Stanje i perspektiva u Republici Hrvatskoj*, stručni članak, Istarska regionalna agencija – IRENA d.o.o.
- [10] <http://www.azo.hr/StoJeKyoto> (Agencija za zaštitu okoliša), 13.7.2017.
- [11] <http://www.planete-energies.com/en/medias/close/challenges-energy-transition> (Planete energies), 15.7.2017.
- [12] <https://www.nap.edu/read/12987/chapter/6#94> (The National Academies of sciences engineering medicine), 15.7.2017.
- [13] <http://www.ipcbee.com/vol69/021-ICEST2014-A1026.pdf> (Environmental Impacts of Renewable Energy Technologies), 21.7.2017. (Energy), 22.7.2017.
- [14] [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Infographic\\_REN-2004-2015.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Infographic_REN-2004-2015.png), (Eurostat Statistics Explained), 25.7.2017.
- [15] [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Infographic\\_REN-2004-2015.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Infographic_REN-2004-2015.png) (European Commission), 25.7.2017.
- [16] [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy\\_from\\_renewable\\_sources#Main\\_statistical\\_findings](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_from_renewable_sources#Main_statistical_findings) (European Commission), 25.7.2017.

- [17] [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Renewable\\_energy\\_available\\_for\\_final\\_consumption,\\_EU-28,\\_1990-2015\\_F7.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Renewable_energy_available_for_final_consumption,_EU-28,_1990-2015_F7.png) (European Commission), 25.7.2017.
- [18] <http://iet.jrc.ec.europa.eu/remea/integration-renewable-energy-sources-and-distributed-generation-energy-supply-systems> (European Commission), 25.7.2017.
- [19] Martin, J. (2009): Distributed vs. centralized electricity generation: are we witnessing a change of paradigm – An introduction to distributed generation, HEC, Paris
- [20] [http://www.hsap.hr/upload\\_data/editor/files/OU\\_13\\_03.pdf](http://www.hsap.hr/upload_data/editor/files/OU_13_03.pdf) (Hrvatska stručna udruga za plin), 27.7.2017.
- [21] <https://www.ferc.gov/legal/fed-sta/exp-study.pdf> (Federal Energy Regulatory Commission), 1.8.2017.
- [22] Energija u Hrvatskoj, 1.8.2017.
- [23] [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009\\_10\\_130\\_3192.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009_10_130_3192.html) (Narodne Novine), 1.8.2017.
- [24] [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020\\_en#tab-0-0](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en#tab-0-0) (European Commission), 1.8.2017.
- [25] [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_10\\_127\\_2399.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_10_127_2399.html) (Narodne novine), 1.8.2017.
- [26] <https://www.enu.hr/ee-u-hrvatskoj/20-20-20-i-dalje/ciljevi-eu-2030/> (Nacionalni portal energetske učinkovitosti), 1.8.2017.
- [27] <http://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/timeline/> (Europsko vijeće), 3.8.2017.
- [28] [https://ec.europa.eu/info/strategy/european-semester/european-semester-your-country/croatia/europe-2020-targets-statistics-and-indicators-croatia\\_en#energy-efficiency](https://ec.europa.eu/info/strategy/european-semester/european-semester-your-country/croatia/europe-2020-targets-statistics-and-indicators-croatia_en#energy-efficiency) (Greenhouse gas emissions), 6.8.2017.
- [29] Runko Luttenberger, L. (2015): The barriers to renewable energy use in Croatia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49, 646-654
- [30] Zelena energetska zadruga (2015): Prelazak Hrvatske na 100% obnovljivih izvora energije – Analiza mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj, Zagreb
- [31] <http://m.greenpeace.org/croatia/Global/croatia/Prelazak%20Hrvatske%20na%20obnovljiv%20izvore%20energije.pdf> (Prelazak Hrvatske na 100% obnovljivih izvora energije) 7.8.2017.

[32] Boljunčić, D. (2015): European Technology Platform Smartgrids i njegova primjena u Republici Hrvatskoj, Visoka tehničko-poslovna škola, Politehnika - Pula, Pula

[33] Tošić, J.(2012): Integracija virtualne elektrane u distribucijsku mrežu, Kvalifikacijski doktorski ispit

[34] <http://www.energetika-net.com/vijesti/obnovljivi-izvori-energije/energija-vjetra-prvaci-danska-spanjolska-i-njemacka-21524> (Energija vjetra: Prvaci Danska, Španjolska i Njemačka), 8.8.2017.

[35] <http://porestina.info/suncane-elektrane-grada-poreca-dvije-godine-rada-novi-rekordi-u-proizvodnji-275-000-kwh-zelene-elektricne-energije/> (Poreština), 10.8.2017.

[36] <https://www.vecernji.hr/vijesti/sam-izgradio-vjetrenjacu-koja-daje-struju-za-cijelu-kucu-452947> (Večernji list), 12.8.2017.

[37] Izvor: <https://www.24sata.hr/news/eko-pop-mika-s-krka-reciklira-otpad-koristi-suncevu-energiju-524321> (24sata), 13.8.2017.