

# Alternativna goriva u prometu i obnovljivi izvori energije kao budućnost niskougljičnog energetskog sektora Republike Hrvatske

---

**Bošnjak, Dario**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:840212>

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

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



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij naftnog rudarstva

**ALTERNATIVNA GORIVA U PROMETU I OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE  
KAO BUDUĆNOST NISKOUGLJIČNOG ENERGETSKOG SEKTORA  
REPUBLIKE HRVATSKE**

Diplomski rad

Dario Bošnjak

N246

Zagreb, 2020.

ALTERNATIVNA GORIVA U PROMETU I OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE KAO  
BUDUĆNOST NISKOUGLJIČNOG ENERGETSKOG SEKTORA REPUBLIKE  
HRVATSKE

DARIO BOŠNJAK

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za naftno-plinsko inženjerstvo i energetiku  
Pierottijeva 6, 10002 Zagreb

Sažetak

Strategija energetskeg razvoja Republike Hrvatske do 2030. godine, s pogledom na 2050. godinu prilično jasno određuje smjernice razvoja niskougljične energetike za svaki sektor. Budućnost niskougljičnog razvoja ovisi o primjeni novih tehnoloških rješenja i povećanju udjela obnovljivih izvora energije u energetskeg miks. U ovom diplomskom radu prikazan je utjecaj primjene alternativnih goriva u prometu i obnovljivih izvora energije na konačnu potrošnju primarne energije i smanjenje emisije stakleničkih plinova, te su izrađeni vlastiti scenariji u EnergyPLAN-u - softveru za modeliranje budućeg stanja energetskeg sektora.

Ključne riječi: strategija, niskougljična energetika, alternativna goriva, staklenički plinovi, EnergyPLAN

Diplomski rad sadrži: 68 stranica, 21 sliku, 21 tablicu i 21 referencu.

Jezik izvornika: hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Voditelj: Dr. sc. Luka Perković, docent RGNF-a

Ocjenjivači: 1. Dr. sc. Luka Perković, docent RGNF-a  
2. Prof. dr. sc. Daria Karasalihović Sedlar, redovna profesorica RGNF-a  
3. Izv. prof. dr. sc. Tomislav Kurevija, izvanredni profesor RGNF-a

Datum obrane: 14. veljače 2020.

University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Master's Thesis

ALTERNATIVE FUELS AND RENEWABLE ENERGY SOURCES AS THE FUTURE  
OF THE LOWCARBON ENERGY SYSTEM OF THE REPUBLIC OF CROATIA

DARIO BOŠNJAK

Thesis completed at: University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering  
Department of Petroleum and Gas Engineering and Energy  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

The Energy Development Strategy of the Republic of Croatia until 2030, with a view to 2050, clearly sets out the guidelines for the development of low-carbon energy for each sector. The future of low-carbon development depends on the application of new technological solutions and an increase in the share of renewable energy in the energy mix. This thesis presents the impact of the use of alternative fuels in transport and renewable energy sources on the final consumption of primary energy and the reduction of greenhouse gas emissions. The scenarios are created in EnergyPLAN - software for modeling the future state of the energy sector.

Keywords: strategy, low carbon, alternative fuels, greenhouse gases, EnergyPLAN

Thesis contains: 68 pages, 21 figures, 21 tables and 21 references

Original in: Croatian

Thesis deposited at: The Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum  
Engineering,  
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Assistant Professor Luka Perković, PhD

Reviewers: 1. Assistant Professor Luka Perković, PhD  
2. Full Professor Daria Karasalihović Sedlar, PhD  
3. Associate Professor Tomislav Kurevija, PhD

Date of defense: February 14, 2020

## SADRŽAJ

<b>POPIS SLIKA</b> .....	I
<b>POPIS TABLICA</b> .....	II
<b>POPIS KORIŠTENIH OZNAKA</b> .....	IV
<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PREGLED STANJA ENERGETSKOG SUSTAVA REPUBLIKE HRVATSKE</b> 5	
<b>2.1. Proizvodnja primarne energije u Hrvatskoj</b> .....	5
<b>2.3. Potrošnja energije u prometu</b> .....	7
<b>2.4. Potrošnja energije u općoj potrošnji</b> .....	14
<b>3. RAZVOJ NISKOUGLJIČNOG GOSPODARSTVA</b> .....	19
<b>3.1. Strategija niskougljičnog energetskeg sektora RH kroz pet ključnih dimenzija</b> .....	19
3.1.1. Energetska sigurnost .....	19
3.1.2. Unutarnje energetske tržište .....	19
3.1.3. Energetska učinkovitost .....	20
3.1.4. Dekarbonizacija .....	20
3.1.5. Istraživanje, inovacije i konkurentnost .....	21
<b>3.2. Korištenje obnovljivih izvora energije</b> .....	21
3.2.1. Alternativna goriva u prometu .....	29
<b>4. IZRADA SCENARIJA ZA PRIMJENU ALTERNATIVNIH GORIVA U SEKTORU TRANSPORTA U RH (EnergyPLAN)</b> .....	36
<b>4.1. Metoda „Od spremnika do kotača“ (engl. Tank to Wheel)</b> .....	38
<b>4.2. Scenarij povećanja udjela električne energije</b> .....	42
4.2.1. Rezultati iz EnergyPLAN-a za prvi scenarij .....	45
<b>4.3. Scenarij povećanja udjela prirodnog plina kao pogonskog goriva</b> .....	48
4.3.1. Rezultati iz EnergyPLAN-a za drugi scenarij .....	53
<b>4.4. Scenarij povećanja udjela vodika kao pogonskog goriva</b> .....	55
4.4.1. Rezultati iz EnergyPLAN-a za treći scenarij .....	59

4.5. Zaključak analize.....	61
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>62</b>
<b>6. REFERENCE .....</b>	<b>63</b>

## POPIS SLIKA

Slika 2-1. Trendovi u proizvodnji primarne energije od 1988. godine nadalje.....	6
Slika 2-2. Udjeli pojedinih oblika energije u ukupnoj primarnoj proizvodnji u dvije karakteristične godine promatranog razdoblja .....	7
Slika 2-3. Kretanje potrošnje energije u prometu tijekom razdoblja 2006.-2018. godine ....	9
Slika 2-4. Struktura kretanja udjela osobnih vozila prema vrsti pogonskog goriva u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2013.-2018.g .....	12
Slika 2-5. Kretanje udjela prema vrsti energenata u ukupnoj općoj potrošnji energije u Republici Hrvatskoj u 2013. i 2018.g.....	15
Slika 3-1. Trend rasta instaliranih kapaciteta za proizvodnju toplinske energije iz obnovljivih izvora energije.....	27
Slika 3-2. Trend rasta instaliranih kapaciteta za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije.....	27
Slika 4-1. Prikaz dijagrama toka i načina modeliranja u EnergyPLAN-u.....	36
Slika 4-2. Tank to wheel analiza .....	39
Slika 4-3. Neposredna potrošnja energije po tipu vozila.....	44
Slika 4-4. Neposredna potrošnja energije po tipu goriva .....	45
Slika 4-5. Emisija CO <sub>2</sub> po sektorima.....	47
Slika 4-6. Finalna potrošnja energije u prometu po tipu goriva .....	48
Slika 4-7. Neposredna potrošnja energije po tipu vozila.....	51
Slika 4-8. Neposredna potrošnja energije po tipu goriva .....	52
Slika 4-9. Emisije CO <sub>2</sub> po sektorima.....	54
Slika 4-10. Finalna potrošnja energije u prometu po tipu goriva .....	55
Slika 4-11. Neposredna potrošnja energije po tipu vozila.....	58
Slika 4-12. Neposredna potrošnja energije po tipu goriva .....	58
Slika 4-13. Emisije CO <sub>2</sub> po sektorima .....	60
Slika 4-14. Finalna potrošnja energije u prometu po tipu goriva .....	61

## POPIS TABLICA

Tablica 2-1. Proizvodnja primarne energije u razdoblju od 2013. do 2018. godine .....	6
Tablica 2-2. Neposredna potrošnja energije u prometu po obliku energije u razdoblju 2013.-2018. godine .....	10
Tablica 2-3. Potrošnja energije u prometu po vrstama prijevoza u razdoblju 2013.-2018. godine .....	11
Tablica 2-4. Neposredna potrošnja energije u općoj potrošnji po obliku energije u razdoblju 2013.-2018.g.....	15
Tablica 2-5. Potrošnja energije u podsektorima opće potrošnje u Republici Hrvatskoj u razdoblju 2013.-2018.g.....	16
Tablica 3-1. Procijenjeni podaci o instaliranim kapacitetima za proizvodnju toplinske energije iz obnovljivih izvora energije i statistički podaci o instaliranim kapacitetima za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije za 2018. godinu .....	26
Tablica 3-2. Proizvodnja električne energije iz OIE .....	28
Tablica 3-3. Proizvodnja toplinske energije iz OIE u 2018. godini .....	29
Tablica 3-4. Podaci o infrastrukturi alternativnih goriva i vozilima s alternativnim gorivima koje dostavljaju države članice.....	30
Tablica 3-5. Sadržaj energije u biogorivima, benzinu i dizelu .....	34
Tablica 4-1. Referentno stanje iz 2017 godine .....	37
Tablica 4-2. Pretvorbeni faktori (km/kWh ili mlrd. km/TWh).....	38
Tablica 4-3. Tablica prijeđenih kilometara.....	40
Tablica 4-4. Količina proizvedenog CO <sub>2</sub> po jedinici potrošene energije .....	41
Tablica 4-5. Promjena udjela goriva.....	42
Tablica 4-6. Ulazni podaci za EnergyPLAN .....	43
Tablica 4-7. Rezultati simulacija u EnergyPLAN-u.....	46
Tablica 4-8. Promjena udjela goriva.....	49
Tablica 4-9. Ulazni podaci za EnergyPLAN .....	50
Tablica 4- 10. Rezultati simulacija u EnergyPLAN-u.....	53
Tablica 4-11. Promjena udjela goriva.....	56
Tablica 4-12. Ulazni podaci za EnergyPLAN .....	57



Tablica 4-13. Rezultati simulacija u EnergyPLAN-u..... 59

## POPIS KORIŠTENIH OZNAKA

### SI jedinica

°C	temperatura
MW	snaga
MW <sub>t</sub>	instalirana termalna snaga
MW <sub>e</sub>	instalirana električna snaga
TWh	proizvedena energija
GWh	proizvedena energija
kWh	proizvedena energija
PJ	energija
kgCO <sub>2e</sub>	kilogram CO <sub>2</sub> ekvivalenta

## 1. UVOD

Planiranje strategija, mjera i politika u energetske sektoru Europske Unije temelji se prvenstveno na smanjenju negativnih utjecaja čovjekova djelovanja na zrak, tlo, vode, tj. okoliš u kojem živimo. Europska komisija donijela je Okvirnu strategiju za otpornu Energetsku uniju s naprednom klimatskom politikom. Ciljevi Energetske unije izraženi su kroz pet ključnih dimenzija Energetske Unije: 1. energetska sigurnost, 2. unutarnje energetske tržište, 3. energetska učinkovitost, 4. dekarbonizacija, 5. istraživanje, inovacije i konkurentnost. Parlament Europske Unije je 2018. godine donio uredbu kojom se propisuje izrada integriranih nacionalnih energetske i klimatske planova za razdoblje do 2030. godine. Za provedbu dimenzije dekarbonizacije bitno je smanjenje emisije štetnih plinova i povećanje udjela OIE. Republika Hrvatska kao punopravna članica EU slijedi iste energetske politike i ciljeve. Najvažniji dokument u pogledu dekarbonizacije je Niskougljična strategija razvoja Republike Hrvatske, koji je izradilo Ministarstvo zaštite okoliša i energetike. Strategija se vodi zadanim brojkama smanjenja emisije stakleničkih plinova u određenom periodu, do 2030. godine, s pogledom na 2050. godinu, istovremeno gospodarstvo mora biti i konkurentno. Govori se o niskougljičnoj strategiji jer je ugljični dioksid uz ostale štetne plinove najviše zastupljen u emisiji štetnih plinova kao posljedica ljudskog djelovanja. Njegova koncentracija u atmosferi je za 40 % veća nego prije globalne industrijalizacije i smatra se da ta koncentracija ima najveći utjecaj na globalno zatopljenje, čak 64 %. Od ostalih plinova, metan je odgovoran za 17 %-tni udio u globalnom zatopljenju, a dušikov oksid 6 %. Emisija ugljikova dioksida i dušikova oksida u najvećoj mjeri dolazi od izgaranja fosilnih goriva, također i nekontrolirana sječa šuma ima veliki utjecaj na povećanje koncentracije CO<sub>2</sub> jer biljke u procesu fotosinteze apsorbiraju određenu količinu CO<sub>2</sub> iz atmosfere. Značajne emisije metana zabilježene su u stočarstvu, na farmama gdje se uzgajaju krave i ovce uslijed biološkog procesa probavljanja hrane, pa se čak i na tom području poduzimaju mjere i uvode zakoni u smislu poboljšanja kvalitete stočne ishrane (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike [MZOE], 2019).

Cilj je smanjiti emisiju stakleničkih plinova za 40 % u odnosu na 1990. godinu, povećati udio OIE na 27 % od ukupne potrošnje energije, te povećanje energetske učinkovitosti za 27 % do 2030. godine. Ova strategija obuhvaća mnoge sektore gospodarstva i djelatnosti: energetiku, industriju, promet, poljoprivredu, šumarstvo i gospodarenje otpadom (MZOE, 2019).

U svrhu smanjenja štetnih emisija, u EU osnovan je sustav trgovine emisijama stakleničkih plinova (eng. ETS-Emissions trading system). ETS obvezuje više od 11 tisuća elektrana i tvornica na posjedovanje dozvole za svaku tonu emisija CO<sub>2</sub>. Tvrtke ih moraju kupiti na aukcijama, a količina dozvola, kao i besplatnih dozvola, svake se godine smanjuje. Postrojenja čija je emisija ispod razine dodijeljenih emisijskih jedinica, mogu ostvareni višak emisijskih jedinica prodati postrojenjima čije emisije prekoračuju dozvoljene kvote. Radi se o financijskom poticaju za smanjenje zagađenja - što manje emisija, manji je trošak. U ETS sektor spadaju: proizvodnja električne energije i topline, proizvodnja, prerada i transport goriva, prerađivačka industrija i zračni promet. Za EU ETS sustav uspostavljena je zajednička kvota te su u njega uključena i 53 postrojenja iz Republike Hrvatske (MZOE, 2019).

Cestovni promet je danas jedan od najvećih zagađivača, poglavito u velikim urbanim sredinama. Rješenje je postupni prijelaz na alternativna goriva. U kategoriju alternativnih goriva spadaju: električna struja, biogoriva, plin, vodik. Od navedenih goriva nisu sva proizvedena iz obnovljivih izvora energije. Električna struja se proizvodi samo jednim dijelom iz OIE (u Hrvatskoj, većinom iz hidroenergije i vjetroelektrana), dok su biogoriva u cijelosti proizvedena iz OIE. Prirodni plin kao alternativno gorivo nije u kategoriji OIE, već je fosilno gorivo kao i derivati nafte, ali ima znatno manje posljedice na okoliš, manju emisiju stakleničkih plinova. Međutim u praksi se pokazalo da većina vozača nema povjerenja u plinska goriva (vrlo mali postotak vozila pogonjenih UNP-om koji je gotovo dvostruko jeftinije gorivo od benzina ili dizela), što znači da će prirodni plin u cestovnom prometu (UPP i SPP) najvjerojatnije biti ograničen na brodski i kamionski promet, te vozila javnog prijevoza. Vodik se proizvodi u cijelosti iz OIE.

Udio vozila s pogonom na alternativna goriva danas je neznatan, u Hrvatskoj tek oko 3%. Republika Hrvatska je u prosincu 2016.g., u skladu s Direktivom 2014/94 EU Europskog parlamenta, donijela Zakon o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva (NN 120/16). Utvrđeni su ciljevi za izgradnju infrastrukture za alternativna goriva, mjesta za punjenje, zajedničke tehničke specifikacije za mjesta za punjenje i opskrbu i zahtjevi za informiranje korisnika (MZOE, 2019).

Trenutne mjere unutar dimenzije dekarbonizacije donesene su kroz Međusektorske politike i mjere. U sektoru prometa radi se na informiranju potrošača (vozača) o

ekonomičnosti/potrošnji i emisiji CO<sub>2</sub> kod novih vozila, proizvođači su dužni dostaviti te podatke za svaki tip i marku vozila. Od 1. siječnja 2020. u Europskoj uniji, automobili će poskupiti u prosjeku za 2,6 posto. Uzrok su nova, stroža pravila po pitanju emisije ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) za novoproducedena automobila i laka gospodarska vozila od maksimalnih 95 g/km, pa će Europska komisija kažnjavati proizvođače automobila s po 95 eura po gramu (Europska agencija za okoliš, 2019.). Unatoč tome, nedavno je zabilježen negativan primjer jedne renomirane europske automobilske kompanije koja je lažirala podatke o emisiji štetnih plinova stavljajući time profit iznad opće dobrobiti.

Provodi se obuka vozača za eko vožnju, čime se štedi energija. Korištenje biogoriva stimulira se oslobađanjem od trošarina na motorna goriva. Posebne naknade za vozila naplaćuju se s obzirom na zapremninu motora, vrstu goriva, emisiju CO<sub>2</sub> i starost vozila. Poseban porez na motorna vozila plaća se prilikom prve registracije, dok su kupci električnih vozila oslobođeni tog poreza. Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost uveo je subvencije za kupnju vozila na alternativni pogon, osigurane iz nepovratnih sredstava. Sustavno se radi na promicanju integriranih i inteligentnih transportnih sustava, što uključuje optimizaciju prijevoza robe, integrirani prijevoz građana, korištenje shema za dijeljenje osobnih vozila, promicanje uporabe javnih bicikala i slično (MZOE, 2019).

U industriji je donesena uredba o smanjenju sadržaja hlapivih organskih spojeva u sektoru uporabe otapala, što smanjuje emisiju CO<sub>2</sub>. Zabranjeno je ispuštanje kontroliranih tvari i fluoriranih stakleničkih plinova u zrak za vrijeme obavljanja aktivnosti prikupljanja, provjere propuštanja i održavanja ili servisiranja uređaja i opreme (MZOE, 2019).

U sektoru gospodarenja otpadom se kroz edukaciju građana i podizanje ekološke svijesti u društvu nastoji smanjiti gomilanje krutog otpada, a propisima i mjerama se potiče razvrstavanje otpada iz kućanstava, metal, staklo, papir i plastika, te recikliranje. Na odlagalištima otpada ugrađuju se sustavi skupljanja plina (pretežito metan) koji nastaje prirodnim procesima razgradnje biološkog otpada. Taj plin se može koristiti kao gorivo ili se može spaljivati na baklji (MZOE, 2019).

U poljoprivredi se osim prethodno navedenih mjera o poboljšanju stočne ishrane, donose i propisi o upravljanju životinjskim otpadom. Potiče se izgradnja postrojenja, elektrana pogonjenih bioplinom koji je nusprodukt pri odlaganju životinjskog otpada. Potiče se korištenje mineralnih gnojiva koja otpuštaju manje nitrita i nitrata. U sektoru korištenja zemljišta potiče se pošumljavanje (MZOE, 2019).

Osim izravnih mjera za smanjenje emisije stakleničkih plinova (dekarbonizacija), mjere iz ostalih dimenzija Energetske unije (energetska sigurnost, unutarnje energetske tržište, energetska učinkovitost, istraživanje inovacije i konkurentnost), imaju povoljan utjecaj na smanjenje štetnih emisija (MZOE, 2019).

Cilj diplomskog rada je prikazati utjecaj korištenja alternativnih goriva u prometu i OIE na razvoj niskougljičnog energetskeg sustava Republike Hrvatske koji je planiran kroz Strategiju energetskeg razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu.

U završnom dijelu rada pomoću računalnog programa (EnergyPLAN) izrađeni su vlastiti scenariji za 2030. godinu s naglaskom na sektor transporta, zbog velike količine emisije stakleničkih plinova u tom sektoru.

## **2. PREGLED STANJA ENERGETSKOG SUSTAVA REPUBLIKE HRVATSKE**

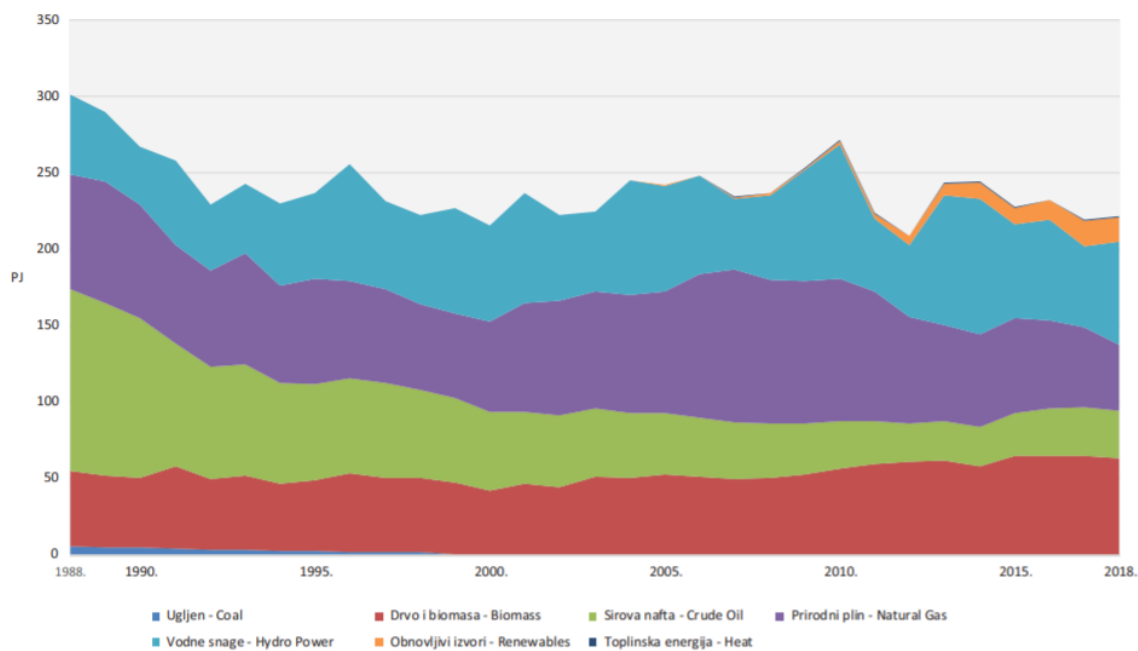
### **2.1. Proizvodnja primarne energije u Hrvatskoj**

Tijekom šestogodišnjeg razdoblja od 2011. do 2016. godine proizvodnja primarne energije u Hrvatskoj povećavala se s prosječnom godišnjom stopom od 0,8 posto. Trend smanjenja ostvaren je u proizvodnji prirodnog plina, dok je proizvodnja ostalih primarnih oblika energije ostvarila trend povećanja. Proizvodnja prirodnog plina smanjivala se s prosječnim godišnjim stopama od 7,5 posto. Najbrže je rasla proizvodnja energije iz obnovljivih izvora gdje je ostvarena godišnja stopa rasta od 34,8 posto, dok je energija iskorištenih vodnih snaga rasla s prosječnom godišnjom stopom od 6,6 posto. Proizvodnja sirove nafte i toplinska energija proizvedene u dizalicama topline ostvarile su trend porasta s prosječnom godišnjom stopom od 2,1 posto. U proizvodnji ogrjevnog drva i ostale krute biomase trend porasta proizvodnje iznosio je 1,7 posto godišnje. Trendove u uvozu energije tijekom razdoblja od 2011. do 2016. godine prikazuje Slika 2-3 [8]. U tom je razdoblju ostvaren trend porasta uvoza energije u Hrvatsku s prosječnom godišnjom stopom od 1,3 posto. U uvozu sirove nafte ostvaren je trend smanjenja s prosječnom godišnjom stopom od 2,4 posto, dok je uvoz električne energije ostao na približno jednakoj razini. U uvozu svih ostalih oblika energije ostvaren je trend porasta pa se tako uvoz drva i biomase povećavao s prosječnom godišnjom stopom od 39,2 posto, uvoz prirodnog plina od 8,1 posto, uvoz naftnih derivata od 4,1 posto i uvoz ugljena i koksa od 1,6 posto godišnje. Energetsko zakonodavstvo i klimatsko zakonodavstvo usklađeni su s pravnom stečevinom Europske unije. Na provedbenoj razini, energetika i klima objedinjene su u jednom ministarstvu – Ministarstvu zaštite okoliša i energetike. Aktualna energetska strategija usvojena je 2009. godine (NN 130/2009), a 2018. godine resorno je ministarstvo pristupilo izradi nove energetske strategije imajući u vidu potrebu za dugoročnim energetskim planiranjem (i nakon 2030. godine), kao i sve stroža ograničenja u pogledu emisija stakleničkih plinova. Po usvajanju Strategije energetskog razvitka, njezini će se ciljevi integrirati u Nacrt Strategije niskougličnog razvoja, čime će se na strateškoj razini integrirati energetska i klimatska politika. U cilju koordinacije politika i mjera za ublažavanje i prilagodbu klimatskim promjenama, Vlada RH je 2014. godine donijela odluku o osnivanju Povjerenstva za međusektorsku koordinaciju za politiku i mjere ublažavanja i prilagodbu

klimatskim promjenama. Povjerenstvo djeluje kroz rad Koordinacijske skupine i Tehničke radne skupine (Energija u Hrvatskoj 2018. Energetski institut Hrvoje Požar [EIHP],2019).

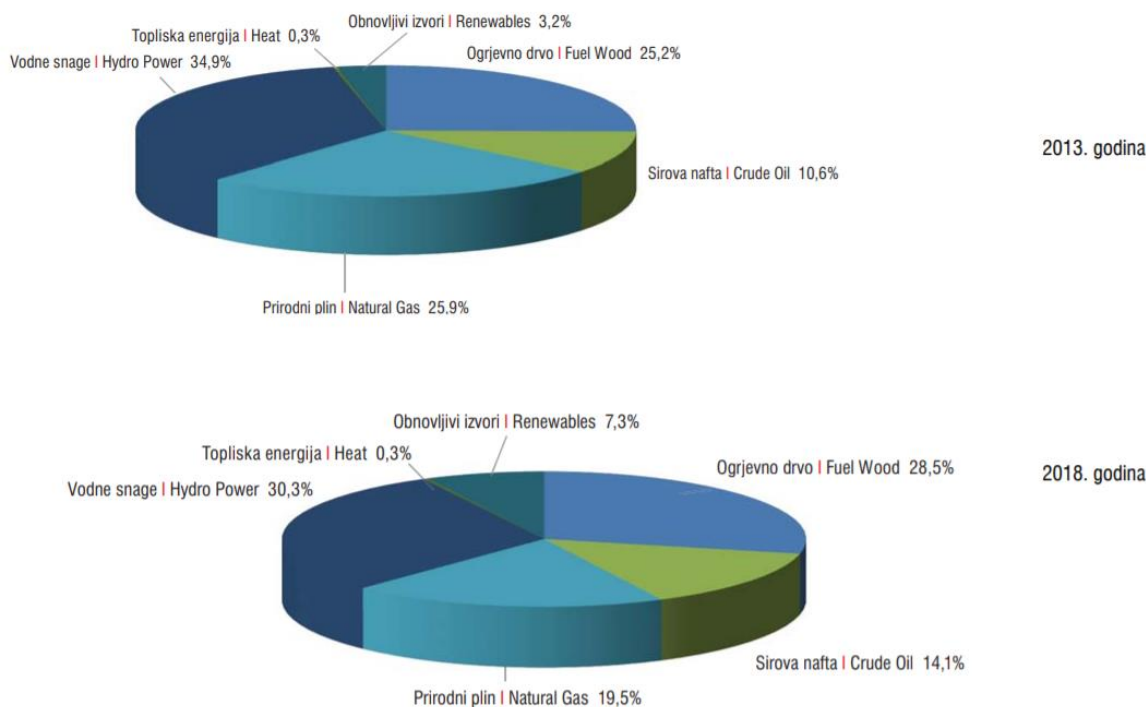
Tablica 2-1. Proizvodnja primarne energije u razdoblju od 2013. do 2018. godine (Energija u Hrvatskoj 2018, EIHP, 2019)

	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2018./17.	2013.-18.
	PJ						%	
Ogrjevno drvo i biomasa Fuel Wood and Biomass	61,45	57,97	64,19	64,15	64,67	63,06	-2,5	0,5
Sirova nafta Crude Oil	25,71	25,38	28,62	31,47	31,79	31,26	-1,7	4,0
Prirodni plin Natural Gas	63,11	60,52	61,61	57,52	51,76	43,07	-16,8	-7,4
Vodne snage Hydro Power	84,92	88,99	61,63	65,63	53,81	66,98	24,5	-4,6
Toplinska energija Heat	0,63	0,52	0,62	0,66	0,67	0,63	-5,4	0,1
Obnovljivi izvori Renewables	7,71	10,58	10,99	12,90	16,10	16,21	0,7	16,0
<b>UKUPNO TOTAL</b>	<b>243,53</b>	<b>243,95</b>	<b>227,65</b>	<b>232,33</b>	<b>218,79</b>	<b>221,21</b>	<b>1,1</b>	<b>-1,9</b>



Slika 2-1. Trendovi u proizvodnji primarne energije od 1988. godine nadalje (Energija u Hrvatskoj 2018, EIHP, 2019)





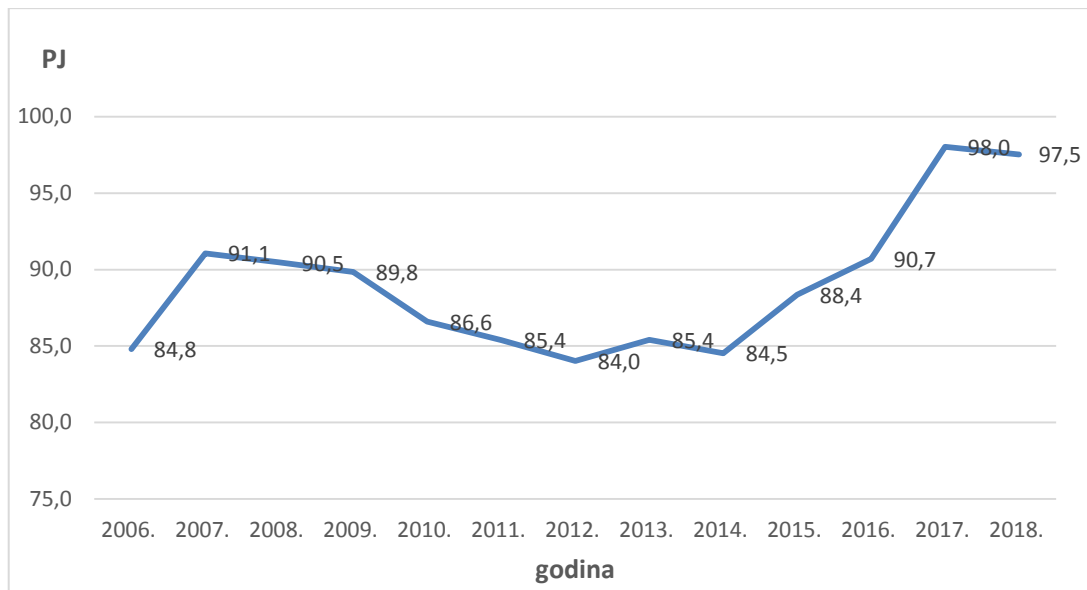
Slika 2-2. Udjeli pojedinih oblika energije u ukupnoj primarnoj proizvodnji u dvije karakteristične godine promatranog razdoblja (Energija u Hrvatskoj 2018, EIHP, 2019)

### 2.3. Potrošnja energije u prometu

Promet kao jedna od sastavnica europskog i hrvatskog energetskeg sektora svojim odvijanjem zauzima znatan dio energetskeg tokova i utječe na okoliš te razvoj gospodarstva i društva. Prometni sustav u zadnjim desetljećima karakterizira izrazita orijentiranost kako na putnički, tako i na teretni cestovni promet, dok najveći dio potrošnje energije u europskom prometnom sektoru čine naftni derivati. Unatoč neprestanim tehnološkim poboljšanjima motora za izgaranje, izgaranjem naftnih derivata oslobađaju se velike količine CO<sub>2</sub> i drugih onečišćujućih tvari (Granić, 2016). Uz to, još uvijek ne postoji učinkovito korištenje novih tehnologija, jače poticanje korištenja biogoriva i prirodnog plina te kvalitetnija organizacija i sinergija svih oblika prometa, kao i mjera države i lokalnih zajednica te financijskih instrumenata u svrhu smanjenja CO<sub>2</sub> i drugih stakleničkih plinova (Bijela knjiga - analize i podloge za izradu Strategije energetskeg razvoja Republike Hrvatske, 2019). Jedan od temeljnih ciljeva za smanjivanje emisije CO<sub>2</sub> u Europskoj uniji je prelazak na čišće i inovativnije oblike prijevoza te povećanje potrošnje energije iz OIE (Europski parlament, 2019).

Sektor prometa intenzivni je potrošač energije u Republici Hrvatskoj na što ukazuje porast udjela prometnog sektora u neposrednoj energetskej potrošnji sa 30,7 % na 34,1 % u razdoblju 2013.-2018.g., pri čemu je taj porast bio veći u odnosu na ostale dvije sastavnice ukupne neposredne potrošnje - industriju koja bilježi rast udjela za 0,9 % i opću potrošnju koja bilježi pad za 4,3 % (sl. 2-1.), (Energija u Hrvatskoj 2018., EIHP 2019)

Ukupna potrošnja energije sektora prometa u Republici Hrvatskoj 2018.g. iznosila je 97,5 PJ što je 96,7 % više u odnosu na 1995.g. s prosječnim godišnjim uvećanjem od 2,9 % (Energija u Hrvatskoj 2018., 2019). U razdoblju 2006.-2018.g. potrošnja energije u prometu imala je promjenjive trendove kao posljedica globalne financijsko-ekonomske krize koja je negativno utjecala na potrošnju energije što je zatim utjecalo na smanjenu potrebu za mobilnošću te time i na manju potrošnju energije. Ističe se razdoblje 2007.-2012.g. tijekom kojeg je zabilježen pad potrošnje energije za 7,7 %, dok je u razdoblju 2013.-2017.g. zabilježen porast potrošnje energije za 14,8 % (Energija u Hrvatskoj 2006.-2018., 2007-2019). U 2017. godini zabilježena je najveća potrošnja u promatranom razdoblju koja je iznosila 98,0 PJ da bi u 2018. godini pala na 97,5 PJ, odnosno 0,5% (Energija u Hrvatskoj 2018, EIHP, 2019) . Trend porasta potrošnje energije u prometu odgovara povećanju potrošnje energije i ostalim zemljama EU u kojima se potrošnja u razdoblju 2016.-2017.g. povećala za 2,5 %. kao posljedica rasta aktivnosti cestovnog prijevoza i niske cijene naftnih proizvoda. Povećanje ujedno predstavlja nastavak trenda budući da je u razdoblju 2014.-2017.g.potrošnja porasla za 7% (Izvešće komisije Europskom parlamentu i vijeću o ocjeni napretka država članica u postizanju ciljeva energetske učinkovitosti do 2020.g., 2019.).



Slika 2-3. Kretanje potrošnje energije u prometu tijekom razdoblja 2006.-2018. godine (Energija u Hrvatskoj 2006.-2018., EIHP 2007.- 2019.)

U strukturi oblika energije utrošenih u prometu tijekom razdoblja 2013.-2018.g. došlo je do povećanja po prosječnoj stopi od 2,7 %. Trend smanjenja ostvaren je u potrošnji tekućih biogoriva po prosječnoj stopi od 3,3 %, odnosno motornog benzina po prosječnoj stopi od 2,9 %. Trend rasta potrošnje po prosječnoj stopi zabilježen je u kategorijama svih ostalih oblika energije, pri čemu je najveći porast zabilježila potrošnja prirodnog plina za 22,3 %, a zatim potrošnja mlaznog goriva, ukapljenog plina, dizelskog goriva i prirodnog plina (Energija u Hrvatskoj 2018, EIHP, 2019).

Tablica 2-2. Neposredna potrošnja energije u prometu po obliku energije u razdoblju 2013.-2018. godine (Energija u Hrvatskoj 2018., EIHP 2019)

	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	Promjena 2018.-2017.	Prosječna stopa 2013.- 2018.
<b>Vrsta goriva</b>	<b>PJ</b>						<b>%</b>	
Tekuća biogoriva	1,33	1,25	1,02	0,04	0,02	1,13	4763,2	-3,3
Ukapljeni plin	2,64	2,83	3,14	3,32	3,32	3,30	-0,4	4,6
Prirodni plin	0,06	0,13	0,14	0,15	0,18	0,18	-0,2	22,3
Motorni benzin	25,20	23,26	23,20	23,29	22,41	21,78	-2,8	-2,9
Mlazno gorivo	5,44	5,46	5,30	5,60	6,61	8,14	23,1	8,4
Dizelsko gorivo	49,74	50,59	54,52	57,22	64,35	61,79	-4,0	4,4
Loživa ulja	0,08	0,02						
Električna energija	1,01	0,99	1,05	1,09	1,16	1,23	5,4	4,0
<b>Ukupno</b>	<b>85,50</b>	<b>84,53</b>	<b>88,37</b>	<b>90,71</b>	<b>98,05</b>	<b>97,55</b>	<b>-0,5</b>	<b>2,7</b>

Ukupna potrošnja energije u prometu u promatranom razdoblju rasla je po prosječnoj stopi od 2,7 % godišnje, pri čemu je u 2018.g. zabilježen porast za 14,1 % u odnosu na 2013.g. U strukturi prema vrsti prometa u razdoblju 2013.- 2018.g. najveće količine energije trošio je cestovni promet uz porast prosječne godišnje stope od 2,3 %. U istom razdoblju zabilježen je trend porasta potrošnje u energije i u ostalim vrstama prometa – zračnom, pomorskom i riječnom, javnom gradskom te ostalom prometu, dok je u željezničkom prometu došlo do pada po prosječnoj stopi od 4 % (Energija u Hrvatskoj 2018., 2019).

U relativnim vrijednostima cestovni promet je 2018.g. bilježio 86,4 % ukupne potrošnje energije u prometnom sektoru Republike Hrvatske, dok ostali oblici prometa bilježe manje

od 15 % ukupne potrošnje među kojima najviši udio zauzima zračni promet s 8,5 % (tab. 2-2.).

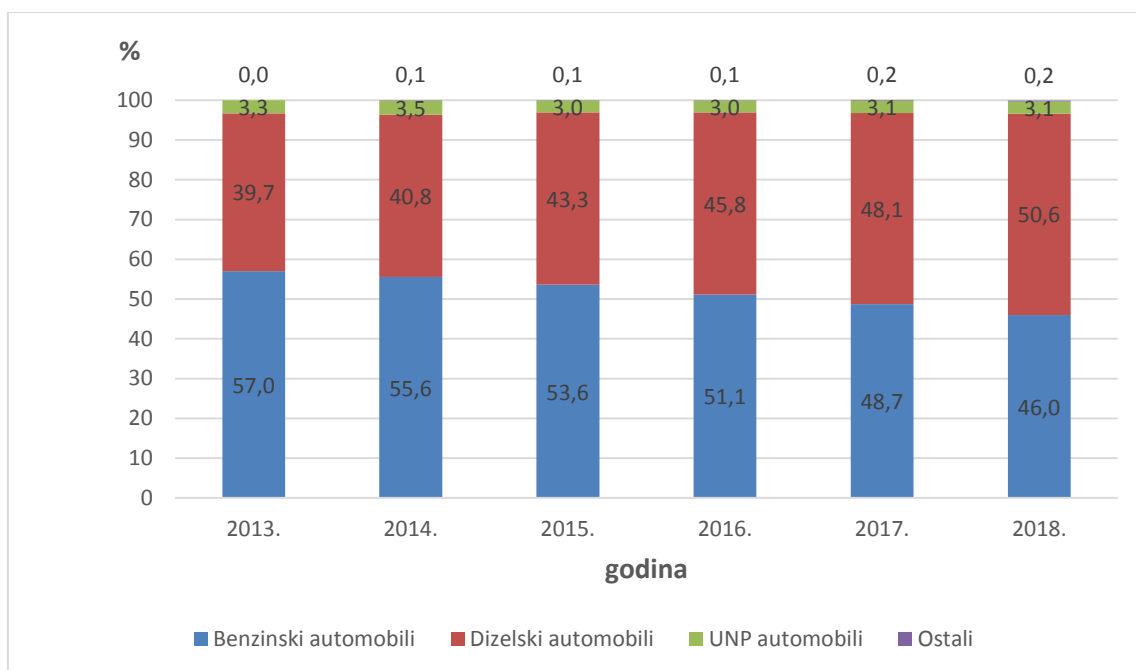
Tablica 2-3. Potrošnja energije u prometu po vrstama prijevoza u razdoblju 2013.-2018. godine (Energija u Hrvatskoj 2018., EIHP 2019)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Udio u ukupnoj potrošnji i 2018.g.	Promjena 2018. - 2017.	Prosječna stopa 2013.-2018.
<b>Vrsta prometa</b>	<b>PJ</b>						<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
Željeznički promet	1,54	1,43	1,3	1,34	1,34	1,26	1,3	-6,6	-4,0
Cestovni promet	75,1	74,1	78,3	80,2	86,3	84,2	86,4	-2,4	2,3
Zračni promet	5,55	5,56	5,4	5,71	6,75	8,29	8,5	22,9	8,4
Pomorski i riječni promet	1,79	1,93	1,84	1,87	1,98	2,1	2,2	6,1	3,2
Javni gradski prijevoz	1,36	1,35	1,35	1,41	1,46	1,45	1,5	-1,0	1,3
Ostali promet	0,09	0,09	0,11	0,12	0,14	0,16	0,2	11,6	11,5
<b>Ukupno</b>	<b>85,5</b>	<b>84,5</b>	<b>88,3</b>	<b>90,7</b>	<b>98,0</b>	<b>97,5</b>	<b>100</b>	<b>-0,5</b>	<b>2,7</b>

Orijentacija hrvatskog prometnog sektora na cestovni promet povećava ranjivost hrvatskog gospodarstva naftnom i energetsom šoku (Čavrak i Smojver, 2005). Iako je potrošnja energije u sektoru prometa u recentnom razdoblju povećana, karakterizira ga smanjena

energetska učinkovitost povezana sa nedostatnom optimizacijom strukture transportnih oblika, smanjenom iskorištavanju kapaciteta prijevoznih sredstava te još uvijek neučinkovitim korištenju motornih vozila i odgovarajućih režima vožnje (Energija u Hrvatskoj 2018., EIHP 2019).

U razdoblju 2013.-2018.g. ostvareno je povećanje broja osobnih vozila za 14,2 %, dok je najveći porast zabilježen u 2018.g. u odnosu na prethodnu godinu i to za 4,1 % (Energija u Hrvatskoj 2018., 2019). Iako povećanje broja vozila ukazuje na dinamičan rast cestovnog prometa, bitno je napomenuti kako je udio vozila koja pokreću alternativna goriva još uvijek mali i iznosi oko 3 % (Integrirani nacionalni energetska i klimatski plan za Republiku Hrvatsku za razdoblje od 2021.-2030.,2019). U strukturi ukupnog broja osobnih vozila prema vrsti pogonskog goriva, udio benzinskih automobila smanjio se s 57,0 % u 2013.g. na 46,0 % u 2018.g., dok je u istom razdoblju udio dizelskih automobila porastao s 39,7 % na 50,6 % (Energija u Hrvatskoj 2018., 2019). Porast udjela je zabilježen i kod ostalih vozila, dok se udio vozila s pogonom na ukapljeni naftni plin smanjio s 3,3 % u 2013.g. na 3,1 % u 2018.g. (sl. 2-2.). Trend porasta dizelskih automobila u Republici Hrvatskoj u suprotnosti je s tendencijama u Europskoj uniji što je povezano s tržištem uvoza rabljenih dizelskih vozila (HAK revija, 2019).



Slika 2-4. Struktura kretanja udjela osobnih vozila prema vrsti pogonskog goriva u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2013.-2018.g. (Energija u Hrvatskoj 2018., EIHP 2019)

Niskouglična strategija razvoja Republike Hrvatske do 2030.g., s pogledom na 2050.g. kao temeljni strateško planski dokument definirala je ciljeve, prioritete i mjere kojima će se obveze smanjenja emisija stakleničkih plinova i povećanja energetske učinkovitosti prenijeti u sektor prometa te drugih sektora gospodarstva i društva. Strategija ovime postaje temeljni strateški dokument u ublažavanju klimatskih promjena i postizanju ciljeva europskih direktiva i sporazuma, pri čemu su prioritetne se u sektoru prometa ističu ciljevi implementacije električnih vozila i alternativnih vrsta goriva (Tomšić i dr., 2017).

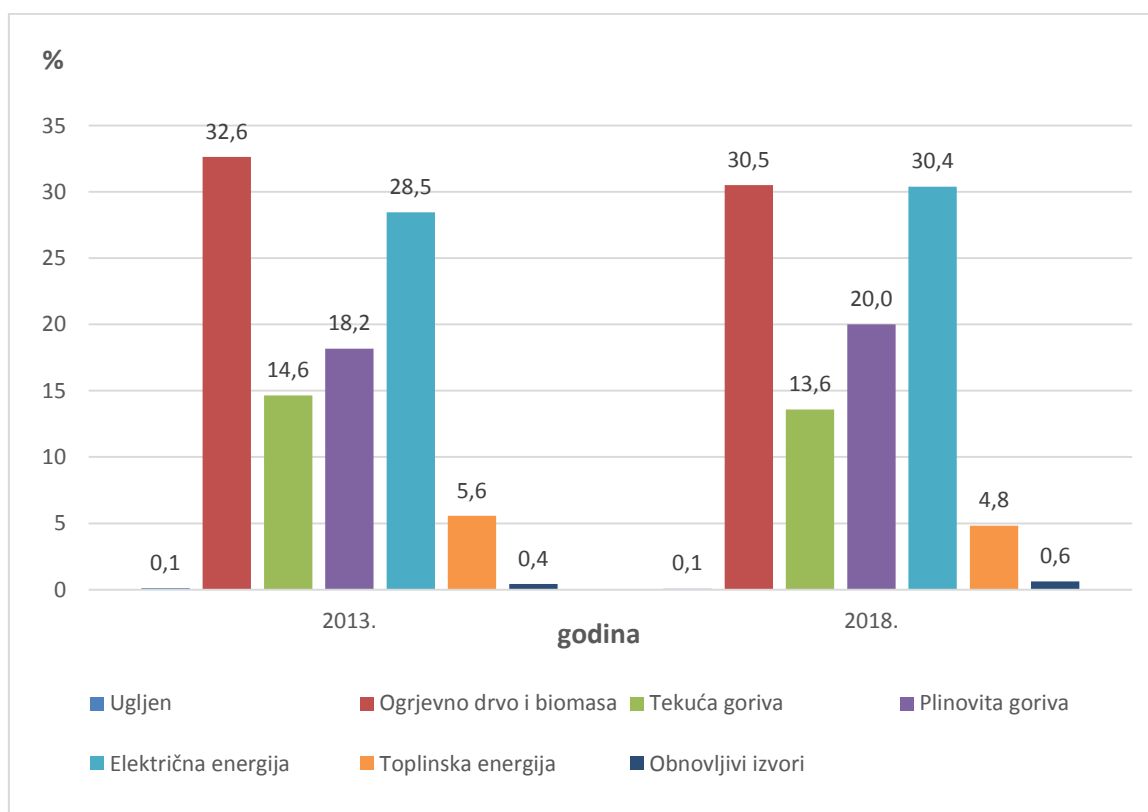
Krajem 2016.g. donesen je Zakon o uspostavi infrastrukture na alternativna goriva (NN 120/16) čime je Republika Hrvatska u pravni poredak prenijela odredbe Direktive 2014/94/EU Europskog parlamenta i Vijeća o uspostavi iste u onom dijelu koji se pojedinačno odnosi na državu članicu. U svrhu ispunjenja tog cilja Zakon je detaljnije propisao donošenje *Nacionalnog okvira za uspostavu infrastrukture za alternativna goriva Republike Hrvatske* kojim su definirane mjere i minimalni ciljevi za razvoj alternativnih goriva koje uključuju izgradnju infrastrukture, tehničke specifikacije za mjesta punjenja i opskrbu, mjesta za punjenje, informiranje korisnika te mjere za postizanje nacionalnih ciljeva. U svrhu postizanja dekarbonizacije prometnog sektora *Integrirani nacionalni energetski i klimatski plan za Republiku Hrvatsku za razdoblje od 2021.-2030.* definirao je niz mjera koje će se provoditi u tom razdoblju, sukladno važećim propisima. One uključuju informiranje potrošača o ekonomičnosti potrošnje goriva i emisiji CO<sub>2</sub> novih osobnih automobila, obuku vozača cestovnih vozila za eko vožnju, obvezu korištenja biogoriva u prometu, posebnu naknadu za okoliš za vozila na motorni pogon, posebni porez na motorna vozila, financijske poticaje za energetske učinkovita vozila, razvoj infrastrukture za alternativna goriva, promicanje integriranih i inteligentnih transportnih sustava i alternativnih goriva u urbanim područjima, promicanje čistih i energetske učinkovitih vozila u javnom cestovnom prometu, poticanje integriranog teretnog prometa te praćenje izvještavanje i verifikaciju emisija stakleničkih plinova u životnom vijeku tekućih goriva (Integrirani nacionalni energetski i klimatski plan za Republiku Hrvatsku za razdoblje od 2021.-2030., 2019). Sukladno tome, u narednom razdoblju očekuje se zamjena za izvore fosilnih goriva u opskrbi prometa energijom koji imaju potencijal dekarbonizacije te poboljšanje energetske učinkovitosti prometnog sektora, a to su: električna energija, vodik, tekuća i plinovita biogoriva proizvedena iz biomase, sintetička i parafinska goriva, prirodni

plin te plinoviti i ukapljeni bioplin te UNP (Bijela knjiga - analize i podloge za izradu Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske, 2019).

#### 2.4. Potrošnja energije u općoj potrošnji

Potrošnja energije u općoj potrošnji obuhvaća potrošnju u kućanstvima, uslužnom sektoru, poljoprivredi i građevinarstvu. Cjelokupni sektor opće potrošnje u ukupnoj neposrednoj potrošnji energije u Republici Hrvatskoj sudjelovao je u 2018. g s 50,3 % što je smanjenje udjela s 54,6 % u 2013.g., dok se potrošnja 2018.g. u odnosu na istu godinu povećala u preostalim sastavnicama neposredne potrošnje – prometu za 3,4 % i industriji za 0,9 % (sl. 2-3.).

Prema energetske bilanci prema vrsti goriva za opću potrošnju u 2018.g., najviši udio u potrošnji zauzimalo je ogrjevno drvo i biomasa s 30,5 %, zatim električna energija s 30,4 %, plinovita goriva s 20,0 % te tekuća goriva s 13,6 % (Energija u Hrvatskoj 2018., 2019). Obnovljivi izvori energije zauzimali su tek 0,6 % u energetske bilanci sektora opće potrošnje. Ipak, u usporedbi s 2013.g. to je porast udjela u ukupnoj potrošnji za 0,2 % u 2018.g, a značajan porast udjela zabilježen je kod električne energije za 1,9 % i plinovitih goriva za 1,8 % (sl. 2-3.).





Slika 2-5. Kretanje udjela prema vrsti energenata u ukupnoj općoj potrošnji energije u Republici Hrvatskoj u 2013. i 2018.g. (Energija u Hrvatskoj 2018., EIHP 2019)

Prosječna stopa promjene oblika energije utrošenih u općoj potrošnji za iste energente u razdoblju 2013.-2018.g. ukazuje na smanjenje potrošnje po prosječnoj stopi od 0,5 %. Najviši trend smanjenja po prosječnoj stopi od ostvaren je u potrošnji ugljena za 13,9 % te toplinske energije za 3,3 %, tekućih goriva za 2,0 % te ogrjevnog drva i biomase za 1,9 %. Trend rasta potrošnje po prosječnoj stopi zabilježen je u potrošnji OIE za 7,4 % uz prosječnu potrošnju od 0,80 PJ, plinovitih goriva za 1,4 % uz prosječnu potrošnju od 27,3 PJ i električne energije za 0,8 % uz prosječnu potrošnju od 42,3 PJ (tab. 2-3.).

Tablica 2-4. Neposredna potrošnja energije u općoj potrošnji po obliku energije u razdoblju 2013.-2018.g. (Energija u Hrvatskoj 2018., EIHP 2019)

	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	Prosjek 2013.- 2018.	Promjena 2018.- 2017.	Prosječna stopa 2013.-2018.
<b>Vrsta goriva</b>	<b>PJ</b>							<b>%</b>	
Ugljen	0,18	0,11	0,09	0,10	0,12	0,09	0,12	-31,4	-13,9
Ogrjevno drvo i biomasa	48,27	42,88	48,84	47,50	46,02	43,97	46,25	-4,5	-1,9
Tekuća goriva	21,66	19,80	20,82	20,51	20,19	19,58	20,43	-3,0	-2,0
Plinovita goriva	26,87	24,45	26,52	28,06	28,92	28,84	27,28	-0,3	1,4
Električna energija	42,11	40,76	42,01	41,87	43,55	43,81	42,35	0,6	0,8
Toplinska energija	8,23	6,85	7,20	7,43	7,34	6,94	7,33	-5,4	-3,3
Obnovljivi izvori	0,63	0,71	0,81	0,86	0,88	0,90	0,80	2,3	7,4
<b>Ukupno</b>	<b>147,95</b>	<b>135,56</b>	<b>146,29</b>	<b>146,33</b>	<b>147,02</b>	<b>144,13</b>	<b>144,55</b>	<b>-2,0</b>	<b>-0,5</b>

Ukupna potrošnja energije u općoj potrošnji prema vrsti podsektora u promatranom razdoblju padala je po prosječnoj stopi od 0,5 % godišnje, pri čemu je u 2018.g. zabilježen ukupan pad za 2,6 % u odnosu na 2013.g. U strukturi potrošnje energije prema vrsti podsektora u općoj potrošnji za razdoblje 2013.- 2018.g. najveće količine energije trošila su kućanstva (prosječno 99,5 PJ) uz pad prosječne godišnje stope od 1,6 % (tab. 2-4.).

Tablica 2-5. Potrošnja energije u podsektorima opće potrošnje u Republici Hrvatskoj u razdoblju 2013.-2018.g. (Energija u Hrvatskoj 2013.-2018., EIHP 2014.-2019.)

Godina	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	Prosjek 2013.- 2018.	Promjena 2018. - 2017.	Prosječna stopa 2013.-2018.
<b>Podsektor opće potrošnje</b>	<b>PJ</b>							<b>%</b>	
Kućanstva	104,28	93,63	101,68	100,85	100,15	96,23	99,47	-3,9	-1,6
Uslužni sektor	29,6	28,06	30,8	31,65	33,22	33,73	31,18	1,6	2,7
Poljoprivreda	9,47	9,70	9,64	9,78	9,65	9,84	9,68	1,9	0,8
Građevinarstvo	4,60	4,16	4,16	4,05	4,00	4,32	4,22	7,9	-1,3
<b>Ukupno</b>	<b>147,95</b>	<b>135,56</b>	<b>146,29</b>	<b>146,33</b>	<b>147,02</b>	<b>144,12</b>	<b>144,55</b>	<b>-2,0</b>	<b>-0,5</b>

Utjecaj na potrošnju energije u kućanstvima imaju društveni, gospodarski i tehnološki razvoj, dostupnost energetske infrastrukture i prirodnih resursa, standard stanovanja i ekonomske mogućnosti kućanstava. Poseban izazov, u narednom razdoblju bit će razlika u troškovima i ukupnim prihodima u kućanstvima, odnosno energetske siromašnim kućanstvima, u pojedinim dijelovima Republike Hrvatske u kojima prevladava različita struktura korištenja energenata za ostvarivanje temeljnih energetske potreba, odnosno veća izdvajanja za ostvarivanje temeljenih energetske potreba (Bijela knjiga - analize i podloge za izradu Strategije energetske razvoja Republike Hrvatske, 2019).

Pad potrošnje zabilježen je u razdoblju 2013.-2018.g. i u sektoru građevinarstva po prosječnoj godišnjoj stopi od 1,3 % (Energija u Hrvatskoj 2018.,2019). Sektor

građevinarstva već doživljava utjecaj tranzicije energetskog sektora prema niskougljičnom razvoju i povećanju energetske učinkovitosti kroz energetske obnovu zgrada i primjenu novih standarda građenja što predstavlja veliki financijski, organizacijski i kadrovski izazov u narednom razdoblju (Bijela knjiga - analize i podloge za izradu Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske, 2019).

U razdoblju 2013.-2018.g. zabilježen je trend porasta potrošnje energije u sektoru usluga po prosječnoj godišnjoj stopi od 2,7 % (tab. 2-4.). U uslužnom sektoru koji u recentnom razdoblju bilježi konstantan porast potrošnje energije prisutno je povećanje energetske učinkovitosti, kapaciteta, potrošnje grijanja i hlađenja te električnih trošila (Granić, 2012). Najznačajniji faktor u komercijalnim uslugama je turizam, odnosno objekti u privatnom vlasništvu (hoteli, trgovački centri, itd.), dok u javnom sektoru to čine objekti u vlasništvu javnih vlasti (škole, vrtići, bolnice, itd.) (Knez, 2014). Međutim, ove dvije vrste usluga zahtijevaju različit pristup u identifikaciji potrošača i iniciranja željenog učinka u aktivnosti energetske učinkovitosti. U komercijalnim uslugama inicijatori za provođenje različitih mjera energetske učinkovitosti su zainteresirani vlasnici objekata, dok kod javnog sektora pristup osigurava jedinice državne, regionalne i lokalne samouprave (Granić, 2012). U tom pogledu očekuje daljnje porast potrošnje energije kod svih inicijatora s obzirom na dokazane energetske i ekonomske rezultate u energetskom i gospodarskom razvoju Hrvatske što nalaže kvalitetnije upravljanje troškovima energije u svrhu postizanja veće energetske učinkovitosti te prijelaz na one oblike energije koji će doprinijeti dekarbonizaciji (Granić, 2012).

Poljoprivredni sektor ima vrlo važnu ulogu u postizanju dekarbonizacije prije svega kroz vlastite emisije te u kontekstu doprinosa korištenja obnovljivih izvora energije. U razdoblju 2013.-2018.g. zabilježen je trend porasta potrošnje energije po prosječnoj godišnjoj stopi od 0,8 % (Energija u Hrvatskoj 2018., 2019) (tab. 2-3.). Iako zauzima manji dio potrošnje energije u Republici Hrvatskoj ima važnu ulogu u postizanju dekarbonizacije. Najveći doprinos dekarbonizaciji poljoprivreda može ostvariti kroz izbjegavanje korištenja naftnih proizvoda i derivata, smanjivanje emisija iz stočarstva te prikupljanje CO<sub>2</sub> iz atmosfere kroz sadnju biljaka. Sve veći broj inovacija u iskorištavanju biomase tj. proizvodnjom zamjenskih proizvoda poput biokemikalija, bioplastike, bioplina, biometana, peleta i organskog gnojiva aktivno doprinosi apsorpciji ugljika iz atmosfere. Uz to, energetske potrebe na poljoprivrednim gospodarstvima očituju se kroz korištenje električne energije za pokretanje i rad strojeva, grijanje, hlađenje i gorivo što otvara mogućnost da se

postojeće energetske potrebe zadovoljavaju na način koji omogućuje manju potrošnju energije (Bačan, 2019).

Budući da potrebe o energiji u najvećoj mjeri ovise o strukturi i razvoju dviju sastavnica društva – demografiji i gospodarstvu, trendovi i očekivanja u pogledu budućnosti ukazuju na promjene u načinu stanovanja i života čime se izravno utječe na buduće potrebe za energijom prema količini i vrsti. U skladu s tim, očekuje se smanjenje ukupne potrošnje energije, povećanje korištenja OIE, najprije kroz proces prelaska s fosilnih goriva u druge oblike energije, a zatim prema električnoj energiji koja se proizvodi iz OIE i drugih oblika niskougljičnih opcija (Bijela knjiga - analize i podloge za izradu Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske, 2019).

### **3. RAZVOJ NISKOUGLJIČNOG GOSPODARSTVA**

#### **3.1. Strategija niskougljičnog energetskeg sektora RH kroz pet ključnih dimenzija**

##### **3.1.1. Energetska sigurnost**

Energetska sigurnost se odnosi na sljedeće sektore: elektroenergetski, centralizirani toplinski sustavi, plin te nafta i naftni derivati. Kako bi se povećala energetska sigurnost provodi se integrirano planiranje sigurnosti opskrbe za sve energente i energetske sustave. Integrirano planiranje provodi se na lokalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini i potrebno ga je uskladiti s planiranjem za alternativna goriva. Određene su mjere u vidu izgradnje i korištenja spremnika energije (izgradnja reverzibilnih elektrana, razvoj spremnika topline, razvoj baterijskih spremnika, uvođenje punionica za električna vozila). Jedna od mjera je i unaprijeđenje sustava vođenja elektroenergetskog sustava što podrazumijeva automatizaciju sustava vođenja i poboljšanje koordinacije s ostalim operatorima prijenosnih sustava u regiji. Kod centraliziranih toplinskih sustava mjere se odnose na povećanje učinkovitosti postrojenja za proizvodnju toplinske energije i poboljšanje postojeće infrastrukture boljim izolacijskim materijalima. U opskrbi plinom, projekt od najvećeg značaja, je svakako izgradnja plutajućeg terminala za uplinjavanje UPP-a u Omišlju (planirana izgradnja plutajućeg terminala u prvoj fazi, a zatim ovisno o potrebama tržišta, u drugoj fazi i kopnenog terminala), kapaciteta 2,6 milijardi kubičnih metara godišnje. U značajnije projekte ubraja se i izgradnja još jednog plinskog skladišta u Grubišnom Polju (u funkciji je jedno skladište plina u RH, PSP Okoli). Posljedica uvođenja alternativnih goriva u cestovni, željeznički i brodski promet bit će smanjenje potrošnje naftnih derivata, ali do 2030.g. naftni derivati će još uvijek biti najzastupljenije gorivo u prometu. U skladu s tim potrebne mjere provode se kako bi opskrba naftom i derivatima nafte tekla nesmetano, također potrebno je osigurati zakonski propisan kapacitet skladišta (MZOE, 2019).

##### **3.1.2. Unutarnje energetske tržište**

Politike i mjere za razvoj unutarnjeg energetskeg tržišta donesene su za razvoj prijenosne elektroenergetske mreže i za razvoj plinskog transportnog sustava. Oba sektora su usko povezana s dimenzijama dekarbonizacije (OIE), energetske učinkovitosti i energetske sigurnosti (MZOE, 2019).

Hrvatski operator prijenosnog sustava (HOPS) nadležan je za upravljanje, pogon i vođenje, održavanje, razvoj i izgradnju prijenosne elektroenergetske mreže. Planiranje razvoja prijenosne mreže HOPS izrađuje za periode od deset, tri i jedne godine, a Hrvatska energetska regulatorna agencija (HERA) daje suglasnost za izradu pojedinih planova. Iznos sredstava za provedbu desetgodišnjeg plana je 8 milijardi kuna (MZOE, 2019).

Plinacro d.o.o. je operator plinskog transportnog sustava u RH i zadužen je za izradu desetgodišnjeg plana razvoja plinskog transportnog sustava kojeg mora odobriti HERA. Iznos od 8 milijardi kuna potreban je za provedbu plana. (MZOE, 2019).

### 3.1.3. Energetska učinkovitost

Svrha mjera za povećanje energetske učinkovitosti je smanjenje neposredne potrošnje energije. Predviđeno je smanjenje od 10,76 PJ u 2030.g. u odnosu na projekcije neposredne potrošnje za scenarij s postojećim mjerama. Zakon o energetske učinkovitosti odnosi se na opskrbljivače energijom i na snazi je od 2019.g., a obuhvaća opskrbljivače koji su na tržište isporučili više od 300 GWh energije u 2017.g. Taj granični iznos isporučene energije će se smanjivati, pa će se tako od 2021.g. iznositi 50 GWh isporučene energije. Predviđene mjere opskrbljivači mogu ispuniti na tri načina: ulaganjem u poboljšanje energetske učinkovitosti, kupnjom uštede, te uplatom u Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. (MZOE, 2019).

### 3.1.4. Dekarbonizacija

Pariškim sporazumom određeno je smanjenje emisije stakleničkih plinova za 40% do 2030.g. u odnosu na emisije iz 1990.g. Hrvatska je ratificirala Pariški sporazum u svibnju 2017.g. pa se nacionalni ciljevi u energetske sektoru, kao i u ostatku EU-a, temelje na održivom razvoju i niskougljičnom gospodarstvu. Smanjenje emisije stakleničkih plinova zadano je za RH po sektorima: za ETS sektor smanjenje iznosi 43 % u odnosu na količinu iz 2005.g., a za ne-ETS sektor 7 % u odnosu na količinu iz 2005.g. To mora biti ostvareno do 2030 .g. Za ne-ETS sektore vrijedi zajednički cilj za EU sa smanjenjem od 30 % u odnosu na količinu iz 2005.g., ali za svaku državu članicu je određen drugačiji iznos

potrebnog smanjenja ovisno o razini emisije. Europska komisija je obvezala sve članice na izradu Nacionalnog računskog plana za šumarstvo, koji je RH izradila i predala 2018.g., a koji izražava referentnu razinu za šume. (MZOE, 2019).

Planirana je izgradnja tri velike akumulacijske hidroelektrane (trenutno je u funkciji devet akumulacijskih hidroelektrana ukupne snage 1509 MW), te nekoliko hidroelektrana manje snage, u sljedećem desetljeću. Potencijal za eksploataciju geotermalne vode se razlikuje s obzirom na geografski položaj. Dinaridi i Jadran nemaju značajan potencijal, dok Panonski bazen ima potencijal zbog visokog geotermalnog gradijenta koji iznosi 0,049 C/m. Jedina geotermalna elektrana u Hrvatskoj nalazi se u Cigleni pokraj Bjelovara, snage 16,5 MW. Utisna i proizvodna bušotina dosežu dubinu od 2800 m, a geotermalna voda na površinu dolazi pri temperaturi od 166 C. Ove dvije bušotine izrađene su sedamdesetih godina 20. stoljeća, ali u svrhu istraživanja ugljikovodika koji nisu pronađeni. Geotermalne elektrane ne ovise o vremenskim prilikama kao solarne (dan-noć) ili vjetroelektrane (brzina vjetra), već mogu proizvoditi električnu energiju konstantno. Geotermalna voda može se dobivati iz napuštenih naftnih i plinskih polja koja su pogodna za to, a osim za proizvodnju električne energije može se iskorištavati i za toplinarstvo. Do 2030.g. očekuje se izgradnja više postrojenja na geotermalnu energiju ukupne snage 200 MW. (MZOE, 2019).

### 3.1.5. Istraživanje, inovacije i konkurentnost

Izravni utjecaj na prethodne četiri dimenzije ima visina ulaganja u istraživanje, razvoj i inovacije, jer su nove tehnologije ključne za ostvarenje ciljeva niskougljičnog gospodarstva. Prema tome država konstanto povećava ulaganja kako bi osigurala konkurentnost na tržištu. (MZOE, 2019).

## 3.2. Korištenje obnovljivih izvora energije

U studenom 2016. godine Europska komisija je predstavila paket propisa za Čistu energiju i prijedlog za izmjene u postojećoj Direktivi o promoviranju korištenja OIE iz 2014.g. sa zadanim ciljem od 27 % udjela OIE u finalnoj potrošnji energije do 2030.g. Međutim ciljevi za svaku zemlju članicu variraju od 10 % (Malta) do 49 % Švedska. Cilj od 20 % OIE u ukupnoj potrošnji mora se ostvariti do 2020.g. na nivou cijele EU. Za postizanje ovih ciljeva zemlje članice EU moraju implementirati nacionalne planove za OIE.

Napredak se nadzire, a izvješće se donosi svake dvije godine. Po zadnjem izvješću iz 2015.g. većina zemalja članica EU je na pravom putu ka ostvarenju ciljeva za 2020.g., a ove zemlje su već ostvarile zadane ciljeve za 2020.g: Bugarska, Hrvatska, Češka, Danska, Estonija, Finska, Italija, Mađarska, Litva, Rumunjska i Švedska. Direktiva za OIE nalaže i povećanje OIE u sektoru transporta na 10 % do 2020.g. U 2015.g. Direktiva za OIE i Direktiva za kvalitetu goriva su proširene kako bi se prepoznao negativan utjecaj pri dobivanju biogoriva, gdje se prenamjenom neobrađenih zemljišta za sadnju kultura pogodnih za proizvodnju biogoriva može povećati emisija CO<sub>2</sub>, pa se stoga ne preporuča širenje površina za biogoriva. Prijedlog Europske komisije kao dodatak Direktivi za OIE će donijeti neke promjene. Udio OIE 27 % u finalnoj potrošnji energije do 2030.g. zadan je na nivou EU kao minimum, a u isto vrijeme zemlje koje zadovolje zadane ciljeve i prije zadanog roka trebaju nastaviti promovirati uporabu OIE i težiti dodatnom povećanju udjela OIE. U Direktivi su sadržane financijske konstrukcije za subvenciju OIE u proizvodnji električne energije. U sektoru grijanja i hlađenja stambenih i poslovnih objekata potrošnja energije ima 50 %-tni udio u ukupnoj potražnji energije u Europi. Svaka zemlja članica ovim izmjenama Direktive obvezuje se na povećanje udjela OIE u ovom sektoru za jedan posto svake godine. Podaci o količini isporučene energije za grijanje i hlađenje moraju biti dostupni na razini svake države članice. Uporaba poznatih tehnologija i razvoj novih tehnologija za korištenje OIE je prioritet u energetske sektoru EU-a. Jedan od ciljeva Energetske unije je vodeća uloga EU-a za razvoj OIE u globalnim razmjerima. U EU najzastupljeniji oblici OIE su drvo i ostala biomasa, vodne snage, biogoriva, vjetar i solarna energija. Za postizanje ciljeva niskougljičnog konkurentnog energetske sustava Energetske unije, osim što uzrokuju zanemarivu emisiju stakleničkih plinova, OIE važni su zbog smanjenja ovisnosti EU-a o uvozu energije. Industrija OIE energije danas zapošljava više od milijun ljudi u EU (Directorate-general for internal policies, policy department economic and scientific policy, European Parliament, 2017).

Obnovljivi izvori energije na različite načine utječu na energetske sustav, na šire gospodarstvo i društvo. Njihov utjecaj može se svrstati u različite razine, tj. razinu energetske sustava, makrorazinu i mikrorazinu. (Directorate-general for internal policies, policy department economic and scientific policy, European Parliament, 2017).

Obnovljivi izvori energije odražavaju se na energetske sustav tako što utječu na troškove proizvodnje električne i toplinske energije, kao i na troškove transportnog sektora. Štoviše,



OIE dovode do promjena u utjecaju energetskog sustava na okoliš (smanjenjem emisija stakleničkih plinova kao i drugih onečišćujućih tvari u zraku, ali i promjenom obrasca korištenja zemljišta) te utječu na sigurnost opskrbe (smanjenjem ovisnosti o uvozu fosilnih goriva, a u isto vrijeme povećavaju fleksibilnost u sektoru električne energije), (Directorate-general for internal policies, policy department economic and scientific policy, European Parliament, 2017).

Na razini energetskog sustava mogu se koristiti sljedeći pokazatelji:

- Troškovi energetskog sustava: ti troškovi sustava uključuju troškove ulaganja, održavanja i rada svih tehnologija koje proizvode, opskrbljuju i prenose energiju i smanjuju potrošnju energije. Neki modeli energetskog sustava umjesto toga procjenjuju troškove smanjenja ili zamjene. Oni predstavljaju dodatnu energiju sistemskih troškova potrebnih za postizanje određenog cilja smanjenja stakleničkih plinova. Oni se izračunavaju kao razlika između referentne situacije i situacije s velikim udjelom OIE, smanjenjem emisija stakleničkih plinova itd.
- Izbjegnute emisije: izbjegnute emisije stakleničkih plinova i drugih onečišćujućih tvari u zraku izražene su u količini ili novčanim jedinicama. Izbjegavanje stakleničkih plinova glavni je pokretač svih napora politike i samim tim glavni kriterij odluke / odlučujući faktor.
- Smanjeni uvoz fosilnih goriva: izbjegnuti uvoz fosilnih goriva izvan EU izražava se u količini ili u novčanim jedinicama.
- Adekvatnost sustava: ovaj je kriterij mjera za procjenu utjecaja obnovljivih izvora na kratkoročnu sigurnost opskrbe u elektroenergetskom sektoru. Odnosi se na sposobnost elektroenergetskog sustava da podnese ukupnu potražnju svih potrošača gotovo u svakom trenutku (Directorate-general for internal policies, policy department economic and scientific policy, European Parliament, 2017).

- Makro razina

OIE utječu na gospodarstvo i društvo u cjelini, tj. Imaju utjecaj na makro razini. Ovo uključuje pozitivne i negativne učinke na dobrobit i blagostanje u određenoj zemlji ili regiji. Osim ekonomskih utjecaja, upotreba OIE ima i socio-okolišne aspekte, poput zdravstvenih učinaka zbog smanjenih emisija i zagađenja. Kriteriji za ocjenu na makro razini su sljedeći:

- BDP (bruto domaći utjecaj): pokazuje koliko zemlja „zarađuje“ ili „gubi“ ako se koristi više ili manje obnovljivih izvora energije.
- Neto zaposlenost: utjecaj na čitavo gospodarstvo, na broj radnih mjesta zbog povećanja korištenja OIE (dok bruto zaposlenost zanemaruje promjene u poslovima „izvan“ sektora energije / OIE). Učinci na zaposlenje mogu se dati ili kao kumulativni dodatni poslovi tijekom ukupnog razdoblja ili kao broj radnih mjesta u godini koja je razmatrana.
- Zdravstveni učinci: često izraženi u novčanim vrijednostima, tj. izbjegavani zdravstveni izdaci. Koristi se kao proxy za dobrobit.
- Izbjegnute emisije: procjena na makro razini može uključivati izbjegnute emisije izvan energetskeg sustava.
- Upotreba zemljišta i biološka raznolikost: daljnji učinci na okoliš također se mogu koristiti za ocjenu različitih ciljeva obnovljivih izvora (Directorate-general for internal policies, policy department economic and scientific policy, European Parliament, 2017).
- Mikro razina

OIE utječe i na aktere na mikrorazini, tj. na potrošače energije i proizvođače energije (kućanstva i tvrtke). Ovi sudionici plaćaju cijenu energije koja ovisi o regulatornom okviru i energetskeg sustavu u kojem su korišteni OIE. U elektroenergetskom sektoru trenutno se veliki dio krajnjih potrošača energije poput kućanstava suočava s većim izdacima s OIE nego bez OIE, dok neke industrije imaju koristi od smanjenja veleprodajnih cijena u elektroenergetskom sektoru. Na strani ponude, neki proizvođači ili potrošači također imaju koristi od politika potpore, na primjer od dopunskih shema, grantova i / ili subvencioniranih zajmova. Čak i ako cilj OIE povećava troškove energetskeg sustava, to ne vodi automatski distribucijskim utjecajima (tj. utjecajima na industrijsku konkurentnost, cijene energije i učinak siromaštva na mikrorazini). Hoće li veći udio obnovljivih izvora utjecati na distribuciju, ovisi o dizajnu politike podrške na nacionalnoj razini - kako se financira - i o provedbi (politike). Distributivni utjecaji stoga nisu kriterij za postavljanje ciljeva OIE na razini EU. Pri osmišljavanju i prilagođavanju ovih politika potrebno je uzeti u obzir utjecaj na cijene energije općenito i posebno na siromaštvo energije (Directorate-general for internal policies, policy department economic and scientific policy, European Parliament, 2017).

Kriteriji za ocjenu opisani za sustav i makro razine pružaju osnovu za odlučivanje o pogodnom cilju za korištenje OIE. No, zbog raznolikosti utjecaja i individualnih sklonosti, ne postoji niti jedna količina ili kriterij koji bi se mogao koristiti za sažimanje svih učinaka korištenja obnovljivih izvora energije. Na primjer, sudionici s fokusom na zaštitu okoliša i smanjenje emisija stakleničkih plinova mogu se odlučiti za drugačiju razinu ciljeva od one s fokusom na ekonomski razvoj ili troškovnu učinkovitost. U slučajevima kada se preferira samo jedan pokazatelj, BDP bi trebao biti prikazan jer je to najčešće (iako ponekad kritizirana) mjera koja se koristi za dobrobit. S obzirom na pokrivenost ekonomskih učinaka u svim sektorima (ne samo energetske sektoru), BDP je u teoriji u stanju odražavati sve aspekte gospodarstva, pod uvjetom da se sve vrste utjecaja, poput utjecaja na zdravlje i okoliš, izraze u novčanom obliku. U tom je smjeru postignut napredak poboljšanjem ekonomske procjene socijalnih i okolišnih utjecaja (Directorate-general for internal policies, policy department economic and scientific policy, 2017).

U kontekstu klimatske politike EU-a za postizanje ambicioznih ciljeva za smanjenje ugljika potrebne su mjere obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti. Nadalje, u okviru sustava trgovanja emisijama dostupna su dodatna sredstva za smanjenje emisija stakleničkih plinova: prebacivanje na druga goriva te dostupnost novih proizvoda i procesa. Između ovih glavnih ciljeva postoje višestruke interakcije (Directorate-general for internal policies, policy department economic and scientific policy, 2017).

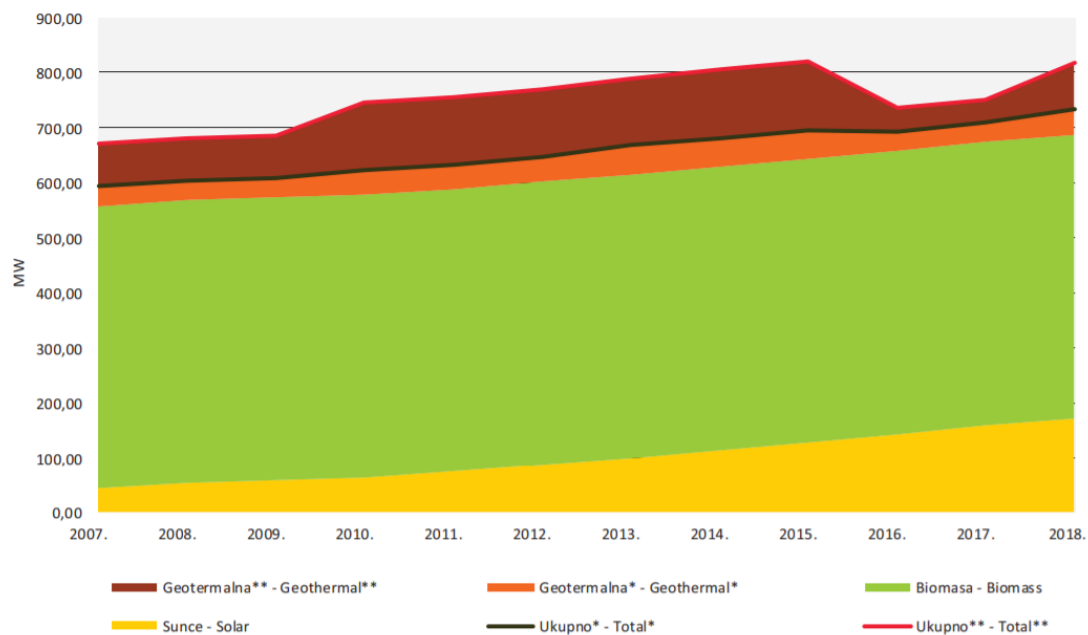
- Obnovljivi izvori energije u Hrvatskoj

Tablica 3-1. Procijenjeni podaci o instaliranim kapacitetima za proizvodnju toplinske energije iz obnovljivih izvora energije i statistički podaci o instaliranim kapacitetima za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije za 2018. godinu (Energija u Hrvatskoj 2018, EIHP, 2019)

OIE RES	Instalirana toplinska snaga Installed heat capacity (MW)	Instalirana električna snaga Installed power capacity (MW)
Sunce Solar	172,2	67,7**
Vjetar Wind	0	586,3
Biomasa Biomass	515*	64,8
Bioplin Biogas		50,6
Male hidroelektrane Small hydro power plants	0	38,78
Geotermalna Geothermal	45,6 / 84	10
<b>UKUPNO TOTAL</b>	<b>732,8 / 816,8</b>	<b>818</b>

Pri interpretaciji podataka o instaliranim kapacitetima za proizvodnju toplinske energije iz OIE, potrebno je imati na umu da ne postoje pouzdani statistički podaci o instaliranim kapacitetima za solarne panele i biomasu (Energija u Hrvatskoj, 2018).

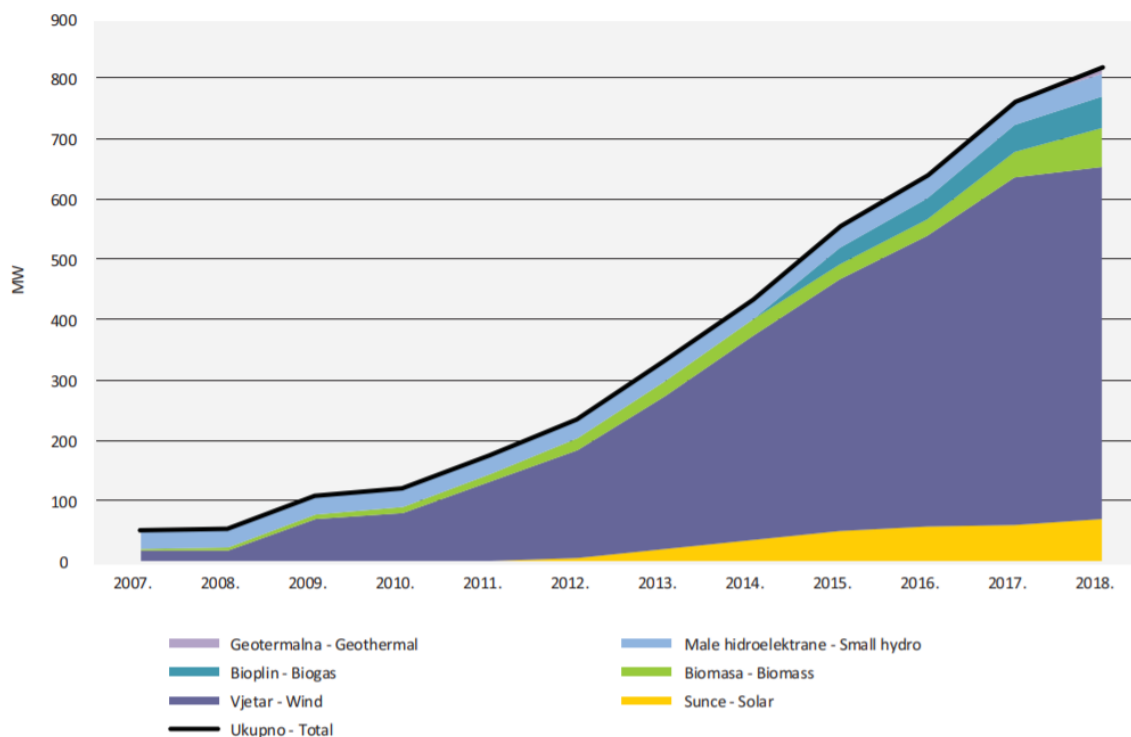
Ukupni instalirani kapaciteti geotermalnih izvora na 17 mjesta u Hrvatskoj iznose 45,6 MWt kada je riječ o zagrijavanju prostora i 84 MWt kada je u pitanju geotermalna energija za grijanje prostora i pripremu tople vode u toplicama i rekreacijskim centrima. Instalirani kapacitet snage fotonaponskih sustava razlikuje se od vrijednosti koju daje HROTE jer se odnosi na mrežno povezane sustave uključujući i autonomne PV sustave. Instalirani kapacitet autonomnih PV sustava koji opskrbljuju objekte bez mrežnog priključka (rasvjetne kuće, kuće za odmor, GSM baze, parkirni strojevi itd.) procjenjuje se na 8,5 MW.



\* geotermalna toplinska energija za grijanje prostora / geothermal heat for space heating

\*\*uključujući i geotermalnu toplinsku energiju za grijanje tople vode za kupanje / including geothermal heat for hot water and bathing

Slika 3-1. Trend rasta instaliranih kapaciteta za proizvodnju toplinske energije iz obnovljivih izvora energije (Energija u Hrvatskoj 2018, EIHP, 2019)



Slika 3-2. Trend rasta instaliranih kapaciteta za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije (Energija u Hrvatskoj, 2018).

- **Proizvodnja električne energije iz OIE u Hrvatskoj**

U 2018. godini u ukupnoj proizvodnji električne energije, proizvodnja električne energije iz OIE iznosila je 16,2 posto, bez uključenih velikih hidroelektrana (Energija u Hrvatskoj, 2018).

Tablica 3-2. Proizvodnja električne energije iz OIE (Energija u Hrvatskoj 2018, EIHP, 2019)

Vrsta izvora Type of renewable energy source	Proizvodnja električne energije Electricity generation
Sunce Solar	74,9 GWh
Vjetar Wind	1 335,4 GWh
Biomasa Biomass	313,2 GWh
Bioplin Biogas	354,8 GWh
Male hidroelektrane Small hydro power plants	118,4 GWh
Geotermalna Geothermal	2
<b>UKUPNO TOTAL</b>	<b>2 198,7 GWh</b>

- **Proizvodnja toplinske energije iz OIE u Hrvatskoj**

Tijekom 2018. godine za proizvodnju topline iz geotermalne energije 345,1 TJ korišteno je ekskluzivno za potrebe grijanja prostora, odnosno 440,5 TJ ako se uzme u obzir grijanje prostora i priprema tople vode (Energija u Hrvatskoj, 2018).

Proizvodnja topline iz čvrste i plinovite biomase, uključujući proizvodnju u industrijskim grijaćim objektima i proizvodnju topline iz ogrjevnog drva za grijanje i pripremu tople vode u domaćinstvima, iznosila je ukupno 49 245 TJ (Energija u Hrvatskoj, 2018).

Tablica 3-3. Proizvodnja toplinske energije iz OIE u 2018. godini (Energija u Hrvatskoj 2018, EIHP, 2019)

Vrsta izvora Type of renewable energy source	Proizvodnja toplinske energije Heat production (TJ)
Sunce Solar	583,5
Biomasa Biomass	49 245
Geotermalna* Geothermal*	320,2 408,6

### 3.2.1. Alternativna goriva u prometu

Prihvatanje mobilnosti s niskim emisijama ovisi o kupovini potrošača, što je olakšano neometanim pristupom infrastrukturi i njenoj dostupnosti. Stoga je omogućavanje potrošačima da neometano dožive mobilnost ključni zahtjev. Direktiva EU 2014/94 / EU o postavljanju infrastrukture za alternativna goriva (IAG) zahtijeva od država članica da osiguraju, pomoću svojih nacionalnih okvira politike, da odgovarajući broj električnih punionica i punionica prirodni plin budu dostupne javnosti tako da su postavljane na urbane i prigradske aglomeracije i temeljnu transeuropsku prometnu mrežu. Alternativna goriva koja zahtijevaju specifična infrastrukturna rješenja i za koja je IAG direktiva zahtijevala buduće ciljeve od zemlja članica su električna energija, stlačeni prirodni plin (CNG), ukapljeni prirodni plin (LNG) i vodik. Analiza nacionalnog okvira politike pokazuje da je 26 država članica osiguralo ciljeve javno dostupnih punionica za 2020. godinu te da je električna energija preferirano alternativno gorivo u većini država članica. Ciljevi za 2025. vezano za punionice za vodik uključili su u nacionalni okvir politike 15 država članica, od kojih neki imaju ambiciozne planove. (The future of road transport, implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility, European Commission, 2019.)

U slučaju punionica za UPP za teška vozila duž glavne mreže cesta TEN-T, 21 država članica postavila je ciljeve za 2025. Ukupne procijenjene potrebe za ulaganjem u javno

dostupne infrastrukture alternativnih goriva u EU-u koje odgovaraju razvoju predviđenom u procjeni utjecaja za prijedlog standarda učinkovitosti emisije CO<sub>2</sub> za automobile i kombije nakon 2020. godine (Europska komisija, 2017) iznosi oko 5,2 milijarde eura do 2020. godine i dodatnih 16 milijardi do 22 milijarde eura do 2025. godine. Europska Komisija savjetuje da se za rješavanje ovih značajnih potreba treba koristiti javna financijska potpora za pokretanje značajnih privatnih ulaganja. (The future of road transport, implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility, 2019.)

Tablica 3-4. Podaci o infrastrukturi alternativnih goriva i vozilima s alternativnim gorivima koje dostavljaju države članice. (The future of road transport, implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility, European Commission, 2019.)

	Godina	Broj članica koje pružaju IAG	Broj ciljanih IAG	Broj postojećih IAG (2017)	Broj država članica koje osiguravaju vozilo s alternativnim gorivom	Budući udio vozila s alternativnim gorivom
<b>SPP</b>	2020	24	4020	2990	12	0.04 - 3.27
<b>UPP</b>	2025	21	384	-74	8	0.01 - 4.38
<b>Vodik</b>	2025	15	765	108	6	<0.01 - 0.10
<b>Električna vozila</b>	2020	26	165949	73452	24	0.06 - 9.22

- Električna vozila

Planirajući oko 170 000 javno dostupnih punionica do 2020. (povećanje za oko 126% u odnosu na stanje u ožujku 2017.), nacionalni planovi ne odgovaraju procjenama Europske komisije za infrastrukturu iz procjene utjecaja Direktive IAG (tj. oko 400 000 javno



dostupnih punionica koje odgovaraju 4 milijuna električnih vozila -a na putu). Oni nisu koherentni na razini EU jer njihova razina ambicije uvelike varira od države članice (npr. procijenjeni udjeli električnih vozila -a za 2020. kreću se u rasponu od 0,06% do 9,22% vozila). Procjena okvira nacionalne politike pokazuje da će se omjer javno dostupne točke punjenja po električnom vozilu smanjiti u gotovo svim državama članicama (od prosječno 1 na 6 električna vozila do 1 na 20 električna vozila u 2020. na razini EU); nedostaci u infrastrukturi će ostati, a prekogranični kontinuitet neće biti zajamčen ako se ne poduzmu dodatne mjere. Mora se puno više zalagati za razvijanje javno dostupnih punionica u EU, što zahtijeva veću spremnost javnih i privatnih sudionika na suradnju i ulaganje u lako dostupnu infrastrukturu za ponovno punjenje. Europska komisija procjenjuje da će investicijske potrebe u državama članicama za stvaranje minimalno javne dostupne infrastrukture za ponovno punjenje do 2020. godine biti do 900 milijuna eura. Države članice trebale bi planirati raspolaganje javno dostupnom infrastrukturom za ponovno punjenje i prihvaćanje električnih vozila na ambiciozan i uravnotežen način (IAG direktiva daje indikativni omjer dostatnosti od jedne javno dostupne točke punjenja na 10 električnih vozila). Trebalo bi uspostaviti raznolike mjere potpore kako bi se postigli ovi planovi, poput financijskih poticaja (npr. Subvencija za postavljanje punionica, smanjenja poreza / izuzeća, bonusa za stjecanje) i nefinancijskih poticaja (npr. Pristup ograničenim područjima i trakama, prioriteti parkiranja, preferencijalna ograničenja brzine).

Postojanje dovoljne i pouzdane infrastrukture za ponovno punjenje jedan je od glavnih elemenata potrebnih za elektrificirani prometni sustav jer povećava povjerenje ljudi da će električna vozila na baterije pouzdano zadovoljiti njihove potrebe. U tom je kontekstu uočeno je da nedostatak dostupne infrastrukture za ponovno punjenje jedan od glavnih razloga koji utječu na prihvaćanje električnih vozila od strane korisnika. Da bi potrošači doživjeli mobilnost neprimjetno, infrastruktura mora biti digitalno povezana, a potrošači trebaju imati pristup pravovremenim i pouzdanim informacijama o lokaciji i dostupnosti punionica. Također su potrebni (i još uvijek su u fazi razvoja) interoperabilni sustavi plaćanja za elektromobilnost širom EU koji se temelje na otvorenim standardima i pružanju transparentnih, lako razumljivih i pravovremenih informacija o cijenama. Možda je potreban sustav sličan roamingu za telekomunikacije. (The future of road transport, implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility, European Commission, 2019.)

S povećanim brojem točaka za ponovno punjenje i povećanjem brzina punjenja (tj. Dostupnom snagom punjenja), potencijalna ograničenja mreže mogu se morati riješiti ciljanim infrastrukturnim ulaganjima u pametne mreže i pojačanjem i nadogradnjom mreže. Pametne rešetke mogle bi omogućiti električnim vozilima da djeluju kao fleksibilna opterećenja i decentralizirani resurs za pohranu koji bi mogao umanjiti ili izbjeći pojačanje mreža. Pomoću procesa upravljanja potražnjom punjenje električni vozila bi se moglo kontrolirati pomicanjem razdoblja punjenja u vrijeme manje potražnje, smanjenjem ili povećanjem snage punjenja ili čak prekidom punjenja baterije u slučaju nužde. To je način pametnog punjenja električnih vozila, tj. „Ciklus punjenja može se mijenjati vanjskim događajima, omogućujući prilagodljive navike punjenja, pružajući električnom vozilu mogućnost da se integrira u cijeli elektroenergetski sustav na način prilagođen korisniku. Pametno punjenje također može biti optimizacija profila snage punjenja s ciljem maksimiziranja lokalne proizvodnje energije iz obnovljivih izvora. Konačno, električna vozila bi mogla donijeti još veću fleksibilnost sustavu opskrbom električnom energijom na mreži ili kućama (vozila spojena na mrežu) ili za izgradnju vozila spojenih na zgradu. Jedna očita prednost rada električnih vozila je ta što se akumulator vozila može koristiti za pohranu energije tijekom vremena prekomjerne proizvodnje energije iz obnovljivih izvora energije - na primjer, s fotonaponskih instalacija na krovu - i isprazniti ga u vrijeme kada je velika potražnja. Pored tehničkih zahtjeva vozila i točke punjenja, pametno punjenje u širokim razmjerima treba uzeti u obzir ograničenja elektroenergetskog sustava, potencijal varijabilnih cijena energije koje nudi energija tržištu i informacije o energetskej mješavini. Usluge pametnog punjenja trebaju biti u potpunosti omogućene kako bi se osigurala učinkovita integracija elektromobilnosti u elektroenergetski sustav. Interoperabilnost između različitih različitih sustava i komponenti koji su uključeni preduvjet je za postizanje potreba za mobilnošću i korisnika i mreže na siguran, siguran, pouzdan, održiv i učinkovit način. (The future of road transport, implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility, European Commission, 2019.)

Razvojem novih tehnologija koje se sve više implementiraju u nove generacije cestovnih vozila i u sustave javnog prijevoza mijenja se slika budućeg cestovnog prijevoza. To možemo naglasiti kroz četiri pravca u kojima se razvija sektor transporta: automatizacija, umreženost, niskouglične tehnologije i dijeljenje vozila. Automatizacija vozila se odnosi na tehnologije autonomnih sustava upravljanja vozilima u cijelosti ili u određenim manevrima u vožnji. Umreženost omogućava komunikaciju vozila s drugim vozilima u

prometu i cestovnom infrastrukturom, povezana je s automatizacijom. Niskougljične tehnologije odnose se na uporabu alternativnih goriva: električna energija, vodik, biogoriva i prirodni plin. Dijeljenje vozila je sistem koji funkcionira već neko vrijeme u zapadnoj Europi, a uključuje pristup vozilima i dijeljenje prema potrebi. Korištenjem informatičkih platformi dogovaraju se dijeljenja automobila, bicikala i usluge prijevoza osobnim automobilima. Kombinacija ova četiri pravca razvoja će omogućiti veću efikasnost transporta i manju emisiju stakleničkih plinova. To je vrlo bitno zbog predviđanja koja ukazuju na sve veću gustoću prometa i rastuću populaciju u urbanim sredinama (u Europi čak 75 % stanovništva živi u urbanim sredinama).

Prema izvješću Europske komisije iz 2015.g., emisija CO<sub>2</sub> iz cestovnog transporta dosegla je brojku od 852,3 milijuna tona godišnje u EU (The future of road transport, implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility, European Commission, 2019.).

- Biogoriva u Hrvatskoj

Ukupni kapaciteti za tekuća biogoriva u Hrvatskoj krajem 2018. bili su na razini od 41 000 tona biodizela godišnje. Tijekom 2018. godine u Hrvatskoj je proizvedeno 415 t biodizela ili 14,7 TJ, od čega je većina završila na domaćem tržištu (Energija u Hrvatskoj 2018, EIHP, 2019).

Tablica 3-5. Sadržaj energije u biogorivima (The future of road transport, implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility, European Comission, 2019.)

<b>BIOGORIVA (iz biomase)</b>	<b>ENERGIJA PO JEDINICI MASE (MJ/kg)</b>	<b>ENERGIJA PO JEDINICI VOLUMENA (MJ/L)</b>
Bio-propan	46	24
Čisto biljno ulje, sirovo ili rafinirano, ali kemijski neizmijenjeno	37	34
Biodizel (metil-ester proizveden iz biomase)	37	33
Biodizel (etil-ester proizveden iz biomase)	38	34
Bioplin koji se može pročititi do kvalitete prirodnog plina	50	-
Termokemijski, vodikom tretirano ulje iz biomase kao zamjena za dizel	44	34
Termokemijski, vodikom tretirano ulje iz biomase kao zamjena za benzin	45	30
Termokemijski, vodikom tretirano ulje iz biomase kao zamjena za kerozin	44	34
Termokemijski, vodikom tretirano ulje iz biomase kao zamjena za UNP	46	24
Ulje, nusprodukt u rafinerijama pri procesu proizvodnje fosilnih goriva, kao zamjena za dizel	43	36
Ulje, nusprodukt u rafinerijama pri procesu proizvodnje fosilnih goriva, kao zamjena za benzin	44	32
Ulje, nusprodukt u rafinerijama pri procesu proizvodnje fosilnih goriva, kao zamjena za kerozin	43	33

OBNOVLJIVA GORIVA (koja mogu biti proizvedena iz različitih obnovljivih izvora uključujući biomasu)	ENERGIJA PO JEDINICI MASE (MJ/kg)	ENERGIJA PO JEDINICI VOLUMENA (MJ/L)
Etanol iz OIE	27	21
Propanol iz OIE	31	25
Butanol iz OIE	33	27
Fischer-Tropsch (sintetički ugljikovodici iz biomase) dizel	44	34
Fischer-Tropsch (sintetički ugljikovodici iz biomase) benzin	44	33
Fischer-Tropsch (sintetički ugljikovodici iz biomase) kerozin	46	33
Fischer-Tropsch (sintetički ugljikovodici iz biomase) UNP	46	24
Dimetileter	28	19
Vodik iz OIE	120	-
Etil-tetra-butil-eter iz etanola	36 (od čega 37 % iz OIE)	27 (od čega 37 % iz OIE)
Metil-tetra-butil-eter iz metanola	35 (od čega 22 % iz OIE)	26 (od čega 22 % iz OIE)
Tetra-amil-metil-eter iz etanola	38 (od čega 29 % iz OIE)	29 (od čega 29 % iz OIE)
Tetra-amil-metil-eter iz metanola	36 (od čega 18 % iz OIE)	28 (od čega 18 % iz OIE)
Tetra-heksil-etil-eter iz etanola	38 (od čega 25 % iz OIE)	30 (od čega 25 % iz OIE)
Tetra-heksil-etil-eter iz metanola	38 (od čega 14 % iz OIE)	30 (od čega 14 % iz OIE)
<b>FOSILNA GORIVA</b>		
Benzin	43	32
Dizel	43	36

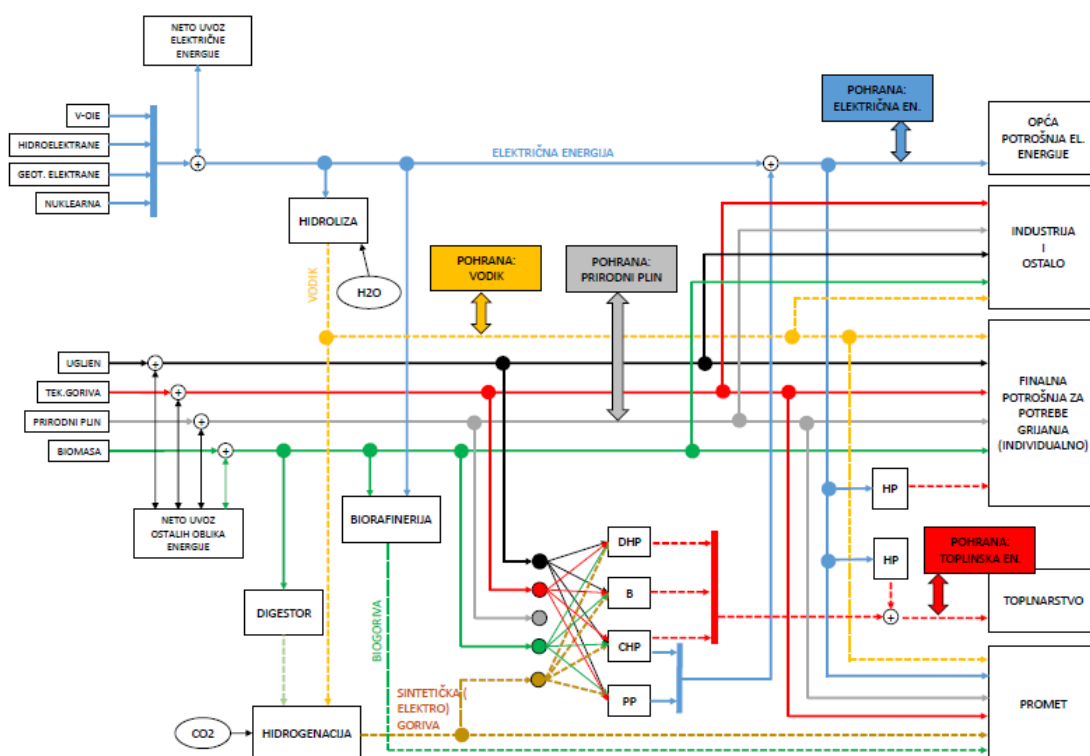
#### 4. IZRADA SCENARIJA ZA PRIMJENU ALTERNATIVNIH GORIVA U SEKTORU TRANSPORTA U RH (EnergyPLAN)

Za analizu scenarija korišten je softver EnergyPLAN (sl. 4-1.). To je računalni model koji služi za analizu energetske sustava. Model ne predviđa što će se dogoditi u budućnosti poput simulacijskog sustava, već pokazuje koji je najbolji način vođenja sustava sa zadanim podacima, a to su energetska potrošnja te postrojenja.

U analizi, prikazana su tri različita scenarija, sva tri za istu godinu, 2030. Scenariji se izrađuju na osnovi ulaznih podataka o udjelu alternativnih goriva u transportu.

Svaki scenarij prikazuje povećanje udjela samo jedne vrste alternativnog goriva. Analiza uspoređuje referentne podatke iz 2017. godine sa pojedinim, zadanim scenarijem.

Za 2030. godinu u EnergyPLAN su uneseni kapaciteti OIE prema scenariju S1 (scenarij S1 iz Strategije energetske razvoja Republike Hrvatske, tj. scenarij ubrzane tranzicije). Instalirani kapacitet vjetroelektrana iznosi 575 MW, a fotonaponskih ćelija 30 MW, u referentnom scenariju (2017.g.), a prema S1 scenariju za vjetroelektrane 1686 MW i 1069 MW za fotonaponske ćelije (2030.g.).



Slika 4-1. Prikaz dijagrama toka i načina modeliranja u EnergyPLAN-u

U tablici (tab. 4-1.) su prikazani referentni podaci o udjelu pojedinih goriva u potrošnji energije u prometu u RH za 2017.g. Iz dostupnih podataka vidljiv je vrlo mali postotak zastupljenosti alternativnih goriva, gotovo zanemariv.

Tablica 4-1. Referentno stanje iz 2017 godine

Tip vozila	el. energija	vodik	UNP	PP	dizel	benzin
<b>osobni aut.</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>5%</b>	<b>0%</b>	<b>65%</b>	<b>30%</b>
<b>mopedi i mot</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>
<b>autobusi</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>	<b>0%</b>
<b>kamioni</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>90%</b>	<b>10%</b>
<b>lokomotive</b>	<b>69%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>31%</b>	<b>0%</b>
<b>brodovi</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>22%</b>	<b>78%</b>

Različita pogonska goriva u prometu imaju različitu energetske iskoristivost. Pri transformaciji kemijske energije iz spremnika vozila u mehaničku energiju koja pokreće vozila, za jednak sadržaj utrošene kemijske energije, različite su količine korisne mehaničke energije, zbog različite energetske učinkovitosti svakog pogona. Poznati su koeficijenti za svaku kategoriju vozila koji točno određuju koliko kilometara vozilo prelazi za jedan kilovatsat utrošene energije. (tab. 4-2.). Osobni automobil za 1 kWh utrošene električne energije prijeđe udaljenost od 5 km, a za 1 kWh energije iz fosilnih goriva 1,5 km.

Tablica 4-2. Pretvorbeni faktori (km/kWh ili mlrd. km/TWh)

Tip vozila	El. energija	Vodik	UNP	Prirodni plin	Dizel	Benzin	Biodizel	Metanol
Osobni automobili	5,00	3,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Mopedi i motocikli	10,00	6,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Autobusi	2,00	1,20	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Kamioni	2,00	1,20	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Lokomotive	0,33	1,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Brodovi	0,33	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

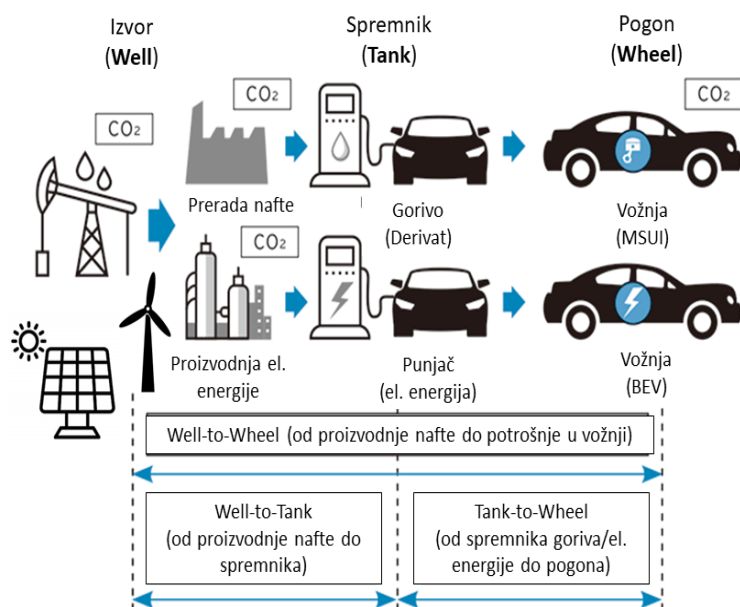
#### 4.1. Metoda „Od spremnika do kotača“ (engl. Tank to Wheel)

Korištena je metoda „Od spremnika do kotača“ (engl. Tank to Wheel, TTW). Pojam spremnik (engl. Tank) označava energiju koja je pohranjena u spremniku vozila, to je ujedno iznos finalne potrošnje energije u prometu (podaci za 2017.g.), ako vrijedi pretpostavka da će sva pohranjena energija biti utrošena za pogon vozila. Prijedeni kilometri na „kotaču“ (engl. Wheel) izračunati su iz podataka za tank potrošnju (finalna potrošnja), pomoću vrijednosti energetske učinkovitosti za pojedinu vrstu pogona (2017.g.). U svakom scenariju, iznosi prijedjenih kilometara pridruženi su postojećim vrstama pogona (promijenjena raspodjela goriva za 2030.g.), ali u drugim omjerima, ovisno o zadanim pretpostavkama scenarija. Zatim je pomoću pretvorbenih faktora (za električnu energiju, prirodni plin i vodik) iz prijedjenih kilometara izračunata nova tank



potrošnja, posebno za svaki scenarij. Promjene u potrošnji „na kotaču“ za 2030.g. su zanemarive u odnosu na 2017.g. (sl. 4-2.)

## Well-to-Wheel i Tank-to-Wheel analize



izvor slike: [www.mazda.com](http://www.mazda.com)

Slika 4-2. Tank to wheel analiza ([www.mazda.com](http://www.mazda.com))

Tablica 4-3. Tablica prijeđenih kilometara

Kategorija vozila	Mlrd. km
Osobni automobili, dizel	<b>18,43</b>
Autobusi	<b>0,40</b>
Teretna vozila, dizel	<b>2,37</b>
Dizel lokomotive	<b>0,04</b>
Brodovi, dizel	<b>0,03</b>
Osobni automobili, benzin	<b>8,68</b>
Mopedi i motocikli	<b>0,22</b>
Osobni automobili UNP	<b>1,38</b>
El. lokomotive	<b>0,10</b>
Brodovi	<b>0,09</b>
Teretna vozila, benzin	<b>0,26</b>
Ukupno	<b>32,00</b>

U tablici (tab. 4-4.) su prikazani emisijski faktori pojedinih goriva za EnergyPLAN. Emisija CO<sub>2</sub> za el. energiju i vodik je nula, ali treba uzeti u obzir da se pri povećanju „tank“ potrošnje tih goriva povećava potražnja za električnom energijom koja je jednim dijelom proizvedena iz fosilnih goriva. U prvom scenariju (20% „tank“ potrošnje je el. energija) rezultat je izravno povećanje potražnje za el. energijom, a za drugi scenarij (20% vodik), povećanje potrebne el. energije na elektrolizatoru za proizvodnju vodika.

Tablica 4-4. Količina proizvedenog CO<sub>2</sub> po jedinici potrošene energije

IZVOR ENERGIJE	EMISIJA (kg CO <sub>2</sub> /kWh)
UGLJEN	<b>0,364</b>
NAFTA	<b>0,266</b>
PRIRODNI PLIN	<b>0,204</b>
BIOMASA	<b>0,00</b>
OIE	<b>0,00</b>
VODIK	<b>0,00</b>
BIOGORIVA	<b>0,00</b>
EL. ENERGIJA	<b>0,00</b>

## 4.2. Scenarij povećanja udjela električne energije

Za prvi scenarij korišteni su ulazni podaci prema kojima je udio električne energije 20% za svaku kategoriju vozila, dok su udjeli ostalih goriva proporcionalno smanjeni (tablica 4-1). Izuzetak je željeznički promet gdje je udio električne energije na većoj razini u referentnom scenariju iz 2017. godine.

Tablica 4-5. Promjena udjela goriva

Tip vozila	el. energija	vodik	UNP	PP	dizel	benzin
<b>osobni aut.</b>	<b>20%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>45%</b>	<b>35%</b>
<b>mopedi i mot</b>	<b>20%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>80%</b>
<b>autobusi</b>	<b>20%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>80%</b>	<b>0%</b>
<b>kamioni</b>	<b>20%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>80%</b>	<b>0%</b>
<b>lokomotive</b>	<b>69%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>31%</b>	<b>0%</b>
<b>brodovi</b>	<b>20%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>70%</b>	<b>10%</b>

Postotna promjena udjela rezultira promjenom u potrošnji energije za pojedino gorivo (izraženo u TWh). Promijenjeni podaci unose se u EnergyPLAN, koji daje rezultate (tablica 4-5).

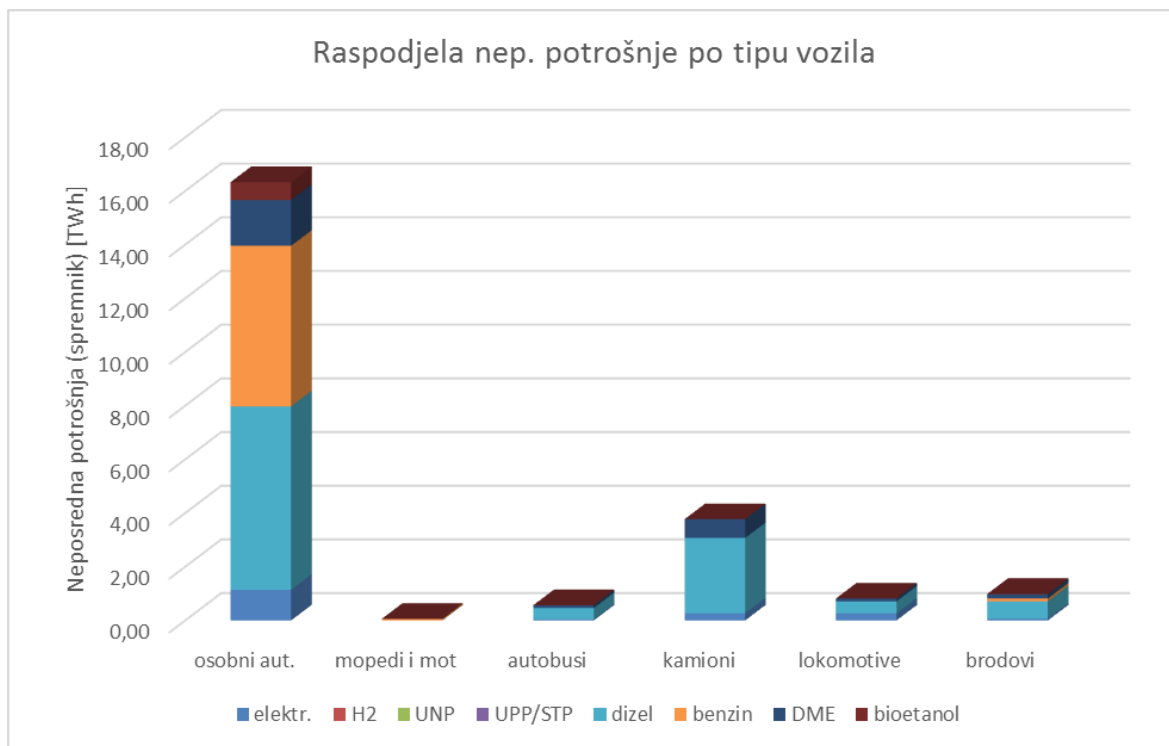
Radi boljeg prikaza utjecaja pojedinog goriva na finalnu potrošnju i emisiju CO<sub>2</sub>, udjeli ostalih alternativnih goriva svedeni su na nulu.

Tablica 4-6. Ulazni podaci za EnergyPLAN

<b>Izvor energije</b>	<b>TWh</b>
<b>El. energija</b>	1,78
<b>Vodik</b>	0,00
<b>Ukapljeni naftni plin</b>	0,00
<b>Prirodni plin</b>	0,00
<b>Dizel (fosilni)</b>	11,16
<b>Benzin (fosilni)</b>	6,14
<b>Biodizel</b>	2,79
<b>Metanol</b>	0,68
<b>Kerozin</b>	1,53
<b>Biokerozin</b>	0,17

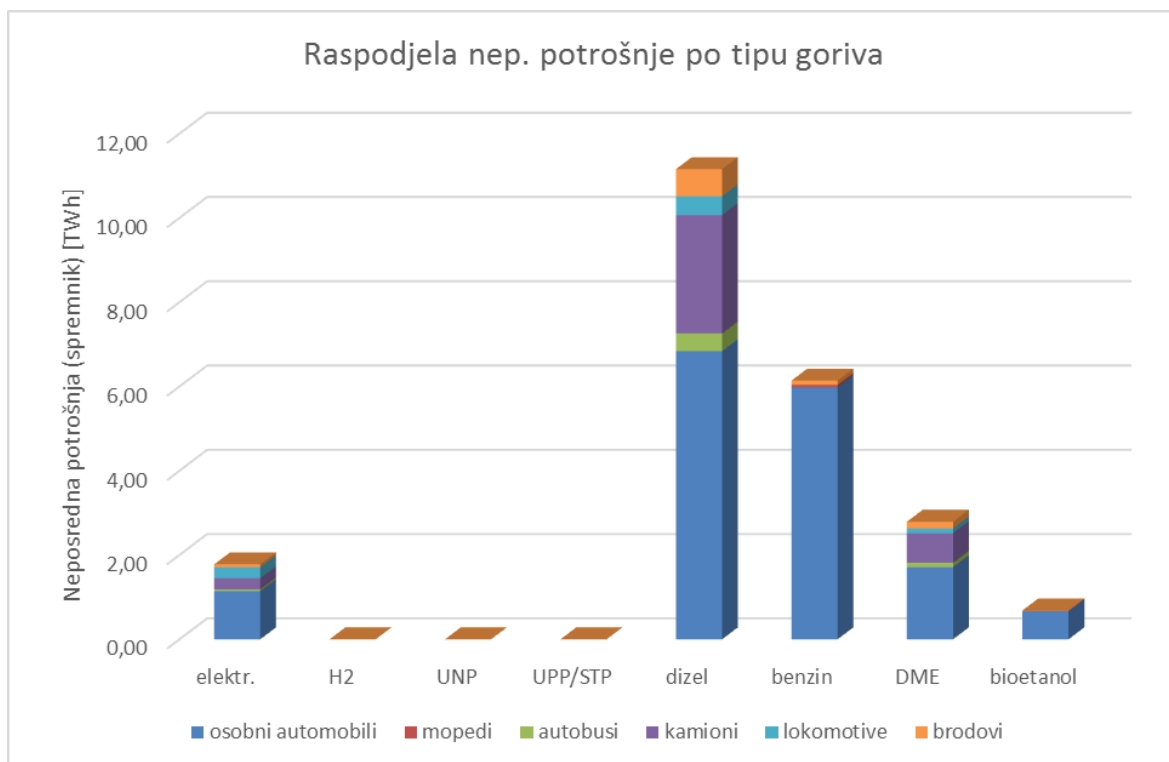
U neposrednoj potrošnji energije u prometu najveći udio odnosi se na kategoriju osobnih automobila (sl. 4-2.), iz toga proizlazi zaključak da bi najveći učinak na smanjenje emisije CO<sub>2</sub>, dolazio od povećanja udjela osobnih automobila na el. pogon. Povećanje udjela automobila na el. pogon, što je već navedeno u ovom radu, postiže se sustavnim poticajima i financijskim olakšicama koje određuje država. Bitno za napomenuti je i činjenica da osim

državnih poticaja, veliku ulogu u prijelazu na el. automobile ima i podizanje ekološke svijesti kod građana.



Slika 4-3. Neposredna potrošnja energije po tipu vozila

U raspodjeli neposredne potrošnje po tipu goriva najveći udio imaju dizelska goriva (sl. 4-3.). Izgaranjem goriva u dizelskim motorima, osim emisije štetnih plinova koja je prisutna i u benzinskim motorima, kroz ispušni sustav se izlučuju sitne čestice u obliku čađe. Te čestice su naročito opasne za respiratorni sustav živih bića, zbog čega sve veći broj gradova u Europi uvodi zabranu prometa za vozila pogonjena dizelskim gorivima.



Slika 4-4. Neposredna potrošnja energije po tipu goriva

#### 4.2.1. Rezultati iz EnergyPLAN-a za prvi scenarij

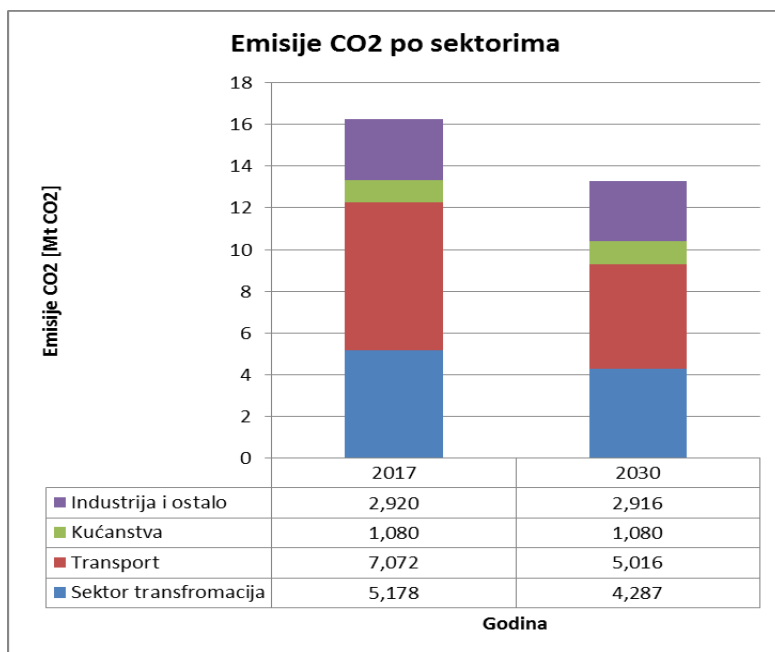
Za prvi scenarij rezultati simulacije u EnergyPLAN-u pokazuju značajno povećanje udjela obnovljivih izvora energije u neposrednoj potrošnji energije. To je posljedica velikog udjela električne energije u sektoru prometa. Unatoč tome, moramo uzeti u obzir činjenicu da cjelokupna količina električne energije utrošena u prometu ne spada pod kategoriju OIE (sl. 4-5.), već samo onaj udio koji je u sektoru transformacija pri proizvodnji el. energije proizveden iz OIE.

Tablica 4-7. Rezultati simulacija u EnergyPLAN-u

<b>Rezultati simulacija u EnergyPLAN-u</b>	<b>2017.g.</b>	<b>2030.g.</b>	
<b>udio OIE u neposrednoj potrošnji energije</b>	27,3%	43,3%	
<b>udio OIE u neposrednoj potrošnji energije u prometu</b>	0%	35,1%	
<b>potrošnja primarne energije</b>	92,2	80,45	TWh
<b>neposredna potrošnja energije</b>	74,7	70,5	TWh

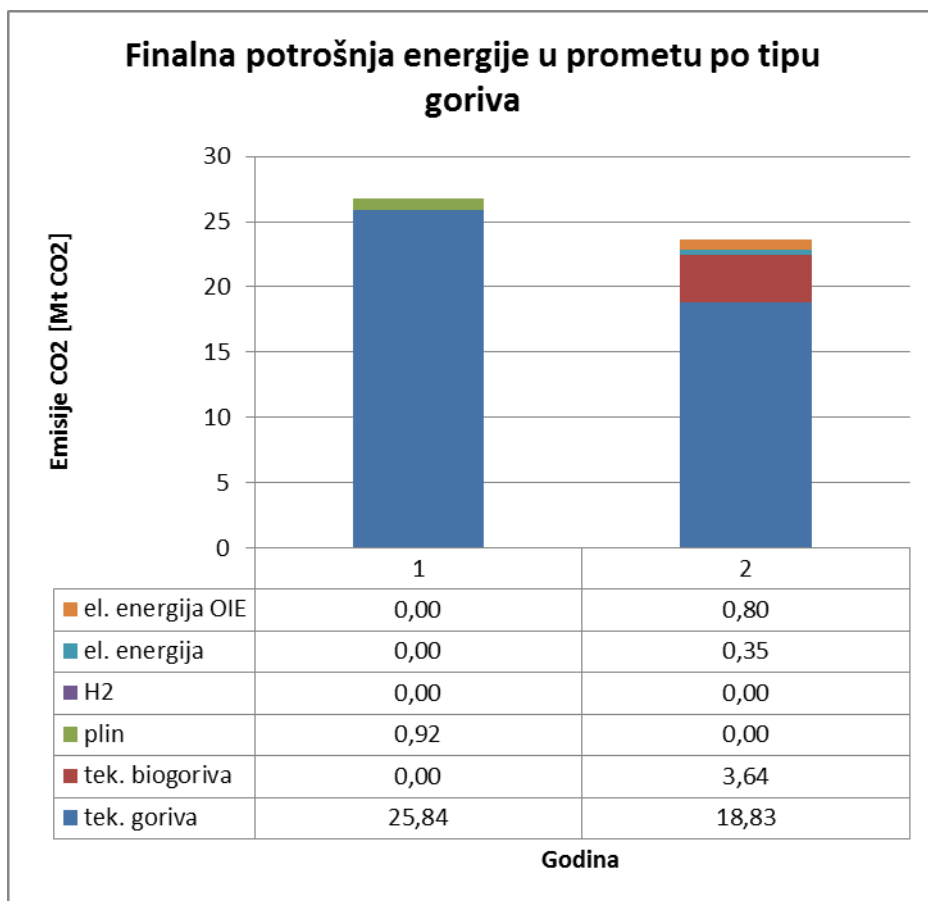
Prikaz emisije CO<sub>2</sub>, po sektorima za prvi scenarij (povećanje udjela električne energije u prometu), rezultira ukupnim smanjenjem emisije u 2030. godini u odnosu na referentni scenarij iz 2017. godine. U sektorima prometa, transformacija i industrije u 2030. godini. emisija CO<sub>2</sub> je smanjena, a u sektoru kućanstva nema promjena.





Slika 4-5. Emisija CO<sub>2</sub> po sektorima

U finalnoj potrošnji energije u prometu za prvi scenarij zabilježen je pad ukupne potrošnje (sl. 4-5), što je uz smanjenje emisije stakleničkih plinova, također jedan od ciljeva niskougljičnog energetskeg sustava.



Slika 4-6. Finalna potrošnja energije u prometu po tipu goriva

### 4.3. Scenarij povećanja udjela prirodnog plina kao pogonskog goriva

Za drugi scenarij korišteni su ulazni podaci prema kojima je udio prirodnog plina 100%. (tab. 4-7). Zbog tehničkih razloga komplicirane izvedbe pogonskog sustava za sve kategorije vozila, radi realnijih rezultata, udio prirodnog plina odnosi se samo na tri kategorije vozila: autobuse, kamione i brodove.

Tablica 4-8. Promjena udjela goriva

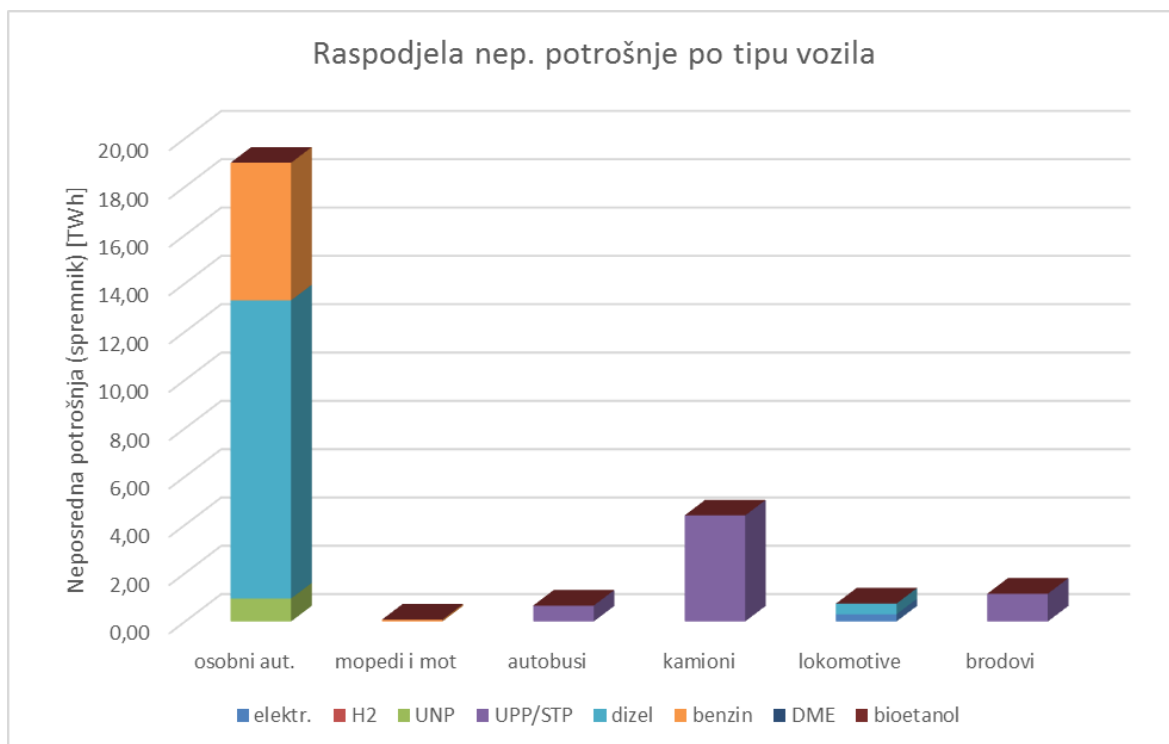
Tip vozila	el. energija	vodik	UNP	PP	dizel	benzin
<b>osobni aut.</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>5%</b>	<b>0%</b>	<b>65%</b>	<b>30%</b>
<b>mopedi i mot</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>
<b>autobusi</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>kamioni</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>lokomotive</b>	<b>69%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>31%</b>	<b>0%</b>
<b>brodovi</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>

Postotna promjena udjela rezultira promjenom u potrošnji energije za pojedino gorivo (izraženo u TWh). Promijenjeni podaci unose se u EnergyPLAN, koji daje rezultate.

Tablica 4-9. Ulazni podaci za EnergyPLAN

<b>Izvor energije</b>	<b>TWh</b>
<b>El. energija</b>	0,30
<b>Vodik</b>	0,00
<b>Ukapljeni naftni plin</b>	0,95
<b>Prirodni plin</b>	6,20
<b>Dizel (fosilni)</b>	12,79
<b>Benzin (fosilni)</b>	5,77
<b>Biodizel</b>	0,00
<b>Metanol</b>	0,00
<b>Kerozin</b>	1,53
<b>Biokerozin</b>	0,17

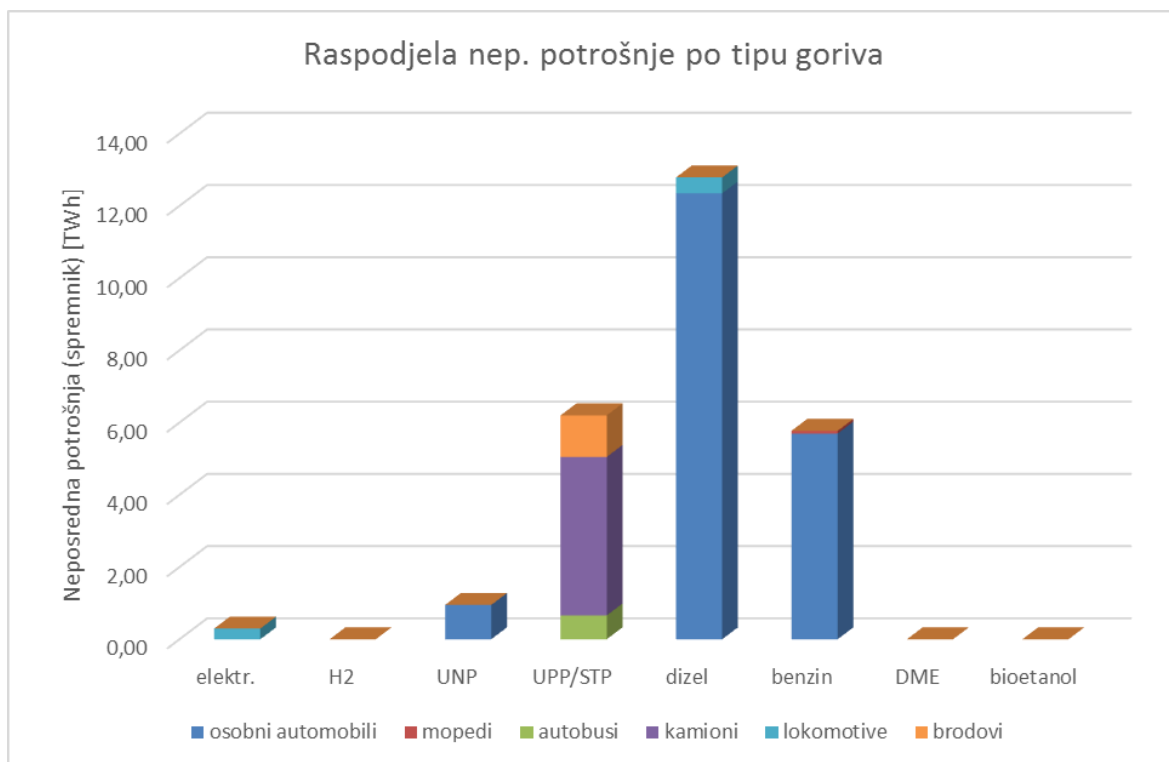
U raspodjeli neposredne potrošnje energije po tipu vozila za drugi scenarij, potrošnja u kategoriji osobnih automobila raste u odnosu na prvi scenarij jer je bazirana na benzinskim i dizelskim gorivima, te malom udjelu ukapljenog naftnog plina čija je energetska iskoristivost manja nego za električnu energiju, tj. manji utrošak energije za isti broj prijeđenih kilometara. Kategorije autobusa, kamiona i brodova u ovom scenariju su, radi vjernijeg prikaza utjecaja prirodnog plina kao goriva u prometu, na razini 100%-tnog udjela prirodnog plina.



Slika 4-7. Neposredna potrošnja energije po tipu vozila

U ovom scenariju, prikazani su rezultati po kojima je povišena ukupna potrošnja dizela u prometu za 2030. godinu u odnosu na prvi scenarij (el. energija). To je pomalo neobičan rezultat ako uzmemo u obzir da je potrošnja dizel goriva svedena na nulu za tri kategorije vozila: autobuse, kamione i brodove.

Razlog takvog rezultata u ovom scenariju je činjenica da, suprotno uvriježenom poimanju, te kategorije vozila zauzimaju ipak mali udio potrošnje energije u prometu u odnosu na osobne automobile za koje udio benzina i dizela odgovara onome iz referentnog scenarija (2017g.).



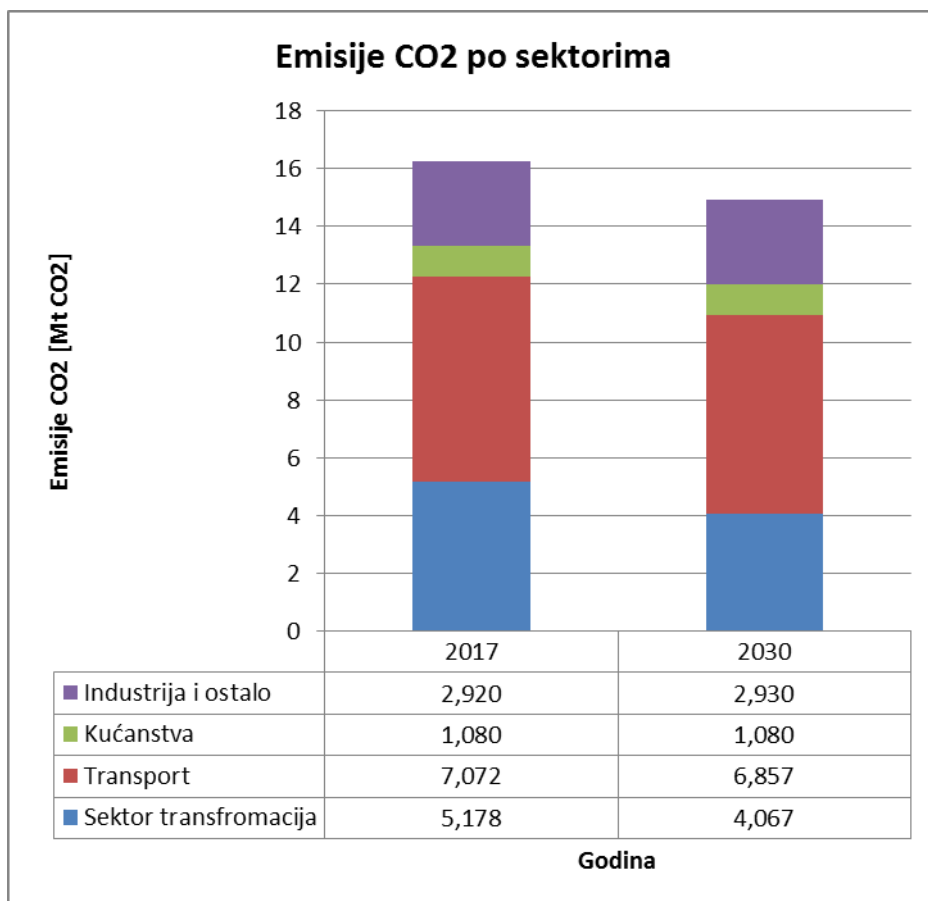
Slika 4-8. Neposredna potrošnja energije po tipu goriva

#### 4.3.1. Rezultati iz EnergyPLAN-a za drugi scenarij

Tablica 4- 10. Rezultati simulacija u EnergyPLAN-u

<b>Rezultati simulacija u EnergyPLAN-u</b>	<b>2017.g.</b>	<b>2030.g.</b>	
<b>udio OIE u neposrednoj potrošnji energije</b>	27,3%	33,9%	
<b>udio OIE u neposrednoj potrošnji energije u prometu</b>	0%	2,3%	
<b>potrošnja primarne energije</b>	92,2	86,97	TWh
<b>neposredna potrošnja energije</b>	74,7	75,4	TWh

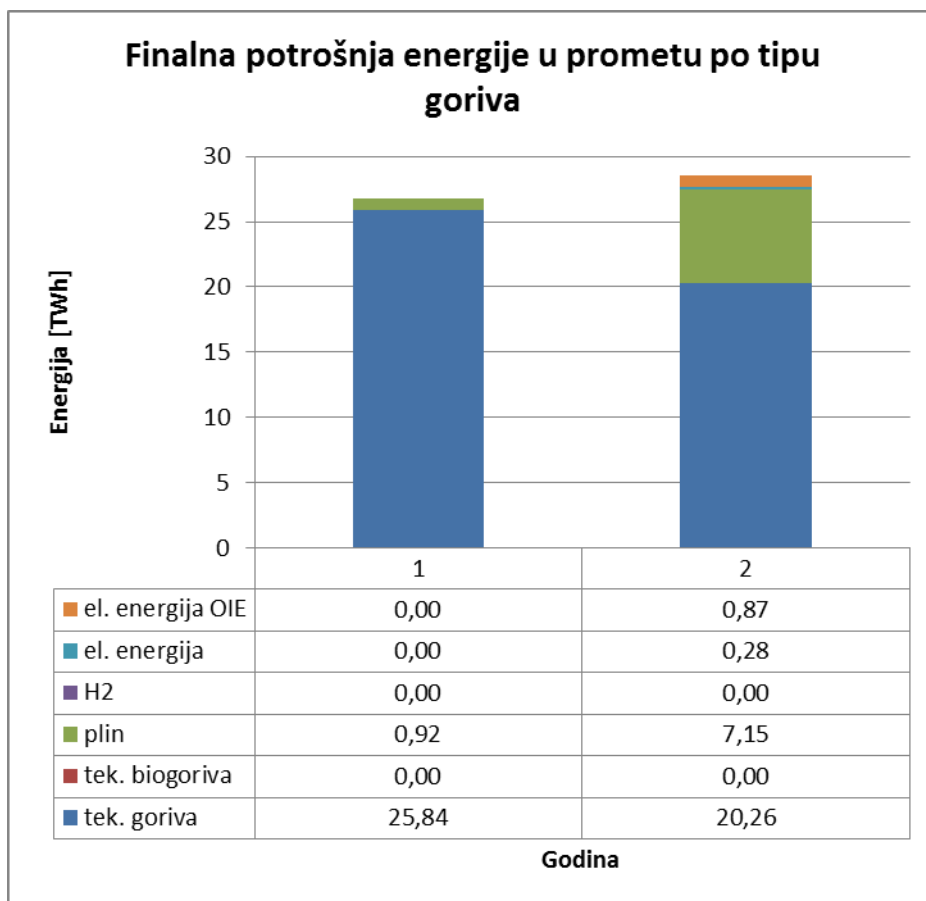
U drugom scenariju također je smanjena ukupna emisija CO<sub>2</sub> u 2030.g. u odnosu na 2017 godinu. Ukupna emisija emisija CO<sub>2</sub> za 2030.g. prema drugom scenariju, ipak je veća nego u prvom scenariju. U industriji rezultati pokazuju neznatno povećanje emisije, ali u sektoru transporta i transformacija zabilježena je smanjena emisija.



Slika 4-9. Emisije CO<sub>2</sub> po sektorima

U drugom scenariju finalna potrošnja energije raste, što je negativna okolnost pri planiranju niskougljičnog energetskeg sustava. Razlog tome je veća energetska iskoristivost dizel i benzin goriva u odnosu na prirodni plin, tj. manja potrošnja energije za jednaki broj prijeđenih kilometara.





Slika 4-10. Finalna potrošnja energije u prometu po tipu goriva

#### 4.4. Scenarij povećanja udjela vodika kao pogonskog goriva

Za treći scenarij korišteni su ulazni podaci prema kojima je udio vodika 20% od ukupno utrošene energije za svaku kategoriju vozila (osim lokomotiva zbog visokog udjela alternativnih goriva, tj. električne energije, u referentnom scenariju), dok su udjeli ostalih goriva proporcionalno smanjeni. Za ovaj scenarij (vodik) potrebno je instalirati snagu elektrolizatora u iznosu od 720 MW u energetsom sustavu Republike Hrvatske, neophodnu za proizvodnju tolike količine vodika, te je tu promjenu potrebno unijeti u EnergyPLAN.

Tablica 4-11. Promjena udjela goriva

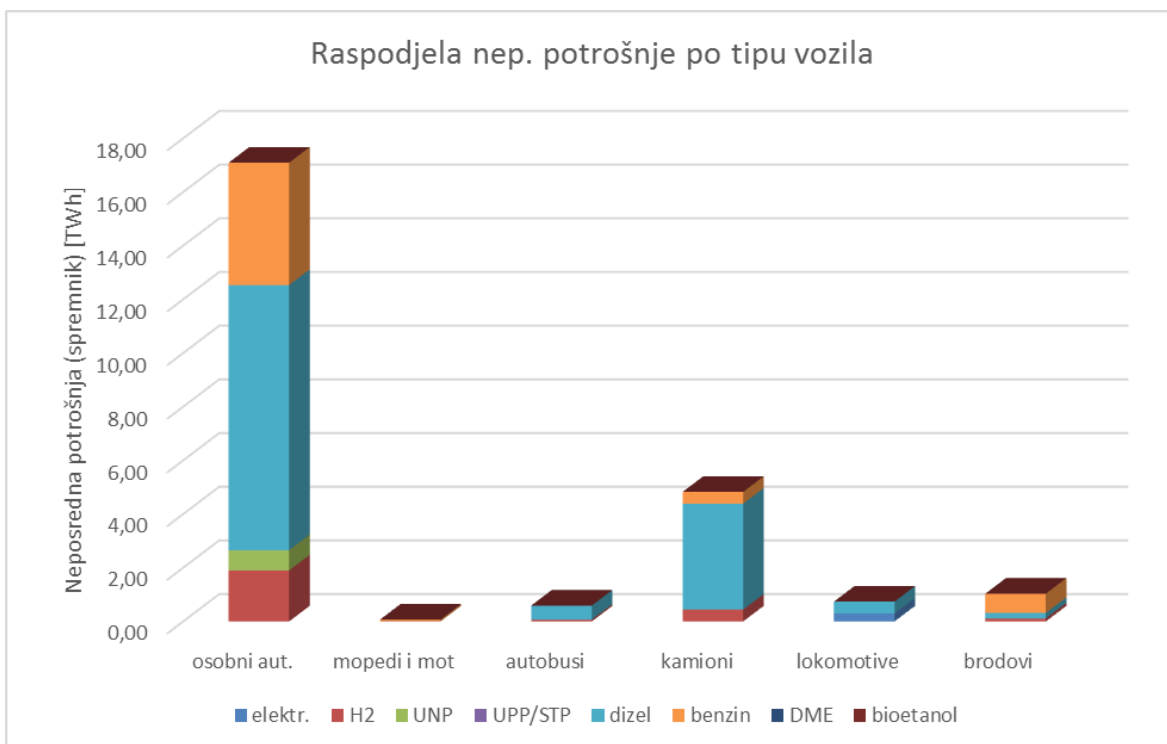
Tip vozila	el. energija	vodik	UNP	PP	dizel	benzin
<b>osobni aut.</b>	<b>0%</b>	<b>20%</b>	<b>4%</b>	<b>0%</b>	<b>52%</b>	<b>24%</b>
<b>mopedi i mot</b>	<b>0%</b>	<b>20%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>80%</b>
<b>autobusi</b>	<b>0%</b>	<b>20%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>80%</b>	<b>0%</b>
<b>kamioni</b>	<b>0%</b>	<b>20%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>80%</b>	<b>0%</b>
<b>lokomotive</b>	<b>69%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>31%</b>	<b>0%</b>
<b>brodovi</b>	<b>0%</b>	<b>20%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>70%</b>	<b>10%</b>

Postotna promjena udjela rezultira promjenom u potrošnji energije za pojedino gorivo (izraženo u TWh). Promijenjeni podaci unose se u EnergyPLAN, koji daje rezultate za potrošnju energije i emisiju CO<sub>2</sub>.

Tablica 4-12. Ulazni podaci za EnergyPLAN

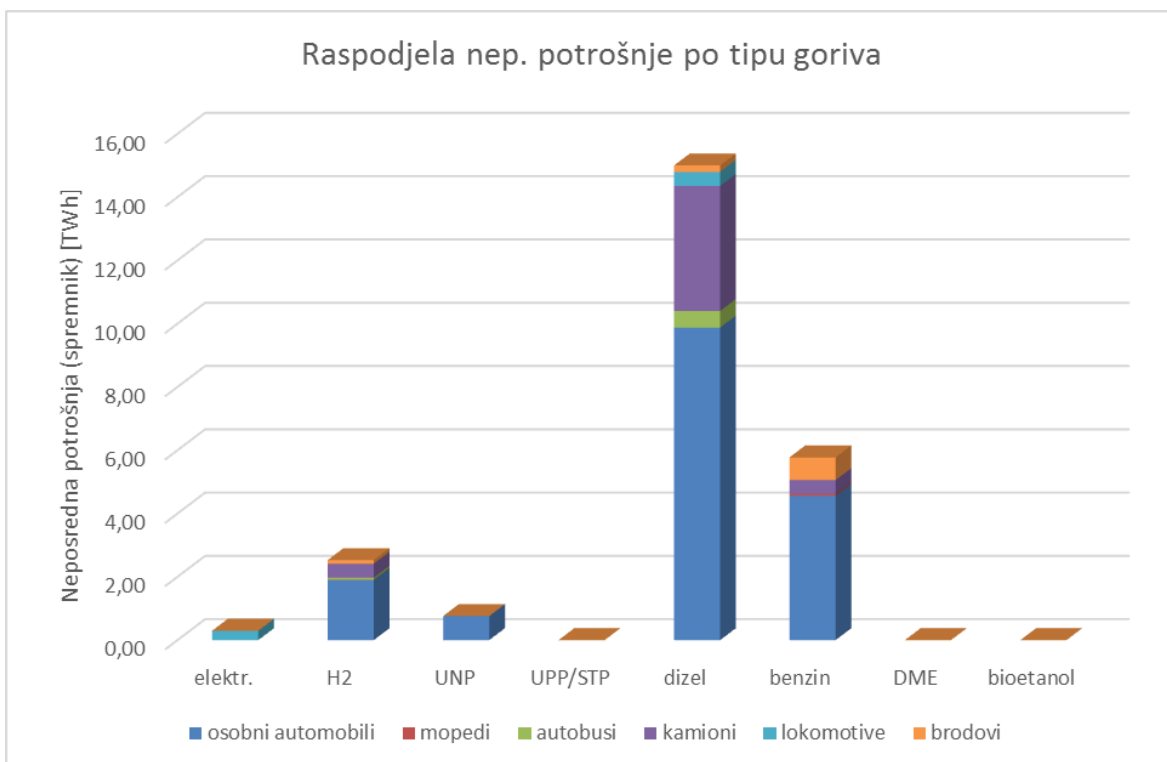
<b>Izvor energije</b>	<b>TWh</b>
<b>El. energija</b>	0,30
<b>Vodik</b>	2,53
<b>Ukapljeni naftni plin</b>	0,76
<b>Prirodni plin</b>	0,00
<b>Dizel (fosilni)</b>	15,00
<b>Benzin (fosilni)</b>	5,77
<b>Biodizel</b>	0,00
<b>Metanol</b>	0,00
<b>Kerozin</b>	1,53
<b>Biokerozin</b>	0,17

U trećem scenariju (povećanje udjela vodika za sve kategorije vozila osim lokomotiva) u raspodjeli neposredne potrošnje energije po tipu vozila, potrošnja energije u kategoriji osobnih automobila manja je nego u drugom scenariju (povećanje udjela prirodnog plina), a jednaka potrošnja energije u prvom scenariju (povećanje udjela električne energije). U kategoriji kamiona potrošnja energije je na istoj razini kao u drugom scenariju, tj. više nego za prvi scenarij.



Slika 4-11. Neposredna potrošnja energije po tipu vozila

U raspodjeli neposredne potrošnje energije po tipu goriva u trećem scenariju, potrošnja energije iz dizel goriva je povećana zbog smanjenog udjela biodizela i bioetanola.



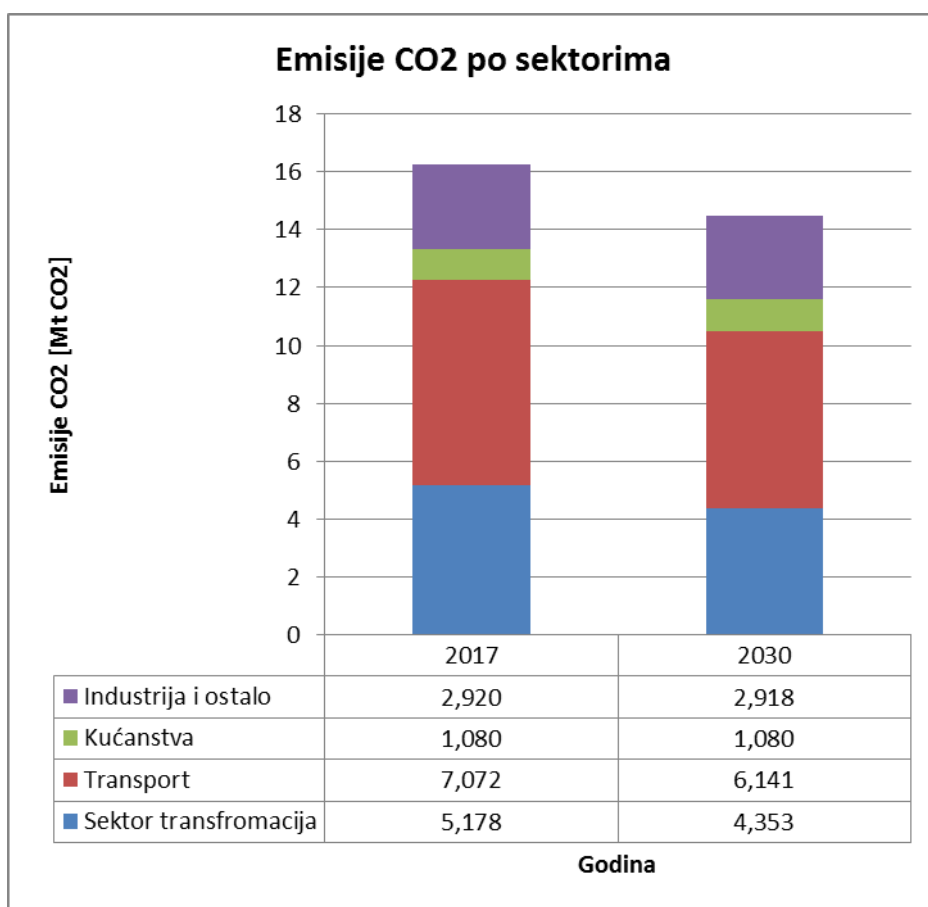
Slika 4-12. Neposredna potrošnja energije po tipu goriva

#### 4.4.1. Rezultati iz EnergyPLAN-a za treći scenarij

Tablica 4-13. Rezultati simulacija u EnergyPLAN-u

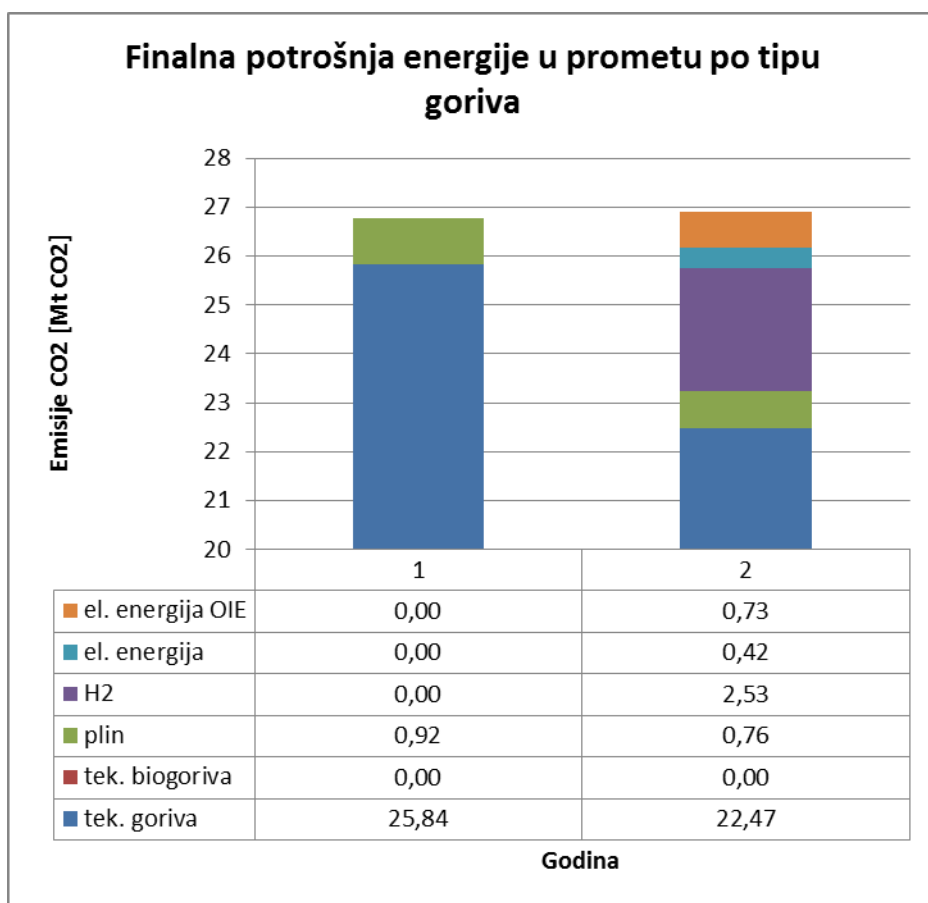
<b>Rezultati simulacija u EnergyPLAN-u</b>	<b>2017.g.</b>	<b>2030.g.</b>	
<b>udio OIE u neposrednoj potrošnji energije</b>	27,3%	33,9%	
<b>udio OIE u neposrednoj potrošnji energije u prometu</b>	0%	2,3%	
<b>potrošnja primarne energije</b>	92,2	83,72	TWh
<b>neposredna potrošnja energije</b>	74,7	75,4	TWh

Treći scenarij pokazuje smanjenje ukupne emisije CO<sub>2</sub> u 2030.g. u odnosu na 2017.g. Smanjenje je zabilježeno u sektorima industrije (neznatno), transformacija i transporta, a kućanstva su na istoj razini. Ukupna emisija CO<sub>2</sub> u trećem scenariju veća je nego u prvom scenariju (el. energija), ali je manja nego u drugom scenariju (prirodni plin).



Slika 4-13. Emisije CO<sub>2</sub> po sektorima

Finalna potrošnja energije u prometu, u trećem scenariju za 2030. godinu je porasla u odnosu na referentni scenarij iz 2017. godine kao i u drugom scenariju, suprotno ciljanom smanjenju potrošnje (sl 4.13.).



Slika 4-14. Finalna potrošnja energije u prometu po tipu goriva

#### 4.5. Zaključak analize

U EnergyPLAN-u su izrađena tri scenarija za 2030. godinu, a svaki scenarij ima različit utjecaj na raspodjelu goriva u finalnoj potrošnji energije u Hrvatskoj. U prvom scenariju, gdje je razina udjela el. energije podignuta na 20 % za sve kategorije vozila osim za lokomotive vidljiv je najveći utjecaj na smanjenje emisije CO<sub>2</sub> i smanjenje finalne potrošnje energije. U drugom scenariju sa 100 %-tnim udjelom prirodnog plina za autobuse, kamione i brodove također je smanjena emisija CO<sub>2</sub>, ali finalna potrošnja energije u prometu raste. U trećem scenariju udio vodika od 20 % također donosi povećanje finalne potrošnje energije, ali i željeno smanjenje emisije CO<sub>2</sub>.

## 5. ZAKLJUČAK

U proizvodnji primarne energije u Hrvatskoj udjel fosilnih goriva iznosi 34 %. Perspektiva smanjenja tog udjela nalazi se u povećanju udjela OIE u proizvodnji energije i primjeni alternativnih pogonskih goriva u prometu. Analiza iz EnergyPLAN-a s izmjenama udjela potrošnje energije po gorivima u prometu pokazala je najbolje rezultate pri primjeni električne energije u prometu kao kombinacije smanjenja emisije CO<sub>2</sub> i smanjenja finalne potrošnje energije u prometu, a to su dvije najvažnije pretpostavke suvremenog razvoja niskougljičnog energetskeg sektora u Republici Hrvatskoj. Ostala dva scenarija, nisu povoljni u pogledu finalne potrošnje energije u prometu (iznos se povećava), ali rezultati su pozitivni za smanjenje emisije CO<sub>2</sub>. U drugom scenariju je radi vjernijeg prikaza povećan udio prirodnog plina samo za vozila u kojima se takva vrsta pogona koristi u današnjici. S obzirom na razvijene tehnologije, to su kategorije brodova, autobusa i kamiona. Za provedbu trećeg scenarija s povećanim udjelom vodika, u Republici Hrvatskoj je potrebno sagraditi cjelokupnu infrastrukturu potrebnu za proizvodnju i distribuciju tog goriva, dok za scenarije električne energije i prirodnog plina infrastruktura već postoji, s potrebama nadogradnje i unaprijeđenja.

Budućnost razvoja niskougljičnog energetskeg sektora u RH uvelike ovisi o pomno razrađenom planiranju i provedbi Strategije energetskeg razvoja Republike Hrvatske. Zakoni i propisi Europske Unije, koje je Republika Hrvatska obvezna slijediti, izravno nalažu smanjenja emisija stakleničkih plinova u svim sektorima gospodarstva u točno određenim brojkama. Globalno gledajući, to je osnova od koje se polazi u energetskeg tranziciji ka održivom energetskeg sustavu, s izravnim utjecajem na održivost ekosustava na Zemlji, tj. života kakvog danas poznajemo.



## 6. REFERENCE

1. ČAVRAK, V., SMOJVER, Ž.,2005: Ekonomski aspekti energetske djelotvornosti prometa u Republici Hrvatskoj, Zbornik ekonomskog fakulteta u Zagrebu, (3)109-132
2. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2019. Bijela knjiga - analize i podloge za izradu Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske, Zagreb
3. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2007. Energija u Hrvatskoj 2006, Zagreb.
4. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR,2008. Energija u Hrvatskoj 2007, Zagreb.
5. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2009. Energija u Hrvatskoj 2008, Godišnji energetski pregled, Zagreb
6. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2010. Energija u Hrvatskoj 2009, Godišnji energetski pregled, Zagreb.
7. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2011. Energija u Hrvatskoj 2010, Godišnji energetski pregled, Zagreb.
8. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2012. Energija u Hrvatskoj 2011, Godišnji energetski pregled, Zagreb.
9. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2013. Energija u Hrvatskoj 2012, Godišnji energetski pregled, Zagreb
10. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2014. Energija u Hrvatskoj 2013, Godišnji energetski pregled, Zagreb
11. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2015. Energija u Hrvatskoj 2014, Godišnji energetski pregled, Zagreb
12. 7. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2016. Energija u Hrvatskoj 2015, Godišnji energetski pregled, Zagreb
13. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2017. Energija u Hrvatskoj 2016, Godišnji energetski pregled, Zagreb
14. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2018. Energija u Hrvatskoj 2017, Godišnji energetski pregled, Zagreb
15. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, 2019. Energija u Hrvatskoj 2018, Godišnji energetski pregled, Zagreb

16. GRANIĆ, G., 2012: Vizija mogućnosti energetskog razvoja, međusobnih odnosa i utjecaja u Hrvatskoj za razdoblje do 2050. godine, Nafta (5-6), 161-172
17. KNEZ, A., STANKOVIĆ, S., KRAJNOVIĆ, A., 2014: Upravljanje troškovima energije u uslužnom sektoru Grada Zadra, Poslovna izvrsnost Zagreb, VIII (2), 79-111
18. MINISTARSTVO ZAŠTITE OKOLIŠA I ENERGETIKE, 2019. Nacrt integriranog nacionalnog energetskog i klimatskog plana za Republiku Hrvatsku za razdoblje od 2021.g. do 2030. godine, Zagreb.
19. TOMŠIĆ, Ž., FILIPOVIĆ, M., RAJŠI, I., 2017: Niskougljična strategija godine Republike Hrvatske za elektroenergetski sektor do 2050., Hrvatski ogranak međunarodnog vijeća za velike elektroenergetske sustave – CIGRE, 1-10

Web izvori:

1. BAĆAN, A., 2019: Prilog broja: Obnovljivi izvori energije, Gospodarski list  
URL: <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/prilog-broja-obnovljivi-izvori-energije/>
2. EUROPEAN PARLIAMENT, 2017. Directorate-general for internal policies, policy department economic and scientific policy  
URL:  
[www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)
3. EUROPSKI PARLAMENT, 2019. Emisije CO<sub>2</sub> u prometu EU-a: Činjenice i brojke  
URL:  
<https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20190313STO31218/emisije-co2-u-prometu-eu-a-cinjenice-i-brojke>
4. EUROPSKA KOMISIJA, 2019. Izvješće komisije Europskom parlamentu i vijeću, Ocjena napretka država članica u postizanju nacionalnih ciljeva energetske učinkovitosti do 2020. i u provedbi Direktive o energetske učinkovitosti u skladu s člankom 24. stavkom 3. Direktive o energetske učinkovitosti 2012/27/EU za 2018.  
URL: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2019/HR/COM-2019-224-F1-HR-MAIN-PART-1.PDF>
5. HAK REVIJA, Suprotnost europskim trendovima, hrvatskim građanima omiljena su dizelska vozila

URL: <https://revijahak.hr/2019/02/03/suprotnost-europskim-trendovima-hrvatskim-gradanima-omiljena-su-dizelska-vozila/>

## **Izjava**

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno na temelju znanja stečenih na Rudarsko – geološko – naftnom fakultetu služeći se navedenom literaturom.

---

Dario Bošnjak