

Mogući razvoj energetskeg sektora Republike Hrvatske do 2050. godine u uvjetima smanjenja emisije ugljikovog dioksida

G. Granić i suradnici

PREGLEDNI ČLANAK

U radu je analizirano pitanje: Je li moguće i s kojim posljedicama ostvariti energetske razvoj uz istovremeno smanjenje emisije CO₂ za 80 posto do 2050. godine? Pri tome se ne misli samo na očekivane posljedice rasta troškova, već i na moguće poželjne utjecaje energetskeg sektora na tehnološki razvoj, razvoj znanosti, gospodarstva i povećanje dodane vrijednosti.

Za potrebe rada, razvoj energetskeg sektora do 2050. godine modeliran je i simuliran upotrebom dva modela za procjenu energetskeg sustava:

- Model za analizu potrošnje energije (MAED – Model for Energy System Analysis¹).
- Model za optimiranje sustava opskrbe energijom (MESSAGE – Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impacts²). MESSAGE koristi rezultate MAED modela kao ulazne pretpostavke i podatke.

Mogućnosti razvoja u sektorima industrija, kućanstvo, usluge i promet modelirane su simulacijski, tj. razmatrane su moguće putanje razvoja kako bi se približno dostigli ciljevi sektorskog smanjenja emisije CO₂ u skladu s prethodno opisanim ciljevima koji se razmatraju na razini EU.

Prosječni trošak proizvodnje električne energije u 2050. godini povećava se za skoro 140 posto u odnosu na 2015. godinu.

Odgovor je: Smanjenje emisija CO₂ u Hrvatskoj za 80 posto ukupno i u elektroenergetskom sektoru do 95 posto je moguće, s tehničkog i tehnološkog aspekta, ali uz visoke financijske posljedice i značajne promjene u energetskeg sektoru, kojima treba prethoditi promjene u znanstvenom i industrijskom razvoju.

Ključne riječi: energetika, RH, razvoj do 2050, elektroenergetski sektor, smanjenje CO₂

1. Uvod

Mjere ograničenja promjene klime bitno mijenjaju viziju energetskeg sektora. Ove mjere iskazuju se kroz postupno smanjenje ukupne emisije ugljikovog dioksida (CO₂). U radu se istražuju mogućnosti i posljedice ostvarenja cilja smanjenja emisije CO₂ u energetskeg sektoru za 80 posto u odnosu na referentnu 1990. godinu. Smanjenje od 80 posto postavljeno je u skladu s dokumentom Europske komisije o mogućnostima razvoja energetskeg sektora Europske unije do 2050. godine³.

Pozornost je posvećena mogućnostima povećanja energetske učinkovitosti i udjela obnovljivih izvora energije, razvoju postojećih i novih tehnologija, daljnjoj mogućnosti korištenja fosilnih goriva dodavanjem postrojenja za izdvajanje i spremanje CO₂ (CCS⁴), sveukupnoj održivosti mogućih rješenja i njihovim gospodarskim posljedicama. Nuklearna opcija nije razmatrana kako politička dimenzije njihove izgradnje

ne bi zasjenila vrlo važna pitanja razvoja energetskeg sektora.

Analiza razdoblja do 2050. godine omogućava razmatranje strukturnih promjena u energetskeg sektoru u smislu promjena načina proizvodnje i potrošnje energije, očekivanog razvoja i povećanja učinkovitosti tehnologija, unaprjeđenja mogućnosti skladištenja energije i komercijalizacije pojedinih tehnoloških opcija.

Promatrano razdoblje bit će prožeto snažnim razvojem informatičkih i komunikacijskih tehnologija, koje će nakon "pametnih mjerenja" i "pametnih mreža" otvoriti razdoblje "pametne energetike", tj. razdoblje u kojem su usluge prilagođene korisnicima energije, a istovremeno su omogućeni: učinkovitost, poboljšanje kvalitete i način korištenja usluge, izbor usluga te prilagodba troškova.

Postavlja se osnovno pitanje: Je li moguće i s kojim posljedicama ostvariti energetske razvoj uz istovremeno smanjenje emisije CO₂ za 80 posto do 2050. godine? Pri tome se ne misli samo na očekivanu posljedicu rasta

1 Model for Analysis of Energy Demand (MAED-2), Computer Manual Series 18, International Atomic Energy Agency, 2006

2 MESSAGE - Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impacts, User Manual, International Atomic Energy Agency, June 2007

3 European Commission: A Roadmap for Moving to a Competitive Low Carbon Economy in 2050, 2011

4 Carbon Capture and Storage

troškova, već i na moguće poželjne utjecaje energetskog sektora na tehnološki razvoj, razvoj znanosti, gospodarstva i povećanje dodane vrijednosti. Pravovremeno i istovremeno sagledavanje ciljeva i pretpostavki njihovog ostvarenja do 2050. godine otvara mogućnost oblikovanja strategije razvoja gospodarstva za predstojeće razdoblje koje će se temeljiti na novim tehnologijama i inovacijama.

2. Prijedlog EU strategije smanjenja emisija do 2050. godine

Pred međunarodnom zajednicom je izazov očuvanja klime i mijenjanja odnosa u gospodarenju prirodnim resursima, zaštiti okoliša i tehnološkom razvoju. Europska unija je predvodnica aktivne politike ublažavanja klimatskih promjena, na globalnoj razini. Hrvatska, kao buduća članica Europske unije, harmonizirala je svoj zakonodavni okvir i slijedi politiku EU u području klimatskih promjena.

Prema procjenama Međuvladinog tijela za klimatske promjene (IPCC), potrebno smanjenje antropogenih emisija stakleničkih plinova razvijenih zemalja je 25-40 posto do 2020. godine u odnosu na emisiju iz 1990. godinu. Do 2050. bilo bi potrebno smanjiti ukupne globalne emisije stakleničkih plinova za najmanje 50 posto, a razvijene zemlje bi trebale smanjiti antropogene emisije stakleničkih plinova za 80-95 posto. Smanjenje emisije od najmanje 50 posto na globalnoj razini do 2050. godine je preduvjet za ostvarenje optimističnog scenarija IPCC-a, u kojem se predviđa stabilizacija koncentracije stakleničkih plinova na 450 ppm i porast prosječne temperature za oko 2 °C do 2100. u odnosu na 2000. godinu. Ukoliko ne dođe do smanjenja emisija koncentracija stakleničkih plinova mogla bi se povećati na 1 000 ppm, a temperatura za čak 6 °C do 2100. godine, što može imati nesagledive posljedice na klimu.

EU je postavila ciljeve za razdoblje do 2020. godine: smanjenje emisije antropogenih stakleničkih plinova za 20 posto, povećanje udjela korištenja obnovljivih izvora energije na 20 posto i povećanje energetske učinkovitosti za 20 posto. EU je spremna smanjiti emisije s vlastitog teritorija i više od 20 posto, ukoliko i ostale članice UNFCCC-a prihvate odgovarajuće obveze. Za 2050. godinu potrebna su znatno veća smanjenja emisija, tako da EU sukladno preporukama IPCC-a planira smanjiti emisije stakleničkih plinova za najmanje 80 posto. To je i jedino moguće rješenje u slučaju kada postojeći modeli razvoja gospodarstva i energetskog sektora ne uspijevaju na odgovarajući način vrednovati trošak koji na kraju plaćaju okoliš i prirodni resursi.

Prilikom promišljanja EU ciljeva za 2050. godinu rađene su sektorske analize te su određeni okvirni ciljevi za 2030., 2040. i 2050. godinu, kako bi se ostvario prijelaz prema konkurentnom nisko-ugljičnom gospodarstvu. Europska komisija je modelirala nekoliko scenarija razvoja koji dovode do

željenog smanjenja emisije od 80 posto u 2050. u odnosu na 1990. godinu. Kako bi se ostvario zadani cilj, bit će potrebno pojačati aktivnosti na smanjenju emisija, budući da je postojećim modelom razvoja moguće ostvariti smanjenje emisija od svega 40 posto. Ciljano smanjenje emisije stakleničkih plinova u EU prikazano je na slici 1.

Sektorski promatrano, najveći doprinos smanjenju emisija stakleničkih plinova imat će elektroenergetika od oko 95 posto smanjenja u 2050. u odnosu na 1990. godinu, zatim zgradarstvo (kućanstva i usluge) oko 90 posto pa slijedi industrija (oko 85 posto), promet (oko 60 posto) i neenergetski sektori (poljoprivreda, šumarstvo, gospodarenje otpadom...). U tablici 1. prikazana su očekivana smanjenja emisija za 2030. i 2050. godinu u odnosu na 1990. godinu po sektorima, kao i usporedba emisija 2005. u odnosu na 1990. godinu.

Električna energija bi trebala odigrati glavnu ulogu u razvoju nisko-ugljičnog europskog gospodarstva. Analize pokazuju da je do 2050. moguće gotovo u potpunosti eliminirati emisije CO₂ iz elektroenergetike, uz veću uporabu električne energije (bez emisija CO₂) u prometu, kućanstvima i uslugama. Međutim, usprkos povećanju potrošnje električne energije u navedenim sektorima, zbog povećanja učinkovitosti i načina korištenja električne energije, stopa rasta potrošnje električne energije ostat će na razini današnjih stopa rasta.

Slijedom ukratko opisanog dokumenta Europske komisije i okvirnih ciljeva za EU, u radu se u nastavku istražuje na koji način je do 2050. godine moguće postići 80 postotno smanjenje emisije CO₂ u energetskom sektoru u Republici Hrvatskoj. Smanjenje se promatra u odnosu na baznu 1990. godinu.

3. Osnovne postavke za sagledavanje energetskog razvoja do 2050. godine

Za potrebe rada je razvoj energetskog sektora do 2050. godine modeliran i simuliran upotrebom dva modela za procjenu energetskih sustava:

Model za analizu potrošnje energije (MAED – Model for Energy System Analysis⁵)

Tablica 1. Ostvareno i očekivano smanjenje emisija stakleničkih plinova u EU u odnosu na 1990. godinu			
	2005.	2030.	2050.
Elektroenergetika	-7%	-54 do -68%	-93 do -99%
Industrija	-20%	-34 do -40%	-83 do -87%
Promet	+30%	+20 do -9%	-54 do -67%
Kućanstva i usluge	-12%	-37 do -53%	-88 do -91%
Poljoprivreda	-20%	-36 do -37%	-42 do -49%
Ostali sektori	-30%	-72 do -73%	-70 do -78%
Ukupno	-7%	-40 do -44%	-79 do -82%

5 Model for Analysis of Energy Demand (MAED-2), Computer Manual Series 18, International Atomic Energy Agency, 2006

Model za optimiranje sustava opskrbe energijom (MESSAGE – Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impacts⁶). MESSAGE koristi rezultate MAED modela kao ulazne pretpostavke i podatke.

Mogućnosti razvoja u sektorima industrija, kućanstvo, usluge i promet modelirane su simulacijski, tj. razmatrane su moguće putanje razvoja kako bi se približno dostigli ciljevi sektorskog smanjenja emisije CO₂ u skladu s prethodno opisanim ciljevima koji se razmatraju na razini EU.

Razvoj elektroenergetskog sektora modeliran je optimizacijsko-simulacijskim modelima u kojima je glavno ograničenje zahtjev za postupnim smanjenjem emisije ugljikovog dioksida. U nekoliko iteracija između modela, podešavanjem sektorskih ciljeva i pretpostavki o primjeni pojedinih mjera smanjenja emisije, određena je ukupna moguća putanja razvoja energetskog sektora te smanjenje emisije CO₂ u 2050. godini za 80 posto u odnosu na baznu 1990. godinu.

Osnovne pretpostavke u modeliranju potrošnje finalne energije su:

- broj stanovnika u Hrvatskoj će se do 2050. godine postepeno smanjivati do 3,86 milijuna (projekcija United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division),
 - bruto domaći proizvod po stanovniku će do 2050. godine porasti za 5,5 puta na iznos od 30 000 USD₂₀₀₀,
 - zbog značajnije uloge industrije u gospodarstvu, unatoč tehničkom napretku očekuje se porast potrošnje korisne energije
 - u teretnom prometu dominiraju elektrovođa i CNG, a do 2050. godine je pretpostavljen udio od 50 posto elektromobila
 - do 2050. godine bi pola stambenog fonda bile novoizgrađene stambene jedinice, a u drugoj polovici bi sve stambene jedinice imale poboljšanu toplinsku izolaciju; rezultat su u 2050. godini toplinski gubici ukupnog stambenog fonda od 27 kWh/m² grijane površine
 - u 2050. godini će 40 posto grijanja kućanstava biti modernom biomasom, 30 posto toplinskim crpkama, 20 posto daljinskim grijanjem i samo 10 posto prirodnim plinom; 30 posto pripreme tople vode je solarnim kolektorima
 - površina uslužnog sektora i dalje raste, toplinski gubici se mjerama do 2050. godine svode na 25 kWh/m², struktura grijanja i pripreme potrošne tople vode slična je kao i za kućanstva.
- Polazna stajališta i osnovne smjernice razvoja elektroenergetskog sektora su:
- dozvoljeno je povećanje emisije CO₂ do 2025. godine kada emisija dostiže oko 7,8 milijuna tona. Nakon 2025. godine emisije se postupno ograničavaju i smanjuju do razine od 0,5 milijuna tona u 2050. godini

- primjena tehnologije izdvajanja i spremanja CO₂ je moguća već od 2020. godine, bilo kao novi projekti ili naknadna ugradnja u postojeće elektrane. Učinkovitost procesa izdvajanja i spremanja CO₂ je na razini 85-90 posto
- ne razmatra se izgradnja novih nuklearnih elektrana. Pretpostavka da je NE Krško u pogonu do kraja 2032. godine
- pretpostavka je da je moguće izgraditi dodatnih oko 750 MW u hidroelektranama (od toga do 200 MW u malim hidroelektranama)
- u pogledu vjetroelektrana razmatra se do ukupno 5 000 MW na lokacijama na obali/unutrašnjosti te na off-shore lokacijama. Razvoj off-shore lokacija očekuje se nakon 2030. godine
- izgradnja termo-solarnih elektrana⁷ s mogućnošću pohrane topline očekuje se najranije od 2020. godine. Pretpostavljeno je da će se troškovi izgradnje ove tehnologije značajno smanjiti do 2050. godine, za oko 40 posto u odnosu na sadašnju razinu. Ukupni tehnički potencijal ove tehnologije do 2050. godine procijenjen je na 1 500 MW.

4. Mogući scenariji energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2050. godine

U nastavku su prikazani najvažniji rezultati provedenih analiza.

Finalna potrošnja energije po kategorijama potrošnje prikazana je na slici 2, a po oblicima energije na slici 3. U razdoblju do 2035. godine očekuje se lagani porast ukupne finalne energije unatoč snažnim mjerama za povećanje energetske učinkovitosti na svim razinama, osobito u području poboljšanja toplinske izolacije i intenzivne obnove stambenog fonda. Nakon 2035. godine, strukturne, tehnološke i mjere poboljšanja energetske učinkovitosti dostižu razinu koja omogućava postupno smanjenje finalne potrošnje. U 2050. godini finalna potrošnja veća je za 5,9 posto u odnosu na 2010. godinu.

Promatrano po kategorijama potrošnje, u razdoblju do 2050. godine očekuje se smanjenje finalne potrošnje u prometu (sa sadašnjih 2,07 milijuna ten na 1,87 milijuna ten, tj. smanjenje za 9,7 posto) i kućanstvima (sa sadašnjih 1,89 milijuna ten na 1,37 milijuna ten, tj. smanjenje za 27,8 posto). U istom razdoblju finalna potrošnja u sektoru usluga raste za 12,1 posto (tj. sa sadašnjih 0,76 na 0,86 milijuna ten), dok se najveći porast bilježi u industriji – 47,1 posto (tj. porast sa sadašnjih 2,22 na 3,27 milijuna ten).

Posljedično se mijenja struktura finalne potrošnje te će u 2050. godini najveći udio imati industrija s 44,4 posto (povećanje sa sadašnjih 32,0 posto), zatim promet – 25,4 posto (smanjenje sa sadašnjih 29,8 posto). Udio kućanstava smanjit će se sa sadašnjih 27,2 posto na 18,5 posto u 2050. godini, dok će sektor usluga ostati na

6 MESSAGE - Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impacts, User Manual, International Atomic Energy Agency, June 2007

7 CSP – Concentrated Solar Power

Tablica 2. Emisija CO₂ u energetsom sektoru RH i moguće smanjenje u odnosu na 1990. godinu

	Emisija CO ₂ u milijunima tona					Promjena emisije u odnosu na 1990. godinu u %		
	1990.	2010.	2020.	2030.	2050.	2020.	2030.	2050.
Industrija	7,56	4,48	3,27	3,04	0,62	-56,8	-59,8	-91,9
Promet	3,99	5,96	5,44	4,03	1,84	36,6	1,0	-53,9
Kućanstva	2,00	2,10	1,87	1,37	0,42	-6,1	-31,1	-79,0
Usluge	0,77	0,67	0,48	0,37	0,16	-37,2	-52,3	-79,0
Električna i toplinska	3,69	3,96	5,40	5,56	0,72	46,5	50,9	-80,4
Rafinerije	2,57	1,47	0,91	0,69	0,34	-64,3	-72,9	-86,9
Ukupna emisija CO ₂	20,56	18,64	17,38	15,06	4,09	-15,5	-26,7	-80,1

približno jednakom udjelu (blago povećanje sa sadašnjih 11,0 posto na 11,6 posto).

U strukturi oblika energije za zadovoljenje finalne potrošnje bilježe se sljedeće bitne promjene:

- potrošnja električne energije značajno se povećava u svim kategorijama te sa sadašnjih 1,37 raste na 3,17 milijuna ten u 2050. godini, što predstavlja povećanje od oko 130 posto ili u prosjeku 2,1 posto godišnje. U kombinaciji s proizvodnjom električne energije bez emisije CO₂ ovakav razvoj potrošnje omogućava dostizanje zadanih ciljeva smanjenje ukupne emisije CO₂. Udio električne energije u finalnoj potrošnji u 2050. godini dostiže 43,0 posto (povećanje sa sadašnjih 19,7 posto)
- potrošnja fosilnih goriva se sa sadašnjih 4,84 smanjuje na 2,28 milijuna ten u 2050. godini, tj. smanjuje se za 52,9 posto. Izravni udio fosilnih goriva u finalnoj potrošnji u 2050. godini iznosi 31,0 posto (smanjenje sa sadašnjih 69,6 posto)
- udio obnovljivih izvora energije (ogrjevno drvo, moderna biomasa, sunčeva energija i biogoriva) povećava se za 228 posto. Izravni udio OIE u finalnoj potrošnji na kraju razdoblja iznosi 22,2 posto. Ako se o tome dodaju električna i toplinska energija (centralizirani toplinski sustavi) proizvedena iz OIE, udio OIE u zadovoljenju finalne potrošnje iznosi 55,3 posto
- moderni sustavi za biomasu postupno istiskuju ogrjevno drvo iz uporabe.

Značajne promjene su potrebne i u elektroenergetskom sektoru, osobito nakon 2030. godine kada ograničenje emisije CO₂ sve više potiskuje uporabu klasičnih tehnologija na fosilna goriva. Prirodni plin se pokazuje kao bolji izbor u odnosu na ugljen, s obzirom na manju emisiju po proizvedenoj jedinici električne energije, no daljnja uporaba plina zahtjeva instalaciju postrojenja za izdvajanje i spremanje CO₂.

Nakon 2030. godine ubrzano se razvijaju vjetroelektrane, termo-solarne kao i solarne PV elektrane. Udio električne energije proizvedene u vjetroelektranama u 2050. godini dostiže 37,5 posto (16,2 TWh). Udio proizvodnje solarnih elektrana istovremeno iznosi 21,6 posto (9,3 TWh). Ukupni udio OIE u proizvodnji električne energije na kraju razdoblja iznosi 80,3 posto. Ostatak se proizvodi u termo- elektranama na prirodni

plin i ugljen s CCS opremom. Struktura proizvodnje električne energije prikazana je na slici 4.

Na kraju razdoblja ukupna instalirana snaga elektrana dostiže 14,3 GW uz rezervu od skoro 100 posto. Instalirana snaga OIE tehnologija u 2050. godini iznosi 10,6 GW ili 74 posto ukupno instalirane snage svih elektrana. Na kraju razdoblja u pogonu je praktično samo jedna termoelektrana na ugljen snage 500 MW te 3 200 MW u plinskim elektranama. Uporaba CCS sustava razvijat će se nakon 2035., a osobito snažno nakon 2045. godine. Do kraja razdoblja sve termoelektrane imale bi CCS.

Ukupni rezultati simulacija ukazuju da je do 2050. godine doista moguće dostići cilj 80-postotnog smanjenja emisije CO₂ u odnosu na 1990. godinu. U tablici 2. i na slici 5. prikazana je ukupna emisija CO₂ i smanjenje emisije CO₂ po kategorijama potrošnje.

Struktura dostizanja ukupnog cilja razlikuje se u odnosu na procjene Europske komisije na razini EU. Odstupanje se objašnjava činjenicom da je struktura emisija u baznoj godini bitno drukčija u Hrvatskoj u odnosu na EU prosjek. Za dostizanje postavljenog cilja najveće smanjenje potrebno je ostvariti u industriji (preko 90 posto), a najmanje u sektoru prometa (oko 54 posto). U ostalim sektorima smanjenje je potrebno na razini od oko 80 posto.

Ukupna emisija CO₂ iz svih podsektora energetike u 2050. godini iznosi 4,1 milijuna tona. Najveći udio u ukupnim emisijama ima podsektor prometa s 45 posto.

Ugljikova intenzivnost po stanovniku u 2050. godini iznosi 1,06 tona, što predstavlja smanjenje od 72 posto u odnosu na 1990. godinu kada je iznosila 3,81 tona. Smanjenje ugljikove intenzivnosti je nešto manje od modeliranog smanjenja emisija CO₂ do 2050. godine (80 posto), zbog pretpostavljenog smanjenja broja stanovnika u Hrvatskoj.

5. Osnovne poruke analize

Značajno smanjenje emisije ugljikovog dioksida zahtjeva podjednako značajne, zahtjevne i opsežne mjere i promjene načina proizvodnje i potrošnje energije koje su opisane u nastavku, a koje su rezultat prethodno opisane analize razvoja energetske sektora do 2050. godine.

Za postizanje 27 kWh/m² toplinskih gubitaka stambenog fonda bit će potrebna stroga zakonska regulativa i značajna poticajna sredstva. Brojka od 50 posto elektro-

mobila u 2050. godini znači kompletnu promjenu prometa, ali i prilagodbu elektroenergetskog sustava. Predviđena značajna zastupljenost moderne biomase, geotermalne i solarne energije u direktnim aplikacijama u finalnoj potrošnji u svim sektorima potrošnje, nije moguća bez značajnih poticaja.

Udio biomase, geotermalne i solarne energije u sustavima daljinskog grijanja u 2050. godini treba podići na 80 posto. Sličan razvoj, tj. snažna penetracija biogoriva (biodizel, bioetanol i biometan) potrebna je u ukupnoj potrošnji svih motornih goriva. U 2050. godini udio biogoriva dostiže 80 posto. Industrijska proizvodnja doživjet će značajne promjene tako da će biti potrebno povećati udio CCS tehnologija u industrijskim granama koje koriste prirodni plin na 80 posto do 2050. godine.

Obveza smanjenja emisije CO₂ snažno će se odraziti na strategiju i tržišno pozicioniranje rafinerija čija prerada postupno opada te u 2050. godini iznosi svega 1,23 milijuna tona sirove nafte (tj. svega 18 posto sadašnjih kapaciteta prerade). Za usporedbu u 2010. godini rafinerije Rijeka i Sisak preradile su 4,18 milijuna tona sirove nafte, što je 61,5 posto ukupnog kapaciteta prerade.

U 2050. godini sve elektrane temeljit će se na tehnologijama bez ili s vrlo niskim emisijama CO₂ (vjetar, sunce, hidro i CCS). Kako bi se emisije u što većoj mjeri smanjile, CCS tehnologije se primjenjuju u svim fosilnim termoelektanama. Na kraju razdoblja ukupna emisija CO₂ iz djelatnosti proizvodnje električne i toplinske energije smanjena je za oko 80 posto u odnosu na 1990. godinu i iznosi svega 0,72 milijuna tona. Međutim, dinamika smanjenja emisije CO₂ koju je potrebno ostvariti u elektroenergetici nakon 2030. izuzetno je zahtjevna sa stanovišta pripremnih radnji, visine investicija, potrebnih zahvata u sustavu i pronalaznja održivog modela organizacije tržišta električne energije koji će omogućiti tako brzu i značajnu strukturalnu promjenu.

Prosječni trošak proizvodnje električne energije u 2050. godini povećava se za skoro 140 posto u odnosu na 2015. godinu. Najveći dio povećanja ostvaruje se do 2040 godine, nakon čega na povećanje najviše utječe ugradnja CCS postrojenja u postojeće elektrane na plin i ugljen. Utjecaj primjene CCS tehnologije na povećanje troška proizvodnje iznosi oko 10 postotnih bodova. Granični trošak izbjegnute emisije ugljikovog dioksida u elektroenergetici već u 2030. dostiže skoro 70 EUR/tona CO₂ i na toj razini se zadržava do kraja promatranog razdoblja.

Okvirna razina investicija u nove elektrane u razdoblju do 2050. godine iznosi 31,9 milijardi eura. Od tog iznosa oko 75 posto je potrebno investirati u razdoblju nakon 2030. godine. Ukupne investicije u OIE tehnologije za proizvodnju električne energije do 2050. procijenjene su na razini 26,5 milijarde eura, od toga oko 75 posto u razdoblju nakon 2030. godine. Investicije u CCS postrojenja nastupaju nakon 2030. godine u ukupnom iznosu oko 1,4 milijarde eura.

6. Zaključci i preporuke

Hrvatska će, kao dio međunarodne zajednice i buduća članica Europske unije, vjerojatno imati obvezu značajnog smanjenja emisije stakleničkih plinova do 2050. godine. Za Hrvatsku je važno da to bude njen izbor i temeljno opredjeljenje. Ostvarivanje ovakvog cilja je moguće postavljanjem nove razvojne strategije Hrvatske. Nova razvojna strategija treba realno vrednovati zaštitu okoliša i klimatske promjene te stvoriti pretpostavke za tehnološki i industrijski razvoj, povećanje energetske učinkovitosti u svim gospodarskim aktivnostima, podizanje javnog i osobnog standarda, korištenje obnovljivih izvora energije i tehnologija koje smanjuju nepovoljan utjecaj na okoliš te potiču razvoj poljoprivrede i turizma. Nova razvojna strategija treba osigurati preduvjete za gospodarski rast te povećanje javnog i osobnog standarda uz očuvanje okoliša i klime.

Jedan od najvećih izazova je smanjenje emisija u sektoru prometa što će zahtijevati široku upotrebu biogoriva, osobito u cestovnom prijevozu. Struktura korištenih biogoriva ovisit će ne toliko o sirovinskoj osnovi pojedine zemlje, već o znanju i tehnologiji ili sredstvima koje će to omogućiti. Do 2050. godine očekuje se potpuno napuštanje proizvodnje biogoriva 1. generacije jer se njihovom primjenom ne postiže očekivano smanjenje emisije stakleničkih plinova te se ne pridonose smanjenju ovisnosti o nafti. Proizvodnja ovih biogoriva u EU je već danas ograničena propisima. Postupno se razvija vozni park i infrastruktura za korištenje stlačenog biometana (dobivenog pročišćavanjem bioplina). Odvajanje organskog dijela komunalnog otpada pogodnog za proizvodnju bioplina daje izglednu budućnost ovom biogorivu do 2050. godine. Već se danas govori i o 4. generaciji biogoriva koja će se proizvesti u procesu sličnom nastanku nafte, naprednoj bio-kemiji ili u revolucionarnom procesu poput Joulove "solar-za-gorivo" metode koja nadilazi svaku do sada razmatranu kategoriju biogoriva. No, do tada se očekuje proizvodnja biogoriva iz lignoceluloze (2. generacija) čiji će se ograničeni potencijal moći nadopuniti biogorivima iz algi (3. generacija). U 2050. godini je realno za očekivati kombinaciju stlačenog biometana dobivenog iz otpada te verzije dizelskih goriva i motornih benzina iz 2. i 3. generacije biogoriva, a udio 4. generacije će ovisiti o konkurentnosti tehnologije.

Značajan izazov i trošak u integraciji velikog udjela OIE u elektroenergetskom sustavu predstavljat će i potrebne regulacijske sposobnosti sustava. Za očekivati je da će sustavi predviđanja promjenjive proizvodnje OIE značajno napredovati u narednom razdoblju, kao i mehanizmi pomoćnih usluga. Premda se u narednom srednjoročnom i dugoročnom razdoblju može očekivati uspostava regionalnog tržišta pomoćnih usluga i energije uravnoteženja, ipak se preporuča osiguravanje dostatnih rezervi unutar vlastitog sustava.

Potrebna razina rezerve u sustavu ovisi o lokacijama i snagama objekata OIE, prvenstveno vjetroelektrana. Drugim riječima, veća raspršenost lokacija vjetroelektrana podrazumijeva manju ukupnu promjenjivost proizvodnje, a time i manju razinu potrebne rezerve. Danas procijenjena razina rezerve u sustavu zbog satnih promjena proizvodnje je 30 do 40 posto instalirane

snage vjetroelektrana. S jedne strane, za pretpostaviti je da će uslijed kvalitetnog predviđanja ta razina potrebne rezerve opadati, ali je s druge strane također vjerojatno očekivati koncentriranost većine lokacija vjetroelektrana na priobalnom području širine nekoliko stotina kilometara, što može povećavati razinu potrebne rezerve. Stoga je nužno u dinamički određivati potrebnu razinu snage regulacije, odnosno svih pomoćnih usluga, kako bi se željena razina OIE integrirala u sustav pravovremeno, sigurno i uz najmanji trošak.

Kao rezultat istraživanja provedenih u okviru ovog referata, nameće se zaključak da je ostvarivanje smanjenja emisije CO₂ za najmanje 80 posto do 2050. godine u odnosu na 1990. s tehničkog i energetskog aspekta moguće. Međutim, da bi se to ostvarilo potrebno je harmonizirano djelovati u smjeru smanjenja emisije CO₂ na cijelom europskom prostoru. Ukoliko je moguće i šire na razini svih OECD zemalja pa i globalno uz odgovarajuće uključivanje nerazvijenih zemalja i zemalja u razvoju. Trebalo bi postojati jedinstveno tržište energije, što znači da u doglednoj budućnosti obnovljive izvore energije treba prepustiti tržišnim mehanizmima. Preduvjet za funkcioniranje tržišnih principa je uključivanje eksternih troškova zaštite okoliša i ublažavanja klimatskih promjena u realnu cijenu energije. Tako će tržišni mehanizmi jedini određivati angažman svake elektrane ili utjecati na odabir pogonskog energenta i tehnologije u prometu. Novi koncept razvoja energetskog sektora gotovo bez emisija CO₂ sadržajno i strukturno će promijeniti energetski sektor u cijelom tehnološkom lancu od proizvodnje i izbora primarnih oblika energije, do prijenosa/transporta, distribucije i potrošnje energije. Dakle, ciljano smanjenje emisija je moguće s tehničkog i tehnološkog aspekta, ali uz visoke financijske posljedice i značajne promjene u energetskom sektoru, kojima treba prethoditi promjene u znanstvenom i industrijskom razvoju.



Autor:

DSc. **Goran Granić** i suradnici, Energetski institut Hrvoje Požar

UDK : 620.97 : 504: 546.264-31: "2014/2050" (497.5)

620.97 energetika, energija
504 zaštita okoliša
546.264-31 ugljik dioksid, emisija
"2014/2050" razvoj do 2050. god
(497.5) R. Hrvatska