

HRVATSKA ENERGETSKA TRANZICIJA 2018.

STUDIJA

Scenarijska analiza dugoročnog planiranja proizvodnje i predviđanja potrošnje hrvatskog elektroenergetskog sustava te analiza jedinstvenog regionalnog tržišta električne energije

O FSB-u i studiji

STUDIJA

Hrvatska energetska tranzicija - 2018.

Scenarijska analiza dugoročnog planiranja proizvodnje i predviđanja potrošnje hrvatskog elektroenergetskog sustava te analiza jedinstvenog regionalnog tržišta električne energije

U SKLOPU

SEEETD - Projekta

Agora Energiewende

Rosenstrasse 2, 10178 Berlin, Njemačka

STUDIJU PROVEO

Fakultet strojarstva i brodogradnje

Ivana Lučića 5, 10000 Zagreb, Hrvatska

Voditelj projekta:

Prof.dr.sc. Neven Duić

Projektni tim:

Doc.dr.sc. Tomislav Pukšec

Doc.dr.sc. Goran Krajačić

Matija Pavičević, mag. ing. mech.

Antun Pfeifer, mag. ing. mech

Borna Doračić, mag. ing. mech.

Tomislav Novosel, mag. ing. mech

Datum objave:

Rujan 2018.

”

FSB (2018): Hrvatska energetska tranzicija - 2018 - Scenarijska analiza dugoročnog planiranja proizvodnje i predviđanja potrošnje hrvatskog elektroenergetskog sustava te analiza tržišta električne energije.

Studija na zahtjev Agora Energiewende.

PREDGOVOR

Dragi čitatelji,

U proteklih 15 godina svjedoci smo ogromnog razvoja tehnologija obnovljivih izvora energije. Iako na početku snažno poticane državnim politikama, danas su čiste tehnologije tehnički i ekonomski isplative bez, ili uz puno niže razine, potpora. Ključna stvar u integraciji obnovljivih izvora energije je holistički međusektorski pristup. Za to su nam potrebne različite tehnologije odziva kao i dinamičnije i bolje povezano tržište električne energije. Temelj energetske tranzicije novi su financijski mehanizmi temeljeni na mrežnom paritetu i tržištu sa satnim obračunskim intervalom, što za sobom povlači snažanu potrebu prema smanjenju subvencija za fosilna goriva te uklanjanju ostalih prepreka obnovljivim izvorima energije.

Bez obzira što će spomenute subvencije za fosilna goriva i interesne skupine usporavati proces tranzicije, ona je dosegla prag nakon kojeg nema povratka. Republika Hrvatska u tom je smislu dužna osigurati ekonomski, ekološki i tehnički optimalnu tranziciju u kojoj će maksimalnu korist imati čitavo društvo. Ovaj izvještaj samo je jedan mali segment koji pokušava demistificirati pitanje energetske tranzicije te razjasniti neke od mitova koji se uz nju vezuju.

SEEETD tim

KRATAK PREGLED SADRŽAJA / ISTAKNUTO



Snaznom elektrifikacijom svih sektora, povezanom sa smanjenjem potrošnje zbog povećanja energetske učinkovitosti moguće je postići gotovo potpunu neovisnost sektora potrošnje energije o fosilnim gorivima. Analize pokazuju da je do 2050. godine moguće gotovo potpuno zamijeniti potrošnju fosilnih goriva alternativnim oblicima energije.

Scenarijska analiza dugoročnog planiranja elektroenergetskog sustava RH pokazala je da je tranzicija od današnjeg temeljenog na fosilnim gorivima, do budućeg, temeljenog na obnovljivim izvorima energije (OIE) sa znatno ambicioznijim ciljevima smanjenja emisija stakleničkih plinova i prilagodljivu potrošnju itekako realna i ostvariva. Najmanji pomak od trenutnog stanja i načina rada prikazan je kroz referentni scenarij, veći pomak, u skladu s prijedlogom Strategije niskougljičnog razvoja RH do 2030. s pogledom na 2050., kroz scenarij intenzivne tranzicije, a najveći pomak u scenariju potpune tranzicije.

Jedinstveno integrirano tržište glavna je karika za povećanje učinkovitosti elektroenergetskog sustava, veću tržišnu konkurentnost, integraciju velike količine OIE, izvoznu orijentiranost te veću pouzdanost. Nove tehnologije poput pametnih mreža, pametnog mjerenja, pametnih kuća, vlastite proizvodnje i opreme za pohranu energije ohrabruju građane da direktno sudjeluju u energetske tranziciji koristeći te nove i pametne tehnologije kako bi smanjili svoje račune i aktivno sudjelovali na tržištu električnom energijom

[SADRŽAJ]

1. UVOD	6
2. MOTIVACIJA	8
3. ANALIZA	10
3.1. DUGOROČNO MODELIRANJE POTROŠNJE ENERGIJE	12
3.1.1. Modeliranje bazne godine	13
3.1.2. Scenarij gotovo potpune dekarbonizacije u 2050. godini	14
3.1.3. Rezultati	16
3.2. ENERGETSKO PLANIRANJE	20
3.2.1. Transformacija energetskeg sustava	22
3.2.2. Koje su ključne tehnologije i sinergije pri modeliranju transformacije energetskeg sustava?	22
3.2.3. Na što nas upućuju trendovi kretanja cijena energije prema izvorima energije i tehnologijama njihovog iskorištavanja?	22
3.2.4. Scenarij energetske tranzicije	23
3.2.5. Rezultati scenarija	24
3.3. JEDINSTVENO REGIONALNO TRŽIŠTE	27
3.3.1. Što je to jedinstveno regionalno tržište i kako je ono dizajnirano?	28
3.3.2. Zašto je integracija regionalnog tržišta toliko ključna?	28
3.3.3. Kako tržišta mogu postati još fleksibilnija?	29
3.3.4. Treba li nam za to bolja mreža?	29
3.3.5. Kako velike količine sunca i vjetra utječu na regulaciju?	30
3.3.6. Što je proizvodnja za vlastite potrebe pomoću obnovljivih izvora energije?	30
3.3.7. Koja je uloga spremnika u okviru jedinstvenog integriranog tržišta?... ..	30
3.3.8. Rezultati modeliranja	31
4. PREPORUKE	39
5. ZAKLJUČAK	40
6. LITERATURA	41

1.

UVOD

Dobrobit čovječanstva, industrijska kompetitivnost te sveobuhvatno funkcioniranje društva kao cjeline u direktnoj su ovisnosti o čistoj, održivoj, sigurnoj i cjenovno pristupačnoj energiji. Energetska infrastruktura koja će napajati kućanstva, industriju i uslužne djelatnosti do 2050. godine zajedno s objektima koje će ljudi koristiti i u kojima će boraviti razvijaju se danas. To znači da sve što gradimo i razvijamo danas imat će značajan utjecaj na energetiku budućnosti.

Promjena klime jedan je od najvećih izazova današnjice. Znanstvena zajednica posjeduje sve više dokaza koji ukazuju na to da su klimatske promjene direktno povezane s čovjekovim aktivnostima nakon otkrića parnog stroja. Ovdje je najčešće riječ o povećanju koncentracija stakleničkih plinova¹ koji imaju znatan utjecaj na zagrijavanje Zemljine površine i donjih slojeva atmosfere upijanjem (apsorbiranjem) toplinskog zračenja koje se reflektira od njene površine natrag u atmosferu (pojava poznatija pod imenom efekt staklenika) a direktna su posljedica izgaranja fosilnih goriva, proizvodnje hrane te prekomjerne i neodržive sječe tropskih šuma.

Direktne posljedice klimatskih promjena na čovjek i njegov okoliš osjećaju na vlastitoj koži iz dana u dan. Zbog povećane temperature zraka i sve većih temperaturnih anomalija u donjim slojevima atmosfere razina vječnog leda na polovima i visokim planinskim lancima sve je manja, olujni vjetrovi i uragani sve su češći i jači, vodene bujice sve izraženije a razina mora u neprekidnom je porastu. Kako bi se svemu tome stalo na kraj, Ujedinjeni narodi pozivaju na zajedničko djelovanje svih država svijeta kroz Okvirnu konvenciju o promjeni klime (dalje u tekstu UNFCCC konvenciju). Kyotski protokol uz UNFCCC konvenciju i njegov amandman nažalost nisu bili dovoljni za sprječavanje global

¹ Obično svedenih na ekvivalentnu razinu ugljikovog dioksida - CO₂.

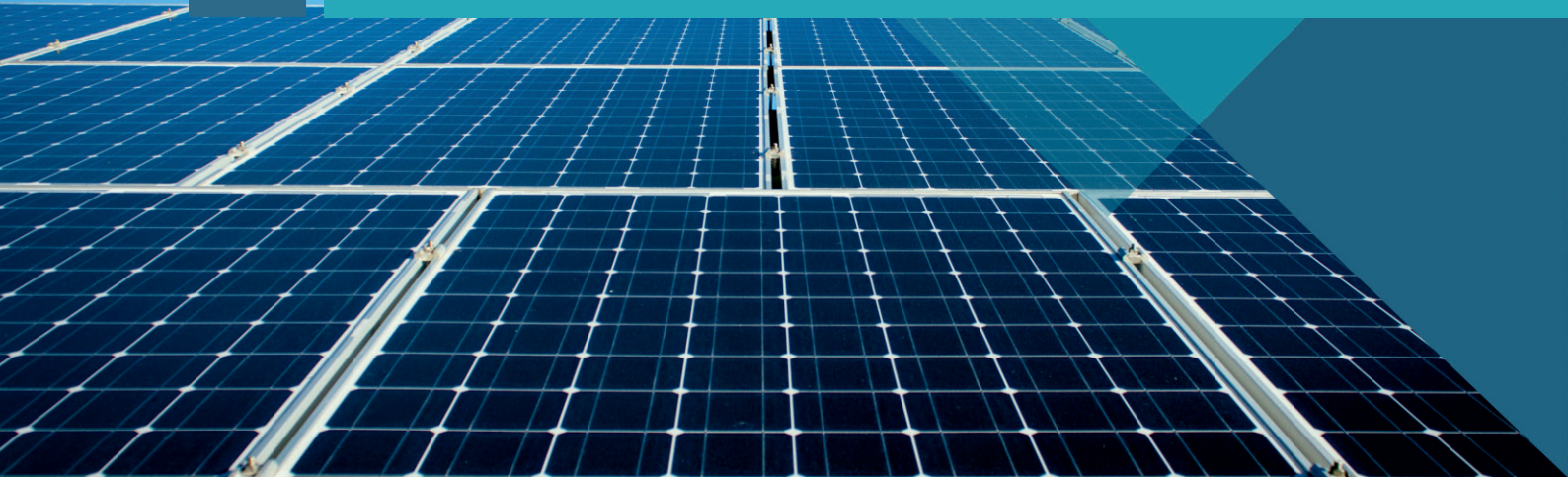
nog porasta emisija stakleničkih plinova. Stoga su se države potpisnice Pariškog sporazuma (njih 195), među kojima je i Hrvatska, obvezale da će zajedničkim djelovanjem smanjivati emisije stakleničkih plinova s ciljem ograničavanja porasta prosječne globalne temperature od najviše 2°C, odnosno ukoliko bude moguće 1,5°C (umjesto prijetućih 5°C), do kraja stoljeća. Ciljevi smanjenja emisija stakleničkih plinova određuju se vlastitim planiranjem na način da svaka država potpisnica Pariškog sporazuma određuje nacionalno utvrđeni doprinos do 2030. godine. Europska unija (EU) svoje ambicije želi provesti u djelo strogim politikama kojima je cilj stvaranje temelja za niskougljično, konkurentno i održivo gospodarstvo. Kako bi se to ostvarilo, put prema niskougljičnom gospodarstvu ima za cilj smanjiti emisije stakleničkih plinova između 80 i 95% do 2050. godine, a definiran je kroz dokument Plan puta za prijelaz na konkurentno niskougljično gospodarstvo do 2050. godine (eng. A Roadmap for moving to a competitive low-carbon economy in 2050, dalje u tekstu Plan puta do 2050.). U skladu s tim ciljem, a u svrhu utvrđivanja doprinosa EU u okviru tog sporazuma, 23. listopada 2014. godine Europsko vijeće usvojilo je klimatsko energetske okvir do 2030. godine kojim postavlja cilj smanjenja emisija stakleničkih plinova za najmanje 43% do 2030. godine. Istovremeno postavljen je cilj za udio obnovljivih

izvora energije veći od 32% te indikativni cilj smanjenja energetske potrošnje za najmanje 30%.

Današnje površne diskusije i neambiciozni planovi nisu dovoljni za planiranje budućnosti nakon 2020. godine. To stvara neizvjesnost među investitorima, vladama pa i samim građanima Republike Hrvatske. Scenariji razvijeni u sklopu nacrtu Niskougljične strategije Republike Hrvatske i RESFLEX projekta sugeriraju da odgađanje investicija u OIE i tehnologije upravljanja potražnjom dugoročno ima negativan utjecaj na elektroenergetski sustav. Stoga je što ranije donošenje strategija za razdoblje nakon 2020. izuzetno bitno jer investiranje u energetiku ne donosi rezultate preko noći. Nadolazeće desetljeće ključno je za Hrvatsku iz više razloga: zastarjela infrastruktura izgrađena prije 30-40 godina pri kraju je životnoga vijeka i valja ju zamijeniti i unaprijediti, kao članica EU Hrvatska se obvezala na niskougljičnu i održivu budućnost te tržišnu ravnopravnost. Ključno je djelovati sada kako bi se izbjegle skupe promjene u kasnijim desetljećima. Grupa znanstvenika s Fakulteta strojarstva i brodogradnje svojim je istraživanjima pokazala kritičnu važnost vlade u donošenju strateških odluka u području energetike kroz svoje viđenje plana puta za prijelaz na konkurentno niskougljično gospodarstvo do 2050. godine koji je u nastavku ovoga rada detaljnije izložen.

2.

MOTIVACIJA



Točno predviđanje dugoročne budućnosti naprosto nije moguće. No razrada kvalitetne scenarijske analize može značajno utjecati na dobivanje njene okvirne slike ili barem smjera u kojem se valja kretati kako bi se postigli inicijalni ciljevi. Scenarijska analiza u ovome radu istražuje razne mjere i planove puta k niskougličnoj, održivoj i konkurentnoj budućnosti hrvatske elektroenergetike. Svi indikatori ukazuju na značajne promjene u cijenama tehnologija i CO₂ emisija, i načinu korištenja energetskih mreža. Kako bi se to ostvarilo emisije stakleničkih plinova u energetici, uključujući i transport, moraju se smanjiti za 95%.

Donošenjem raznih zakona i zakonskih akata² u Republici Hrvatskoj stvorene su pretpostavke za nastavak otvaranja i daljnji razvoj tržišta električne energije te implementiranje OIE na tržište električne energije. Trenutno u Hrvatskoj postoje dva tržišta: bilateralno tržište

koje je Pravilima organiziranja tržišta električne energije nadograđeno modelom bilančnih grupa u kojem se trgovanje električnom energijom provodi bilateralnim ugovorima sa zemljama u okruženju te tržište električne energije dan unaprijed poznatijem pod imenom CROPEX. U lipnju 2018. godine CROPEX je u suradnji s Hrvatskim operatorom prijenosnog sustava (dalje u tekstu HOPS) te slovenskom burzom električne energije i operatorom prijenosnog sustava uspješno povezao CROPEX dan unaprijed tržište s europskim MRC dan unaprijed tržištem preko hrvatsko-slovenske granice. Taj povijesni dan ključan je za stvaranje novih temelja liberalizacije hrvatske elektroenergetike koji će poslužiti kao dobar primjer ostalim zemljama iz regije, posebice Zapadnog Balkana. Grupa znanstvenika s Fakulteta strojarstva i brodogradnje kroz svoja istraživanja u sklopu RESFLEX projekta već je u nekoliko navrata pokazala da

² Zakon o energiji, Zakon o izmjenama i dopunama zakona o energiji, Zakon o tržištu električne energije, Zakon o izmjenama i dopunama zakona o tržištu električne energije, Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti i Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji.

povezivanje tržišta dan unaprijed sa susjednim tržištima donosi mnoge pogodnosti kao što su smanjenje veleprodajne cijene, veću fleksibilnost, učinkovitije korištenje međuzemaljskih veza, konkurentnost te učinkovitiju raspodjelu OIE.

Provedena scenarijska analiza ilustrativne je prirode i proučava utjecaje pojedinih faktora te moguće prepreke u modernizaciji hrvatskog energetskeg sustava. To nisu tzv. da/ne mogućnosti već prijedlozi i opcije koje proizlaze iz iskustvenih podataka i najsuvremenijih simulacijskih i optimizacijskih modela koji imaju za cilj povećati svijest svih dionika Hrvatske energetike i stvaranje

zdravog i sigurnog okruženja koje će samo po sebi biti atraktivno i poticajno za dugoročno investiranje u taj iznimno važan sektor³. Ovaj plan puta k niskougljičnoj, održivoj i konkurentnoj budućnosti hrvatske energetike ne služi kao zamjena za nacionalne, regionalne ili lokalne planove modernizacije opskrbe energijom već poziva na usvajanje ambicioznijih dugoročnih planova i strategija u sklopu kojih će postojeće zakonodavstvo djelovati na učinkovitiji način, osiguravajući veću sigurnost dobave te manje cijene.

³ Model korišten za modeliranje planiranja izgradnje elektroenergetskog i toplinskog sustava je ENERGY-PLAN a model za modeliranje regionalnog tržišta na razini pojedine elektrane je Dispa-SET.



3.

ANALIZA

MITOVI

1

Energetika u Hrvatskoj 2030./2050. ne može bez plina i nafte? - NETOČNO!

Snažnom elektrifikacijom svih sektora, povezanom sa smanjenjem potrošnje zbog povećanja energetske učinkovitosti moguće je postići gotovo potpunu neovisnost sektora potrošnje energije o fosilnim gorivima. Tako se u sektoru kućanstva fosilna goriva zamjenjuju energijom iz centraliziranih toplinskih sustava, solarnih kolektora te električnom energijom, u sektoru transporta biogorivima i električnom energijom, a u sektoru industrije biogorivima, električnom energijom te energijom iz centraliziranih toplinskih sustava.

2

Integracija električnih vozila je skupa i značajno će povećati potrošnju energije u Hrvatskoj. - NETOČNO!

Integracijom električnih vozila ukupna se potrošnja energije ovog sektora značajno smanjuje. Razlog leži u niskoj potrošnji energije električnih vozila što rezultira smanjenjem potrošnje sektora transporta za 38 PJ do 2050. godine. Međutim, kako bi se električna vozila integrirala u velikom broju, potrebno je uvesti tehnologiju pametnog punjenja, pri čemu vozila djeluju kao spremnik energije koji omogućuje daljnju penetraciju intermitentnih obnovljivih izvora energije. Konačno, električna vozila su već sada cjenovno konkurentna na tržištu, a u budućnosti se očekuje i dodatni pad cijena.

3

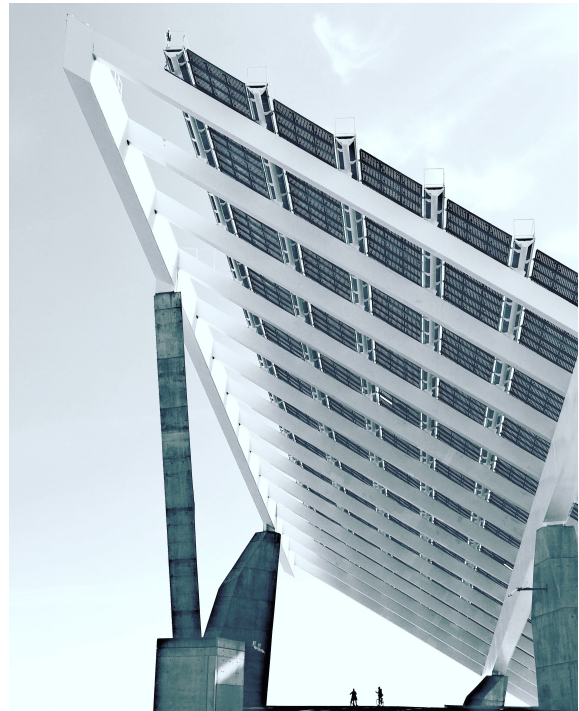
Cilj za smanjenje CO2 emisija od 95% do 2050. je preambiciozan i nije realan? - NETOČNO!

Analize pokazuju da je do 2050. godine moguće gotovo potpuno zamijeniti potrošnju fosilnih goriva alternativnim oblicima energije. Međutim, potrebno je naglasiti da je dekarbonizacija sektora potrošnje energije uvelike uvjetovana snažnom elektrifikacijom sektora. Stoga se smanjenje emisija CO2 za 95% do 2050. ne može postići samo uklanjanjem fosilnih goriva iz sektora potrošnje energije nego i dekarbonizacijom sektora proizvodnje električne energije.

3.1. DUGOROČNO MODELIRANJE POTROŠNJE ENERGIJE

Općenito je poznato da EU teži biti predvodnik dekarbonizacije društva u što kraćem roku, kako bi se sačuvao okoliš te podigla kvaliteta života u zemljama članicama i u cijelom svijetu. Stoga je jedan od glavnih ciljeva EU smanjenje emisija stakleničkih plinova za 80-95% do 2050. godine, a u odnosu na razine iz 1990. godine. Republika Hrvatska, kao država članica, također ima svoje obveze koje mora ispuniti u svrhu postizanja ovog zajedničkog cilja. Tako je Vlada objavila nacrt strategije niskougljičnog razvoja Republike Hrvatske do 2030. godine s pogledom na 2050. godinu, u kojoj su prikazani rezultati modeliranja sektora potrošnje energije te mjera koje je potrebno provesti kako bi se postigla energetska tranzicija. Prikazanim mjerama postižu se značajna smanjenja emisija stakleničkih plinova. Svrha ovog rada je da se objasne i demonstriraju dodatne mjere i koraci koje je potrebno provesti kako bi se postigla gotovo potpuna dekarbonizacija hrvatskog energetskog sektora.

U svrhu postizanja prethodno spomenutih ciljeva, potrebno je strateško planiranje energetskog sektora. Pri tome je cilj optimizacija energetskog sustava, a ključni ulazni podaci za njeno provođenje su energetske potrebe. Stoga prvi korak planiranja uvijek predstavlja modeliranje energetskih potreba za dulje vremenske periode. Dvije najčešće korištene metode su modeliranje odozdo nagore te modeliranje odozgo nadolje. U svrhu ove analize



korištena je metoda odozdo nagore, s obzirom na brojne prednosti navedene u nastavku. Korištenjem ove metode moguće je bolje modelirati i opisati mjere energetske učinkovitosti u sustavu te se općenito predviđaju niže vrijednosti energetskih potreba. Fokus je na potrošnji finalne energije na disagregiranoj razini zbog čega je moguće modelirati postupno izbacivanje i dodavanje pojedinih tehnologija u sustav. Konačno, korištenjem metode odozdo nagore moguće je detaljnije analizirati utjecaj politika za promicanje održivog energetskog razvoja.

U sklopu ove analize razvijen je scenarij gotovo potpune dekarbonizacije u kojem je prikazan utjecaj implementacije mjera energetske učinkovitosti na nacionalnoj razini. Analiza je provedena s korakom od jedne godine, do 2050. godine.

3.1.1. MODELIRANJE BAZNE GODINE

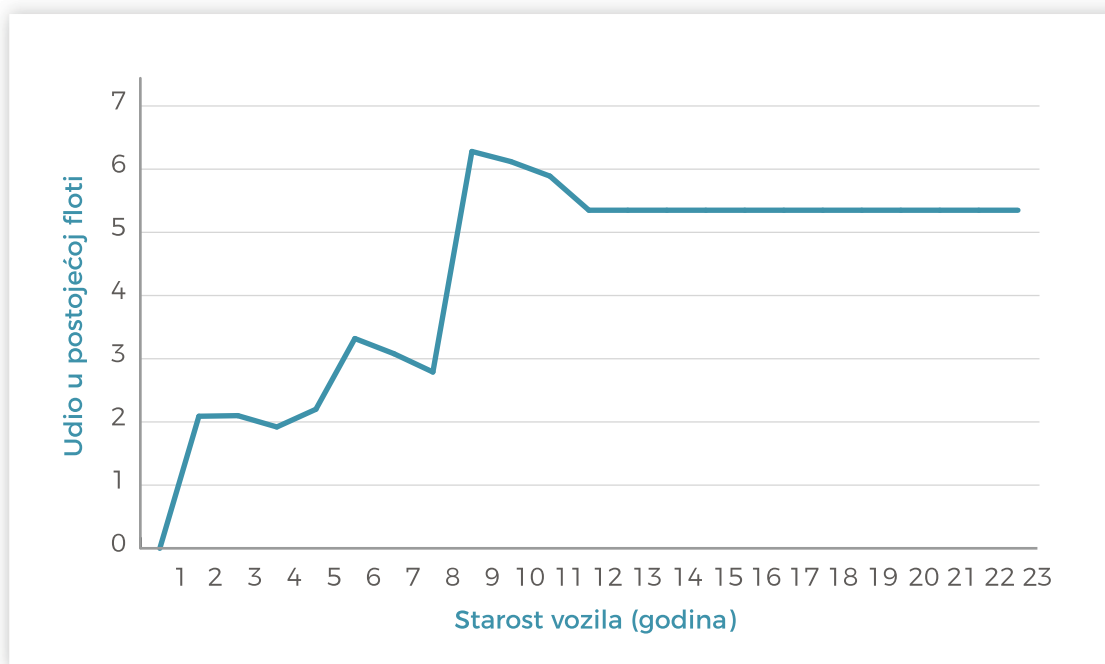
Kako bi se analizirali razni scenariji za razvoj energetske potrebe, prvi korak je modeliranje bazne godine. Na taj način validira se razvijeni model usporedbom s postojećim podacima o energetske potrebe, poput godišnjih izvještaja i slično. U ovom slučaju za baznu godinu uzeta je 2015., s obzirom da je to zadnja godina za koju su poznati detaljni podaci.

Sektor potrošnje energije u Hrvatskoj može se podijeliti na promet, kućanstva, industriju, usluge, građevinarstvo te poljoprivredu. Nakon podjele na glavne sektore, svaki od njih se dijeli na podsektore, kako će u nastavku detaljnije biti opisano za promet, kućanstva i industriju.

PROMET

Glavni podsektori prometa su, željeznički, zračni, javni, riječni i pomorski te cestovni promet. Prilikom modeliranja potrošnje potrebno je unijeti veliki broj ulaznih podataka, poput broja vozila pojedine kategorije, specifičnih potrošnji svake vrste vozila te udjela pojedinih energenata koji se koriste za pogon vozila. Potrebno je napomenuti da se cestovni promet, koji predstavlja energetske najintenzivniji podsektor, modelirao putem stock turnover

metode koja zahtijeva dodatne ulazne podatke kao što su postojeća flota vozila, prodaja u referentnoj godini, udjeli pojedinih kategorija i energenata u postojećoj floti i prodaji, prosječna potrošnja, prosječna kilometraža. Također, korištenjem ove metode potrebno je modelirati i krivulje starosti vozila u postojećoj floti te godinu izlaska iz službe za pojedinu vrstu vozila. Primjer krivulje starosti vozila za Hrvatsku prikazuje **Slika 1**.



Slika 1. Krivulja starosti vozila za Hrvatsku

KUĆANSTVA

Sektor kućanstva modeliran je na županijskoj razini kako bi se mogla odrediti energetska potrošnja svake županije u Hrvatskoj te na taj način omogućila veća preciznost modela. U svakoj županiji slijedi dodatna podjela na podsektore potrošnje: priprema potrošne tople vode (PTV), grijanje, kuhanje i uređaji. Ponovno je potreban velik broj ulaznih podataka kao što su stambene površine, udjeli energenata za svaki podsektor, učinkovitost korištenih tehnologija za pretvorbu energije te specifične potrošnje energije pojedinih podsektora. Potrebno je napomenuti da je na jednak način modelirana i potrošnja uslužnog sektora.

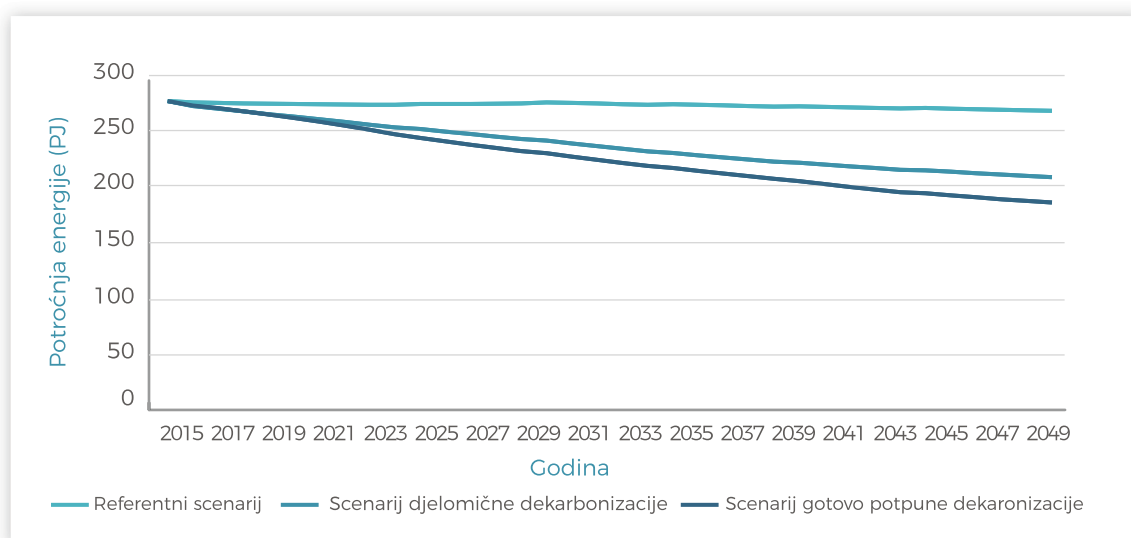
INDUSTRIJA

Industrija je podijeljena na sljedeće podsektore: industrija željeza i čelika, industrija obojenih metala, industrija nemetalnih minerala, kemijska industrija, industrija građevnog materijala, industrija papira, prehrambena industrija te ostala industrija. Svaki od ovih podsektora dijeli se na energiju potrebnu za proizvodnju te na uvezenu energiju. Nadalje, slijedi podjela na energiju potrebnu za proizvodnju za domaće tržište te energiju potrebnu za proizvodnju za izvoz. Za modeliranje su potrebni podaci o specifičnim potrošnjama pojedinih podsektora po glavi stanovnika, udjeli pojedinih energenata u potrošnji te udio uvezene energije pojedinog podsektora..



3.1.2. SCENARIJ GOTOVO POTPUNE DEKARBONIZACIJE U 2050. GODINI

Kao što je prethodno navedeno, cilj ove analize je bio razviti scenarij gotovo potpune dekarbonizacije koji dodatno smanjuje potrošnju fosilnih goriva u odnosu na scenarije iz strategije niskougljičnog razvoja te omogućuje postizanje visokih ciljeva EU u pogledu smanjenja emisija stakleničkih plinova do 2050. godine. Kako bi se pokazao utjecaj mjera za postizanje gotovo potpune dekarbonizacije u odnosu na potrošnju energije u scenarijima strategije niskougljičnog razvoja, modelirana su dva dodatna scenarija, referentni i scenarij djelomične dekarbonizacije. Mjere implementirane u ova dva scenarija odgovaraju mjerama iz referentnog scenarija i scenarija snažne tranzicije u strategiji. Međutim, detaljni rezultati bit će prikazani samo za scenarij gotovo potpune dekarbonizacije u 2050. godini. Usporedbu potrošnje energije prikazuje Slika 2. U sljedećim paragrafima opisane su različite pretpostavke koje su uvedene za svaki od sektora energetske potrošnje u scenariju gotovo potpune dekarbonizacije.



Slika 2. Usporedba scenarija gotovo potpune dekarbonizacije sa scenarijima temeljenim na strategiji niskougljičnog razvoja

PROMET

U sektoru prometa predviđa se snažna elektrifikacija svih podsektora. Tako se za željeznički i riječni promet predviđa potpuna elektrifikacija do 2050. godine, dok u javnom i pomorskom prometu veliki udio vozila do 2050. čine električna vozila, a ostatak koristi biogoriva poput biometana i biodizela. Također,

za zračni promet očekuje se potpuni prelazak na avionska biogoriva do 2050. godine. Cestovni transport predstavlja zasebnu kategoriju s obzirom da je energetski najintenzivniji podsektor prometa. Kod osobnih vozila, predviđa se zabrana prodaje osobnih automobila s motorima s unutrašnjim izgaranjem

do 2030. godine s time da se zabrana dizel vozila očekuje već 2025. godine, obzirom na svjetske trendove te činjenicu da ovi motori uzrokuju značajne ekološke i zdravstvene probleme. Također se predviđa intermodalna zamjena, pri čemu će ljudi sve manje kupovati osobne automobile, a sve više koristiti javni prijevoz. Prijelazna tehnologija prilikom elektrifikacije osobnih vozila bit će hibridna i plug-in hibridna vozila. Konačno, za teretna vozila pretpostavlja se udio električnih vozila u prodaji u 2050. godini od 70%, pri čemu ostatak motora s unutrašnjim izgaranjem koriste biogoriva i stlačeni prirodni plin

KUĆANSTVA

Kako bi se postigao što veći stupanj dekarbonizacije, u sektoru kućanstva potrebno je provesti određene mjere. Prvenstveno to uključuje obnovu 100% postojećih zgrada u 2050. po principu građevine gotovo nulte potrošnje energije. Stoga se potrošnja sektora kućanstva znatno smanjuje, usprkos

blagom porastu stambene površine.

Također, potrebno je provesti i sljedeće mjere: povećanje udjela centraliziranih

toplinskih sustava za pokrivanje potreba grijanja preko 60% na razini cijele Hrvatske, izbacivanje fosilnih goriva za pripremu PTV-a i grijanje do 2050., pri čemu individualni sustavi grijanja koriste dizalice topline i kotlove na biomasu, povećanje udjela sunčeve energije u pripremi PTV-a na 65%, povećanje energetske učinkovitosti kućanskih uređaja te potpuna elektrifikacija uređaja za kuhanje. S obzirom da je sektor usluga modeliran na isti način kao i kućanstva, sve gore navedene mjere se odnose i na taj sektor

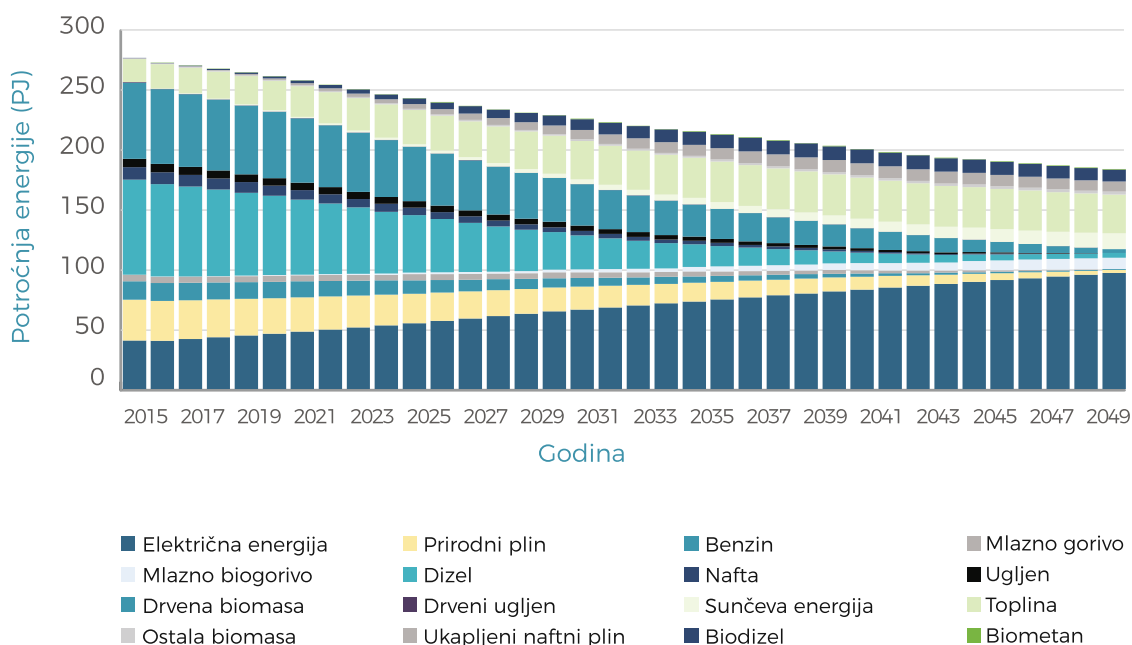
INDUSTRIJA, GRAĐEVINARSTVO, POLJOPRIVREDA

U sektoru industrije očekuje se blagi porast potrošnje s obzirom na razvoj gospodarstva. Međutim, predviđa se potpuna zamjena ugljena i loživog ulja električnom energijom i toplinom iz centraliziranih toplinskih sustava. Iako prirodni plin neće biti u potpunosti zamijenjen do 2050., njegova se potrošnja značajno smanjuje. U sektoru građevinarstva nisu predviđene značajne promjene, s obzirom da je spomenuti sektor praktički zanemariv u pogledu potrošnje energije u odnosu na druge sektore. Konačno, u poljoprivredi se predviđa elektrifikacija sektora do 2050. te izbacivanje dizela do 2040. godine.

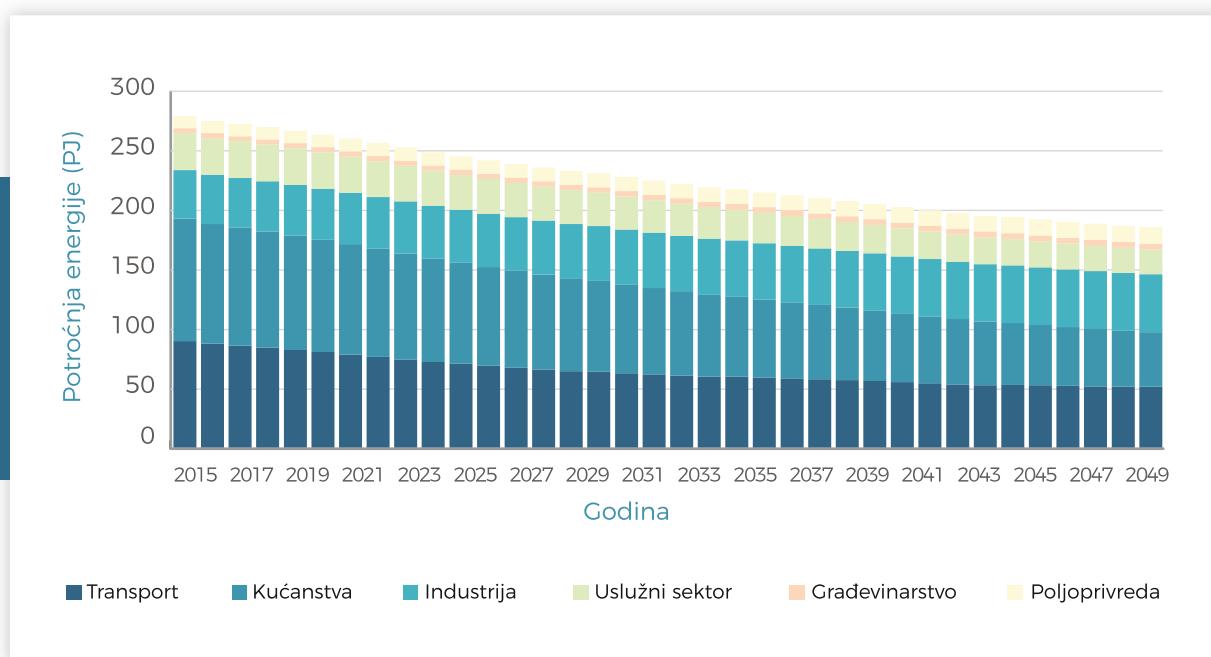
3.1.3. REZULTATI

Primjenom prethodno opisanih mjera na sve sektore potrošnje energije u Hrvatskoj, ukupna se potrošnja sa sadašnje vrijednosti 275 PJ smanjuje na 183 PJ u 2050., najviše zbog korištenja učinkovitijih tehnologija te obnove zgrada u sektorima kućanstva i usluga. Fosilna goriva gotovo su u potpunosti zamijenjena biogorivima, električnom energijom te toplinom iz centraliziranih toplinskih sustava, kako prikazuje **Slika 2**. Potrošnja prirodnog plina i benzina u 2050. postoji, ali je zanemariva u odnosu na ukupnu potrošnju, a najveći porast potrošnje odnosi se na električnu energiju, s obzirom da su scenariji pretpostavljali potpunu elektrifikaciju velikog dijela sektora.

Kada se uzme u obzir potrošnja po sektorima, najveći pad potrošnje je u sektoru prometa i kućanstava, s obzirom da su u ovim sektorima implementirane najveće promjene. Energetsku potrošnju po sektorima prikazuje **Slika 3**.



Slika 3. Potrošnja energije prema energentima u svim sektorima u Hrvatskoj do 2050. godine

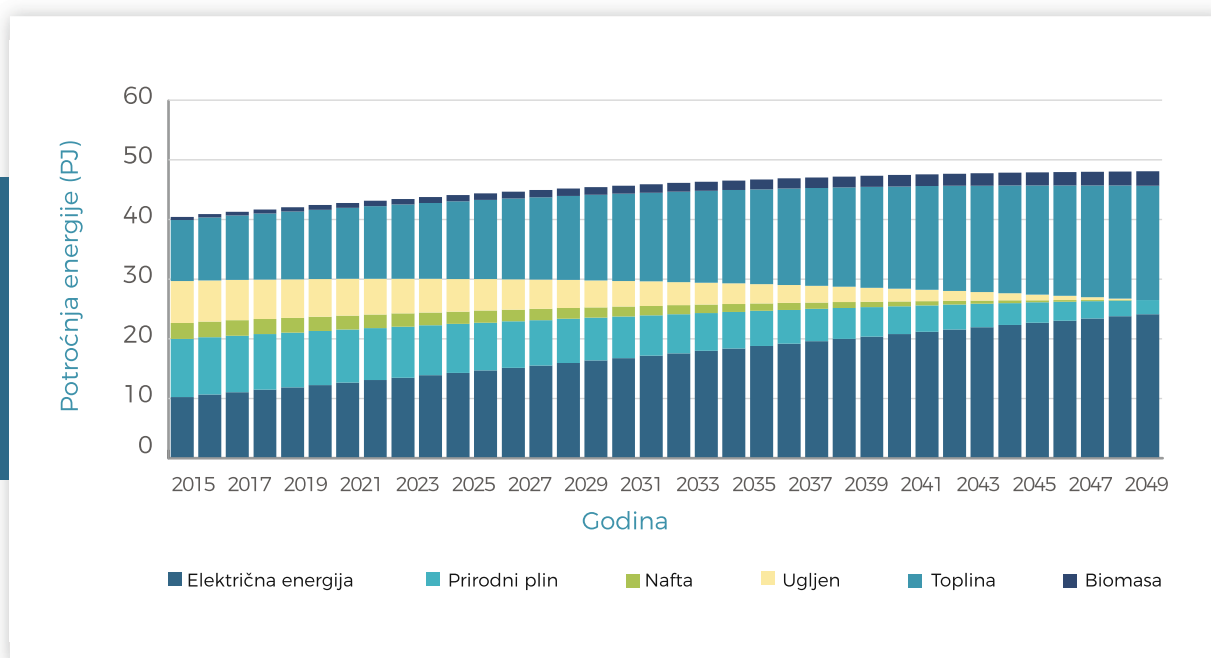


Slika 4. Potrošnja energije po sektorima do 2050. godine

SEKTOR INDUSTRIJE

U sektoru industrije dolazi do blagog porasta potrošnje energije do 2050. godine, tj. 48 PJ u odnosu na 40 PJ u 2015. Međutim, potrošnja električne energije te topline iz centraliziranih

toplinskih sustava značajno se povećava dok su fosilna goriva praktički u potpunosti eliminirana. Potrošnju energije po energentima za sektor industrije pokazuje Slika 4.

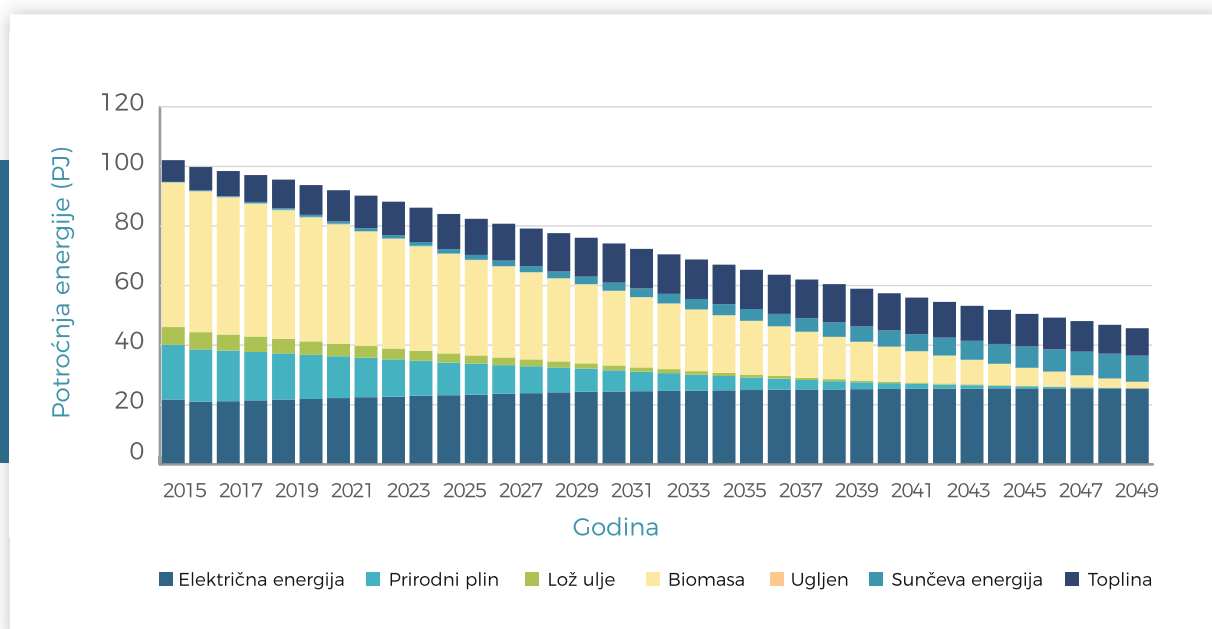


Slika 5. Potrošnja energije po energentima u sektoru industrije do 2050. godine

SEKTOR KUĆANSTVA

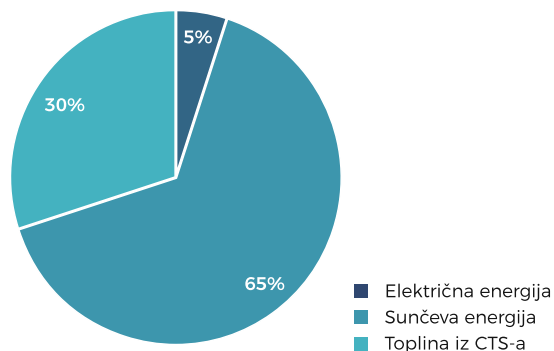
Najveće smanjenje potrošnje energije je upravo u sektoru kućanstava, zbog provedbe obnove za cijeli fond zgrada u Hrvatskoj. Tako se potrošnja energije smanjuje sa 102 PJ na 45 PJ u 2050. godini. Također se mogu uočiti značajne promjene u energentima koji se koriste, pri čemu je sektor u potpunosti dekarboniziran, kako prikazuje Slika 5. Najviše energije u kućanstvima troši se na pripremu PTV-a i grijanje te je stoga zanimljivo pogledati udjele energenata u potrošnji tih podsektora, **Slika 6**.

Vidljivo je da je u 2050. iznimno visok udio sunčeve energije za pripremu PTV-a, dok se ostatak pokriva iz centraliziranih toplinskih sustava i električne energije. S druge strane za grijanje se najviše koristi toplina iz centraliziranih toplinskih sustava, prisutnih u svim većim gradovima, dok se u ruralnim područjima koriste individualni sustavi, tj. dizalice topline te kotlovi na biomasu u manjim udjelima.

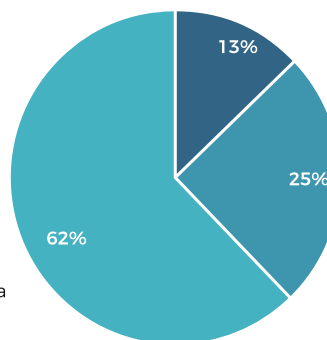


Slika 6. Potrošnja energije po energentima u sektoru kućanstava do 2050. godine

Udio goriva u pripremi potrošne tople vode u 2050. (%)



Udio goriva u grijanju u 2050. (%)

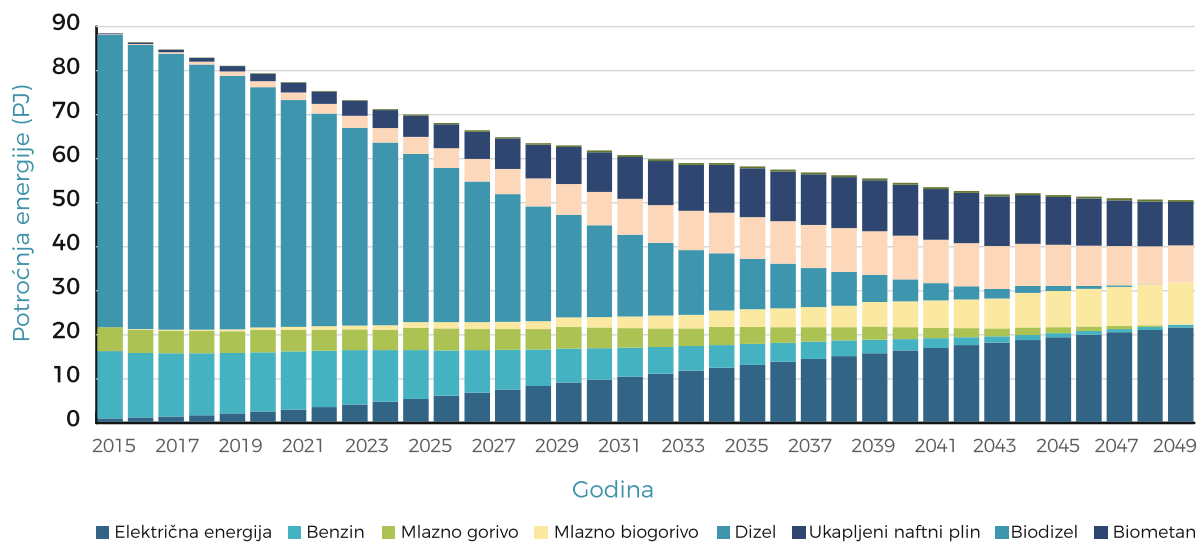


Slika 7. Udjeli energenata u potrošnji energije za pripremu PTV-a te grijanje u 2050. godini

TRANSPORT

Konačno, u sektoru transporta može se vidjeti značajan trend smanjenja potrošnje goriva, najviše zbog elektrifikacije pojedinih podsektora transporta. Tako potrošnja energije pada s 88 PJ na 50 PJ u 2050. godini, dok potrošnja električne energije raste sa

zanemarivih vrijednosti u 2015. na 21.5 PJ u 2050. godini, kako prikazuje Slika 7. U ovom se sektoru potrošnja dizela u potpunosti eliminira do 2050. godine, dok je potrošnja benzina smanjena na zanemarive vrijednosti.



Slika 8. Potrošnja energije po energentima u sektoru prometa do 2050. godine

3.2. ENERGETSKO PLANIRANJE

MITOVI

4

Volja za implementacijom postojećih i razvojem novih strategija ne postoji. Netočno!

Republika Hrvatska je kroz više od dvije godine razvijala Strategiju niskougljičnog razvoja Republike Hrvatske do 2030. godine, s pogledom na 2050. godinu, a najavila je i početak izrade nove Energetske strategije, kao posebne sektorske strategije te koordiniranje dviju strategija. Također, preko Hrvatske zaklade za znanost financira projekt ResFLEX s ciljem poboljšanja metoda energetske planiranja i razvoj sveobuhvatnog pristupa za energetske tranziciju.

5

Hrvatska je ispunila ciljeve do 2020. To znači da sve ide po planu i energetski sustav i društvo dovoljno su energetski učinkoviti. Netočno!

Unatoč tome što su ciljevi postignuti na statističkoj razini, do toga je došlo zbog promjene metode izračuna, a bez velikih pomaka u samoj provedbi politika vezanih za razvoj energetskih sustava. Potrebni su naponi kako bi se nastavilo s ohrabrujućim trendovima ulaganja u energetske učinkovitost i integraciju obnovljivih izvora energije, naročito u smislu donošenja podzakonskih akata za postojeće zakone u ovom području.

6

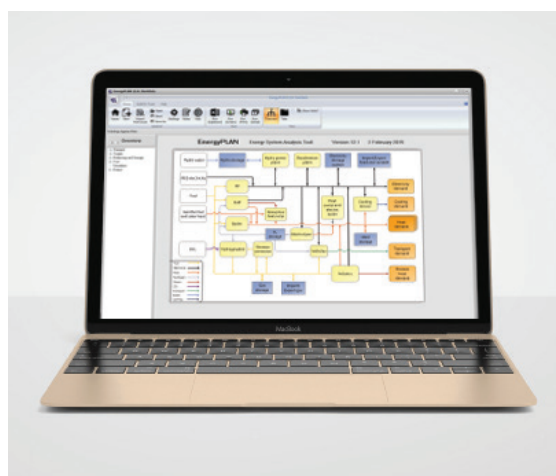
Trenutne cijene dobro reflektiraju stvarne troškove proizvodnje? Netočno!

Cijene toplinske energije sufinancirane su i sektor je usmjeren k pružanju komunalne usluge, dok cijene električne energije i dalje nisu vođene principima tržišta dan unaprijed. Cijene pomoćnih usluga tek će trebati redefinirati, dok se za mrežarine očekuje porast cijene, a za cijenu energije pad, u skladu s cijenama na vanjskim tržištima.

Program za energetska planiranje i simuliranje rada energetskog sustava **EnergyPLAN** korišten je za analizu razvoja sustava u tranziciji prema sustavima s opskrbom uglavnom iz obnovljivih izvora energije. Riječ je o ulazno/izlaznom modelu razvijenom na sveučilištu Aalborg u Danskoj, koji omogućava kreiranje energetske strategije na razini energetskog sustava analizirajući na satnoj razini ekonomske i tehničke posljedice primjene raznih tehnologija i strategija ulaganja u proširenje instaliranih proizvodnih kapaciteta.

Ulazne podatke čine potrošnje energenata raspoređene po sektorima, cijene energenata te instalirani kapaciteti raznih elektrana i tehnologija pohrane energije ili prerade pojedinih sirovina i energenata te cijene održavanja i investicija. Varijabilni izvori i resursi modeliraju se prema povijesnim podacima, koji se potom verificiraju kroz izradu referentnog scenarija. **Izlazni podaci** koje daje EnergyPLAN su količina proizvedene i potrošene električne, toplinske i rashladne energije, dakle energetska bilanca, ukupni troškovi, emisije CO₂, uvoz/izvoz električne energije i višak proizvedene električne energije (koja se u razmatranom satu ne može nikako iskoristiti u sustavu niti izvesti iz njega, pa je nužno gašenje izvora energije). Model se može, zbog svoje sveobuhvatnosti, koristiti za analize primjene visokog udjela obnovljivih, varijabilnih izvora energije, za različite kombinacije izvora energije povezane s tehnologijama skladištenja energije i proizvodnju u kogeneraciji. Omogućena je analiza složenih sustava uz razne strategije vođenja, stavljajući naglasak na toplinu i električnu energiju. Primjerice, tehnička simulacijska strategija teži minimalnom uvozu/izvozu električne energije i

traži rješenje s minimalnim utroškom goriva. Korištenje kombinacije tehničke i tržišne strategije uz naglasak na proizvodnji iz kogeneracije te na elektrifikaciju transporta i pametne sustave punjenja i pražnjenja baterija električnih vozila spojenih na mrežu omogućava veliku interakciju između proizvodnje toplinske energije i električne energije.



Slika 9. EnergyPlan - Program za energetska planiranje i simuliranje rada energetskog sustava

3.2.1. TRANSFORMACIJA ENERGETSKOG SUSTAVA

Transformacija energetskeg sustava podrazumijeva prijelaz iz centraliziranog energetskeg sustava pogonjenog fosilnim gorivima u niskougljični energetskeg sustav pogonjen distribuiranim generatorima na lokalno dostupne obnovljive izvore energije (Sunce, vjetar, vodna snaga, geotermalna energija, energija morskih struja, plime i oseke...).

Današnji energetskeg sustav temelji se na proizvodnji koja prati potrošnju, a oslanja se na upravljiva postrojenja pogonjena na ugljen, plin i loživo ulje te na hidroelektrane. Sustav kojem se teži, drugačiji je po tome što će se temeljiti na izvorima energije koji su varijabilni u svojoj proizvodnji energije, jer **koriste izvore energije poput Sunca i vjetra**.

3.2.2. KOJE SU KLJUČNE TEHNOLOGIJE I SINERGIJE PRI MODELIRANJU TRANSFORMACIJE ENERGETSKOG SUSTAVA?

Obzirom na njihov varijabilan karakter, nužno je u takav sustav uvesti fleksibilniju potrošnju, skladištenje energije i trgovanje energijom na većem tržištu od onog nacionalnog (iako je i ono važan prvi korak, koji omogućuje transparentno trgovanje energijom po principu minimalne cijene proizvodnje novog kilovatsata energije, dan unaprijed).

Od tehnoloških dostignuća koja omogućuju ovakvu tranziciju, važno je istaknuti povećanje fleksibilnosti elektrana čija je proizvodnja upravljiva, sinergiju pri povezivanju sektora proizvodnje električne energije sa sektorom grijanja i hlađenja, pri tom misleći na centralizirane toplinske i rashladne sustave, koji postižu bolju učinkovitost zbog proizvodnje dva oblika energije i sudjeluju u balansiranju sustava sa spremnicima topline. Nadalje, važna je sinergija sa sektorom transporta, čija elektrifikacija pruža učinkovitije korištenje energije (učinkovitiji proces), smanjenje emisija stakleničkih plinova i čestica u urbanim sredinama te pruža nove mogućnosti skladištenja energije u baterijama vozila uz pametni sustav punjenja.

3.2.3. NA ŠTO NAS UPUĆUJU TRENDOVI KRETANJA CIJENA ENERGIJE PREMA IZVORIMA ENERGIJE I TEHNOLOGIJAMA NJIHOVOG ISKORIŠTAVANJA?

Današnji trendovi već ukazuju na to da su **varijabilni izvori energije** (sunce i vjetar) u skoroj budućnosti **najjeftiniji izvori energije** na transparentnom tržištu, a i tehnologijama koje su gore spomenute kao potrebna podrška njihovoj integraciji ubrzano pada cijena. **EnergyPLAN** je korišten kako bi se prikazali scenariji razvoja energetskeg sustava s ciljem potpune energetske tranzicije do 2050. godine, a rezultati simulacija prikazani su u nastavku.

3.2.4. SCENARIJI ENERGETSKE TRANZICIJE

Za referentnu godinu uzeta je 2015. te je model validiran na podacima iz statistike IEA⁴. Na taj način potvrđeno je da su krivulje, korištene za predstavljanje potencijala obnovljivih izvora energije, dovoljno kvalitetne i mogu se koristiti u daljnjim scenarijima.

Potom se razmatraju tri scenarija u godinama 2030., 2040. i 2050.:



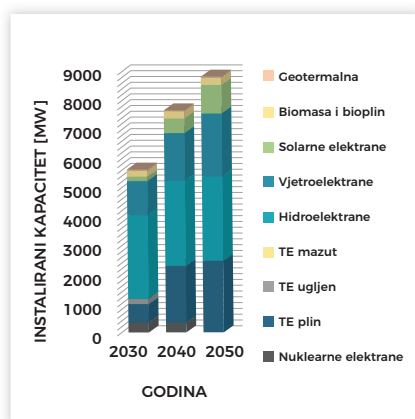
Scenarij koji odgovara referentnom scenariju Strategije niskougljičnog razvoja RH koja je bila na javnoj raspravi u Hrvatskoj.



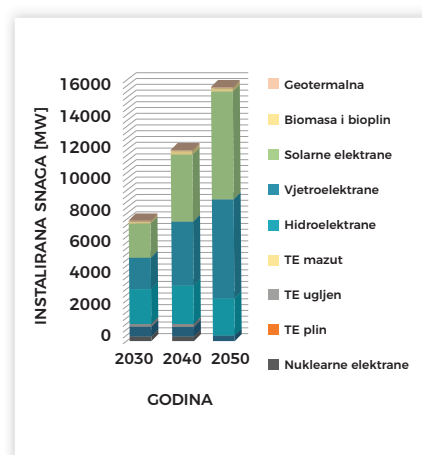
Ovaj scenarij je sličan scenariju NU2 iz Strategije niskougljičnog razvoja RH, uz posebnu pažnju posvećenu balansiraju varijabilnih obnovljivih izvora tehnologijama brzog odziva, kako bi se maksimalno smanjilo pojavu potrebe za gašenjem varijabilnih izvora energije zbog nemogućnosti da se energija, koju oni proizvode, iskoristi u sustavu. Scenarij postiže cilj smanjenja emisija stakleničkih plinova za preko 80% u odnosu na referentnu godinu.



Scenarij teži postići niskougljični energetske sustav u 2050. godini, temeljen 100% na obnovljivim izvorima energije i tehnologijama brzog odziva.



Slika 10. Instalirani kapaciteti u referentnom scenariju



Slika 11. Instalirani kapaciteti po tehnologijama u scenariju potpune tranzicije

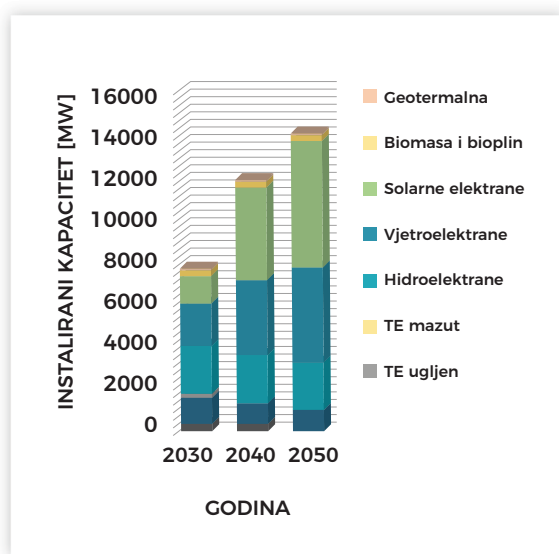
⁴ <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2015&country=CROATIA&product=ElectricityandHeat>

3.2.5. REZULTATI SCENARIJA

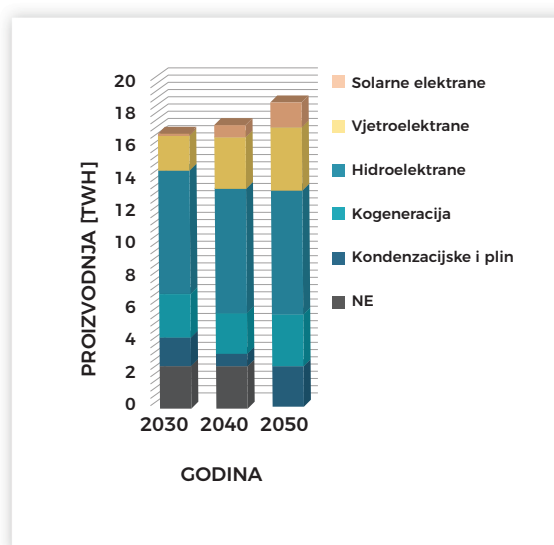
Rezultati simulacija za svaki od scenarija prikazani su na slikama od 9 do 11. Prikazani su instalirani kapaciteti te proizvodnja energije iz pojedine tehnologije (**slike 11.-13.**). U svim scenarijima elektrana na ugljen (Plomin 2) izlazi iz pogona prije 2040., dok ostale elektrane na fosilna goriva znatno padaju u instaliranom kapacitetu prema 2050., osim u referentnom scenariju. U scenariju potpune tranzicije elektrane na plin zamijenjene su elektranama na biomasu.

U idućim dijagramima prikazana je proizvodnja iz pojedinih tehnologija. Može se opaziti da velika integracija tehnologija brzog odziva omogućava potpuni prijelaz na sustav temeljen na varijabilnim obnovljivim izvorima energije, dok se elektrane s upravljivom potrošnjom zadržavaju uglavnom za potrebe kogeneracije u centraliziranim toplinskim sustavima, poglavito u većim gradovima.

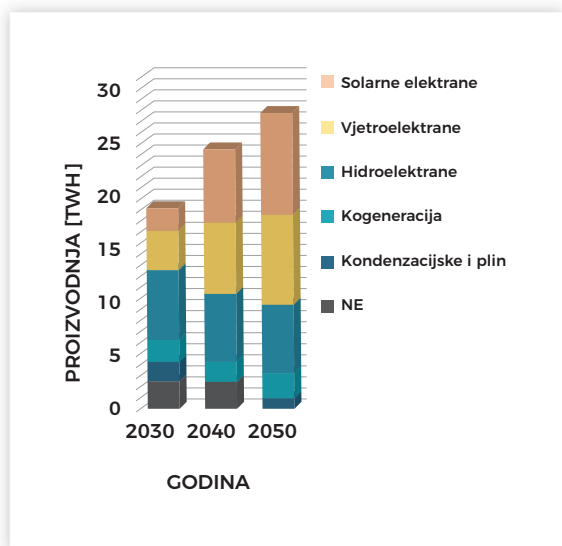
Na slikama (**slika 14.**) u nastavku prikazana je integracija tehnologija brzog odziva po scenarijima. Prikaz se odnosi na tehnologije pametnog punjenja i pražnjenja baterija električnih vozila. U slučaju tehnologije pohrane energije (u satima kad je ima više nego je potrebno za zadovoljavanje potrošnje) u spremnicima tople vode, ograničenja su veća te je u referentnom i intenzivnom scenariju riječ o snazi grijača od 250 MW i kapacitetu spremnika od 2,25 GWh, dok je u scenariju potpune tranzicije do 2040. vrijednost snage grijača ista, dok nakon toga dolazi do povećanja i tada je snaga 500 MW. Kapacitet spremnika je 2,5 GWh do 2040., nakon toga 3,25 GWh. Slika 15 pokazuje utjecaj ove tehnologije na potrebno gorivo za centralizirane toplinske sustave, lokalno iskorištavanje energije te em



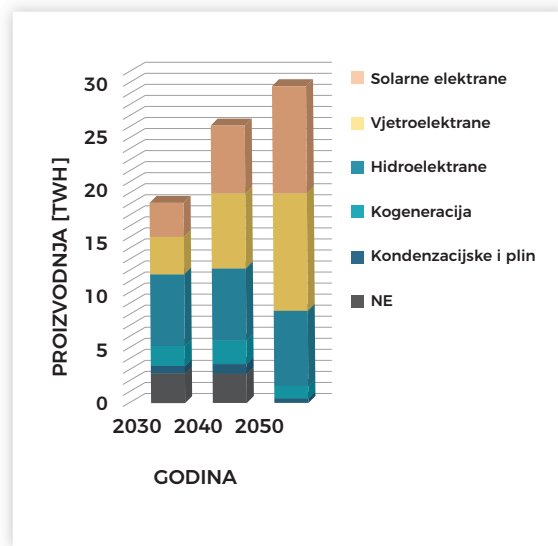
Slika 12. Instalirani kapaciteti za scenarij intenzivne tranzicije



Slika 13. Proizvodnja energije iz pojedine tehnologije za referentni scenarij

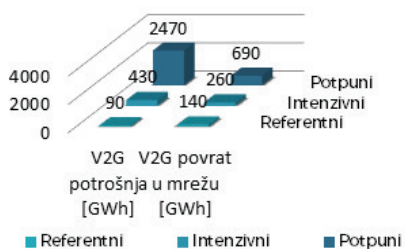


Slika 14. Proizvodnja iz raznih tehnologija za scenarij intenzivne tranzicije

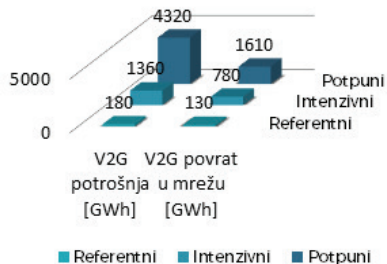


Slika 15. Proizvodnja iz raznih tehnologija za scenarij potpune tranzicije

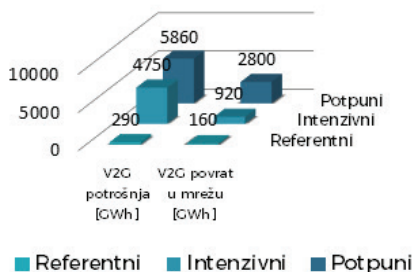
Pametno punjenje EV u 2030.



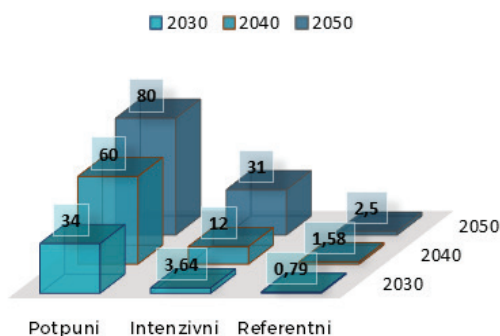
Pametno punjenje EV u 2040.



Pametno punjenje EV u 2050.

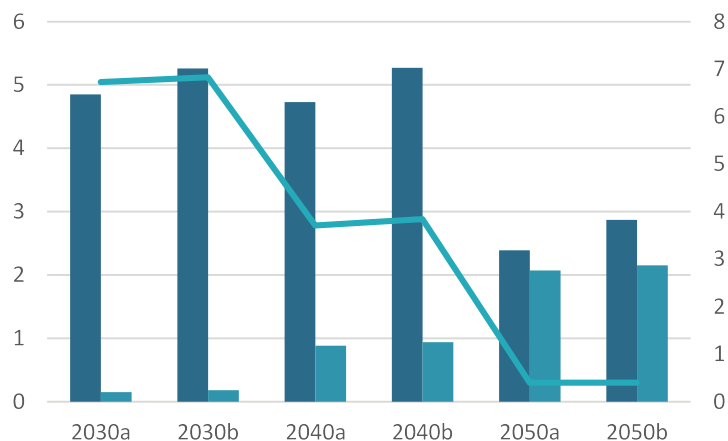


KAPACITET BATERIJE EV



Slika 16. Integracija tehnologije pametnog punjenja i pražnjenja električnih vozila s kapacitetom baterije [GWh]

Utjecaj power-to-heat tehnologije



U dijagramu scenariji "a" predstavljaju korištenje tehnologije, dok su scenariji "b" bez korištenja PHT tehnologije. Može se opaziti smanjenje korištenja goriva zahvaljujući tome što PHT koristi obnovljivu energiju za grijanje vode.

- Ukupna energija iz goriva za DH [TWh] na lijevoj osi
- Izvezena energija [TWh] na lijevoj osi
- Emisije GHG [Mt] na desnoj osi

Slika 17. Utjecaj tehnologije spremanja viška proizvedene električne energije u toplinskim spremnicima u obliku tople vode



3.3. JEDINSTVENO REGIONALNO TRŽIŠTE

MITOVI

7 Jedinstveno regionalno i integrirano tržište električne energije nije dovoljno za regulaciju frekvencije. **Netočno!**

Zahvaljujući električnim vozilima i reverzibilnim hidroelektranama hrvatski elektroenergetski sustav pouzdan je i siguran. 470 000 vozila dovoljno je za integraciju i dva do tri puta veće količine OIE. Potreba za balansiranjem i regulacijom putem električnih vozila svega 142 sati godišnje.

8 Povezivanje tržišta nema pozitivan utjecaj na cijenu, fleksibilnost i sigurnost sustava? **Netočno!**

Ukupni godišnji trošak vođenja regionalnog elektroenergetskog sektora u 2030. niži je za gotovo 22% u odnosu na 2016. Marginalni trošak proizvodnje jednog MWh električne energije manji je za 58.88% i iznosi 18.77 €/MWh. Potrebe za regulacijom i balansiranjem su relativno niske čak i u trenucima najizraženije proizvodnje iz sunca i vjetra koje su karakteristične za siječanj i srpanj.

9 Međunarodni dijalog najveća je prepreka integraciji jedinstvenog regionalnog tržišta. **Netočno!**

Iako je integracija regionalnog tržišta donekle uvjetovana međunarodnim dijalogom, ona prvenstveno ovisi o drugim faktorima kao što su niska cijena, veća fleksibilnost, sigurnost opskrbe i pouzdanost sustava. Albanija i Crna Gora planiraju nove interkonekcijske kapacitete koji su temeljna pretpostavka integracije tržišta.

3.3.1. ŠTO JE TO JEDINSTVENO REGIONALNO TRŽIŠTE I KAKO JE ONO DIZAJNIRANO?

U svojoj najjednostavnijoj formulaciji, tržište je skup zakonskih akata koji definiraju pravila ponašanja svih njegovih sudionika. Ono definira način na koji sudionici proizvode, trguju, dobavljaju i konzumiraju električnu energiju te koriste električnu infrastrukturu. Jedinstveno regionalno tržište s druge pak strane objedinjava dva ili više tržišta u jednu cjelinu omogućavajući svim sudionicima individualnih tržišta sudjelovanje na oba ili više njih definirajući jedinstvena pravila igre.

Ključno je razumjeti da zakonski akti uvelike mogu transformirati energetske sustav te omogućiti mrežnim operaterima, proizvođačima i potrošačima (kako industriji tako i građanstvu) da maksimalno iskoriste sve prednosti novih tehnologija.

Inicijativa Europske komisije za novim dizajniranjem tržišta električnom energijom (eng. The European Commission's new electricity market design initiative) ima za cilj unaprijediti funkcionalnost internog tržišta kako bi se omogućio slobodan tijek električne energije prema kritičnim točkama, maksimalno iskoristile sve prednosti prekogranične konkurencije te identificirali pravi signali i mehanizmi potpore koji pogone ispravne investicije uz istovremenu integraciju sve većeg udjela OIE.

3.3.2. ZAŠTO JE INTEGRACIJA REGIONALNOG TRŽIŠTA TOLIKO KLJUČNA?

Europski, pa tako i Hrvatski, elektroenergetski sektor nalazi se usred velike tranzicije. Udio električne energije proizvedene iz OIE rasti će s današnjih 25% na 50% do 2030. godine. No kada nema sunca niti vjetra proizvodnja električne energije mora biti dovoljno velika da zadovolji potražnju iz mreže i održi mrežu stabilnom.

Kako Europska unija želi svim svojim građanima i tvrtkama osigurati pristup pouzdanoj i cjenovno prihvatljivoj energiji te istovremeno želi postati svjetski lider u korištenju OIE, regionalna integracija je neizbježna. Kako bi se to ostvarilo sve veća količina energije morat će biti tržena van nacionalnih granica što će iziskivati učinkovitiju kooperaciju svih tržišnih dionika. Kako će udio energije proizvedene iz OIE rasti, potrebe za većim interkonekcijskim kapacitetima također će rasti.

Nove tehnologije poput pametnih mreža, pametnog mjerenja, pametnih kuća, vlastite proizvodnje i opreme za pohranu energije ohrabruju građane da direktno sudjeluju u energetskej tranziciji koristeći te nove i pametne tehnologije kako bi smanjili svoje račune i aktivno sudjelovali na tržištu električnom energijom.

3.3.3. KAKO TRŽIŠTA MOGU POSTATI JOŠ FLEKSIBILNIJA?

Kreiranje fleksibilnih tržišta:

- Omogućiti potrošačima aktivno sudjelovanje na tržištu. Potrošač prilagođava svoju potrošnju prema cijenama u realnom vremenu.
- Poticati investicije u proizvodnju i učinkovito gospodarenje dostupnim resursima. Rezultat toga je veća konkurentnost i niža cijena.
- Izgradnja nove i obnova postojeće električne infrastrukture i prekograničnih veza omogućava bolju povezanost i smanjuje rizik od prekomjerne proizvodnje iz OIE.
- Osigurati fleksibilno trgovanje u što kraćim vremenskim periodima. Rezultat toga je točnije predviđanje proizvodnje iz OIE te manja potreba za balansiranjem sustava.
- Eliminirati reguliranje cijene i neučinkovite sustave poticaja. Ukoliko cijena električne energije ne reflektira stvarne troškove, investitorima i krajnjim korisnicima se šalju pogrešni signali koji ih demotiviraju za daljnja ulaganja.
- Investiranje pogonjeno tržištem. U dobro ustrojenim tržištima u vremenskim trenucima s prekomjernom proizvodnjom cijene su niske i obrnuto, u trenucima kada proizvodnja ne može zadovoljiti potražnju iz mreže cijena je visoka. Takva tržišta daju jasne signale o potrebama elektroenergetskog sustava i ohrabruju investitore za daljnja ulaganja.

3.3.4. TREBA LI NAM ZA TO BOLJA MREŽA?

Značajan napredak ostvaren je u području učinkovitijeg iskorištavanja mrežnih kapaciteta. Takozvani „market coupling“ (prodaja električne energije zajedno s prekograničnim kapacitetom, umjesto odvojeno) u većini Europe zajedno s „flow-based“ izračunom kapaciteta (točnije uzima u obzir stvarne fizičke tokove električne energije u dobro povezanoj europskoj mreži) rezultiralo je znatnim povećanjem korisnog mrežnog kapaciteta. Bez obzira na to, potreba za dodatnim kapacitetima između zemalja članica i ostalih susjednih zemalja i dalje će biti u porastu. Kako bi se izbjegla prevelika ulaganja u dodatne mrežne kapacitete potrebno je maksimalno iskoristiti sve opcije fleksibilnosti uključujući i tehnologije odziva.

3.3.5. KAKO VELIKE KOLIČINE SUNCA I VJETRA UTJEČU NA REGULACIJU?

Ravnomjerna raspodjela električne energije proizvedene iz OIE diljem Europe moguća je jedino s dobro povezanim mrežnim kapacitetima. Na taj način regije s prekomjernom proizvodnjom kompenziraju nedostatak proizvodnih kapaciteta u regijama s preniskom proizvodnjom. Istovremeno tržište mora dati kvalitetna rješenja za proizvođače pogonjene OIE čija proizvodnja mora biti što predvidljivija. Također, u vrijeme niske proizvodnje i visokih cijena, potrošači mogu utjecati na fleksibilnost smanjenjem potražnje koristeći tehnologije odziva uz adekvatnu kompenzaciju od strane samog tržišta.

3.3.6. ŠTO JE PROIZVODNJA ZA VLASTITE POTREBE POMOĆU OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE?

Zahvaljujući tehnološkom napretku i značajnom padu cijena tehnologija na bazi OIE, krajnji kupci mogu sami proizvoditi električnu energiju na krovovima svojih kuća. Tu energiju mogu konzumirati direktno ili ju pohranjivati u energetske spremnicima putem tehnologija za pretvorbu električne energije u toplinsku kao što su to dizalice topline i električni grijači ili baterije. Na taj način krajnji kupci koji sami proizvode električnu energiju mogu smanjiti svoje račune ili čak ostvarivati prihode ukoliko viškove prodaju u mrežu.

Proizvodnja za vlastite potrebe direktno utječe na smanjenje gubitaka u električnoj mreži jer se većina potrebne energije proizvodi na licu mjesta. Ona također smanjuje troškove cijelog elektroenergetskog sustava jer se za vrijeme vršnih opterećenja u vrućim ljetnim danima klima uređaji pokreću direktno putem PV-a.

3.3.7. KOJA JE ULOGA SPREMNIKA U OKVIRU JEDINSTVENOG INTEGRIRANOG TRŽIŠTA?

Osiguravanje sigurnog rada elektroenergetskog sustava uslijed naglog porasta proizvodnje iz intermitentnih OIE postaje sve veći izazov. Proizvođači i potrošači moraju biti u mogućnosti, uz odgovarajuće poticaje, odgovoriti na te nove zahtjeve za fleksibilnošću sustava. Integracija spremnika u tržište električne energije dodatno bi povećalo fleksibilnost sustava: električna energija pohranjivala bi se u vrijeme prekomjerne proizvodnje i niskih cijena, oslobađala bi se u vrijeme nedostatka proizvodnje i visokih cijena ublažavajući intermitentnu proizvodnju.

3.3.8. REZULTATI MODELIRANJA

Kako bi se utvrdilo realno stanje hrvatskog i regionalnog elektroenergetskog sustava te jasno definirali potencijali za investiranje u nove tehnologije i fleksibilnost sustava, grupa stručnjaka s Fakulteta strojarstva i brodogradnje provela je analizu na razini pojedine elektrane. U Referentnom scenariju cilj same analize bilo je što realnije rekreiranje bazne godine. Zbog dostupnosti podataka 2016. godina izabrana je kao bazna.

Rezultati su pokazali da je Hrvatski elektroenergetski sustav:

✗ **Neučinkovit**

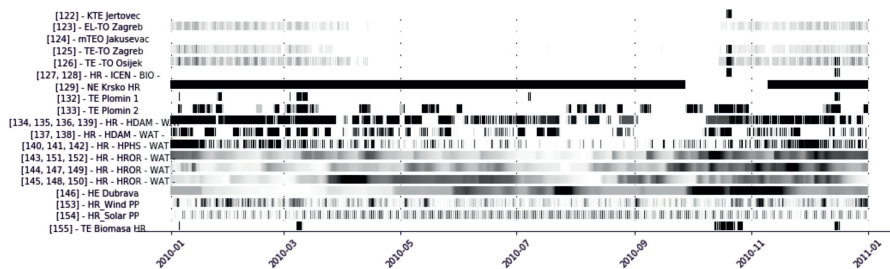
Većina proizvodnih kapaciteta u pogonu je manje od 1000 sati godišnje što dovodi u pitanje ekonomsku isplativost posjedovanja takvih kapaciteta. Slika 11 zorno prikazuje realno stanje rada hrvatskih elektrana. Većina termoelektrana u pogonu je kako bi zadovoljilo potrebe za grijanjem iz mreže te relativno mali broj sati radi u optimalnoj radnoj točki. Iako je izgradnja toplinskog spremnika u sklopu TE-TO Zagreb povećalo učinkovitost radnog ciklusa termoelektrane, korištenje skupog prirodnoga plina i dalje je prevelika prepreka za konkurentno sudjelovanje na tržištu električnom energijom.

✗ **Preskup**

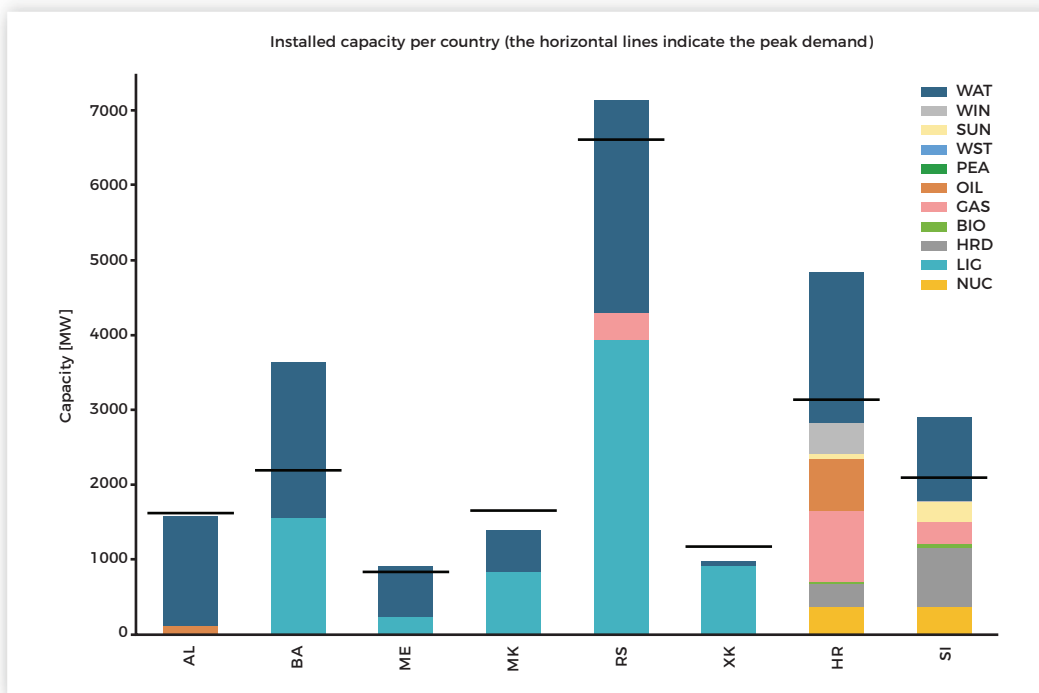
Iako instalirani kapaciteti nadmašuju vršna opterećenja iz mreže, tehnologije i goriva za pogon elektrana su zastarjele i nekonkurentne. Slika 12 jasno prikazuje kako Hrvatska svojim instaliranim kapacitetima (stupac) daleko nadmašuje vršnu potražnju iz mreže (horizontalna linija). Slika 13 prikazuje kako u realnosti Hrvatska većinu energije proizvodi iz hidroelektrana, nuklearne elektrane Krško i vjetroelektrana.

✗ **Uvozno orijentiran**

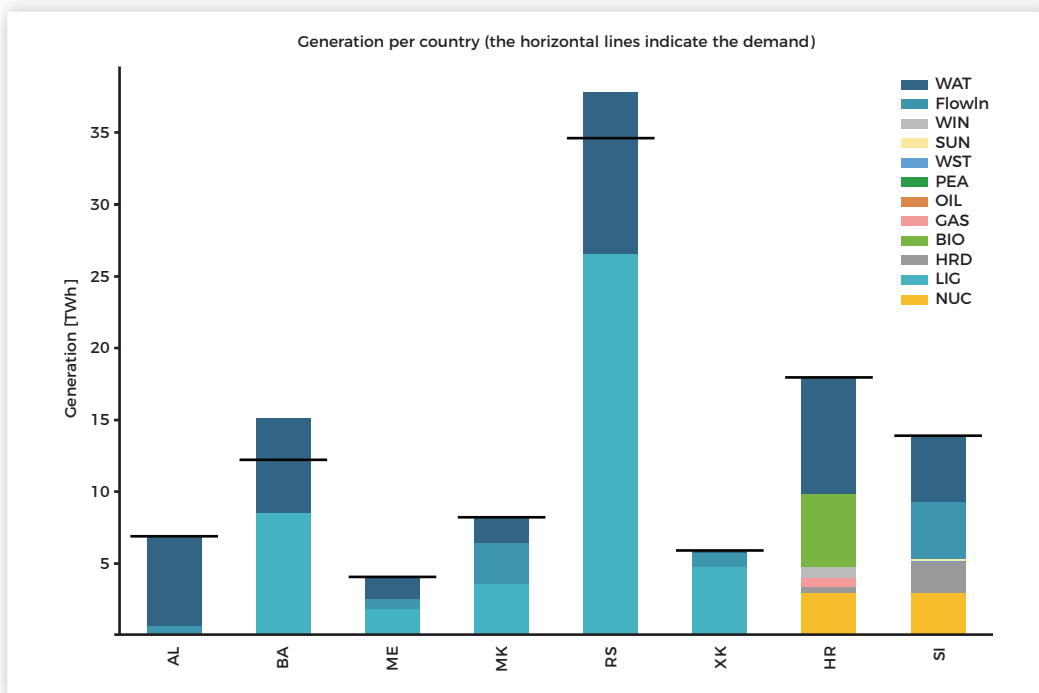
Hrvatska uvozi između 35 i 45% energije iz susjednih zemalja. Slika 13 jasno pokazuje kako je Hrvatska uz Sloveniju i Makedoniju jedan od najvećih uvoznika električne energije u regiji. Slika 14 detaljnije prikazuje izraženost uvoza u siječnju i srpnju. Glavni razlog tome je nekonkurentnost lokalnih proizvodnih kapaciteta većinom pogonjenih prirodnim plinom, mazutom i ugljenom. U Niskougljičnoj strategiji Republike Hrvatske jasno su definirani novi ciljevi koji za cilj imaju potpunu tranziciju iz uvozno orijentiranog u izvozno orijentirani elektroenergetski sustav Hrvatske.



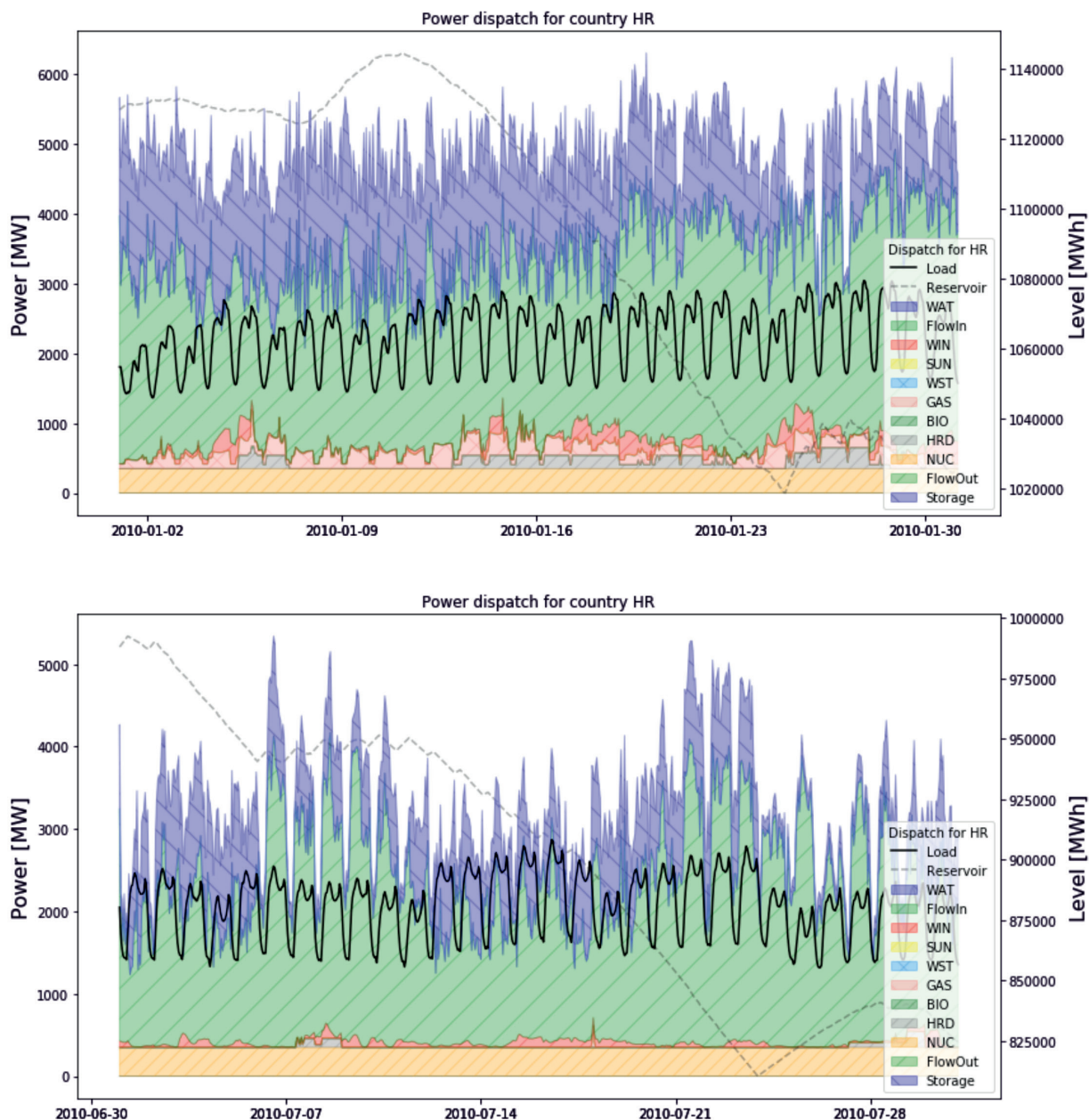
Slika 18 Simulirani rad pojedinih elektrana u Hrvatskoj u 2016. godini.



Slika 19. Instalirani kapaciteti po zemljama u regiji Zapadnog Balkana u 2016. godini.



Slika 20. Simulirana proizvodnja po zemljama Zapadnog Balkana u 2016. godini.



Slika 21. Grafički prikaz simulirane proizvodnje u Hrvatskoj - siječanj i srpanj 2016.

Prilikom modeliranja scenarija za 2030. godinu, analiza je usmjerena na validaciju još ambicioznijih ciljeva od onih predloženih u scenariju NU2, Niskougljične strategije Republike Hrvatske. Provedena analiza potvrđuje kako hrvatski elektroenergetski sustav uz pravovremeno donošenje zakonskih akata i odgovarajućih uredbi ima dovoljno potencijala da postane regionalni lider u integraciji OIE, posebice sunca i vjetra, izvozu i balansiranju bez narušavanja njegove stabilnosti.

Rezultati su pokazali da bi hrvatski elektroenergetski sustav u 2030. godini mogao postati:

Rezultati su pokazali da bi hrvatski elektroenergetski sustav u 2030. godini mogao postati:

✓ Tržišno konkurentan

Marginalni trošak, odnosno tržišna cijena zbog velike količine sunca i vjetra znatno je niža u odnosu na cijenu danas. Tablica 1 zorno prikazuje kako je simulirani ukupni godišnji trošak vođenja regionalnog elektroenergetskog sektora u 2030. niži za gotovo 22% u odnosu na 2016. Kako je očekivana potražnja iz mreže u 2030. godini gotovo dvostruko veća, marginalni trošak proizvodnje jednog MWh električne energije manji je za 58.88% i iznosi 18.77 €/MWh. Takva cijena izuzetno je konkurentna u današnjim okvirima gdje se prosječne cijene na europskim tržištima kreću između 35 i 65 €/MWh

✓ Spreman za integraciju velike količine OIE

U prvom dijelu analize pokazano je kako je potencijal integracije električnih vozila do 2030. godine oko 470 000 vozila. Slika 16 prikazuje kako integracija tako velikog broja električnih vozila ima pozitivan utjecaj na integraciju OIE te regulaciju i stabilnost mreže. Ova analiza pokazala je kako električna vozila mogu bez prevelikih problema integrirati i dva do tri puta veću količinu OIE jer je u trenutnoj konfiguraciji potreba za balansiranjem putem električnih vozila bila relativno niska, svega 142 sati godišnje.

✓ Znatno učinkovitiji

Većina proizvodnih kapaciteta u pogonu više od 1500 sati godišnje. Slika 15 prikazuje kako ugradnja toplinskih spremnika u ostale termoelektrane zajedno s povećanjem toplinske potražnje iz mreže centraliziranih toplinskih sustava povećava njihov broj sati rada. Termoelektrana Plomin više gotovo i nije u uporabi te postaje vršno postrojenje. OIE zajedno u kombinaciji s hidroelektranama dominiraju proizvodnjom

✓ Izvozno orijentiran

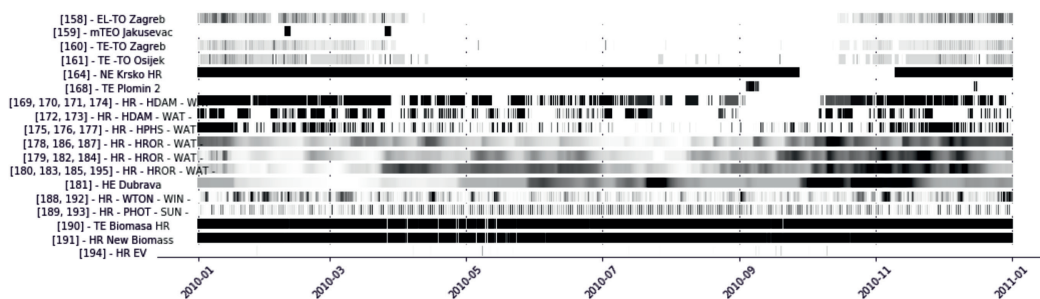
Uz pravovremenu intervenciju te ambiciozno dugoročno planiranje Hrvatska ima potencijala postati jedan od vodećih izvoznika u regiji. Slika 17 prikazuje kako usvajanje neambicioznih nacionalnih strategija u okolnim zemljama u regiji Hrvatsku dovodi u dobar položaj te joj omogućava da strateškim planiranjem i provođenjem kvalitetnih politika postane regionalni lider u izvozu i integraciji OIE.

✓ Pouzdan

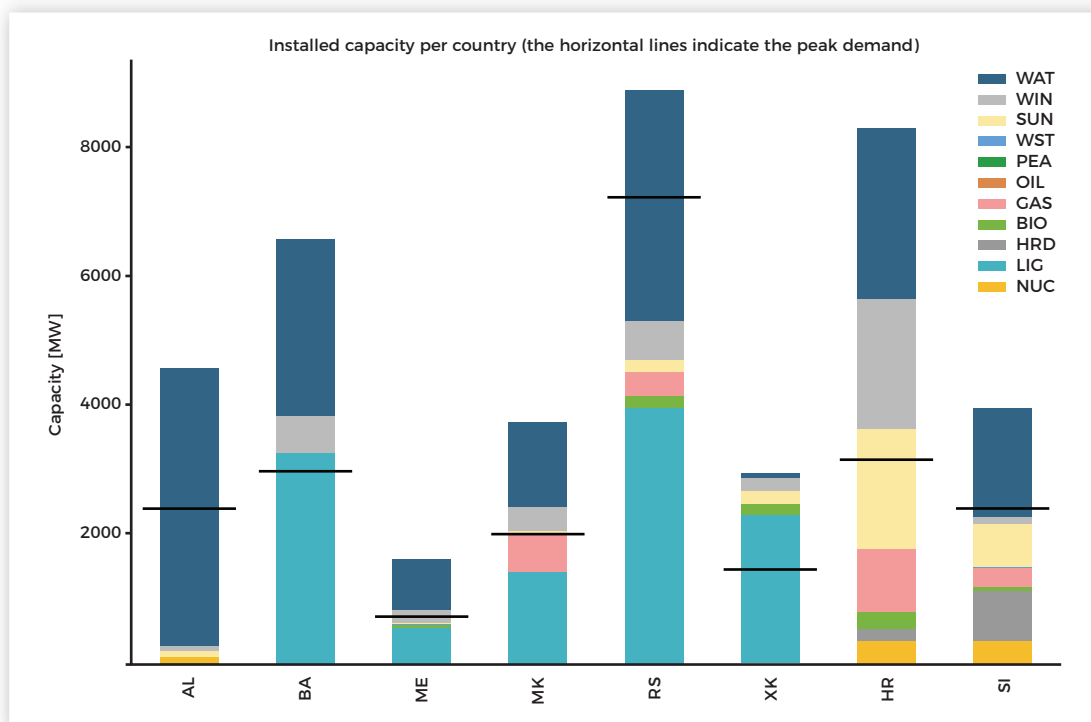
Zahvaljujući električnim vozilima, tehnologijama pretvorbe električne energije u toplinsku i reverzibilnim hidroelektranama hrvatski elektroenergetski sustav pouzdan je i siguran. Slika 18 prikazuje kako su potrebe za regulacijom i balansiranjem relativno niske čak i u trenucima najizraženije proizvodnje iz sunca i vjetra koje su karakteristične za siječanj i srpanj.

	2016			2030		
	Ukupna cijena	Proizvodnja	Marginalni trošak	Ukupna cijena	Proizvodnja	Marginalni trošak
	[x10 ³ €]	[GWh]	[€/MWh]	[x10 ³ €]	[GWh]	[€/MWh]
Ukupno godišnje	1,688,150	36,983	45.65	1,360,384	72,493	18.77
Satni maksimum	402	7	136.31	457	13	48.52
Satni minimum	64	1	16.13	18	3	3.02
Satni prosjek	192	4	48.42	155	8	18.45

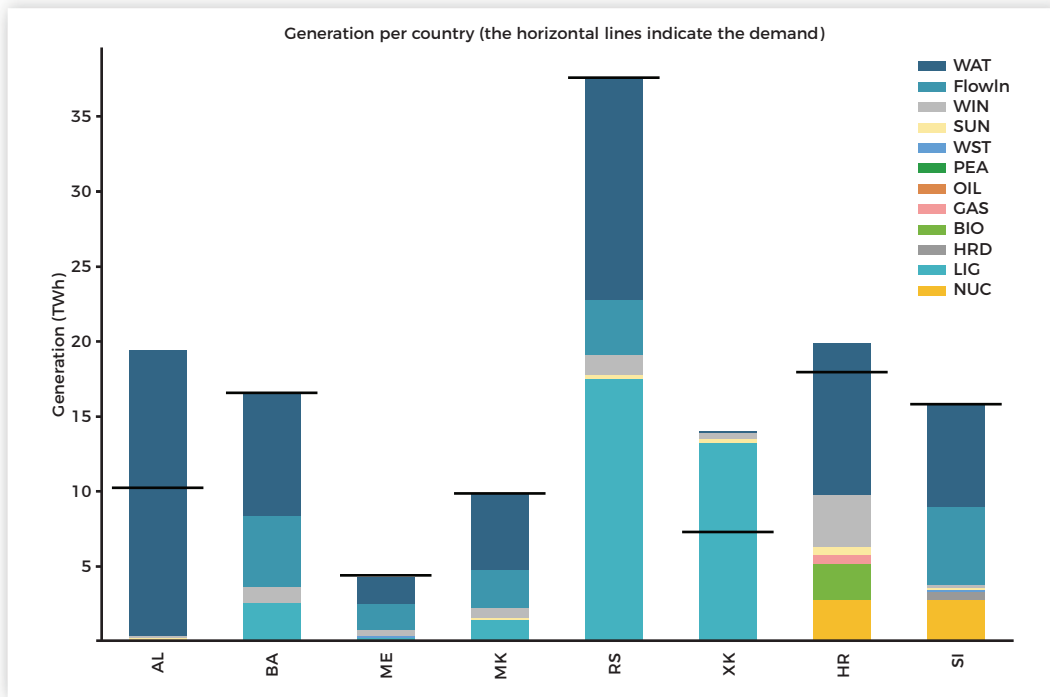
Tablica 1. Usporedba cijena i proizvodnje u 2016. i 2030. godini



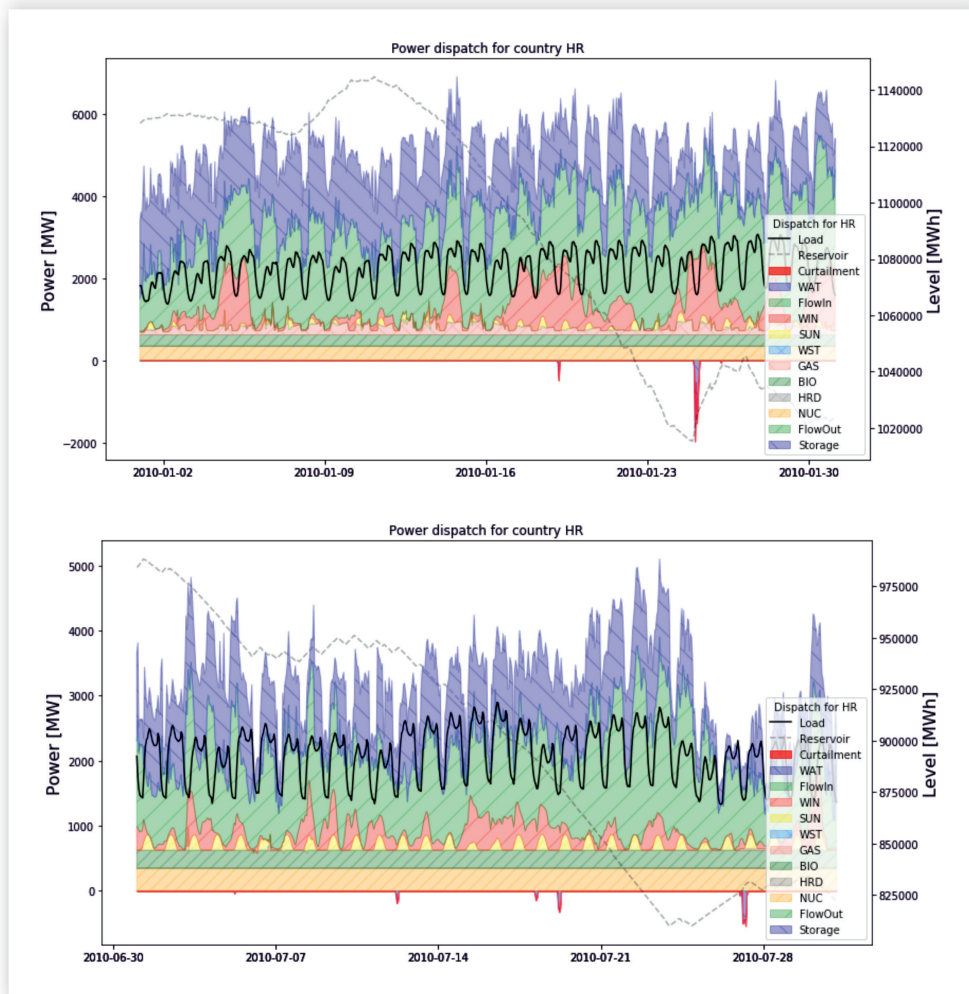
Slika 22. Simulirani rad pojedinih elektrana u Hrvatskoj u 2030. Godini



Slika 23. Instalirani kapaciteti po zemljama u regiji Zapadnog Balkana u 2030. godini.



Slika 24. Simulirana proizvodnja po zemljama u regiji Zapadnog Balkana u 2030. godini.



Slika 25. Grafički prikaz simulirane proizvodnje u Hrvatskoj - siječanj i srpanj 2030.

Zanimljivosti iz regije

Zapadni Balkan kao cjelina posjeduje zapanjujuće količine OIE. Danas Hrvatska u tom kontekstu daleko prednjači nad ostalim zemljama u regiji. Dobre interkonekcije sa susjednim zemljama, kvalitetna infrastruktura te članstvo u EU dobar su temelj da to tako i ostane u nadolazećoj budućnosti. Ostale zemlje u regiji svim se sredstvima bore kako bi osigurale što sigurniju i kvalitetniju opskrbu te postale energetske neovisne. Tablica 2 zorno prikazuje kako Albanija i Crna Gora planiraju nove interkonekcije koje su ključne za što veći protok energije. Integracija regionalnog tržišta zajedno s izgradnjom novih kapaciteta na jugu regije, Hrvatskoj omogućava konkurentnost i na ostalim tržištima u regiji. Proizvodnja iz hrvatskog vjetra u budućnosti će se iznimno lako moć prodati u Albaniji, Makedoniji ili na Kosovu. Ulaganje u OIE danas ključno je za energetske neovisnost u dva nadolazeća desetljeća.

Zašto je regionalna integracija tržišta toliko važna

Potpuna integracija tržišta električnom energijom ne uključuje samo tržišta dan-unaprijed već i unutardnevno trgovanje i dijeljenje usluga za balansiranje mreže i rezervnih kapaciteta koji omogućavaju učinkovitije prekogranično trgovanje i do tri godine unaprijed.

Unatardnevno trgovanje

Unazad desetak godina europska tržišta dan unaprijed značajno su povećala korištenje prekograničnih veza. Na granicama s kontinuiranim trgovanjem gotovo pola zahtjeva dolazi unutar tri sata od isporuke. To je pozitivan znak koji dokazuje da potreba za unutardnevnim trgovanjem kao rezultatom točnijih vremenskih prognoza postoji. Analiza je pokazala da se dobrobit takvih transakcija kreće u rasponu od 1 do 5 €/MWh po jednoj interkonekciji.

Utjecaj nepredviđenih tokova na socijalnu dobrobit

Nepredviđeni tokovi rezultat su neusklađenosti operatora prijenosnih sustava. Teško je izračunati njihov direktan utjecaj na cijenu no prije integracije 2011. troškovi na razini EU procijenjeni su na 13 milijuna €/GW NTC-a što u konačnici nije zanemarivo.

Troškovi prigušenja na granicama

Prigušivanje proizvodnje iz OIE u ekstremnim vremenskim prilikama jedna je od mjera balansiranja elektroenergetskog sustava. Prigušenje proizvodnje iz OIE i ograničavanje mogućnosti prekograničnog trgovanja u prosjeku bi rezultiralo rastom specifične cijene u rasponu od 15-20 €/MWh.

Interkonekcije	NTC			Broj sati zagašenja na pojedinim interkonekcijama		
	2016	2030	Novi	2016	2030	Razlika
'AL -> ME'	550	610	60	2,183	7,153	4,970
'AL -> MK'	0	400	400	0	6,656	6,656
'AL -> XK'	510	510	0	1,340	4,855	3,515
'BA -> HR'	1,350	1,350	0	1,286	620	-666
'BA -> ME'	600	600	0	2,129	568	1,561
'BA -> RS'	600	800	200	1,087	573	-514
'HR -> BA'	1,350	1,350	0	37	219	182
'HR -> RS'	500	500	0	877	1,206	329
'HR -> SI'	1,500	1,500	0	914	88	-826
'ME -> AL'	550	610	60	1,164	182	-982
'ME -> BA'	600	600	0	955	4,485	3,530
'ME -> RS'	220	620	400	2,010	2,635	625
'ME -> XK'	440	440	0	4,373	723	-3,650
'MK -> AL'	0	400	400	0	426	426
'MK -> RS'	400	400	0	626	5,109	4,483
'MK -> XK'	440	440	0	537	307	-230
'RS -> BA'	600	800	200	4,022	3,932	-90
'RS -> HR'	500	500	0	4,729	4,833	104
'RS -> ME'	220	620	400	5,175	1,119	-4,056
'RS -> MK'	400	400	0	3,707	606	-3,101
'RS -> XK'	680	680	0	2,298	28	-2,270
'SI -> HR'	1,500	1,500	0	0	0	0
'XK -> AL'	510	510	0	2,633	1,193	-1,440
'XK -> ME'	440	440	0	872	3,848	2,976
'XK -> MK'	440	440	0	3,515	3,953	438
'XK -> RS'	680	680	0	514	7,601	7,087

Tablica 2. Usporedba dostupnih NTC kapaciteta i zagašenja na pojedinim interkonekcijama u 2016. i 2030. godini.

4.

PREPORUKE

1. Dugoročno modeliranje potrošnje energije

▶ Snažna elektrifikacija svih sektora povezana sa smanjenjem potrošnje zbog povećanja energetske učinkovitosti ključna je za postizanje gotovo potpune neovisnosti sektora potrošnje o fosilnim gorivima.

2. Energetsko planiranje

▶ Ovaj dokument pokazuje da je dekarbonizacija realna i ostvariva. Svi scenariji upućuju na slične zaključke: investiranje u OIE značajno utječe na smanjenje emisija i tranzicija k niskogljichnoj budućnosti ekonomski je prihvatljiva.

▶ Zatupljenost OIE u energetskom miks u Republike Hrvatske mora biti osjetno veća od planirane u Nacrtu prijedloga Strategije niskougličnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje do 2030. godine s pogledom na 2050. godinu. To je jedini način da se Hrvatska strateški pozicionira kao regionalni lider i postane prepoznatljiva kao primjer dobre prakse u implementaciji OIE.

3. Jedinstveno tržište električne energije

▶ Krajnjim kupcima i investitorima koji žele ulagati u nove tehnologije poput pametnih mreža, pametnog mjerenja, pametnih kuća, vlastite proizvodnje i opreme za pohranu energije, mora se zakonski omogućiti i administrativno olakšati direktno sudjelovanje na energetskim tržištima a samim time i u energetskej tranziciji Republike Hrvatske.

5.

ZAKLJUČAK



Energetsko planiranje

- ▶ Današnji energetska sustav temelji se na centraliziranoj proizvodnji koja prati potrošnju, ubuduće će se temeljiti na uzajamnom balansiranju s većim značajem praćenja proizvodnje iz distribuiranih obnovljivih izvora energije.
- ▶ Potrebno je uvesti fleksibilniju potrošnju, skladištenje energije i trgovanje energijom na većem tržištu od onog nacionalnog.
- ▶ Ključne tehnologije su fleksibilne elektrane koje troše gorivo, kogeneracija i elektrifikacija transporta.
- ▶ Sinergija proizvodnje električne i toplinske energije kroz kogeneraciju rezultira učinkovitijom proizvodnjom.
- ▶ Elektrifikacija transporta pruža učinkovitije korištenje energije, smanjenje emisija stakleničkih plinova i čestica u urbanim sredinama te nove mogućnosti skladištenja energije u baterijama vozila..

Regionalno tržište

- ▶ Hrvatska može ostvariti gospodarski rast uz smanjenje emisija stakleničkih plinova.
- ▶ Prelaskom na put niskougljičnog razvoja otvaraju se nova zelena radna mjesta.
- ▶ Prelazak na niskougljično gospodarstvo financijski i ekonomski je opravdan. Niskougljičnim scenarijima povećava se sigurnost opskrbe energijom, održivost energetske opskrbe, dostupnost energije i smanjuje uvoz energenata. Smanjuje se onečišćenje zraka (SOX, NOX, PM2.5).
- ▶ Jedinstveno regionalno tržište električnom energijom smanjuje marginalni trošak, povećava sigurnost opskrbe i fleksibilnost.



Strateški dokumenti:

Ministarstvo zaštite okoliša i energetike. (2017.). Nacrt prijedloga Strategije niskougljičnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje do 2030. godine s pogledom na 2050. godinu.

Vlada Republike Hrvatske. (2009). Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske

Radovi grupe:

Projekt RESFLEX. (2018.). Hrvatska energetska tranzicija. <http://het.hr/>

Doračić, Borna; Novosel, Tomislav; Pukšec, Tomislav; Duić, Neven. Evaluation of Excess Heat Utilization in District Heating Systems by Implementing Levelized Cost of Excess Heat. // Energies. 11 (2018) , 3;

Pavičević, Matija; Novosel, Tomislav; Pukšec, Tomislav; Duić, Neven. Hourly optimization and sizing of district heating systems considering building refurbishment – Case study for the city of Zagreb. // Energy (Oxford). 137 (2017) ; 1264-1276

Dominković, Dominik Franjo; Bačeković, Ivan; Ćosić, Boris; Krajačić, Goran; Pukšec, Tomislav; Duić, Neven; Markovska, Nataša. Zero carbon energy system of South East Europe in 2050. // Applied energy. 184 (2016) ; 1517-1528

Komušanac, Ivan; Ćosić, Boris; Duić, Neven. Impact of high penetration of wind and solar PV generation on the country power system load: the case study of Croatia. // Applied energy. 184 (2016) ; 1470-1482

Pfeifer, Antun; Dominković, Dominik Franjo; Ćosić, Boris; Duić, Neven. Economic feasibility of CHP facilities fueled by biomass from unused agriculture land: Case of Croatia. // Energy conversion and management. 125 (2016) ; 222-229

Dominković, Dominik Franjo; Ćosić, Boris; Bačelić Medić, Zlatko; Duić, Neven. A hybrid optimization model of biomass trigeneration system combined with pit thermal energy storage. // Energy conversion and management. 104 (2015) ; 90-99

Duić, Neven. Is the success of clean energy guaranteed?. // Clean technologies and environmental policy. 17 (2015) , 8; 2093-2100

Novosel, Tomislav; Perković, Luka; Ban, Marko; Keko, Hrvoje; Pukšec, Tomislav; Krajačić, Goran; Duić, Neven. Agent based modelling and energy planning – Utilization of MATSim for transport energy demand modelling. // Energy (Oxford). 92 (2015) , Part 33; 466-475

Pukšec, Tomislav; Mathiesen, Brian Vad; Novosel, Tomislav; Duić, Neven. Assessing the impact of energy saving measures on the future energy demand and related GHG emission reduction of Croatia. // Energy (Oxford). 76 (2014) ; 198-209

EU dokumenti:

European Commission (2012.). Energy Roadmap 2050. doi:10.2833/10759.

European Commission (2014.). 2030 Climate & Energy Framework.

European Commission (2014.). Progress towards completing the Internal Energy Market.

European Commission (2015.). Towards an Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: Accelerating the European Energy System Transformation.

European Commission (2015.). Energy Market Design.

European Commission (2016.). Clean Energy for all Europeans.

Capros, Pantelis & De Vita, A & Tasios, Nikos & Siskos, Pelopidas & Kannavou, M & Petropoulos, A & Evangelopoulou, S & Zampara, M & Papadopoulos, D & Nakos, Ch & Paroussos, Leonidas & Fragkiadakis, Kostas & Tsani, Stella & Karkatsoulis, Panagiotis & Höglund-Isaksson, Lena & Winiwarter, Wilfried & Purohit, Pallav & Gomez-Sanabria, A & Frank, Stefan & Kesting, Monika. (2016). EU Reference scenario 2016 -Energy, transport and GHG emissions Trends to 2030. doi:10.2833/001137.

European Commission (2017.) The Strategic Energy Technology (SET) Plan doi:10.2777/476339

Ostali radovi:

László, Szabó & Mezősi, András & Kelemen, Ágnes & Kacsor, Eniko & Kaderják, Péter & Resch, Gustav & Liebmann, Lukas. (2018.). SEERMAP - Croatia country report.

László, Szabó & Mezősi, András & Pató, Zsuzsanna. (2017). South East Europe Electricity Roadmap: Regional report: South East Europe.



 **FSB** Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje



European
Climate Initiative
EUKI

Supported by:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

based on a decision of the German Bundestag

“Projekt SEEETD financiran je od strane European Climate Initiative (EUKI). EUKI je financijski instrument Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). Njegova implementacija je podržana od strane Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Osnovni cilj EUKI instrumenta je jačanje suradnje u klimatskim pitanjima unutar EU, u svrhu smanjenja stakleničkih plinova. To se postiže kroz jačanje prekograničnog dijaloga te izmjenom znanja i iskustava.

Informacije i stavovi izneseni u ovom dokumentu su u potpunosti stajalište autora te ne reflektiraju službeno stajalište Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.”