



Rješenja prilagodbe elektroenergetskog sustava klimatskim promjenama temeljena na velikim količinama podataka

- OKRUGLI STOL -

Prijedlog mjera prilagodbe klimatskim promjenama koje proizlaze iz provedenog primijenjenog istraživanja

Izveštaj sastavili:

Tomislav Capuder, FER

Franko Pandžić, FER

Marta Đurović, FER

Tomislav Ivanković, FER

Lovre Mrčela, FER

Hrvoje Pandžić, FER

Ivica Pavić, FER



**Zajedno
čuvamo okoliš**

Sufinancirano sredstvima Fonda za zaštitu
okoliša i energetska učinkovitost



Zagreb, svibanj 2023.

Sadržaj:

1. Uvod	3
2. Alati, rješenja i preporuke RESdata projekta	11
3. Zapisnik, i prijedlozi Okruglog stola	15
4. Literatura	17

1. Uvod

U prosincu 2019. godine Europsko vijeće potvrdilo je za svoj cilj postizanje klimatske neutralnosti do 2050. godine. Ministri i ministrice diljem Europe pozitivno su prihvatili u nadolazećim mjesecima strategiju za bioraznolikost i strategiju „od polja do stola” s ciljem ojačanja uloga poljoprivrednika u lancu opskrbe hranom. S obzirom da je u istom periodu vrlo aktualna tema bila i COVID-19, opravak od pandemije trebao bi se voditi zelenim europskim planom zbog postizanja zelenog i otpornijeg rasta. U listopadu 2020. godine predložen je cilj smanjenja emisija za najmanje 55% do 2030. godine u donosu na 1990. godinu te je u prosincu taj prijedlog Europsko vijeće potvrdilo kao obvezujući cilj Europske Unije. Dodatno, neizravni benefiti klimatskih ambicija očitovat će se i kroz potaknuti održiv gospodarski rast, nova radna mjesta, koristi za građane i građanke EU-a u području zdravlja i okoliša, dugoročna globalna konkurentnost gospodarstva EU-a promicanjem inovacija u zelenim tehnologijama. U ožujku 2021. godine podržava se i strategija održivosti u području kemikalija kojom se želi postići bolja zaštita zdravlja ljudi, jačanje konkurentnosti industrije te podržavanje netoksičnosti okoliša uz nultu stopu onečišćenja. Vijeće također donosi uredbu o uspostavi fonda u iznosu 17,5 milijardi eura za pravednu i uključivu zelenu tranziciju.

Paket mjera “Spremni za 55%” ima svoj doprinos u području poljoprivrede i šumarstva pri čemu se naglasak stavlja na jamčenje sigurnosti opskrbe hranom, uloge šumarstva u prijelazu EU na zeleno, klimatski neutralno i konkurentno kružno biogospodarstvo te važnosti šuma za ljudsko zdravlje, zdravlje životinja i zdrav prirodan okoliš uz potrebu za postizanjem ravnoteže između okolišnih, socijalnih i gospodarskih aspekata održivog gospodarenja šumama. Sa strane okoliša unutar tog paketa potrebno je napraviti reviziju sustava trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova, reviziju uredbe o obvezujućem godišnjem smanjenju emisija stakleničkih plinova u državama članicama, reviziju uredbe o emisijama i uklanjanjima stakleničkih plinova iz korištenja zemljišta, prenamjene zemljišta i šumarstva te reviziju pravila za utvrđivanje standardnih vrijednosti emisija CO₂ za nove automobile i kombije.

U svibnju 2022. godine donesen je paket mjera unutar REPowerEU plana. Glavni cilj tog plana je odgovor na rusku invaziju na Ukrajinu, odnosno smanjenje ovisnosti EU o ruskim fosilnim gorivima čime bi se dodatno ubrzao prelazak na čistu energiju te osigurao otporniji elektroenergetski sustav. Dodatni skup mjera donesen ovim paketom predlaže uštedu energije, diversifikaciju isporuke, ubrzano nadomještanje fosilnih goriva te pametno kombiniranje ulaganja i reforme. Potrošnja plina bi se trebala smanjiti za 30 % do 2030. godine. Uspostavljena je platforma za energiju za dobrovolju zajedničku kupnju plina, ukapljenog prirodnog plina i vodika. Tri osnovne funkcije platforme su agregiranje i strukturiranje potražnje uz poticanje diversifikacije ponude, zatim optimirana i transparentna uporaba infrastrukture za uvoz, skladištenje i transport plina kojom se nastoji maksimalno povećati sigurnost opskrbe i nadopuna skladišnih kapaciteta te u

konačni zajednički međunarodni doseg koji će biti usmjeren na sklapanje dugoročnih okvira suradnje s pouzdanim partnerima. Komisija predlaže i povećanje energije iz obnovljivih izvora s 40 % na 45 % do 2030. godine, odnosno povećanje s 1067 GW na 1236 GW. Postavlja se i cilj za instalaciju solarnih fotonaponskih modula do 2025. u iznosu od 320 GW. Te se predstavlja nova strategija EU-a za solarnu energiju uz uvođenje europske direktive za solarne krovove koja obvezuje EU na postavljanje solarnih krovova na određene kategorije zgrada. Naglasak se također stavlja i na bolje iskorištavanje energije vjetra koje će biti omogućeno ojačavanjem lanaca opskrbe i značajnim ubrzanjem izdavanja dozvola.

EU nastoji udvostručiti broj dizalica toplina, što bi značilo ukupno 10 milijuna jedinica u sljedećih 5 godina. To se nastoji postići razvojem i modernizacijom sustava centraliziranog grijanja koji mogu zamijeniti fosilna goriva u pojedinačnim sustavima grijanja, čistim komunalnim grijanjem, posebno u gusto naseljenim područjima i gradovima te iskorištavanjem industrijske topline kad god je dostupna. Također se u fokus stavlja i ubrzavanje veće primjene vodika proizvedenog iz obnovljivih izvora koji će postati ključan u zamjeni prirodnog plina, ugljena i nafte u prometu. Cilj EU-a je proizvesti 10 milijuna tona vodika iz obnovljivih izvora do 2030. godine te uvesti dodatnih 10 milijuna tona. Kako bi se ostvario navedeni uvoz, EU će poduprijeti razvoj tri glavnih koridora i to preko Sredozemlja, Sjevernog mora i prvom prilikom preko Ukrajine. Uz vodik, EU potiče i održivu proizvodnju biometana kako bi se smanjio uvoz prirodnog plina iz Rusije. Procjena je da bi uz ulaganje od 37 milijarde eura povećao kapacitet proizvodnje bioplina te potaknula njegova pretvorba dovoljna za čak 35 milijardi m³ do 2030. godine. Kako bi se sve to ostvarilo, potrebno je uspostaviti industrijsko partnerstvo za bioplin i metan kako bi se potaknuo lanac vrijednosti plinova iz OIE. Dodatno, potrebno je poduzeti dodatne mjere kako bi se proizvođači bioplina potaknuli na stvaranje energetske zajednice. Davanje poticaja za prelazak s bioplina na biometan uz uklanjanje nedostataka u području istraživanja, razvoja i inovacija te uvođenje nove infrastrukture za prijevoz više biometana putem plinske mreže EU-a samo su neki od mehanizama koji će pridonijeti akceleraciji proizvodnje i upotrebe biometana. Potrebno je naglasiti da bi se trebalo osigurati da se biometan proizvodi iz organskog otpada, šumskih i poljoprivrednih ostataka zbog sigurnosti opskrbe hranom o mogućih štetnih utjecaja.

Jedan od važnih aspekata ubrzanja zelene energetske tranzicije jesu i uvođenje vodika te elektrifikacija u industrijskom sektoru. EU će uvesti govore za kompenzaciju razlike u odnosu na ugljik i namjenske komponente kako bi se podržao potpuni prelazak postojeće proizvodnje vodika u industrijskim procesima s prirodnog plina na obnovljive izvore energije i prelazak na proizvodne procese temeljene na vodiku u novim industrijskim sektorima, kao što je proizvodnja čelika. Dodatno, elektrifikacija prometa može se izvesti uz kombinaciju s čistim vodikom kao zamjenom za fosilna goriva. S ciljem povećanjem udjela vozila s nultim emisijama, razmotrit će se zakonske inicijative o povećanju tih vozila u javnim voznim parkovima i voznim parkovima poduzeća.

EU će predstaviti Preporuku o izdavanju dozvola kako bi se smanjili spori i složeni postupci koji su jedna od glavnih prepreka u niskougljičnoj tranziciji. S obzirom na to da ishođenje dozvole za vjetroelektranu ponekad može trajati i do 9 godina, a sa solarne elektrane postavljene na tlu i do 4,5 godine, od ključne je važnosti te postupke ubrzati. Kako bi se ostvarili navedeni ciljevi, potrebna su dodatna ulaganja od 210 milijardi eura do 2027. godine s naglaskom na uštede koje će ta ulaganja donijeti. Riječ je o 80 milijardi eura uštede na vozu plina, 12 milijardi eura na uvozu nafte i 1,7 milijardi eura na uvozu ugljena.

Kako bi se potaknule uštede za plinom u iznosu od 30 %, odnosno za 116 milijardi m³, potrebno je potaknuti sve sektore na uštede. Tako će građani promjenama u ponašanju doprinijeti s 10 milijardi m³ uštede, dok se 37 m³ uštede očekuje u stambenom sektoru zbog povećanja energetske učinkovitosti i ugradnjom toplinskih pumpi. Elektrifikacijom industrije i povećanjem energetske učinkovitosti na 13 % uštedit će se 12 milijardi m³ plina. Upotrebom biometana uštedit će se 17 milijardi m³, dok korištenjem vodika iz obnovljivih izvora 27 milijardi m³ te ukapljivanjem prirodnog plina 50 milijardi m³. Uštede od 21 milijardu m³ očekuju se zbog povećanja korištenja energije iz obnovljivih izvora.

U prometnom sektoru paket mjera "Spremni za 55%" cilja na smanjenje emisija stakleničkih plinova za 90% s napomenom da taj sektor trenutačno uzrokuje više od četvrtine emisija EU-a. S ciljem prelaska na mobilnost s nultom stopom emisija, postignut je dogovor o smanjenju emisija CO₂ od 55 % za nove automobile i 50 % za nove kombije do 2030. u odnosu na razine iz 2021. te smanjenja emisija CO₂ od 100 % za nove automobile i kombije do 2035. U studenom 2022. godine potvrdio se cilj smanjenja emisija stakleničkih plinova na razini EU-a za 40 % u odnosu na 2005. za sektore koji nisu obuhvaćeni sustavom EU-a za trgovanje emisijama. Preciznije, riječ je o maloj industriji, poljoprivredi, otpadu, cestovnom i domaćem pomorskom prometu te zgradarstvu. S obzirom na to da su zgrade odgovorne za više od trećine emisija stakleničkih plinova u EU-u, u revizijama Direktive o energetske svojstvima zgradama postavljena su sljedeća dva cilja: sve nove zgrade trebale bi do 2030. biti zgrade s nultim emisijama te sve postojeće zgrade trebalo bi do 2050. pretvoriti u zgrade s nultim emisijama.

U ožujku 2023. godine postignut je dogovor o Direktivi o energetske učinkovitosti o smanjenju potrošnje konačne energije na razini Europske Unije za 11,7% u 2030. godini. U istom mjesecu utvrđena su zajednička pravila za unutarnje tržište plinova iz obnovljivih izvora i prirodnih plinova te vodika kako bi se osmislio prelazak plinskog sektora na plinove iz obnovljivih izvora i niskougljične plinove, posebice biometan i vodik. Dodatno, postignut je privremeni dogovor o povećanju udjela energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije u EU-u na 42,5 % do 2030. i o dodatnom indikativnom povećanju od 2,5 % koje bi omogućilo da se dosegne 45 % u području prometa, industrije, zgradarstva te centraliziranog grijanja i hlađenja. U svibnju 2023. godine Vijeće donosi stajalište o jačanju položaja potrošača u zelenoj tranziciji s naglaskom na jačanje prava potrošača na informacije, zabranu opće tvrdnje o prihvatljivosti za okoliš.

Paket mjera „Spremni za 55 %“ nastoji osigurati poštenu i socijalno prevedenu zelenu energetska tranziciju uz održavanje i jačanje inovacija i konkurentnosti industrije u Europskoj Uniji. Istovremeno se nastoje osigurati jednaki uvjeti u odnosu na gospodarske subjekte iz trećih zemalja. Najveći naglasak stavlja se na podupiranje Europske Unije u predvođenju svjetske borbe protiv klimatskih promjena. Paket „Spremni za 55 %“ sastoji se od nekoliko kategorija pomoću kojih će EU smanjiti emisije za 55% do 2030. godine. Neke od njih su sljedeći:

- Povećanje energetske učinkovitosti koja se postiže štednjom energije uz smanjenje potrošnje čime se direktno smanjuju emisije stakleničkih plinova i onečišćenje te ovisnost o uvezenim fosilnim gorivima. Ciljevi koji su postavljeni prema predviđanjima iz 2007. za 2030. godinu kažu da se dosada potrošnja smanjila za 29%, dok je novi cilj za konačnu potrošnju podignut s 32,5 % na 38 % te s 32,5 % za primarnu potrošnju na 40,6 %. Ovim mjerama i ciljevima obuhvaćeni su promet, industrija i zgrade te javni sektor koji će smanjiti svoju konačnu potrošnju za 1,9 % godišnje uz obnovu zgrada.
- Povećanje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora do 2030. s 32% na 40%. U području zgrada donesena je odluka o 49% upotrebe energije iz obnovljivih izvora do 2030., dok je u industrijskom sektoru to povećanje treba biti 1,1 % na godišnjoj razini. Kod grijanja i hlađenja taj porast do 2025. godine mora biti 0.8 % godišnje te 1,1 % do 2030. godine. U području prometa i goriva države članice mogu odabrati ili smanjenje od 13 % intenziteta stakleničkih plinova do 2030. u odnosu na 2022. ili najmanje 29 % energije iz obnovljivih izvora u krajnjoj potrošnji.
- Oporezivanje energije – treba se osigurati da oporezivanje različitih energetskih proizvoda održava njihov utjecaj na okoliš čime će se potaknuti da se biraju proizvodi koji su prihvatljivi za okoliš. Minimalne stope oporezivanja trebaju se temeljiti na stvarnom energetskom sadržaju i učinkovitosti goriva, a ne na količini. Ugljen, nafta i plin oporezivat će se po najvišoj stopi. Tijekom razdoblja od narednih 10 godina minimalne stope oporezivanja goriva za zrakoplove i plovila postupno će se povećavati, dok će održiva goriva imati nultu minimalnu stopu oporezivanja s ciljem povećanje njihove upotrebe. Goriva i električna energija će se tretirati jednako, bilo da je riječ o komercijalnoj ili nekomercijalnoj primjeni, te poslovnoj ili privatnoj.
- Standardne vrijednosti emisija CO₂ za automobile i kombije – automobili i kombiji odgovorni su za otprilike 15 % emisija CO₂ u ukupnoj emisiji u EU. Predložene uredbe utvrđuju novi cilj o 100 % smanjenju emisija za 2035. godinu, odnosno stavljanje na tržište automobila i kombija s isključivo nultim emisijama čime bi se trebali osigurati i cjenovno pristupačniji modeli uz veću kvalitetu zraka koji će rezultirati poboljšanim zdravljem i dobrobiti građana.
- REFuelEU Aviation i FuelEU Maritime – na zračni promet opada 14,4 %, dok na pomorski promet 13,5 % emisija u ukupnom prometnom sektoru EU. Minimalni udio održivih goriva u zračnom prometu morat će postupno povećavati u zračnom

prometu počevši s 2% u 2025. godini, 6 % u 2030., 32% u 2040. te 63 % u 2050. godini.

- Socijalni fond za klimatsku politiku pomaže u borbi protiv energetske siromaštva i nastoji poboljšati pristup mobilnosti i prijevozu s nultom i niskom razinom emisija u EU. Sva poduzeća koja prodaju goriva moraju kupiti emisijske jedinice zbog emisija uzrokovanim svojim poslovanjem. Prihod od tih emisijskih jedinica uplaćivat će s EU Fond koji će onda služiti kao pomoć najpotrebnijima. Hrvatskoj je ukupno namijenjeno 1,4 milijarde eura u periodu od 2025. do 2032. godine i to 460 milijuna eura u periodu od 2025. godine do 2027. godine te 943 milijuna eura od 2028. do 2032. godine.
- Mehanizam za ugljičnu prilagodbu na granicama potiče proizvođače izvan EU da smanje emisije kako bi se izbjegao uvoz cjenovno povoljnih proizvoda koji više štete okolišu iz zemalja s manje strogom klimatskom politikom. U prvoj fazi obuhvatit će se željezo i čelik, cement, gnojiva, aluminij, proizvodnja vodika te električna energija na način da će uvoznik iz EU-a morati kupiti certifikate koji će pokriti razliku u cijeni uveznog proizvoda koji ne sadrži cijenu emisijskih jedinica iz ETS-a (za razliku od svih proizvoda proizvedenih u EU).
- Infrastruktura za alternativna goriva (vodik i ukapljeni metan) kako bi se osigurao dostatan domet. Predviđa se da će do 2030. godine 16 % svih automobila i kombija koristiti alternativno gorivo, dok će ta brojka u 2050. godini iznositi čak 50 %. U cestovnom prometu osigurati će se punionice za električna vozila na svakih 60 km na glavnim cestama te punionice vodika na barem svakih 200 km te barem jedna punionica u svakom gradskom čvoru uz kapacitet za pružanje 1 tone vodika dnevno na 700 bara. Punionice uklopljenog metana instalirat će se na glavne ceste po EU kako bi se osigurala nesmetana vožnja takvih vozila.
- Uklanjanje ugljika u korištenju zemljišta i u šumarstvu – uklanjanje ugljika je proces fotosinteze kojim se iz zraka hvata CO₂ (na godišnjoj razini šume apsorbiraju skoro 10 % emisija stakleničkih plinova nastalih u EU). Svaka država članica dobila je obvezujući cilj za povećanje uklanjanja stakleničkih plinova upravo u ovom sektoru kroz dvije faze. U prvoj fazi do 2025. godine je na snazi aktualni sustav, dok će nakon toga pa sve do 2030. godine cilj biti ukloniti 310 Mt ugljika. Hrvatski cilj postavljen je na uklanjanje 5,5 milijuna tona stakleničkih plinova.
- Uredba o raspodjeli tereta – obuhvaća cestovni promet, poljoprivredu, zgrade, otpad i malu industriju koji su odgovorni za 60 % ukupnih emisija u EU. Dosadašnji cilj u tim sektorima bio je smanjenje emisija do 2030. godine za 29 %, međutim taj je cilj sada podignut na 40 %. Konkretno, Hrvatska je dobila nov cilj koji iznosi 16.7 % smanjenja emisija u tim sektorima do 2030. godine. Zemljama članicama omogućeno je da emisije mogu pohraniti ukoliko ih imaju manje od godišnjeg ograničenja, posuditi iz kvote za sljedeću godinu ukoliko u trenutnoj godini imaju više od ograničenje, te mogu međusobno trgovati viškom emisijskih jedinica.
- Sustav EU-a za trgovanje emisijama (ETS EU-a) – svi subjekti dužni su kupiti tv. „emisijske jedinice“ koje odgovaraju njihovim emisijama stakleničkih plinova.

Svake godine gornja granica količine emisijskih jedinica se smanjuje s ciljem financijskog poticanja na smanjenje jedinica. Od 2005. godine svi sektori obuhvaćeni ovim sustavom uspjeli su smanjiti emisije za 41 %. Sektor obuhvaća oko 10 000 trgovačkih društva i to jedinice za proizvodnju električne i toplinske energije, komercijalno zrakoplovstvo za letove unutar EU, te energetske intenzivan industrijski sektor (rafinerija nafte, industrija čelika, cement, proizvodnja stakla i papira). Cilj je bio pomoću tog sustava smanjiti emisije do 2030. godine za 43% u odnosu na 2005. godinu, međutim taj je cilj sada podignut na 62 % što će se postići intenzivnijim smanjenjem godišnjih gornjih granica. Do sada su se granice smanjivale za 2,2 % godišnje, a novi cilj govori o 4,3 % godišnje od 2024. do 2027. godine te 4,4 % od 2028. do 2030. godine. Postupno će se obuhvatiti i pomorski promet te zgradarstvo, cestovni promet i goriva za dodatne sektore. Dio prikupljenog prihoda će biti namijenjen za rješavanje problema energetskog siromaštva i najranjivijih osoba kroz Socijalni fond za klimatsku politiku.

Integrirani nacionalni energetske i klimatski plan za Republiku Hrvatsku za razdoblje od 2021. do 2030. godine donesen u prosincu 2020. godine iznio je 6 glavnih indikatora i njihove ciljeve kako bi se ostvarili ciljevi zelene energetske tranzicije. Riječ je o smanjenju emisija stakleničkih plinova za ETS sektoru u odnosu na 2005. godinu za najmanje 43 % te izvan ETS sektora za najmanje 7%. Udio obnovljivih izvora energije u bruto neposrednoj potrošnji energije trebao bi biti 36,6 %, a u neposrednoj potrošnji energije u prometu 14 %, dok bi potrošnja primarne energije, odnosno ukupna potrošnja energije bez ne energetske potrošnje iznosila 344,4 PJ (8,23 Mtoe), dok neposredna potrošnja energije 286,9 PJ (6,85 Mtoe). Svake dvije godine Plan se mora revidirati i pokazati što je od zadanih ciljeva ostvareno. Nacrt ažurirane verzije Plana trebao bi biti dostupan u lipnju 2023. godine, dok bi konačna verzija ažuriranog Plana trebala bi biti objavljena u lipnju 2024. godine. Novi ciljevi koje će revidirani Plan postaviti su sljedeći:

- potrošnja primarne energije smanjena je s 8,23 Mtoe na 6,97 Mtoe, odnosno s 344,4 PJ na 291,82 PJ,
- neposredna potrošnja energija smanjena je sa 6,85 Mtoe na 6 Mtoe, odnosno s 286,91 PJ na 251,20 PJ,
- Godišnje kumulativne uštede s 2993,7 ktoe podignute su na 3646,9 ktoe, odnosno s 125,3 PJ na 152,6 PJ.

Financiranje zelene energetske tranzicije u Hrvatskoj će biti omogućeno s više strane. Modernizacijski fond za potporu ulaganjima u modernizaciju elektroenergetskog sustava i poboljšanje energetske učinkovitosti namijenio je za Hrvatsku oko milijardu eura u periodu do 2030. godine. Iz Fonda za pravednu tranziciju koji je potpora za društveno-ekonomski najugroženija područja za tranziciju prema klimatskoj neutralnosti i sprečavanju rasta regionalnih razlika namijenjeno je 178,7 milijuna eura. 620,5 milijuna eura predodređeno je iz financijskih sredstava dobivenih prodajem emisijskih jedinica u periodu od 2021. do 2025. godine. 20 milijuna eura dodijeljeno je iz Financijskog

mehanizma europskog gospodarskog prostora i Norveškog financijskog mehanizama, dok je za energetske učinkovitost u industriji, geotermalnu energiju, mikrosolare, dizalice topline, vodik i baterije iz Programa konkurentnosti i kohezije namijenjeno 279 milijuna eura.

Osim inicijativa i direktiva usmjerenih na ubrzanje integracije OIE ali i elektrifikacije grijanja, transporta i drugih sektora, cijene električne energije su još jedan značajan faktor koji utječu na elektroenergetski sustav. Oscilacije i povećanja cijena električne energije na veleprodajnom tržištu u posljednjih nekoliko godina odrazilo se na cijenu električne energije koju plaćaju krajnji korisnici. Nadalje, na cijene plina i nafte također utječu nedavni rat Rusije i Ukrajine.

U ožujku 2023. godine donesen je Prijedlog Uredbe Europskog parlamenta i Vijeća o izmjeni uredbi (EU) 2019/943 i (EU) 2019/942 te direktiva (EU) 2018/2001 i (EU) 2019/944 radi poboljšanja modela tržišta električne energije u Uniji. Prijedlog nastoji riješiti probleme izloženosti potrošača, industrije i ulagača koji su posljedica nestabilnih kratkoročnih cijena električne energije. Optimalan model tržišta trebao bi osigurati nadopunu kratkoročnih tržišta dugoročnim instrumentima čime bi potrošači imali koristi od više ugovora s fiksnom cijenom što bi u konačnici olakšao ulaganja u čiste tehnologije. Energetska kriza ukazala je da iako trenutni model tržišta učinkovito funkcionira dugi niz godina, alati za zaštitu potrošača od visokih kratkoročnih cijena nisu razvijeni te je prevelik utjecaj cijena fosilnih goriva na cijenu električne energije uz nedostatak izvora fleksibilnosti koji se temelje na ne fosilnim rješenjima (kao što su skladištenje energije ili odziv potrošnje). Unatoč liberalizaciji tržišta, i dalje postoji ograničen izbor vrsta ugovora s opskrbljivačem. Kako bi se to riješilo i potrošače zaštitilo od nestabilnih cijena, osigurat će se pravo potrošača na ugovore s fiksnim cijenama, ugovore s dinamičkim cijenama te pravo na više ugovora uz bolju mogućnost informiranja. Potrošači će moći izravno razmjenjivati energiju proizvedenu iz obnovljivih izvora, bez obveze stvaranja energetske zajednice. Time će se olakšati brojnim krajnjim potrošačima upotreba jeftine energije iz obnovljivih izvora koji inače tu energiju ne bi mogli koristiti.

Između ostalog, u Prijedlogu se ističu posebni poticaji za ulaganje kojima bi se postigli ciljevi EU u dekarbonizaciji. Države članice trebaju olakšati sklapanje ugovora o kupnji energiji radi postizanja ciljeva utvrđenih u svojim integriranim nacionalnim energetske i klimatskim planovima u pogledu dimenzije dekarbonizacija pri čemu se treba paziti na očuvanje konkurentnih i likvidnih tržišta električne energije. Članice trebaju osigurati uspostavu instrumenata (npr. programi jamstva po tržišnim cijenama) za smanjenje financijskih rizika povezanih s neispunjavanjem obveza plaćanja otkupljivača u okviru ugovora o kupnji energije i njihovu dostupnost kupcima koji se suočavaju s preprekama ulasku na tržište. Programi jamstava za ugovore o kupnji energije koje podupire država uključuju odredbe s ciljem izbjegavanja smanjenja likvidnosti na tržištima električne energije i njima se ne podupire kupnja proizvodnje iz fosilnih goriva. Pri osmišljavanju

programa potpore za električnu energiju iz obnovljivih izvora države članice dopuštaju sudjelovanje projekata kojima se dio električne energije rezervira za prodaju putem ugovora o kupnji energije ili drugih tržišno utemeljenih mehanizama te nastoje primijeniti evaluacijske kriterije za poticanje pristupa tržištu ugovora o kupnji energije kupcima koji se suočavaju s preprekama ulasku na tržište.

Dodatno, Prijedlog nastoji potaknuti ulaganja u energiju iz obnovljivih izvora. Smatra se da to može i djelomično postići dugoročnim ugovorima koji mogu osigurati stabilne cijene uz osiguranje pouzdanih prihoda opskrbljivačima energije iz obnovljivih izvora. To umanjuje financijske rizike i trošak kapitala. Kako bi ostvarila čim veća ulaganja u obnovljive izvore, potrebno je osigurati dovoljnu fleksibilnost u sustavu čime će i cijene postati stabilnije, a instalirani kapaciteti veći. Od zemlja se zahtijeva da procijene svoje potrebe za fleksibilnošću elektroenergetskog sustava i utvrde ciljeve za ispunjavanje tih potreba. Države članice mogu osmisliti ili preoblikovati mehanizme za razvoj kapaciteta kako bi promicale niskougličnu fleksibilnost. Mora im se omogućiti uvođenje novih programa za fleksibilnost temeljenih na ne fosilnim rješenjima. U konačnici, potiče se i operatore prijenosnog sustava na povećanje transparentnosti u dostupnosti kapaciteta priključivanja na mrežu čime bi se potaknuo veći broj projekata u području manjeg zagušenja. Dodatno, čišćenje tržišta trebalo bi se odvijati u realnom vremenu, kako bi se čim više približila potrošnja i proizvodnja iz obnovljivih izvora energije varijabilne prirode. Još jedan važan trend je razvoj tehnologije i posljedično smanjenje troškova ulaganja u distribuirane izvore energije. Cijena fotonaponskih modula kontinuirano se smanjuje, čineći solarne elektrane pristupačnijim i isplativijim rješenjem zbog kraćeg potrebnog vremena za povrat investicije. Sve niže cijene baterija i električnih vozila općenito i naprednih i pristupačnija infrastruktura za punjenje ključni su čimbenici za mnoge krajnje korisnike koji se odluče zamijeniti automobile s unutarnjim izgaranjem s električnim vozilima. Još jedna niskouglična tehnologija sa stalnim povećanjem tržišnih udjela su i toplinske pumpe, čiji se troškovi svake godine smanjuju, a njihova primjena je u nekim zemljama čak i jeftinija u usporedbi cijene grijanja vezanih za naftu i plin. Sva izvješća i studije integracije niskougličnih jedinica u elektroenergetski sustav daju isti zaključak o značajnim financijskim i ekološkim koristima te važnost nastavka procesa zamjene konvencionalnih izvora energije s novim, čistim izvorima.

2. Alati, rješenja i preporuke RESdata projekta

Razvoj modela i alata u projektu RESdata inspiriran je brojnim dostupnim izvorima podataka, od kojih su mnogi besplatnog pristupa, koji nisu dovoljno ili uopće iskorišteni u današnjem vođenju, održavanju i planiranju elektroenergetskog sustava. No korištenje novih, nestandardiziranih, neuređenih podataka iz mnoštva izvora donosi i brojne izazove. Samo neki od izvora podataka su:

- MeteoHOPS sustav
- WFR numeričke vremenske prognoze
- Satelitski podatci (Kopernik, EUMETSAT)
- SLAP
- Vjetroelektrane i solarne elektrane - povijesni i podatci dostupni u stvarnom vremenu
- SCADA, WAMS i ostali obračunski i procesni sustavi prisutni u elektroenergetskim mrežama.

Kroz projekt je rađeno na razvoju brojnih alata, a neki od njih su sljedeći:

Meteorologija

Inovativnost RESdata projekta u domeni meteorologije je u korištenju više izvora podataka za vremenske prilike te dublja analiza povijesnih kretanja s osvrtom na buduće, dugoročne predikcije. Uz relativno dobro poznate izvore podataka od Državnog hidrometeorološkog zavoda, korišteni su satelitski snimci koji su omogućili uvid u sunčevo zračenje i analize kroz kretanja naoblake (s naglaskom na različite tipove naoblake), ekstremne vremenske prilike (vjetar, grmljavina, posljedice vremenskih nepogoda). Oni su omogućila izradu statističkih/korelacijskih modela kretanja vremenskih prilika kroz povijest te uvid u moguća buduća kretanja u budućnosti – ove analize obrađene su kroz domenu od sekundnog do višegodišnjeg utjecaja meteorologije na elektroenergetski sustav.

U ovoj domeni posebno su obrađeni aspekti poplava, požara, klizišta, udara munja, ekstremnih udara vjetra, zimskih oborina te budućeg potencijalnog utjecaja ekstrema na pogon i održavanja elektroenergetskog sustava. Početni modeli usmjereni su na identifikaciju i rano upozoravanje operatora elektroenergetskog sustava na vremenske ekstreme i posljedice kako bi na vrijeme poduzeli potrebne akcije i smanjili vrijeme prekida napajanja električnom energijom.

Kroz preporuke je naglašen rast učestalosti ekstremnih situacija te njihov utjecaj na elektroenergetski sustav, a dane su i preporuke za zaštitu/pripremu uslijed klimatskih promjena:

- Adekvatna interpretacija vremenskih prognoza i klimatskih projekcija
- Izrada modela opasnosti i utjecaja određene meteorološke pojave na EES
- Određivanje lokacija objekata EES-a sukladno klimatskim karakteristikama
- Probir materijala za izgradnju objekata EES-a sukladno klimatskim karakteristikama
- Izrada karte vodljivosti tla

Prognoza proizvodnje iz obnovljivih izvora energije

Kroz projekt RESdata velika pozornost pridana je razvoju i unapređenju modela predviđanja proizvodnje iz obnovljivih izvora energije. U prognozama proizvodnje iz vjetroelektrana napravljeni su značajni iskoraci te razvijeno više modela prognoza; najkvalitetnije rezultate dali su modeli rekurzivnih neuronskih mreža LSTM, *Long-Short Term Memory* (mreža s dugotrajnom kratkoročnom memorijom) te njena ekstenzija s paralelnim slojem. Modeli prognoza razvijeni su ne samo za cijeli portfelj vjetroelektrana u Hrvatskoj, već i za svaku elektranu zasebno pristupajući specifičnostima svake (poput najveće vjetroelektrane Senj koja je zbog većeg broja široko distribuiranih agregata modelirana kao dvije elektrane). Rezultati točnosti prognoza verificirani su kroz više metrika i testirani u stvarnom pogonu Hrvatskog operatora prijenosnog sustava. Razvoj modela prognoza iz solarnih elektrana usmjeren je na ultra-kratkoročno, odnosno unutar dnevno prognoziranje, proizašlo kao usmjerenje uslijed stvarnog problema. Naime tijekom kratkih perioda prolaska naoblake solarne elektrane budu zasjenjene (smanji se proizvodnja) te ohlađene uslijed smanjenog zračenja. Prolaskom naoblake proizvodnja iz solarne elektrane brzo naraste i nekoliko desetaka puta što uzrokuje stres na opremu i cjeloviti sustav. Razvoj modela stoga je usmjeren na praćenje kretanja naoblake, prognoze iste te više vremenske prognoze: i) prognoza proizvodnje 72 sata unaprijed, b) kratkoročne prognoze od 1 sat unaprijed.

Kroz preporuke je naglašena potreba za kontinuiranim i kvalitetnim vremenskim serijama, kraćim vremenskim logiranjima proizvodnje (1 do 5 minuta, umjesto trenutnih sat vremena ili u izuzetima 15 minuta) te dodatnim egzogenim parametrima koji bi se mjerili i pratili na lokacijama većih elektrana.

Prognoza opterećenja elektroenergetskog sustava

Relativno poznati model predviđanja opterećenja cijelog elektroenergetskog sustava dodatno je unaprijeđen korištenjem povijesnih podataka opterećenja od 2018. godine do danas te egzogenih parametara meteorologije kako bi se dodatno poboljšao. Analiza i obrada podataka pokazala je nelinearne korelacije vremenskih parametara i samih podataka potrošnje koji su transformirani u polinomne ovisnosti te time unaprijedili prognostičke modele. Dobiveni rezultati pokazuju pogrešku od oko 2% na 48 sati unaprijed prognozu čime su značajno bolji od trenutno korištenih prognoza operatora sustava.

Preporuke su daljnji razvoj navedenih modela, specifično na užem geografskom i elektroenergetskom području, uz pripadne potrebne egzogene parametre meteorologije.

Prognoza gubitaka djelatne energije u elektroenergetskog sustava

Projekt RESdata je proveo primijenjeno istraživanje u domeni prognoze gubitaka djelatne snage u elektroenergetskom sustavu, temi koja se nedovoljno obrađuje, a svoju važnost je pokazala upravu u protekle dvije godine kad je, uslijed porasta cijena na burzama električne energije, postala važan financijski faktor u poslovanju operatora sustava.

Kroz projekt je razvijeno više modela dubokog učenja (od korištenja arhitekture transformatora, LSTM do GRU), no na kraju kvalitetnijim su se pokazali rezultati klasičnog strojnog učenja.

Razvijeno rješenje i modeli su se pokazali značajno kvalitetnijim od do sad korištenih modela operatora sustava, uz naglasak da RESdata razvijeni modeli i dalje imaju nedostatak prognoze gubitaka u situacijama velikog tranzita električne energije preko Hrvatske. Dodatno su razvijeni modeli korištenjem novog izvora podataka AMICA koji ima određene mane u smislu dostupnosti i provjerljivosti podataka.

Preporuke za daljnji razvoj su smanjenje geografskog i elektroenergetskog područja za izradu prognoza gubitaka, prikupljanje i obrada podataka tokova snaga svakog voda, uža geografska rezolucija i istraživanje korelacije vremenskih egzogenih parametara na tokove snaga a samim time i na gubitke djelatne energije. Kao važan aspekt je istaknut i dugoročni utjecaj meteoroloških sezonalnih promjena na prognoze gubitaka, navedeni modeli ne postoje niti se trenutno razmatraju u postojećoj literaturi.

Prognoza na tržištima električne energije

Kretanja na tržištima električne energije tijekom druge polovice 2021. godine i 2022. godine, koja su značajno odstupala od uobičajenih veličina i trendova, potaknula su otvaranje ove istraživačke teme i u projektu RESdata. U projektu je razvijen algoritam prognoziranja cijena na tržištu dan unaprijed pomoću tehnike strojnog učenja SARIMA (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*) te se započelo s istraživanjem prognoza cijena na unutar dnevnog tržištu. Tijekom istraživanja je ustanovljeno da podatci trgovanja s unutar dnevnog tržišta nisu javno dostupni podatci, odnosno da je javno dostupan samo ograničeni set podataka prosječnog iznosa cijena. Takav dostupan set značajno ograničava razvoj prognostičke podrške. Iz navedenih razloga je nabavljen puni set podataka s dan unaprijed, unutar dnevnog i tržišta uravnoteženja te su prikazane početne analize navedenih podataka.

Preporuka proizašla iz projekta RESdata okrenute su daljnjem razvoju i razumijevanju funkcioniranja tržišta, izvora podataka i važnosti pojedinih izvora i setova za razvoj prognostičkih modela. Tu se prije svega ističe utjecaj meteoroloških podataka, utjecaj izvanrednih događaja uzrokovanih klimatskim pojavama (ili drugim uzrocima) te povećana integracija obnovljivih izvora energije. Nadalje je istaknuta važnost integracije modela prognoze kretanja cijena na tržištima električne energije u postojeće alata kako bi elektroenergetski sustav radio učinkovitije i težio optimalnim/niskim troškovima za krajnjeg kupca.

RESdata rješenja kao pomoć u održavanju elektroenergetskog sustava i njegovih komponenti

Kroz projekt je razvijen niz alata kao pomoć u detektiranju kvarova, uzora kvarova, ranog alarmiranja te posljedično održavanja elektroenergetskog sustava. Među njima se ističu:

- Lociranje atmosferskih pražnjenja (SLAP)
- Atmosferska pražnjenja u vjetroagregate
- Platforma za strojno učenje, dostupnost elemenata sustava i praćenje atmosferskih prilika

Na tragu navedenih istraživanja i razvijenih alata dane su preporuke daljnjeg istraživanja:

- Objedinjavanje skupova podataka potrebnih za razvoj na jednom mjestu,

- Razvoj sustava za rano detektiranje opasnosti/kvara
- Mogućnost razvoja sustava za nadzor stanica i vodova elektroenergetskog sustava,
- Korištenje meteoroloških podataka za istraživanje mogućnosti povećane prijenosne moći vodova

3. Zapisnik i prijedlozi Okruglog stola

Okrugli stol okupio je sudionike iz sljedećih tvrtki:

- HEP ODS (više sudionika iz više sektora i službi)
- HOPS (više sudionika iz više sektora i službi)
- ENCRO
- HROTE
- E.ON
- Comping
- AI Technologies
- Professio Energia
- Končar Digital
- Veski
- Adnet
- Green Energy Pal

Sudionici su pohvalili pristup istraživanju, a posebice komponente izravne mogućnosti primjene u svakodnevnom poslovanju. Svaki partner Okruglog stola istaknuo je rješenja koja su njegovoj tvrtki zanimljiva već sad u svakodnevnom poslovanju, a zajednički su doneseni zaključci i preporuke budućeg rada i razvoja u borbi protiv klimatskih promjena i daljnjoj dekarbonizaciji elektroenergetskog sektora:

- Nužna je standardizacija načina prikupljanja, dijeljenja i verifikacije podataka. Dosadašnje istraživanje je pokazalo nekonzistentnost podataka kad se promatraju iz više različitih izvora, ali i značajno unapređenje do sad postojećih alata koje novi izvori podataka omogućuju. Predloženo je standardiziranje prema postojećim standardima IEC platforme. U skladu s time je preporučeno i daljnje obrazovanje i tijekom fakulteta, ali i nakon završetka u domeni standardizacije s ciljem unapređenja iste u svakodnevnom poslovanju.
- Predloženo je uključivanje i novih skupova podataka koji bi, posebno na dugoročnoj vremenskoj domeni, potencijalno obogatili modele. Naglašeno je da u trenutku kad nam dugoročni modeli i prognoze još nisu dostupni/razvijeni i sama statistička obrada podataka i učenje iz istih može pomoći u planiranju budućeg elektroenergetskog sustava.
- Naglašena je potreba i niže geografske granulacije podataka i razvoja modela i alata niže geo i elektro rezolucije – ovo se odnosi na snagom manje obnovljive izvore u blizini krajnjih korisnika koje trenutno modeli slabo ili uopće ne obuhvaćaju.
- Naglašena je nužnost daljnjeg razvoja meteoroloških modela i njihovo integriranje u razvijene modele i alate. Povećani intenzitet ekstremnih vremenskih događaja koji su zabilježeni kroz proteklo desetljeće upozoravaju da postojeći modeli za nekoliko godina neće biti adekvatni, odnosno da neće biti u mogućnosti u potpunosti obuhvatiti navedene ekstremne događaje. Ovaj smjer razvoja mora primiti dvije komponente: i) smjer daljnjeg razvoja modela u kontekstu pogona obnovljivih izvora energije ali i elektroenergetskog sustava u cjelini, ii) smjer daljnjeg razvoja modela rane detekcije i alarmiranja objekata

obnovljivih izvora ali i cijelog elektroenergetskog sustava, te posljedično kvalitetnije i brže održavanje kritičnih zona i elemenata elektroenergetskog sustava.

- Naglašena je važnost korištenja satelitskih podataka za detekcije egzogenih događaja koji znatno utječu na pogon i održavanje elektroenergetskog sustava i objekata obnovljivih izvora energije, poput požara, poplava, grmljavinskih nevremena, jakih i obilnih kiša, zimskih nepogoda, utjecaja na specifični otpor uzemljenja i slično. Svaki od ovih fenomena značajno utječe na pogon i obnovljivih izvora energije (npr. Grmljavinsko nevrijeme utječe i na pogon, kvar, ali i na održavanja samih objekata) i elektroenergetskog sustava (ispad vodova uslijed udara munje, veći gubitci kao posljedica korone pod utjecajem jakih kiša, ispad vodova uslijed jakih zimskih oborina, opasnost prekida napajanja dijela mreže uslijed ljetnih požara itd.).
- Naglašena je potreba, posebice od strane tvrtki razvijatelja projekata obnovljivih izvora energije, integracije više razvijenih alata. Pri tome je potaknut daljnji razvoj modela prognoze kretanja cijena na tržištima (bilo kratkoročnih bilo dugoročnih) jer isti pomažu u maksimizaciji bankabilnosti projekata obnovljivih izvora energije. Veća bankabilnost rezultirati će i većom integracijom obnovljivih izvora energije te samim time rezultirati uspješnijom borbom sektora elektroenergetike u borbi protiv klimatskih promjena.

4. Literatura

https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/KLIMA/NECPlatform_MINGOR.pdf

<https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

https://docs.google.com/viewer?url=https%3A%2F%2Fmingor.gov.hr%2FUserDocsImages%2FUPRAVA%2520ZA%2520ENERGETIKU%2FOstali%2520dokumenti%2FNECP_HRV_final_30_12_2020%2520UE.pdf

https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/KLIMA/NECP_en_ucinkovitost.pdf

https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0005.02/DOC_1&format=PDF

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023PC0148>

Qadir, S. A., Al-Motairi, H., Tahir, F., Al-Fagih, L., “Incentives and strategies for financing the renewable energy transition: A review”, Energy Reports, Vol. 7, 2021, pp. 3590-3606.

Tryndina, N., An, J., Varyash, I., Litvishko, O., Khomyakova, L., Barykin, S., Kalinina, O., “Renewable energy incentives on the road to sustainable development during climate change: A review”, Frontiers in Environmental Science, Vol. 10, 2022.

IEA, “Electricity Market Report 2023”, IEA, Paris, France, Tech. Rep., 2023, Available: <https://www.iea.org/reports/electricity-market-report-2023>

IEA, “Gas Market Report, Q1-2023”, IEA, Paris, France, Tech. Rep., 2023, Available: <https://www.iea.org/reports/gas-market-report-q1-2023>

OPEC, “Oil Market Report”, OPEC, Vienna, Austria, Tech. Rep. May, 2023, Available: https://www.opec.org/opec_web/en/publications/338.htm

IRENA, “Renewable Power Generation Costs in 2021”, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, UAE, Tech. Rep., 2022, Available: <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>

IEA, “Global EV Outlook 2023”, IEA, Paris, France, Tech. Rep., 2023, Available: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>

IRENA, “Renewable solutions in end-uses: Heat pump costs and markets”, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, UAE, Tech. Rep., 2022, Available: <https://www.irena.org/Publications/2022/Nov/Renewable-solutions-in-end-uses-Heat-pump-costs-and-markets>

IEA, “Heat Pumps”, IEA, Paris, France, Tech. Rep., 2022, Available:
<https://www.iea.org/reports/heat-pumps>