

Kristijan-Frano Ćavar
HEP-ODS, Sektor za vođenje
sustava
kfcavar@hep.hr

Ivan Periša
HEP – ODS, Sektor za vođenje
sustava
ivan.perisa@hep.hr

Branimir Gabrić
HEP-ODS, Sektor za vođenje
sustava
Branimir.gabric1@hep.hr

KORELACIJA METEOROLOŠKIH UVJETA I DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA ANALIZOM MJERENJA S VREMENSKOM OZNAKOM

SAŽETAK

U ovom radu istražujemo utjecaj meteoroloških uvjeta na distribucijski sustav, s posebnim naglaskom na promjene u dijagramima opterećenja. S obzirom na sve veći udio obnovljivih izvora u energetske mreži, ključno je razumjeti kako varijacije u meteorološkim uvjetima mogu utjecati na rad distribucijskog sustava. Za analizu koristimo mjerenja prikupljena iz distribucijske mreže i meteoroloških postaja (MJERinfo platforma), a putem različitih vizualizacija prikazujemo kako faktori poput temperature, vjeta i insolacije utječu na ponašanje mreže, odnosno na opterećenje sustava i potrošnju energije. Korištenjem vremenskih serija podataka dajemo uvid u bolje razumijevanje dinamičkih promjena u mreži koje proizlaze iz energetske tranzicije i integracije obnovljivih izvora, čime pružamo važne smjernice za optimizaciju upravljanja distribucijskom infrastrukturom u uvjetima sve veće primjene održivih izvora energije.

Ključne riječi: TEMPERATURA, SUNCE, VJETAR, OPTEREĆENJE, VREMENSKE SERIJE

KORELATION OF METEOROLOGICAL CONDITIONS AND DISTRIBUTION SYSTEM THROUGH TIME-STAMPED MEASUREMENTSSUMMARY

In this paper, we investigate the impact of meteorological conditions on the distribution system, with a particular focus on changes in load diagrams. Given the growing share of renewable sources in the energy grid, it is crucial to understand how variations in meteorological conditions can affect the operation of the distribution system. For the analysis, we use measurements collected from the distribution network and meteorological stations (MJERinfo platform), and through various visualizations, we show how factors such as temperature, wind, and insolation affect the behavior of the network, i.e., the system load and energy consumption. By using time series data, we provide insights into better understanding the dynamic changes in the network resulting from the energy transition and the integration of renewable sources, thereby offering important guidelines for optimizing the management of distribution infrastructure in conditions of increasing application of sustainable energy sources.

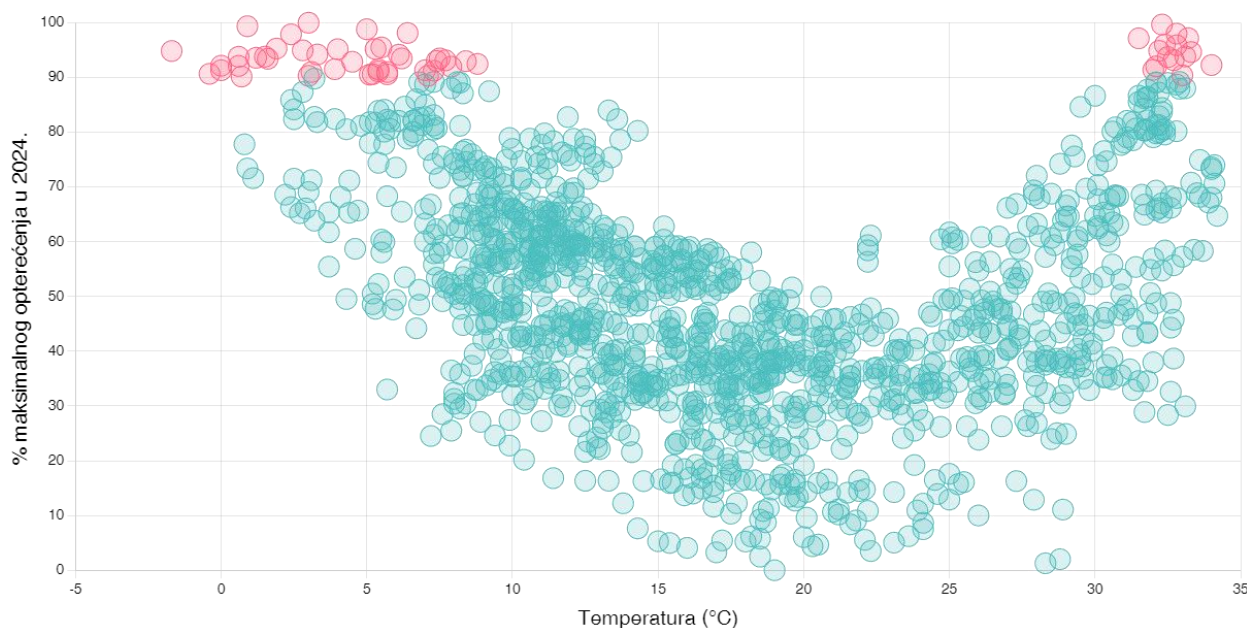
Key words: TEMPERATURE, SUN, WIND, LOAD, TIME SERIES

1. Uvod

Distribucijski sustavi električne energije prolaze kroz značajne promjene uslijed sve većeg udjela obnovljivih izvora energije. Tradicionalni sustavi, koji su se oslanjali na centralizirane izvore energije poput termoelektrana i hidroelektrana, sada se suočavaju s izazovima integracije distribuiranih izvora energije kao što su solarne i vjetroelektrane. Ova tranzicija prema održivijim izvorima energije donosi brojne prednosti, uključujući smanjenje emisija stakleničkih plinova i povećanje energetske neovisnosti. Međutim, s povećanjem broja obnovljivih izvora energije, distribucijski sustavi postaju sve osjetljiviji na promjene u meteorološkim uvjetima. Meteorološki uvjeti, poput vjetera i insolacije, imaju presudan utjecaj na proizvodnju energije iz obnovljivih izvora. Ove varijacije u proizvodnji energije mogu uzrokovati fluktuacije u opterećenju i održavanju napona distribucijskog sustava, što zahtijeva prilagodbu i optimizaciju upravljanja mrežom. Osim toga, ekstremni vremenski uvjeti, poput oluja i toplinskih valova, mogu dodatno opteretiti distribucijski sustav i utjecati na njegovu pouzdanost. U ovom radu istražujemo kako meteorološki uvjeti utječu na distribucijski sustav, s posebnim naglaskom na promjene u dijagramima opterećenja. Analizom podataka prikupljenih iz distribucijske mreže i meteoroloških postaja, te korištenjem različitih vizualizacija MJERinfo platforme[1], nastojimo bolje razumjeti dinamičke promjene u mreži koje proizlaze iz energetske tranzicije. Na taj način pružamo zanimljive i važne informacije za optimizaciju upravljanja distribucijskom infrastrukturom u uvjetima sve veće primjene održivih izvora energije.

2. Utjecaj temperature na distribucijski sustav

Temperatura je jedan od glavnih parametara koji utječu na vrijednost opterećenja distribucijskog sustava. Kao mediteranska zemlja, Hrvatska se suočava s izrazito vrućim ljetima i blagim zimama u priobalnim područjima, što značajno utječe na opterećenje distribucijskog sustava. Tijekom ljetnih mjeseci, visoke temperature dovode do povećane potrošnje energije, prvenstveno zbog intenzivne upotrebe klima uređaja koja je posebno izražena u priobalnim područjima, gdje se zbog turističke sezone broj stanovnika znatno povećava. Turisti, zajedno s lokalnim stanovništvom, dodatno opterećuju distribucijski sustav, što može dovesti do preopterećenja i potencijalnih problema u opskrbi električnom energijom. S druge strane, kontinentalna Hrvatska se tijekom zimskih mjeseci suočava s nižim temperaturama, što povećava potrebu za grijanjem i posljedično opterećenje distribucijskog sustava. Nagli porasti i padovi temperature, kao i ekstremni vremenski uvjeti poput toplinskih valova i hladnih fronti, mogu izazvati neočekivane fluktuacije u potrošnji energije. Stoga je ključno kontinuirano pratiti meteorološke uvjete i prilagođavati upravljanje distribucijskim sustavom kako bi se osigurala stabilna i pouzdana opskrba energijom.



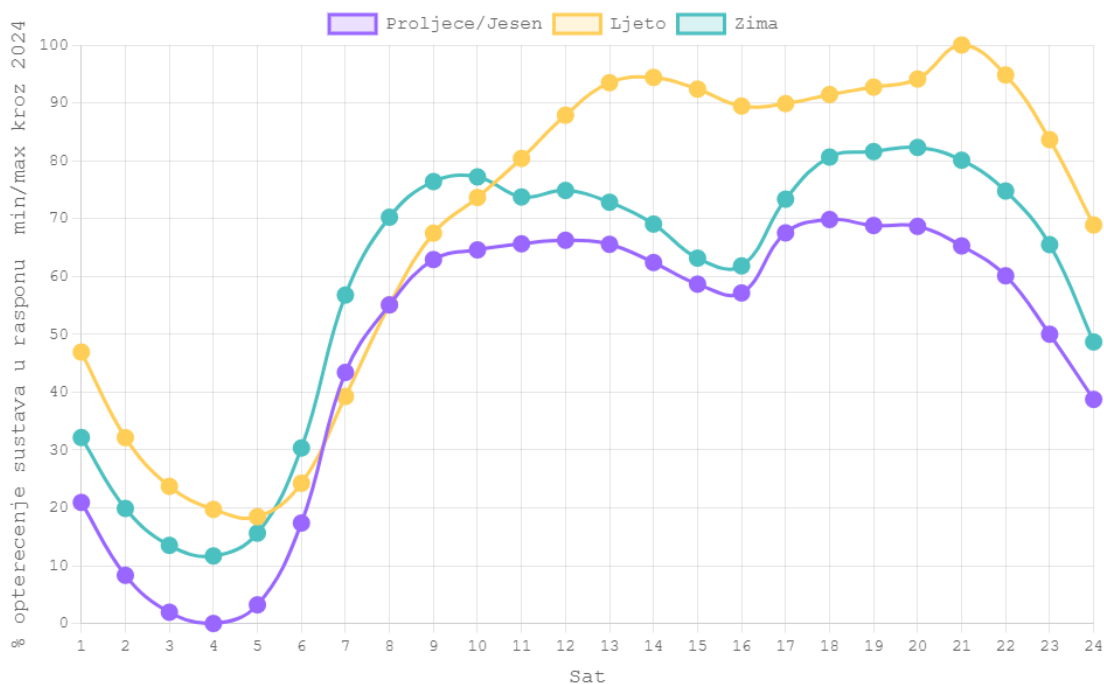
Slika 1. Maksimalno opterećenje distribucijskog sustava u korelaciji s temperaturom u 2024. godini

Slika 1. prikazuje korelaciju ostvarenih opterećenja distribucijskog sustava u postotnom omjeru i srednje vrijednosti temperatura sa 73 mjerna mjesta u Republici Hrvatskoj. Iz prikaza je vidljivo kako se maksimumi opterećenja ostvaruju pri izrazito visokim ili izrazito niskim temperaturama. Ova korelacija jasno pokazuje kako ekstremne temperature, bilo ljetne vrućine ili zimske hladnoće, imaju presudan utjecaj na ekstreme u opterećenju distribucijskog sustava.

2.1. Dnevne varijacije opterećenja

Ako pogledamo kako se opterećenje ponaša tijekom 24 sata i podijelimo set podataka u tri klastera - ljetno, zima i jesen/proljeće, vidimo kako se maksimumi opterećenja ostvaruju u večernjim satima. Iz grafova se može također primijetiti da je zimski dnevni graf veći u jutarnjim satima, dok se klima uređaji za hlađenje koriste više u popodnevним satima tijekom ljeta. Ova analiza pokazuje kako različiti godišnji uvjeti i vremenski obrasci utječu na potrošnju energije i opterećenje distribucijskog sustava.

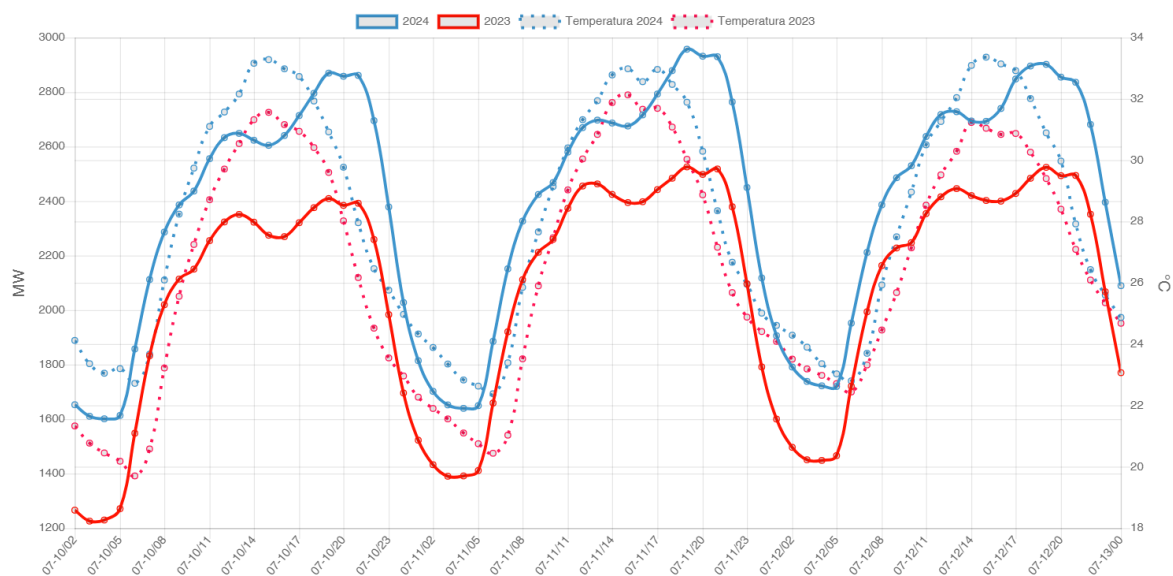
Tijekom zimskih mjeseci, jutarnji vrhovi opterećenja su rezultat povećane potrošnje energije za grijanje, dok večernji vrhovi odražavaju dodatnu potrošnju kada se ljudi vraćaju kućama i koriste električne uređaje. S druge strane, ljetni vrhovi opterećenja su izraženiji u popodnevним satima kada je upotreba klima uređaja na vrhuncu zbog visokih temperatura. U proljeće i jesen, opterećenje je ravnomjernije raspoređeno tijekom dana, s manjim ekstremima u usporedbi s ljetom i zimom.



Slika 2. Dnevni dijagram opterećenja sustava ovisno o godišnjem dobu

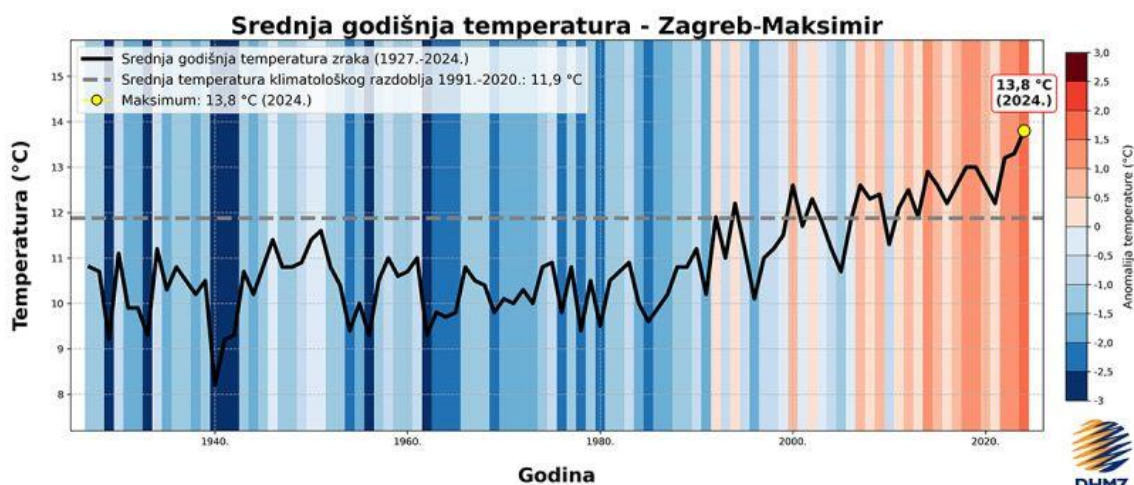
2.2. Analiza 15-minutnih vrijednosti

Ako analiziramo satne vrijednosti i usporedimo iste datume za 2024. i 2023. godinu, vidimo kako opterećenje u ljetnom periodu raste s povećanjem temperature (Slika 3.). Jasno se može uočiti veza između porasta temperature i povećanja opterećenja distribucijskog sustava. Crvena puna linija prikazuje opterećenje na sučelju s prijenosnom mrežom, dok isprekidana crvena linija prikazuje temperaturu za 2023. godinu. Plava puna linija predstavlja opterećenje na istom sučelju, ali za 2024. godinu, dok isprekidana plava linija prikazuje temperaturu za tu godinu. Ova detaljnija analiza omogućuje preciznije praćenje promjena u potrošnji energije i bolje razumijevanje utjecaja temperatura na distribucijski sustav.



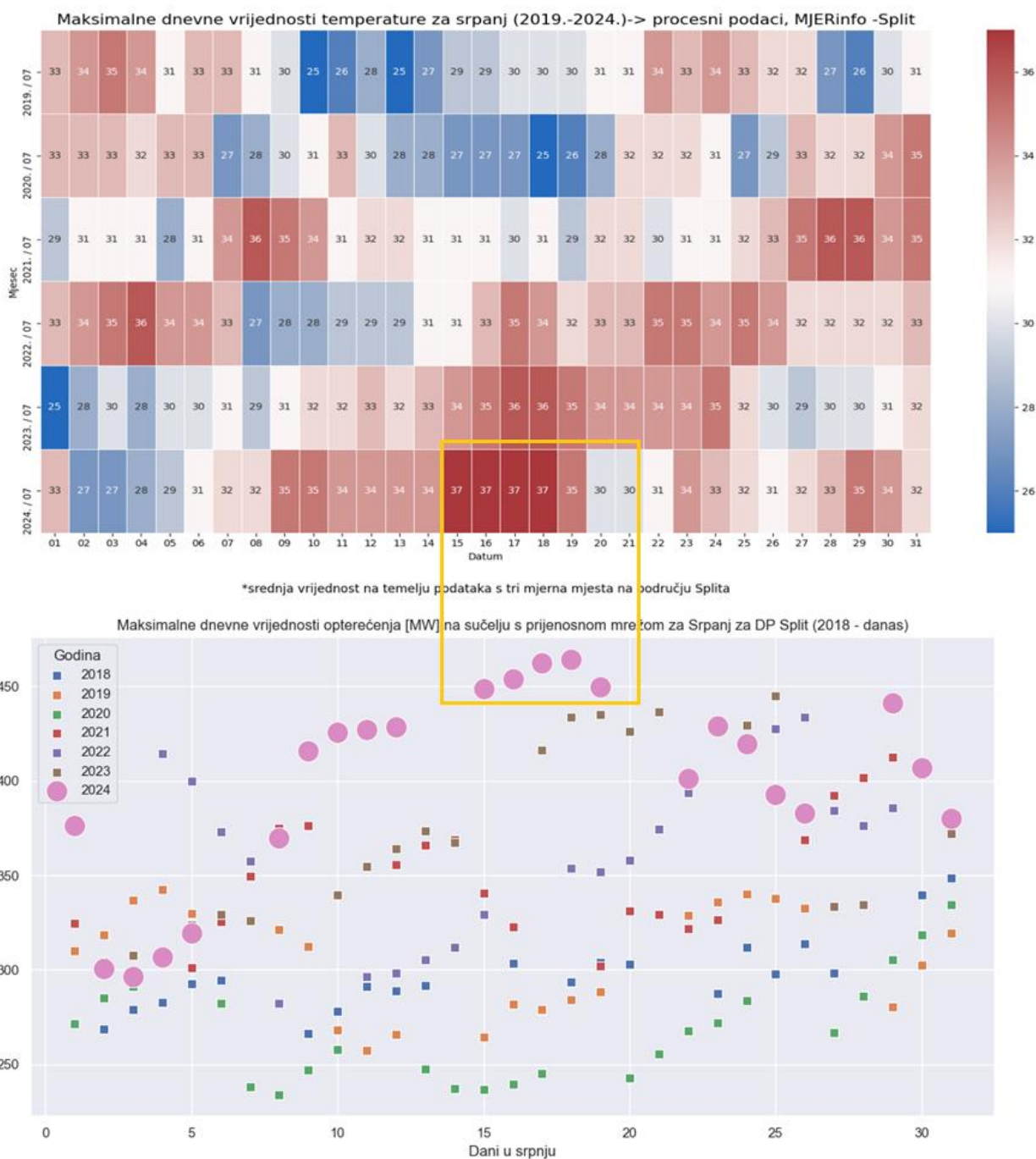
Slika 3. Satne vrijednosti opterećenja i temperature kroz usporedbu dviju godina

Budući da smo svjedoci kontinuiranog porasta temperature u posljednjim godinama (Slika 4.), važno je obratiti pažnju na kako ovaj trend može utjecati na infrastrukturu, posebno na distribucijske sustave. Porast temperature može uzrokovati različite izazove, poput povećanog opterećenja na mreži, većih zahtjeva za hlađenjem u postrojenjima i potencijalnih oštećenja opreme zbog ekstremnih uvjeta. S obzirom na te okolnosti, planiranje distribucijskog sustava mora uzeti u obzir ove promjene u klimatskim uvjetima kako bi se osigurala dugoročna stabilnost i učinkovitost sustava. To uključuje prilagodbu dizajna mreže, unapređenje opreme koja je otporna na visoke temperature, te optimizaciju kapaciteta sustava kako bi se moglo nositi s budućim uvjetima. Razumijevanje tih promjena nužno je za smanjenje rizika i osiguranje pouzdanosti distribucije električne energije.



Slika 4. Rast temperature kroz prošlih 100 godina [2]

Već smo spomenuli da porast temperature ima izraženiji utjecaj na priobalna distribucijska područja, koja su podložna specifičnim klimatskim uvjetima, poput izraženijih temperaturnih oscilacija i duljih toplinskih valova. Ovaj fenomen ima značajan utjecaj na opterećenje distribucijskih sustava, a to možemo ilustrirati na sljedećem primjeru. Slika 5. prikazuje opterećenje Elektrodalmacije Split tijekom posljednjih pet godina za mjesec srpanj, uz usporedbu temperatura u istom razdoblju. Prikazana 'heat mapa' jasno pokazuje kako su posljednji toplinski valovi, osobito u 2024. godini, uzrokovali znatno povećanje temperature, što je, u konačnici, rezultiralo i drastičnim porastom opterećenja na mreži. Ovaj trend jasno ilustrira izravnu povezanost između temperaturnih promjena i povećanog opterećenja distribucijskog sustava, što ističe potrebu za prilagodbom mreže. Kako bi sustav bio sposoban podnijeti ovakve uvjete u budućnosti, bit će nužno poduzeti odgovarajuće mjere i investicije u infrastrukturna poboljšanja i prilagodbu dizajna mreže.



Slika 5. Opterećenje DP Elektrodalmacija Split kroz zadnjih 6 godina kroz srpanj u usporedbi s temperaturama ostvarenim u istom razdoblju

3. Rast obnovljivih izvora energije i njihov utjecaj na distribucijski sustav

Rast obnovljivih izvora energije ima značajan utjecaj na proizvodnju električne energije i oblikovanje dnevnog dijagrama opterećenja. S obzirom na to da sve veći udio energije dolazi iz distribuiranih izvora, umjesto iz prijenosne mreže, ova promjena donosi brojne prednosti. To uključuje smanjenje emisija stakleničkih plinova i povećanje energetske neovisnosti. Međutim, s rastućim udjelom obnovljivih izvora energije, distribucijski sustav postaje sve više ovisan o meteorološkim uvjetima.

Obnovljivi izvori energije, poput solarnih i vjetroelektrana, izravno ovise o vremenskim uvjetima. Proizvodnja solarne energije ovisi o sunčevoj iradijaciji, dok je proizvodnja vjetroelektrana uvjetovana brzinom i smjerom vjeta. Stoga, varijacije u meteorološkim uvjetima mogu uzrokovati fluktuacije u opterećenju distribucijskog sustava, što zahtijeva prilagodbu i optimizaciju upravljanja mrežom. Slike i dijagrami u nastavku prikazuju zanimljivosti vezane uz opterećenje i distribucijske izvore energije, te kako meteorološki uvjeti utječu na njih.

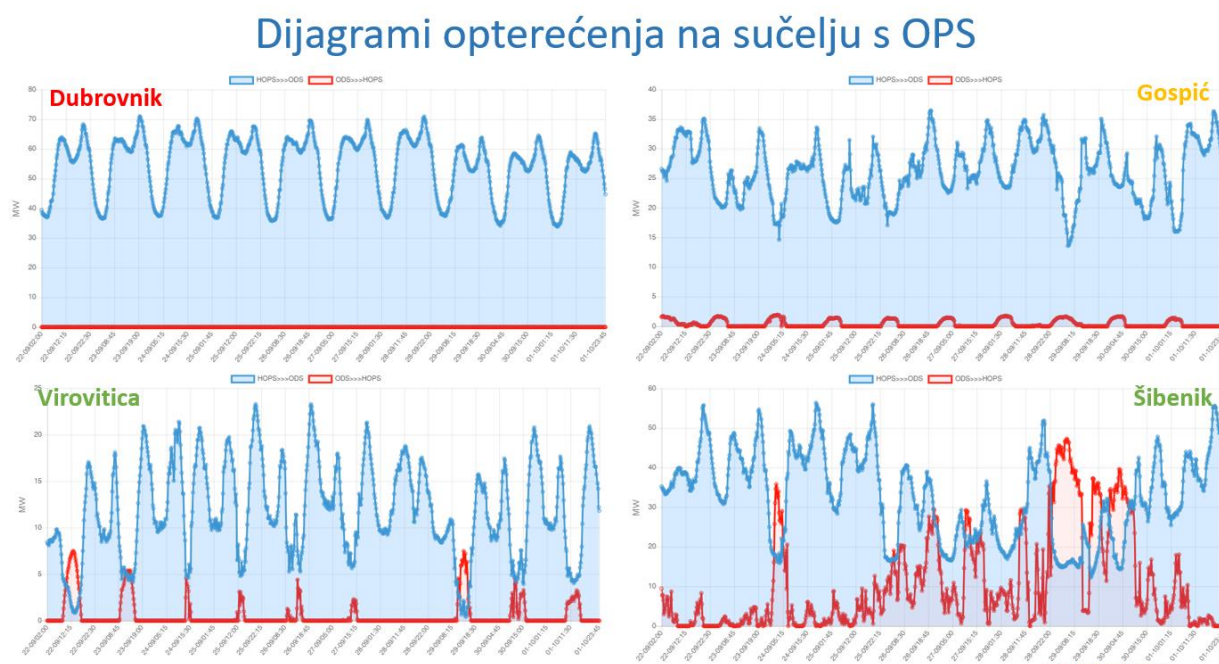
3.1. Analiza dijagrama opterećenja na sučelju s prijenosnom mrežom

Slika 6. prikazuje dijagrame opterećenja na sučelju s prijenosnom mrežom. Iz valnog oblika dijagrama može se puno iščitati o karakteristikama distribucijskih područja. U područjima kao što je Dubrovnik, gdje imamo još uvijek manji upliv distribuiranih izvora energije, dijagram izgleda standardno i tradicionalno. Energija se evakuira od prijenosne mreže prema distribuciji, što je karakteristično za stariji elektroenergetski sustav.

Sljedeći primjer je Gospić, gdje se energija na nekoliko mjesta evakuira prema prijenosnoj mreži. Ovaj dijagram pokazuje postojanje određene razmjene energije, ali još uvijek u manjoj mjeri.

Treći primjer je Virovitica, gdje imamo velik udjel distribuiranih elektrana. Postoje dani kada solarne elektrane napajaju veliki dio područja, pa čak i dio energije šalju prema prijenosnoj mreži. Ovaj dijagram jasno pokazuje kako visoki udio solarne energije može utjecati na distribucijski sustav.

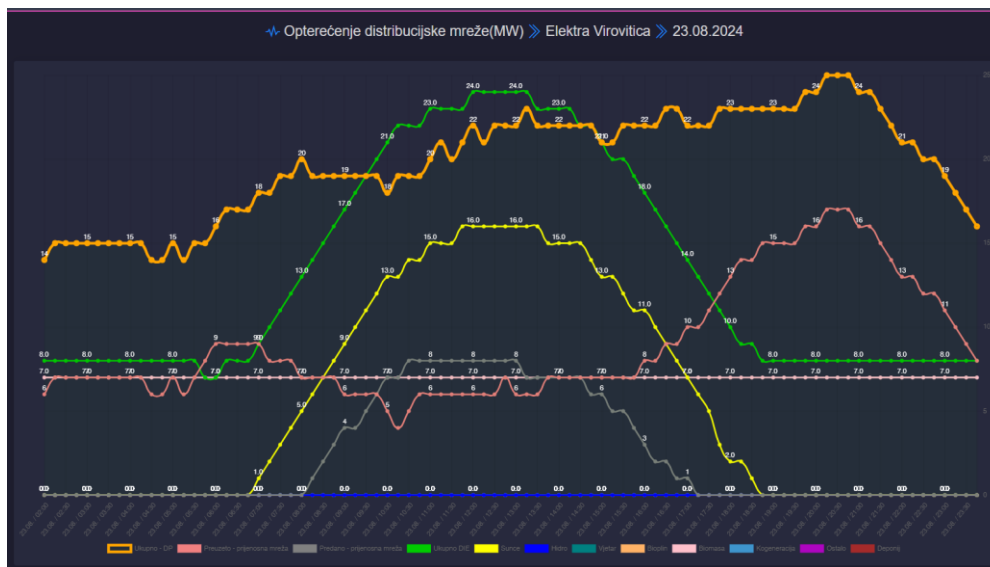
Dijagram Šibenika prikazuje dinamičniji graf koji je posljedica vjetroelektrana, čija proizvodnja nije "uređena" kao solarna proizvodnja koja ima standardni graf. Vjetroelektrane stvaraju varijabilniji obrazac proizvodnje energije, što se odražava na dnevni dijagram opterećenja.



3.2. Dnevni dijagram solarne proizvodnje

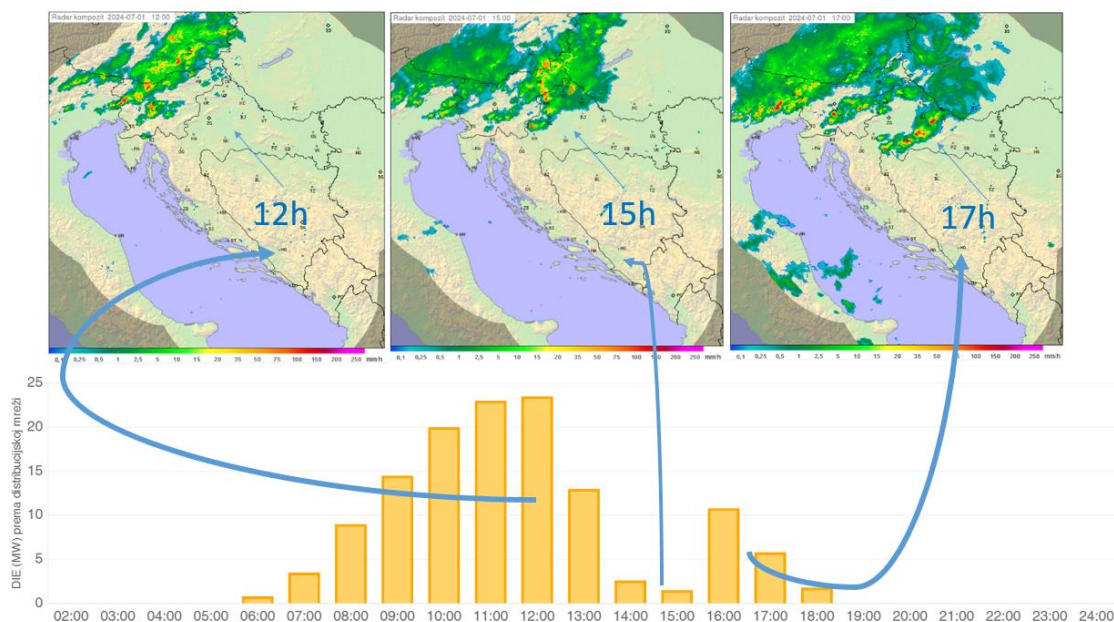
Kako smo već spomenuli proizvodnju solarne energije u područjima s većim udjelom solarnih elektrana, sada ćemo detaljnije pogledati dnevni dijagram. Vidimo kako u doba dana kada je najveća insolacija, solarne elektrane napajaju više nego prijenosna mreža. Na slici se nalaze linijski grafovi svih "prijemnika" koji ulaze u ukupnu sumu opterećenja distribucijskog područja. Ovaj dnevni dijagram jasno pokazuje kako solarna proizvodnja doseže svoj vrhunac tijekom sunčanih sati, obično između 10 i 16 sati. Tijekom tog perioda, solarne elektrane mogu proizvesti dovoljno energije da zadovolje lokalne potrebe, pa čak i višak

energije koji se može poslati natrag u prijenosnu mrežu. Ovaj obrazac proizvodnje značajno smanjuje opterećenje prijenosne mreže i doprinosi stabilnosti distribucijskog sustava.



Slika 7. Dnevni dijagram opterećenja po tipovima izvora

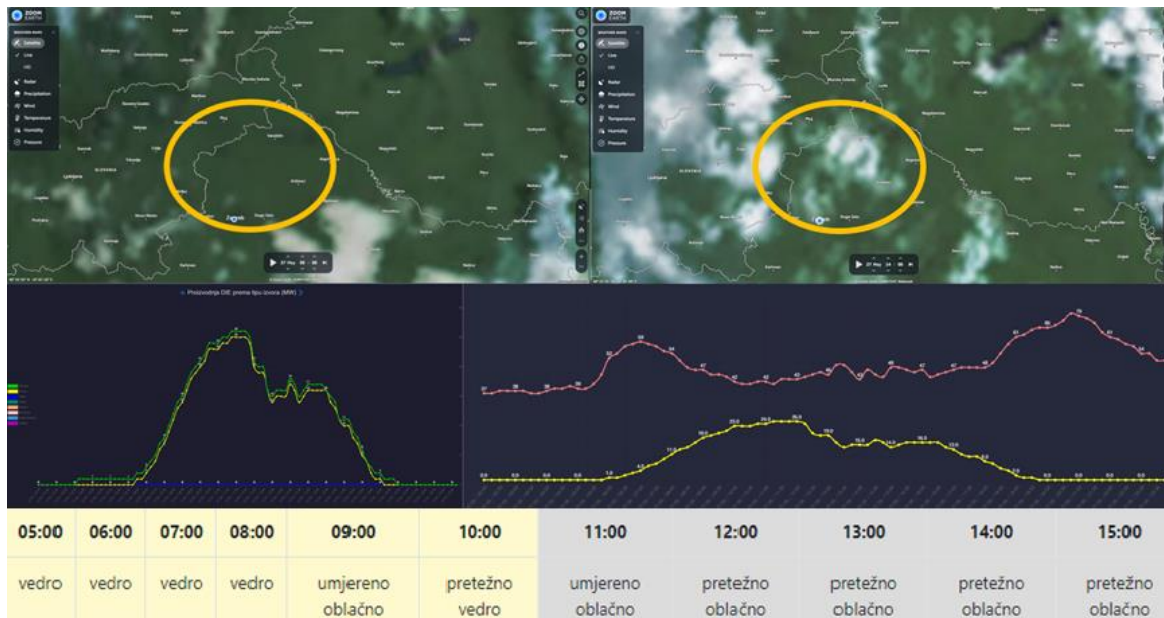
Međutim, povećana ovisnost o solarnoj energiji čini nas ranjivijima na različita nevremena. Slika ispod prikazuje kako se proizvodnja solarne energije mijenja uslijed ljetnog nevremena koje dolazi od Alpa i prelazi preko područja Elektre Zagreb. Radarske slike naoblake točno prate sumarnu proizvodnju na području. Tijekom nevremena, oblaci smanjuju insolaciju, što rezultira padom proizvodnje solarne energije. Ova varijabilnost može izazvati fluktuacije u opskrbi energijom, što zahtijeva brzu prilagodbu distribucijskog sustava kako bi se osigurala stabilna opskrba. Praćenje meteoroloških uvjeta i pravovremeno reagiranje na promjene ključno je za održavanje pouzdanosti sustava u uvjetima sve veće primjene obnovljivih izvora energije.



Slika 8. Utjecaj oblaka na proizvodnju - DP Zagreb[3]

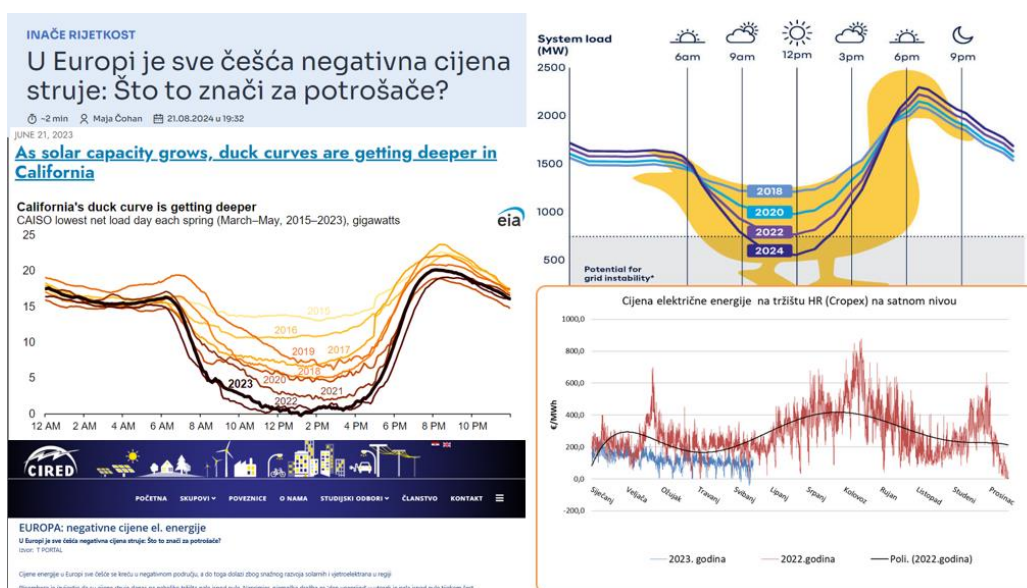
Nedostatak energije uslijed naoblake mora se nadoknaditi iz prijenosne mreže. Još jedan takav primjer prikazan je na slici ispod, gdje vidimo kako se opterećenje na sučelju s prijenosnom mrežom podiže dok solari smanjuju svoju proizvodnju uslijed nevremena. Ova situacija jasno pokazuje kako distribucijski sustav mora biti fleksibilan i sposoban brzo reagirati na promjene u proizvodnji energije iz obnovljivih

izvora. Kada solarne elektrane smanje svoju proizvodnju zbog naoblake, prijenosna mreža preuzima veći teret kako bi osigurala stabilnu opskrbu energijom. Ova dinamička prilagodba ključna je za održavanje pouzdanosti sustava, posebno u uvjetima sve veće primjene obnovljivih izvora energije. Praćenje meteoroloških uvjeta i pravovremeno reagiranje na promjene omogućuje optimalno upravljanje distribucijskom infrastrukturom i osigurava stabilnu opskrbu energijom čak i tijekom nepovoljnih vremenskih uvjeta.



Slika 9. Dnevni dijagram proizvodnje i utjecaj na sučelje s OPS kroz meteo podatke[3]

Sve navedeno značajno utječe i na cijene električne energije, koje postaju negativne u dijelovima dana s velikim udjelom proizvodnje solarne energije. Kada solarne elektrane proizvode više energije nego što je trenutno potrebno, dolazi do viška energije u mreži. Ovaj višak može uzrokovati pad cijena jer ponuda nadmašuje potražnju. Kako bi se potaknula potrošnja viška energije i izbjeglo preopterećenje mreže, cijene električne energije mogu postati negativne. To znači da proizvođači plaćaju potrošačima da preuzmu višak energije, čime se stabilizira mreža. Ovi faktori zajedno dovode do situacija u kojima cijene električne energije postaju negativne tijekom dijelova dana s velikim udjelom proizvodnje solarne energije.



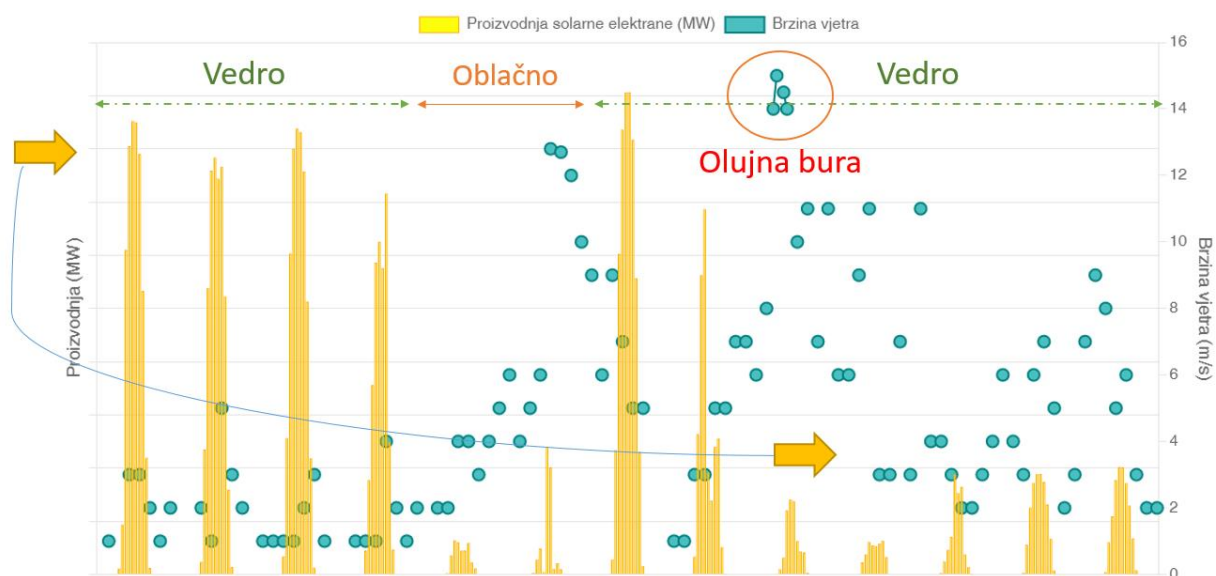
Slika 10. Negativna cijena električne energije je sve češća pojava[3]

3.3. Utjecaj vjetrova na solarne elektrane

Kako se za solarne elektrane sve više iskorištavaju različita mjesta, potrebno je voditi računa ne samo o insolaciji, već i o vjetrovima koji pušu na određenim područjima. Graf ispod opisuje primjer kako je uništen dio solarne elektrane na području Zatona Obrovačkog nakon olujne bure.

Ovaj primjer jasno pokazuje kako ekstremni vremenski uvjeti, poput olujnih vjetrova, mogu značajno utjecati na infrastrukturu solarnih elektrana. Iako su solarne elektrane dizajnirane da izdrže određene vremenske uvjete, olujni vjetrovi mogu uzrokovati fizička oštećenja panela i drugih komponenti sustava. Stoga je ključno prilikom planiranja i izgradnje solarnih elektrana uzeti u obzir lokalne meteorološke uvjete, uključujući učestalost i intenzitet vjetrova.

Osim toga, potrebno je implementirati mjere zaštite i održavanja kako bi se smanjio rizik od oštećenja i osigurala dugoročna pouzdanost solarnih elektrana. Ovaj pristup omogućuje optimalno iskorištavanje obnovljivih izvora energije uz minimalne prekid i gubitke u proizvodnji.



Vjetar Brzina (m/s)	Vrijeme Opis	Vjetar Smjer	Temperatura (°C)	Vrijeme
15,00	pretežno oblačno, jak vjetar	NE	5,80	7h
14,00	potpuno oblačno, jak vjetar	NE	6,80	10h
10,00	potpuno oblačno, vjetrovito	NE	7,50	13h
11,00	potpuno oblačno, jak vjetar	NE	6,90	16h
7,00	potpuno oblačno	NE	7,40	19h
11,00	pretežno oblačno, jak vjetar	N	6,90	22h

Slika 11. Proizvodnja solarne elektrane prije i poslije djelomičnog uništenja od strane bure

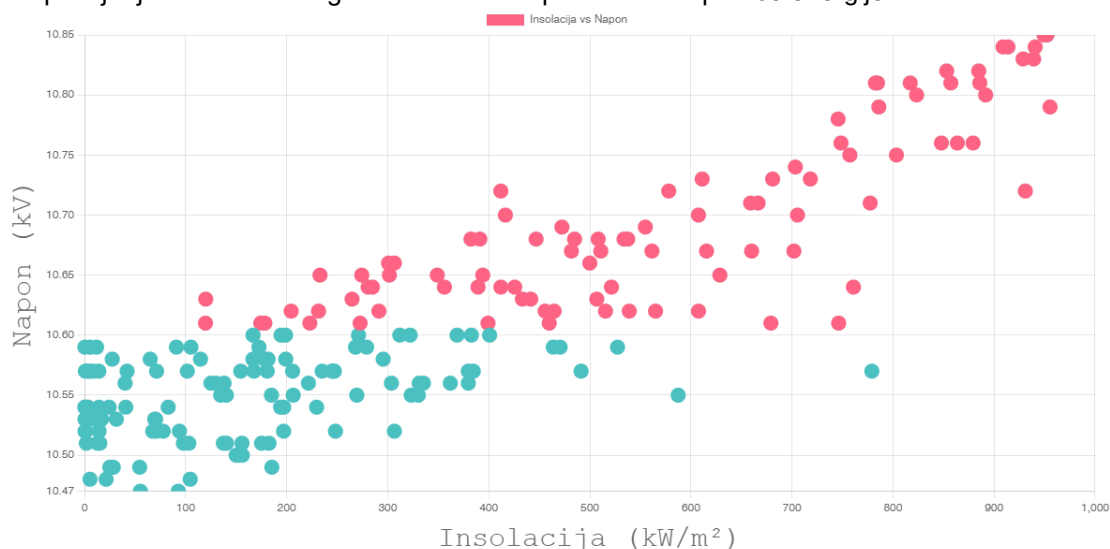
Vidimo na grafu kako je standardna proizvodnja solarne elektrane visoka (žuti bar dijagrami), dok nakon jutra s olujnim udarima bure dolazi do djelomičnog uništenja fotopanela. Dijagrami sljedećih dana pokazuju znatno nižu razinu proizvodnje nego što je bila standardna razina. Ovaj primjer jasno ilustrira kako ekstremni vremenski uvjeti, poput olujnih vjetrova, mogu značajno utjecati na proizvodnju solarne energije. Iako solarne elektrane obično imaju visoku razinu proizvodnje tijekom sunčanih dana, olujni vjetrovi mogu uzrokovati fizička oštećenja koja smanjuju njihovu učinkovitost. Nakon takvih događaja, proizvodnja energije može biti znatno smanjena dok se ne izvrše potrebni popravci i zamjene oštećenih komponenti. Ovaj slučaj naglašava važnost uzimanja u obzir lokalnih meteoroloških uvjeta prilikom planiranja i izgradnje solarnih elektrana, kao i potrebe za redovitim održavanjem i zaštitom kako bi se osigurala dugoročna pouzdanost i stabilnost proizvodnje energije.



Slika 12. Slike uništene elektrane[4]

3.4. Utjecaj solarnih elektrana na napon u mreži

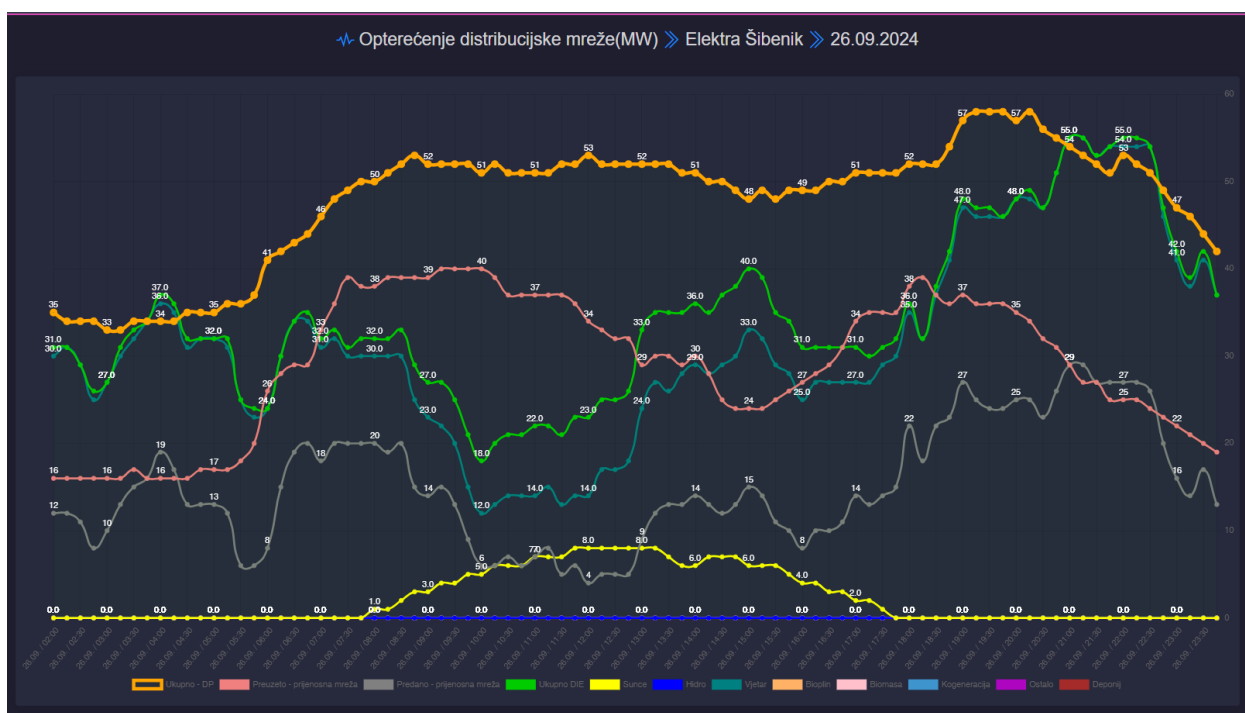
Također, osim proizvodnje i opterećenja, solarne elektrane imaju i bitan utjecaj na napon u mreži. U područjima s većim brojem solarnih elektrana nerijetko dolazi do povećanja napona. Slika ispod pokazuje primjer povećanja napona u elektrani koja je spojena na 10kV mrežu. Slikovito je prikazano kako viša insolacija povećava i napon. Ovaj fenomen nastaje jer solarne elektrane proizvode najviše energije tijekom sunčanih sati, što može uzrokovati lokalno povećanje napona u mreži. Kada je insolacija visoka, solarne elektrane proizvode više energije nego što je trenutno potrebno, što rezultira viškom energije i posljedičnim povećanjem napona. Ovaj porast napona može izazvati probleme u radu mreže i zahtijeva pažljivo upravljanje kako bi se osigurala stabilnost i pouzdanost opskrbe energijom.



Slika 13. Utjecaj insolacije na napon

3.5. Utjecaj vjetroelektrana na mrežu

Sad kad smo pričali o solarima, moramo se dotaknuti i vjetroelektrana i njihovog utjecaja na mrežu. Graf na slici ispod prikazuje dnevni dijagram na području distribucijskog područja Šibenik, gdje imamo velik broj vjetroelektrana. Iz slike se odmah vidi da je graf teže matematički opisati nego dijagrame nastale na području solara. Vjetar je, za razliku od sunca, dosta promjenjiviji meteorološki parametar, pa je onda i potreba za energijom iz prijenosne mreže varijabilnija. Proizvodnja energije iz vjetroelektrana može značajno varirati tijekom dana, ovisno o brzini i smjeru vjetra. Ova varijabilnost može izazvati fluktuacije u opskrbi energijom, što zahtijeva brzu prilagodbu distribucijskog sustava kako bi se osigurala stabilna opskrba. U područjima s velikim brojem vjetroelektrana, poput Šibenika, dnevni dijagrami opterećenja pokazuju dinamičnije i manje predvidljive obrasce u usporedbi s područjima gdje dominiraju solarne elektrane. Ova varijabilnost zahtijeva pažljivo praćenje i upravljanje kako bi se osigurala stabilnost mreže i optimalno korištenje dostupnih izvora energije.



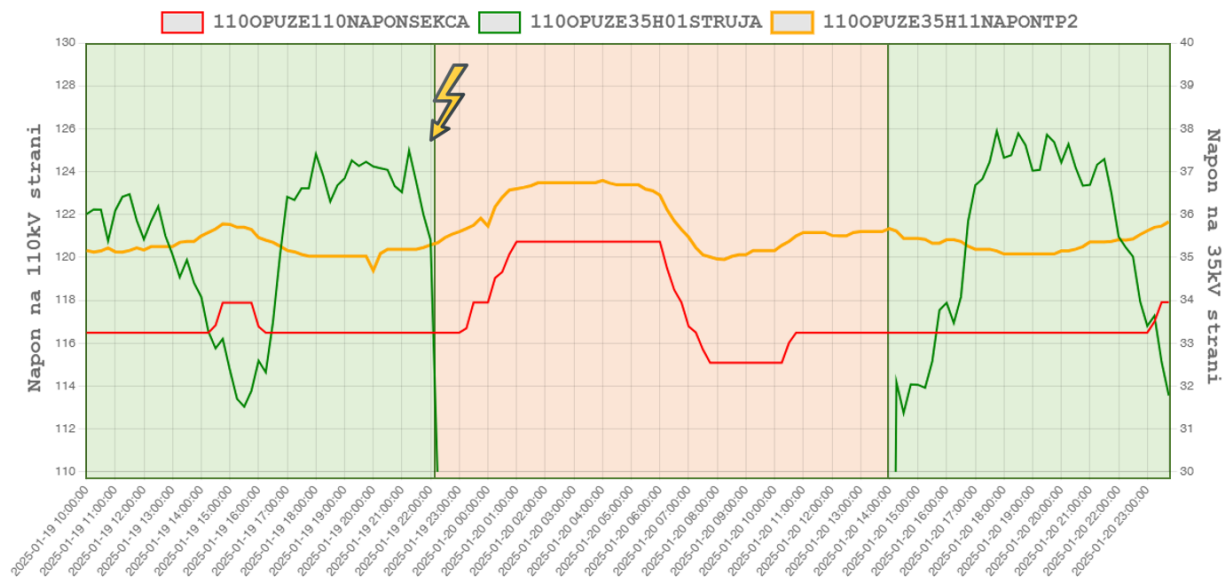
Slika 14. Dnevni dijagram opterećenja po tipovima izvora

3.6. Utjecaj atmosferskih pražnjenja (gromova)

Na kraju, važno je spomenuti i utjecaj atmosferskih pražnjenja, odnosno gromova, na distribucijski sustav. Dijagram ispod prikazuje kako uslijed udara groma u blizini Opuzena dolazi do ispada visokonaponskog voda. Struja odmah pada na nulu, dok naponi u obližnjoj trafostanici na 110 kV i 35 kV strani rastu.

Ovaj primjer jasno pokazuje kako atmosferska pražnjenja mogu izazvati ozbiljne poremećaje u radu distribucijskog sustava. Udari groma mogu uzrokovati trenutne ispade visokonaponskih vodova, što rezultira naglim padom struje. Istovremeno, naponi u obližnjim trafostanicama mogu porasti zbog naglog prekida protoka struje (slika 15.). Ovi poremećaji mogu izazvati oštećenja opreme i prekide u opskrbi električnom energijom, što zahtijeva brzu intervenciju i popravke kako bi se sustav vratio u normalno stanje.

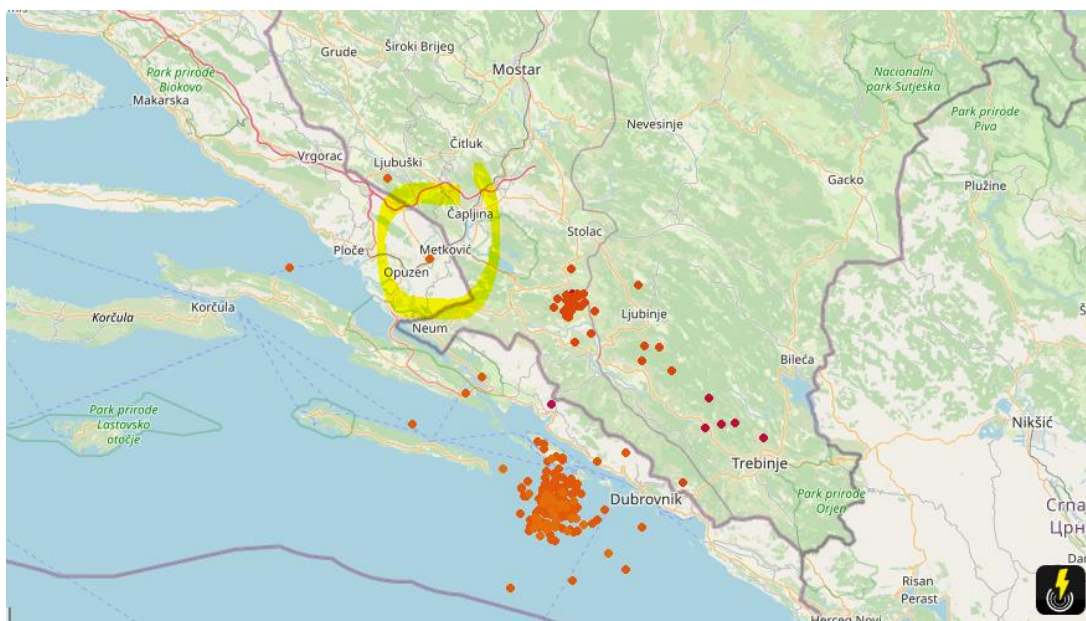
Praćenje i zaštita od atmosferskih pražnjenja ključni su za održavanje stabilnosti i pouzdanosti distribucijskog sustava, posebno u područjima sklonim čestim olujama i gromovima što se često događa u Republici Hrvatskoj.



Slika 15. Naponi i struje uslijed udara groma



Slika 16. Slike ispada vodiča s terena



Slika 17. Prikaz udara groma u periodu oštećenja [5]

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu istražili smo utjecaj meteoroloških uvjeta na distribucijski sustav, s posebnim naglaskom na promjene u dijagramima opterećenja uslijed povećanja broja distribuiranih izvora energije. Analizom podataka i vizualizacijom različitih pojava, poput temperature, vjetrova i insolacije, dobili smo uvid u dinamičke promjene u mreži. Ovi podaci omogućuju bolje razumijevanje i optimizaciju upravljanja distribucijskom infrastrukturom. Posebno je važno kontinuirano pratiti meteorološke uvjete i prilagođavati sustav kako bi se osigurala stabilna i pouzdana opskrba energijom. Vizualizacija podataka igra ključnu ulogu u donošenju informiranih odluka i planiranju budućih koraka u energetske tranziciji.

6. LITERATURA

- [1] K .F. Čavar, B. Gabrić, I. Periša, "MJERinfo – time series platform“, 4th International Conference on Smart Grid Metrology, Cavtat, Croatia, April 2023.
- [2] https://www.linkedin.com/posts/ivan-quettler_temperatura-zraka-raste-diljem-hrvatske-activity-7291066821934247936-XxLg
- [3] https://www.ho-cired.hr/images/pdf/Seminar_aktivni_kupac/7.%20Seminar%20aktivni%20kupac_Perisa.pdf
- [4] <https://www.24sata.hr/news/video-bura-otpuhala-solarnu-elektranu-tamo-pusu-najjaci-vjetровi-suludo-je-tu-graditi-1024231>
- [5] <https://www.lightningmaps.org/#>