

SISTEMATIČNA IZRABA PROŽNOSTI ELEKTRIČNIH VOZIL V PODPORO POTREBAM ELEKTRODISTRIBUCIJSKIH PODJETIJ

Nermin Suljanović¹, Igor Podbelšek¹,
Anton Kos², Leon Maruša²
Matej Zajc³, Andreja Smole⁴

¹ – Elektroinštitut Milan Vidmar, Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana
nermin.suljanovic@eimv.si, igor.podbelsek@eimv.si

² – Elektro Celje, Vrunčeva 2a, 3000 Celje

Anton.Kos@elektro-celje.si, Leon.Marusa@elektro-celje.si

³ – Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Tržaška 25, 1000 Ljubljana

Matej.Zajc@fe.uni-lj.si

⁴ – GEN-I, trgovanje in prodaja električne energije, d.o.o., Vrbina 17
8270 Krško

Andreja.Smole@gen-i.si

Povzetek – Ta prispevek obravnava uporabo električnih vozil kot virov prožnosti v distribucijskih omrežjih, s poudarkom na sistematičnem zagotavljanju in aktivaciji storitev prožnosti. V okviru projekta EV4EU je bila razvita platforma FlexIS, ki omogoča celovito upravljanje storitev prožnosti za elektrodistribucijska podjetja (EDP). Platforma je zasnovana tako, da poenostavlja integracijo ponudnikov prožnosti prek sistema EVT, kar zagotavlja enotno točko povezovanja in omogoča ponudbo storitev vsem slovenskim operaterjem distribucijskih omrežij.

Ključne besede: prožnost, platforma za prožnost, elektrodistribucijsko podjetje, električna vozila

SYSTEMATIC UTILIZATION OF ELECTRIC VEHICLE FLEXIBILITY TO SUPPORT THE NEEDS OF DISTRIBUTION NETWORK OPERATORS

Abstract – This paper explores the utilization of electric vehicles as flexibility resources for distribution grids, focusing on the systematic procurement and activation of flexibility services. As part of the EV4EU project, the FlexIS platform has been developed to facilitate end-to-end flexibility service management for distribution network operators (DNOs). The platform is designed to streamline the integration of flexibility providers through the EVT system, ensuring a unified connection point that enables service offerings across all Slovenian DNOs. This approach enhances grid adaptability to increasing electrification and supports the effective coordination of distributed flexibility resources.

Keywords: flexibility, flexibility platform, distribution network operator, electrical vehicles

1 UVOD

Elektrodistribucijska podjetja se soočajo s pomembnimi izzivi, ki izhajajo iz naraščajoče elektrifikacije in prehoda v bolj trajnosten elektroenergetski sistem. Pospešeno vključevanje razpršenih obnovljivih virov energije, predvsem sončnih elektrarn v nizkonapetostnem omrežju, naraščajoče povpraševanje po električni energiji zaradi širjenja električnega ogrevanja s toplotnimi črpalkami ter eksponentna rast električnih vozil (EV) vse bolj obremenjuje distribucijska omrežja. Te spremembe povzročajo preobremenitve omrežnih komponent, napetostne težave in povečujejo nestanovitnost elektroenergetskega sistema, kar lahko negativno vpliva na kakovost oskrbe in stabilnost omrežja.

Tradicionalen pristop k reševanju teh izzivov temelji na krepitvi in širitvi omrežja, kar zahteva znatne finančne in časovne vložke. Ker so infrastrukturne investicije dolgotrajne in kapitalsko intenzivne, distribucijski operaterji vse bolj iščejo alternativne rešitve, ki omogočajo učinkovitejšo izrabo obstoječih zmogljivosti. Med ključnimi strategijami za obvladovanje novih obratovalnih izzivov so lokalne storitve prožnosti, ki jih distribucijski operaterji dogovarjajo prek bilateralnih pogodb ali z organiziranimi trgi s prožnostjo. Takšen pristop omogoča dinamično prilagajanje porabe in proizvodnje v realnem času, s čimer se omrežje obdrži znotraj mej normalnega obratovanja brez potrebe po neposrednih fizičnih nadgradnjah.

Za uspešno implementacijo storitev prožnosti so potrebni ustrezni viri prožnosti, ki zagotavljajo zadostno kapaciteto ter možnost aktivacije v specifičnih delih distribucijskega omrežja. Distribucijski operaterji se pri tem soočajo z omejitvami, saj imajo manjšo možnost proste izbire lokacije virov prožnosti kot sistemski operaterji. Posledično je število uporabnih virov omejeno, zato je ključnega pomena prepoznati vire, ki so primerni za zagotavljanje prožnosti v distribucijskem omrežju in hkrati tudi že dovolj razširjeni.

V tem kontekstu se električna vozila izkažejo kot posebej perspektiven vir prožnosti, saj lahko s pomočjo pametnega polnjenja in tehnologije vozilo-omrežje (V2G – vehicle-to-grid) prispevajo k uravnavanju obremenitev in napetostnega profila v distribucijskem omrežju. Pametno upravljanje polnjenja električnih vozil lahko zmanjša konične obremenitve, optimizira izrabo omrežnih sredstev ter izboljša splošno učinkovitost elektroenergetskega sistema.

Članek obravnava zasnovano in implementacijo platforme za prožnost, ki jo distribucijski operater uporablja za celoten proces nabave prožnosti – od razpisov in avkcij do aktivacije storitev in obračuna izvedenih aktivacij. Osredotoča se na obratovalne potrebe po prožnosti, ustrezne produkte prožnosti in ocenjuje potencial električnih vozil v vlogi prilagodljivega vira, ki lahko bistveno prispeva k stabilnosti distribucijskega omrežja. V raziskavi analiziramo delovanje pametnih polnilnic ter implementacijo tehnologije V2G kot enega ključnih mehanizmov za integracijo prožnosti v distribucijsko omrežje.

Predstavljene analize in rezultati so del raziskovalnega projekta Horizon EV4EU, pri čemer članek vključuje konkretne ugotovitve postavitve slovenskega pilotnega projekta.

2 STORITVE PROŽNOSTI ZA POTREBE ELEKTRODISTRIBUCIJSKIH PODJETIJ

Naraščajoča obremenjenost distribucijskega omrežja ter vse večja proizvodnja iz sončnih elektrarn prinašata izzive, kot so lokalne preobremenitve in presežne napetosti, ki lahko vplivajo na zanesljivost oskrbe in kakovost napetosti. Obvladovanje teh omejitev običajno zahteva infrastrukturne naložbe za ojačitev omrežja, vendar lahko uvajanje storitev prožnosti omogoči učinkovitejše upravljanje omrežja in odložitve ali optimizacijo teh investicij.

Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije v R Sloveniji (SONDSEE) uvaja storitve prožnosti za distribucijskega operaterja [1][2]. Slika 1 prikazuje osnovno klasifikacijo prožnosti. Implicitna prožnost (angl. implicit flexibility) se nanaša na prilagajanje porabe električne energije s strani odjemalcev kot odziv na cenovne signale, ne da bi bila pri tem potrebna neposredna aktivacija s strani tretjih oseb, kot so operaterji omrežja ali agregatorji. Odjemalci samostojno prilagajajo svojo porabo na podlagi tarifnih struktur, dinamičnih cen električne energije ali drugih ekonomskih spodbud, ki jih zagotavlja trg. Eksplicitna prožnost je obvezujoča storitev za ponudnika storitev prožnosti, ki se lahko dispečira in na ta način omogoča distribucijskemu operaterju njeno zanesljivo aktivacijo po potrebi [3].



Slika 1: Klasifikacija storitev prožnosti

Skladno s SONDSEE, distribucijski operater lahko z namenom zagotavljanja vsaj minimalnih standardov delovanja celotnega distribucijskega omrežja ali njegovih posameznih delov ter skladno z zahtevami za zanesljivo in varno obratovanje omrežja po transparentnih postopkih naroča in uporablja storitve prožnosti. Te storitve mu lahko zagotavljajo uporabniki sistema ali tretje osebe (agregatorji) kot ponudniki storitev prožnosti.

Med ključne storitve prožnosti v distribucijskem omrežju spadajo:

- regulacija napetosti,
- upravljanje prezasedenosti omrežnih elementov,
- upravljanje zmogljivosti omrežja,
- upravljanje lokalnega otočnega obratovanja.

2.1. Produkti prožnosti

Oblikovanje produktov prožnosti v distribucijskem omrežju mora biti prilagojeno zahtevam distribucijskega operaterja, pri čemer morajo ponudniki storitev prožnosti zagotavljati tehnične rešitve za reševanje obratovalnih omejitev [2][3]. To vključuje zahteve glede lokacijske specifičnosti virov prožnosti ter drugih tehničnih parametrov, ki so ključni za učinkovito obratovanje distribucijskega omrežja. Hkrati je potrebno oblikovanje produktov usmeriti k izboljšanju likvidnosti trga, na primer z omogočanjem agregacije različnih virov prožnosti, kar

omogoča širšo udeležbo deležnikov, kot so agregatorji in posamezni ponudniki storitev prožnosti.

Standardizacija produktov prožnosti je bistvenega pomena za zagotavljanje njihove široke uporabnosti in interoperabilnosti med različnimi tržnimi mehanizmi. Produkti morajo vključevati jasno opredeljene tehnične in obratovalne omejitve, pri čemer je treba upoštevati tudi možnost njihove uporabe na drugih organiziranih trgih v primeru neaktivacije na lokalnem trgu prožnosti. To je še posebej pomembno za spodbujanje integracije lokalnih trgov prožnosti z drugimi organiziranimi trgi ter zagotavljanje optimalne izrabe razpoložljivih virov.

SONDSEE produkte za storitve prožnosti v elektrodistribucijskem omrežju razvršča v dva razreda [4]:

- A. Produkt za delovno in/ali jalovo moč: Produkt za rezervacijo kapacitete virov prožnosti, zakupljen vnaprej (npr. sezonsko), po ceni razpoložljivosti, ki se aktivira ob potrebi distribucijskega operaterja.
- B. Produkt za delovno energijo: Produkt za zagotavljanje energije, zakupljen po ceni za energijo.

Priloga 7 SONDSEE določi splošni produkt prožnosti in njegove attribute, na podlagi katerega so določeni naslednji produkti:

- Delovna moč za upravljanje prezasedenosti,
- Delovna energija za upravljanje prezasedenosti,
- Jalova moč za regulacijo napetosti,
- Delovna moč/energija za regulacijo napetosti.

Produkti prožnosti se naprej ločijo na prediktivne in korektivne. Korektivni produkti so povezani s korektivnimi ukrepi v omrežju in zahtevajo hitro aktivacijo storitev. V primeru napovedanih težav v distribucijskem omrežju (ne glede na časovno obdobje) ima distribucijski operater veliko več možnosti za optimizacijo (tehnično in ekonomsko) in izvajanje ukrepov. V tem primeru se uporabljajo prediktivni produkti.

2.2. Izraba prožnosti električnih vozil

Baterijski hranilniki so prepoznani kot eden izmed pomembnejših gradnikov prožnosti odjema. Električna vozila, skupaj s polnilno infrastrukturo, predstavljajo velik virtualni hranilnik električne energije [5]. Ob vse hitrejši elektrifikaciji mobilnosti se povečuje število EV. Prav tako se razvija polnilna infrastruktura. V času ko so EV priključeni na polnilnice, predstavljajo baterije EV veliko priložnost za razvoj storitev prožnosti odjema [6].

Po dveh desetletjih je koncept dvosmerne izmenjave električne energije med električnimi vozili in omrežjem, t.i. Vehicle-to-Grid (V2G), prešel od laboratorijskih poskusov v številne modele EV, kar odpira priložnosti za integracijo EV v storitve prožnosti. Zato je pomembno raziskati realni potencial uporabe baterij EV, kot vir prilagodljivosti, za elektroenergetsko omrežje. Temu cilju se posveča HE projekt EV4EU, ki predstavlja enega izmed petih sestrskih projektov, ki sestavljajo t.i. V2X cluster [7].

2.3. Horizon projekt EV4EU

Tehnologija V2G in širši izraz Vehicle to Everything (V2X) sta osrednja tema projekta Horizon Europe Upravljanje električnih vozil za ogljično nevtralnost Evrope (EV4EU). Partnerji EV4EU raziskujemo vpliv množične uvedbe e-mobilnosti s poudarkom na primerih uporabe tehnologij V2X [7].

Slovenski konzorcij sestavljajo partnerji: ODS Elektro Celje, na čigar omrežju bo potekalo praktično testiranje; agregator GEN-I, ki upravlja virtualno elektrarno z agregiranimi EV; ABB, kot proizvajalec dvosmernih polnilnic, ki podpirajo tehnologijo V2X; ter Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, ki nudi raziskovalno podporo pri razvoju orodij, načrtovanju testnih scenarijev in analizi rezultatov.

V okviru slovenskega demonstratorja bomo raziskali izbrane storitve prožnosti, ki temeljijo na V1G in V2G. Demonstrator projekta bo na območju poslovne stavbe GEN-I v Krškem, kjer je planirana postavitve polnilnic V2G. Na strehi poslovne stavbe se nahaja tudi sončna elektrarna z močjo 100 kW. Tako polnilnice, kot tudi sončna elektrarna, bodo del portfelja VPP, ki jo upravlja GEN-I. Raziskave vključujejo uporabo VPP za agregacijo prožnosti kapacitete baterij EV in njihovega vključevanje v storitve prožnosti na lokalnem trgu električne energije.

3 PLATFORMA FLEXIS ZA SISTEMATIČNO NABAVO IN IZVAJANJE STORITEV PROŽNOSTI

Za potrebe demonstracije izvajanja prožnosti električnih vozil v okviru projekta Horizon EV4EU je Elektroinštitut Milan Vidmar (EIMV) razvil platformo FlexIS (Flexibility Integration System for DSO). FlexIS omogoča centralizirano nabavo in aktivacijo storitev prožnosti za distribucijske operaterje, pri čemer zagotavlja avtomatizirano upravljanje prožnosti kot odziv na operativne potrebe omrežja.

Platforma FlexIS je integrirana s podatkovno platformo Lambda v elektrodistribucijem podjetju Elektro Celje, ki v primeru zaznanih težav v omrežju in obstoja veljavne pogodbe s ponudnikom storitev prožnosti (agregatorjem ali aktivnim odjemalcem) sproži aktivacijo prožnosti. Ocena stanja nizkonapetostnega omrežja in avtomatsko proženje storitev prožnosti je detajlno opisano v [5]. Čeprav FlexIS ima vmesnik protv sistemu ADMS (Advanced Distribution Management System), trenutno njegova observabilnost v realnem času ne sega v NN omrežje.

Ključne funkcionalnosti platforme FlexIS so naslednje:

1. **Objava razpisov za nabavo storitev prožnosti** – distribucijski operater lahko sproži postopke nabave za pridobitev virov prožnosti v določenih območjih omrežja.
2. **Registracija ponudnikov storitev prožnosti** – agregatorji in aktivni odjemalci se lahko registrirajo kot ponudniki storitev prožnosti ter oddajo ponudbe.
3. **Nadzor in predikcija obremenitev transformatorskih postaj** – na podlagi signalov prodobljenih s strani podatkovne platforme Lambda, platforma omogoča nadzor obremenitve omrežnih komponent v skoraj realnem času in napoveduje možne prezasedenosti.
4. **Prejem in vrednotenje ponudb** – platforma zbira ponudbe in razvršča ponudbe v seznam vrstnega reda ponudb (Merit Order List - MOL), kar omogoča izbiro ekonomsko najučinkovitejših virov prožnosti.
5. **Priprava in registracija pogodb** – omogoča avtomatizirano upravljanje pogodb s ponudniki storitev prožnosti ter nadzor nad izpolnjevanjem pogodbenih obveznosti.

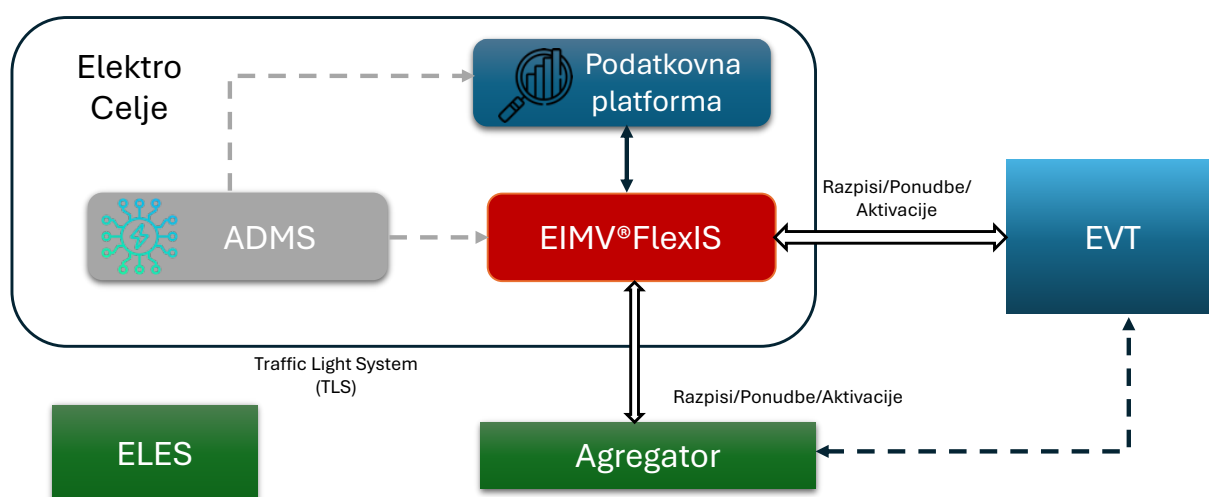
6. **Avtomatska in ročna aktivacija prožnosti** – podatkovna platforma Lambda, lahko samodejno aktivira prožnost ob zaznavi težav v omrežju ali pa distribucijski operater ročno sproži aktivacijo na platformi FlexIS.
7. **Nadzor nad izvajanjem aktivacij** – sistem spremlja izvedene aktivacije in preverja skladnost s pogodbenimi določili.
8. **Analitika in poročanje** – omogoča podrobno analizo učinkov aktivacij, pripravo poročil ter vrednotenje vplivov storitev prožnosti na omrežje.

FlexIS tako predstavlja ključno orodje za distribucijske operaterje pri učinkovitem upravljanju prožnosti v omrežju. Vključuje intuitiven grafični vmesnik za inženirja, odgovornega za nadzor izvajanje storitev prožnosti. S povezovanjem s platformami za trg s prožnostjo in prilagajanjem potrebam elektrodistribucijskih podjetij omogoča optimizirano uporabo razpoložljivih virov, kar vodi k večji zanesljivosti oskrbe in izboljšani ekonomski učinkovitosti upravljanja omrežja.

Enotna vstopna točka (EVT) v Sloveniji ne deluje zgolj kot nacionalni podatkovni hub za številne meritve, temveč tudi kot centralizirana platforma za nabavo in aktivacijo storitev prožnosti. EVT omogoča ključne funkcionalnosti, kot so registracija ponudnikov prožnosti (agregatorjev in aktivnih odjemalcev), objava razpisov, zbiranje ponudb in posredovanje pri aktivaciji storitev prožnosti.

Platforma FlexIS je integrirana z EVT (slika 2) tako, da lahko neposredno dostopa do seznama registriranih ponudnikov prožnosti, samodejno objavlja razpise, pridobiva ponudbe ter izvaja aktivacijo storitev prek EVT. Ta zasnova omogoča, da se ponudniki storitev prožnosti povežejo zgolj z EVT in s tem pridobijo dostop do lokalnega trga s prožnostjo za vsa elektrodistribucijska podjetja v Sloveniji.

Centralizirana integracija poenostavlja trg s prožnostjo in zmanjšuje potrebo po večkratnih povezavah ponudnikov prožnosti z različnimi sistemi elektrodistribucijskih podjetij. Kljub temu ostajajo določene funkcionalnosti za nabavo in aktivacijo storitev prožnosti omejene na zmogljivosti, ki jih zagotavlja EVT.



Slika 2: Integracija platforme FlexIS

Za zagotavljanje podatkovne interoperabilnosti platforma temelji na podatkovnem modelu CIM (Common Information Model) in uporablja standardizirane komunikacijske vmesnike za

povezovanje z EVT ter drugimi deležniki. Obliko izmenjave sporočil med platformo in EVT določa EVT. FlexIS obenem omogoča pošiljanje signalov sistema TLS (Traffic Light System), ki odražajo stanje distribucijskega omrežja in služijo kot podlaga za omejitve aktivacije virov, priključenih v distribucijsko omrežje za zagotavljanje sistemskih storitev. Agregatorjem je hkrati omogočen neposreden komunikacijski vmesnik, ki jim omogoča oddajo ponudb in izvedbo aktivacij storitev prožnosti.

4 DEMONSTRACIJA IZRABE PROŽNOSTI V OKVIRU PROJEKTA EV4EU

Za potrebe izvajanje demonstracije izrabe prožnosti električnih vozil v okvirju projekta EV4EU, EVT je simuliran s posrednikom (broker) Kafka in programsko opremo za ustrezno transformacijo sporočil. Izvedeni so naslednji scenariji:

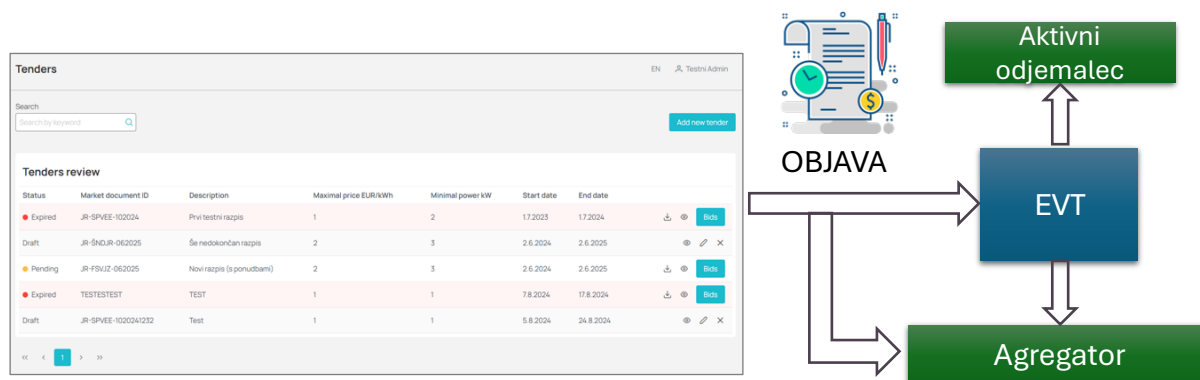
- Scenarij 1: Objava razpisa za storitev prožnosti na platformi FLEXIS
- Scenarij 2: Oddaja ponudb na razpis, registracija ponudb na platformi in generiranje seznama vrstnega reda ponudb (MOL)
- Scenarij 3: Avtoamtska in ročna aktivacija storitev prožnosti.

V prvem scenariju se oblikuje razpis in objavi razpis pošiljanjem ustrezne JSON datoteke na EVT. Registrirani agregatorji in aktivni odjemalci, ki izpolnjejo pogoje razpisa (npr. lokacija) avtomatski prejemo razpis. Vsi razpisi se registrirajo in so vidljivi v grafičnem vmesniku platforme.

Za potrebe demonstracije izrabe prožnosti električnih vozil v okviru projekta EV4EU je EVT simuliran s pomočjo posrednika Kafka in programske opreme za ustrezno transformacijo sporočil. Izvedeni so bili naslednji scenariji:

- **Scenarij 1:** Objava razpisa za storitev prožnosti na platformi FLEXIS.
- **Scenarij 2:** Oddaja ponudb na razpis, njihova registracija na platformi in generiranje seznama vrstnega reda ponudb (MOL).
- **Scenarij 3:** Avtomatska in ročna aktivacija storitev prožnosti.

V prvem scenariju se oblikuje razpis in ga platforma objavi z oddajo ustrezne JSON datoteke na EVT. Registrirani agregatorji in aktivni odjemalci, ki izpolnjujejo pogoje razpisa (npr. lokacijske zahteve), razpis prejmejo samodejno. Vsi razpisi so zabeleženi in prikazani v grafičnem vmesniku platforme. Proces je prikazan na sliki 3.



Slika 3: Objava razpisa na platformi

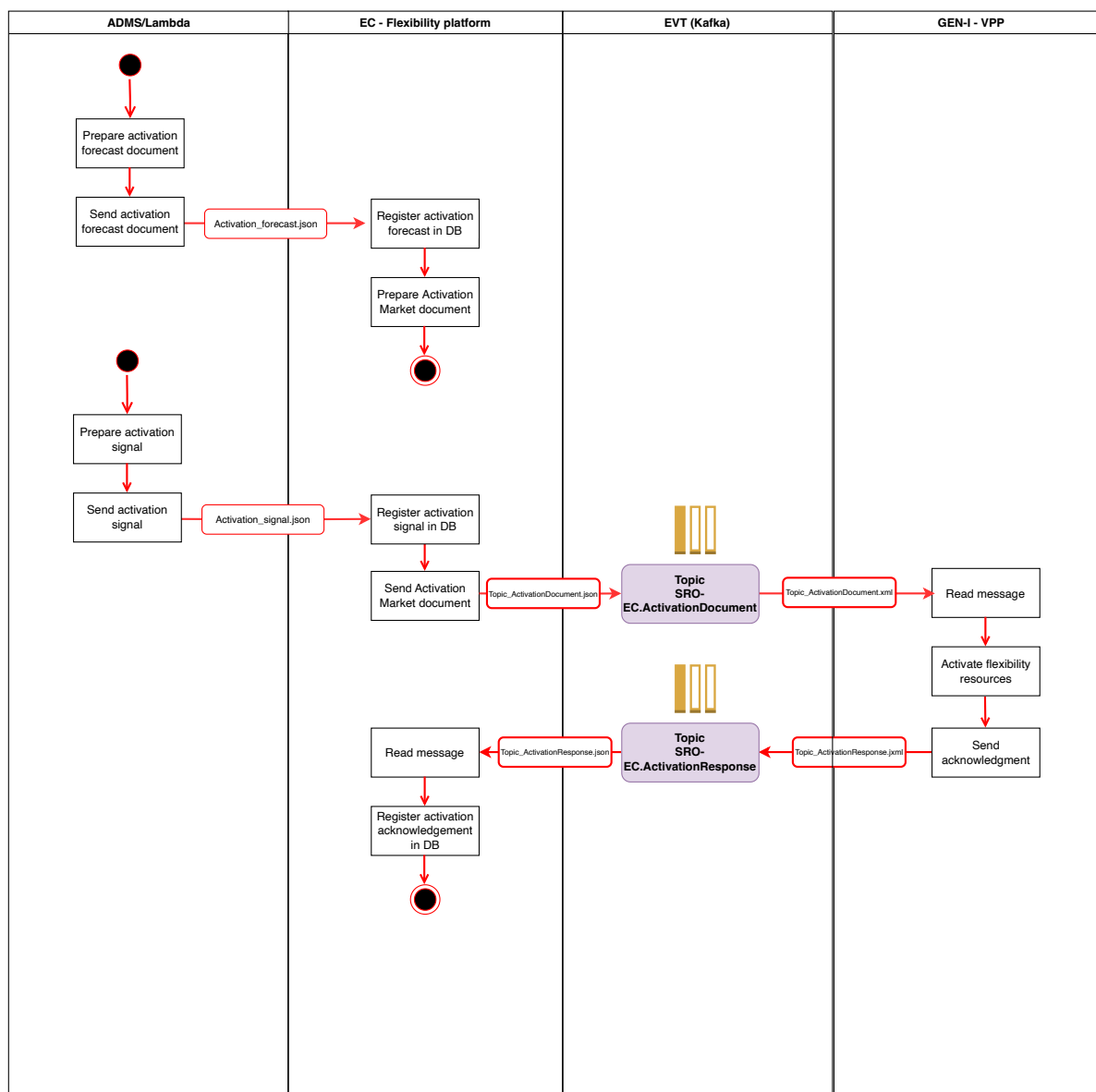
Scenarij 2 vključuje oddajo ponudb na razpis s strani agregatorja ali aktivnega uporabnika prek EVT, generiranje seznama vrstnega reda ponudb in upravljanje pogodb. V demonstraciji agregator odda ponudbo na razpis, pri čemer platforma preveri skladnost ponudbe z razpisnimi pogoji, kot so lokacijske zahteve, zmogljivost in trajanje prožnosti. Po zaključku razpisa sistem samodejno generira seznam sprejetih ponudb, pri čemer upošteva vnaprej določena pravila razvrščanja, kot so ekonomska optimizacija in tehnične omejitve omrežja.

Za vsako sprejeto ponudbo platforma ustvari pogodbo, ki vključuje ključne parametre storitve prožnosti, kot so količina zagotovljene prožnosti, trajanje aktivacije in dogovorjena nadomestila. Pogodba se elektronsko podpiše s strani vseh vpletenih deležnikov, pri čemer sistem zagotavlja sledljivost in pravno veljavnost postopka. Po podpisu se pogodba skupaj z ustreznim sporočilom posreduje na EVT, kjer se uradno registrira. EVT nato potrdi uspešno registracijo in zagotovi, da so vse pogodbe ustrezno evidentirane za nadaljnje izvajanje aktivacij storitev prožnosti.

Demonstracija aktivacije storitev prožnosti se izvaja v okviru tretjega scenarija, kjer sta testirana dva načina aktivacije: ročna in avtomatska. Ročna aktivacija se izvede neposredno na platformi, kjer uporabnik izbere transformatorsko postajo in ustrezno pogodbo za aktivacijo. Po potrditvi aktivacije platforma na EVT pošlje JSON datoteko, ki ustreza aktivacijskemu dokumentu v skladu s CIM profilom za evropski profil trga (ESMP – European Style Market Profile). EVT nato preoblikuje JSON datoteko v ustrezno XML obliko in jo posreduje ponudniku storitve prožnosti. V demonstraciji virtualna elektrarna GEN-I sproži aktivacijo virov prožnosti in po zaključeni aktivaciji pošlje potrditev v obliki CIM XML sporočila. Vsaka aktivacija je zabeležena na platformi in označena kot potrjena ali nepotrjena, odvisno od prejete povratne informacije.

Avtomatska aktivacija se sproži s pošiljanjem napovedi aktivacije in nato aktivacijskega signala (JSON datoteki) na FLEXIS s strani podatkovne platforme. Napoved aktivacije sama po sebi ne povzroči sprožitve storitev prožnosti, temveč zgolj informira sistem o predvideni aktivaciji. Dejanska aktivacija se izvede ob prejemu aktivacijskega signala, po katerem FLEXIS ustvari in posreduje aktivacijski dokument na EVT. Vsaka aktivacija je zabeležena v sistemu in kategorizirana kot ročna ali avtomatska.

Diagram aktivnosti, ki se izvajajo v scenariju 3, je prikazan na sliki 4.



Slika 4: Test aktivacije storitev prožnosti

5 ZAKLJUČKI

Agregacija razpršenih virov in razvoj storitev prožnosti odjema električne energije predstavlja enega ključnih izzivov na področju IKT. V okviru slovenskega konzorcija projekta Horizont Evropa EV4EU, razvijamo celovito rešitev z vzpostavitvijo lokalnega trga in z razvojem storitev prožnosti. Tako elektrifikacijo mobilnosti, z vpeljavo tehnologij V2X, raziskujemo kot priložnost zelenega prehoda.

Ugotovitve praktičnega testiranja bodo služile kot vir za prilagoditev teoretičnih poslovnih modelov in poslovnih primerov uporabe. Tako bo projekt EV4EU podal nove strategije za poslovno okolje, ki bodo upoštevale priložnosti in omejitve V2X tehnologije, ki bodo temeljile na praktičnih spoznanjih.

Članek obravnava aktivnosti projekta EV4EU pri uvajanju platforme FlexIS za sistematično nabavo in izvajanje storitev prožnosti v distribucijskem omrežju, pri čemer upošteva vse hitrejši razvoj elektromobilnosti. Platforma je integrirana z EVT, kar zagotavlja, da so ponudniki storitev prožnosti povezani zgolj na en sistem, hkrati pa lahko svoje storitve ponujajo različnim elektrodistribucijskim podjetjem. Glede na obratovalno stanje distribucijskega omrežja lahko podatkovna platforma Lambda sproži izvajanje storitev prožnosti.

V članku predstavljamo koncept dvosmerne izmenjave energije med električnim vozilom in omrežjem (V2G), s poudarkom na izmenjavi informacij med ključnimi deležniki. Poleg trgovalne platforme ima pri tem osrednjo vlogo virtualna elektrarna, ki prek polnilne infrastrukture agregira baterije električnih vozil in omogoča njihovo vključevanje v sistem prožnosti.

6 ZAHVALA

Delo financira projekt HE EV4EU v okviru pogodbe 101056765 / Funded by the European Union under grant agreement no. 101056765.

Views and opinions expressed are however those of the authors only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

REFERENCE

- [1] ELES, “SISTEMSKA OBRATOVALNA NAVODILA ZA DISTRIBUCIJSKI SISTEM ELEKTRIČNE ENERGIJE.” 2024.
- [2] M. Polak, M. Miklavčič, N. Suljanović, and I. Podbelšek, “Izvajanje storitev prožnosti na distribucijskem omrežju,” in *referati in predstavitve 16. konference slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED : [Bled, Rikli Balance : 30. maj – 1. junij 2023. Ljubljana: Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED., Bled, Slovenia, 2023, pp. 1–8. [Online]. Available: <https://www.cigre-cired.si/16-konferenca-cigre-cired/16-konferenca-prenesite-si-referate/>*
- [3] N. Suljanović, A. Ivartnik-Kanduč, I. Podbelšek, M. Kernjak Jager, and A. Devišević, “Študija z navodili o storitvah prožnosti na elektrodistribucijskem omrežju : študija št. 2528,” Elektroinštitut Milan Vidmar (EIMV), Študija 2528., 2022.
- [4] ELES, “NAVODILO ZA STORITVE PROŽNOSTI NA DEES, KI JIH UPORABLJA DISTRIBUCIJSKI OPERATER.” 2024.
- [5] L. Maruša, D. Kramer, A. Kos, N. Suljanović, B. Čegovnik, and Podbelšek, Igor, “Tehnična implementacija zalednih procesov za avtomatsko upravljanje s prožnostjo v Elektro Celju,” presented at the 17. konferenca slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED, Prtorož, 21.5 2025.
- [5] Mendek, I., Marentič, T., Anžur, K., and Zajc, M., „A Case Study on Electric Vehicles as Nationwide Battery Storage to Meet Slovenia’s Final Energy Consumption with Solar Energy“. *Energies*, 17(11), 2024.
- [7] EV4EU, „EV4EU,“ 20 2 2024. [Elektronski]. Available: <https://ev4eu.eu/>.