

PREDSTAVITEV REZULTATOV PILOTNEGA VKLJUČEVANJA ODJEMALCEV V PROGRAME PRILAGAJANJA ODJEMA Z UPORABO DINAMIČNEGA TARIFIRANJA V MEDNARODNEM PROJEKTU FLEX4GRID

Anton Kos¹, Kristijan Koželj¹, Damjan Bobek¹, dr. Dušan Gabrijelčič², dr. Živa Stepančič²

¹ – Elektro Celje, d. d., Vrunčeva ulica 2a, 3000 Celje

anton.kos@elektro-celje.si kristijan.kozelj@elektro-celje.si damjan.bobek@elektro-celje.si

² – Institut »Jožef Stefan«, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana

dusan@e5.ijs.si ziva@e5.ijs.si

Povzetek – Med septembrom 2017 in januarjem 2019 je na distribucijskem področju Elektra Celje potekal pilotni projekt v okviru raziskovalnega projekta Flex4Grid v katerem je sodelovalo 781 gospodinjstev odjemalcev električne energije. Projekt se je osredotočal na razvoj odprtega tehnološkega sistema za upravljanje podatkov in zagotavljanje storitev, ki bodo omogočale upravljanje prožnosti uporabnikov distribucijskega omrežja, pri porabi električne energije. Za namen prilagajanja odjema razvit pametni komplet z mobilno aplikacijo, s čimer so se uporabniki lažje odzivali na kritične dogodke, hkrati pa so imeli možnost predaje gospodinjstevskih aparatov v upravljanje distributerju električne energije. Odziv oz. prožnost sodelujočih odjemalcev se je ugotavljala po statističnem diagramu na podlagi zgodovinskih meritev in s primerjavo pomembne kontrolne skupine primerljivih odjemalcev. Analitično je bil ocenjen vsak dogodek dinamične tarife posebej. Za finančno-izvedbeno spodbudo je podjetje Elektro Celje, d.d med prvimi v Evropi izkoristili zakonsko možnost implementacije pilotne kritične konične tarife (KKT), saj je bil projekt na podlagi metodologije s strani Agencije za energijo prepoznan kot pilotni projekt na področju pametnih omrežij in ga je s tem uvrstila v shemo izvedbenih spodbud.

Ključne besede: Flex4Grid, prilagajanje odjema, pilotna kritična konična tarifa

PRESENTATION OF THE RESULTS OF PILOT INTEGRATION OF CONSUMERS IN THE ADAPTATION PROGRAM BY THE USE OF DYNAMIC TARIFFING IN THE INTERNATIONAL PROJECT FLEXGRID

Abstract – Between September 2017 and January 2019, a pilot project within the research project Flex4Grid took place in the distribution area Elektra Celje, which involved 781 household electricity consumers. The project focused on the development of an open technology data management system and the provision of services that will enable the management of the flexibility of distribution network users in the use of electricity. For the purpose of customization, a smart kit with a mobile application was developed, making it easier for users to respond to critical events, and at the same time they had the opportunity to hand over household appliances to managing the electricity distributor. Response or the flexibility of the participating customers was determined according to the statistical diagram on the basis of historical measurements and by comparing an important control group of comparable customers. Every dynamic tariff event was evaluated analytically. For the financial incentive, Elektro Celje, dd, was among the first in Europe to take advantage of the legal possibility of implementing a pilot critical tariff (KKT), as the project was recognized by the Energy Agency as a pilot project in the field of smart grids thus putting it into the scheme of implementing incentives.

Keywords: Flex4Grid, Adjustment of consumption, Pilot critical peak tariff

1 UVOD

Povpraševanje po energiji nezadržno narašča. Po podatkih Mednarodne agencije za energijo bo do leta 2030 svetovna poraba električne energije zrasla za 57 % več, kot v letu 2010 [1]. To bo terjalo večja vlaganja v nadgradnjo in stroške vzdrževanja omrežja za distribucijo. Pričakuje se, da bo sprememba še bolj dramatična na proizvodnji strani. Cilj EU je znatna samooskrba iz obnovljivih virov energije, kar bo za distribucijo predstavljalo velik izziv (upravljanje obstoječih RV in omogočanje nadaljnje priključevanje novih RV). Na področju distribucijskega področja Elektra Celje je trenutno priključenih okoli 1.500 proizvodnih naprav s skupno inštalirano močjo 108 MW, ki prispevajo že več kot 7 % vse prevzete energije v distribucijsko omrežje[9]. Obnovljivi viri povzročajo težave že sedaj zaradi dvigovanja napetosti na koncu voda ter neuravnoteženost proizvodnje in porabe na nivoju lokalne transformatorske postaje.

Dodatne skrbi bodo povzročala e-vozila in toplotne črpalke. Predvidevamo, da se bo število e-vozil v naslednjem obdobju zaradi občutnih vlaganj in spodbud močno povečalo, kar bo ob hkratnem polnjenju ob nepravi uri lahko povzročali velike težave na distribucijskem omrežju. Ozka grla se lahko pojavijo v novih naseljih zunaj velikih urbanih središč, kjer je omrežje vse bolj obremenjeno tudi s toplotnimi črpalkami. Toplotne črpalke z direktnim zagonom povzročajo velike zagonske tokove in tako slabšajo kakovost napetosti v elektroenergetskem omrežju.

Na trgu z električno energijo pa se bodo prav tako v bližnji prihodnosti pojavili novi akterji kot so virtualne elektrarne, neodvisni agregatorji ter ostali ponudniki energetske storitve ter trg z fleksibilnostjo električne energije (DR), vsi s ciljem slediti lastnim poslovnim interesom[2]. V tem zapletenem okolju pa bo moral distributer električne energije zagotavljati stabilnost delovanja omrežja, hkrati pa omogočiti različnim zainteresiranim stranem, da izpolnijo svoje poslovne cilje z omejenimi finančnimi sredstvi. Za prilagoditev temu razvoju, se mora distribucijsko omrežje razviti v resnično pametno omrežje, ki izkorišča naj sodobnejše informacijske in komunikacijske tehnologije (IKT) za uresničitev avtomatiziranega, energetske učinkovitega in lokacijsko zaznavnega DR v realnem času. Iz tega razloga je pomembno, da upravljavci energetske infrastrukture pridobijo čim več izkušenj skozi razna pilotna testiranja v okviru pametnih projektov po drugi strani pa je to priložnost, da se odjemalci seznanijo s samim konceptom pametnega omrežja in njegovimi elementi, saj bodo v prihodnosti dobili aktivnejšo vlogo na trgu z električno energijo. Eden izmed takšnih projektov je bil tudi evropski projekt Flex4Grid s katerim je podjetje Elektro Celje, d.d. uspešno kandidiralo, kot član mednarodnega konzorcija, na razpisu evropskega programa za razvoj in raziskave Obzorje 2020.

2 ZASNOVA PROJEKTA FLEX4GRID

Projekt Flex4Grid se je osredotočal na razvoj odprtega tehnološkega sistema za upravljanje podatkov in zagotavljanje storitev, ki bodo omogočale upravljanje prožnosti uporabnikov distribucijskega omrežja pri porabi električne energije. Prožnost uporabnika pomeni, da je le-ta sposoben prilagajati porabo potrebam drugih deležnikov v sistemu in bi bil lahko za svoje prilagajanje nagrajen. Elektrodistribucijska podjetja bi lahko izrabila to prožnost za zniževanje koničnih obremenitev ter razkoraka med porabo in razpršeno proizvodnjo energije, drugi oz. novi udeleženci pa bi na trgu z električno energijo ponujali svoje nove storitve na osnovi podatkov in odprtih vmesnikov tehnološkega sistema Flex4Grid.

Sistem Flex4Grid vključuje [3]:

- a) storitev podatkovnega oblaka z anonimiziranim vmesnikom, kjer so uvedeni napredni mehanizmi varnosti in zasebnosti za izmenjavo podatkov in upravljanje storitev,
- b) fleksibilnost odjemalca na področju porabe električne energije ter
- c) izvedljiv poslovni model.

V okviru projekta so bili v letu 2017 postavljeni trije piloti, in sicer dva manjša v Nemčiji ter večji na distribucijskem področju Elektra Celje, v katerega je bilo vključenih nekaj manj kot 800 gospodinjstev odjemalcev električne energije.

Za namen prilagajanja odjema sta bila za uporabnike pripravljena pametni paket za upravljanje z električno energijo ter mobilna aplikacija, s čimer so se odjemalci lažje odzivali na kritične dogodke. Imeli so tudi možnost

predajanja gospodinjstkih aparatov v upravljanje distributerju električne energije. Za finančno-izvedbeno spodbudo je Elektro Celje, d.d. izkoristila zakonsko možnost implementacije pilotne kritične konične tarife KKT v okviru Akta o metodologiji za določitev omrežnine in kriterijih za ugotavljanje upravičenih stroškov za elektroenergetska omrežja in metodologiji za obračunavanje omrežnine (Ur. l. RS, št. 59/10, 52/11, 81/12), saj je bil projekt prepoznan s strani Agencije za energijo kot pilotni projekt na področju pametnih omrežij in ga kot takšnega uvrstila v shemo izvedbenih spodbud. Izvedbene spodbude so bile v veljavnem regulativnem obdobju 2016-2018 osredotočene na testiranje učinkovitosti aktivnega vključevanja odjemalcev v programe prilagajanja odjema z uporabo dinamičnega tarifiranja oziroma pilotne kritične konične tarife.

3 IZRECNO SOGLASJE IN SKLADNOST Z GDPR

Skladno s splošno uredbo o varovanju osebnih podatkov Evropske unije (Regulation (EU) 2016/679)[4], in pravic, ki izvirajo iz slovenske zakonodaje o varovanju zasebnosti, je bilo za sodelujoče uporabnike pripravljeno izrecno soglasje, s katerim so bili le-ti seznanjeni kateri osebni podatki se bodo zbirali za namen projekta Flex4Grid, kako in kje se bodo obdelovali ter shranjevali, in kaj se bo z njimi zgodilo po zaključku projekta. Prav tako smo jih opozorili na pravice do zasebnosti, ki so jih imeli kot udeleženci pilotnega projekta[5].

Podatki so se uporabljali za napovedovanje koničnih obremenitev in ostalih dogodkov v elektrodistribucijskem sistemu in merjenja ter ocenjevanja odziva uporabnikov s pomočjo podatkovne analitike. Odzivi sodelujočih uporabnikov so se zbirali tudi s pomočjo anketnih vprašalnikov.

Vse zajete informacije v času trajanja pilota so bile shranjene v psevdoanonimizirani obliki v projektnem računalniškem oblaku znotraj Evropske unije in se niso prenašale v tretje države. Podatki so bili zaščiteni z učinkovitimi standardiziranimi varnostnimi metodami, vključno s šifriranjem podatkov.

4 IZVEDBA PILOTNEGA TESTIRANJA

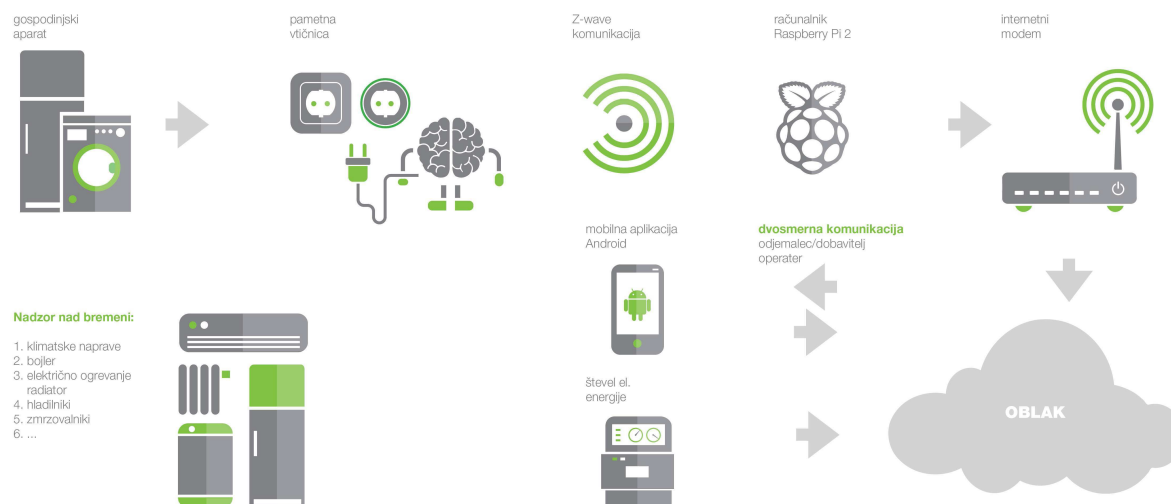
V pilotni projekt v okviru projekta Flex4Grid smo povabili 10.958 gospodinjstkih odjemalcev električne energije, ki so bili priključeni na eno od 209 različnih lokalnih transformatorskih postaj. Kot točka, kjer se opazuje učinek ukrepov pilotnega testiranja, smo izbrali lokalno transformatorsko postajo [6].

Za uporabnike s »pametnim kompletom Flex4Grid« smo pripravili paket, ki je prikazan na sliki 1. Sestavljen je bil iz dveh pametnih vtičnic, komunikatorja, omrežnega kabla, napajalnega kabla za komunikator in navodil za priključitev ter uporabo mobilne aplikacije Flex4Grid.



Slika 1: Pametni komplet Flex4Grid [6].

Namen pametnega kompleta je bil, da odjemalci preko pametnih vtičnic priključijo dva gospodinjstva aparata (hladilnik, zamrzovalnik, električni radiator, in podobno). Pametni vtičnici preko brezžičnega Z-Wave omrežja komunicirata s komunikatorjem, ki je povezan z domačim internetnim usmerjevalnikom in preko njega pošiljata trenutno stanje porabe električne energije priključenih porabnikov in stanje vtičnic (vklopljena/izklopljena) v računalniški oblak. Preko mobilne aplikacije Flex4Grid pa uporabnik lahko spremlja porabo električne energije priključenih gospodinjstev aparatov in jih upravlja glede na poslano zahtevo distributerja električne energije. V prihodnosti pričakujemo, da bodo pametni gospodinjstevski aparati sami komunicirali z oblakom. Uporabnik je tudi imel možnost predaje upravljanja priključenih gospodinjstevski aparatov distributerju električne energije. Shema delovanja pametnega kompleta je prikazana na sliki 2.



Slika 2: Shematski prikaz delovanja sistema Flex4Grid [6].

4.1 Napovedovanje dogodkov KKT

O prihajajočih dogodkih so bili uporabniki obveščeni najkasneje 24 ur pred samim dogodkom in tik pred dogodkom samim preko:

1. elektronske pošte,
2. preko objave na spletni strani podjetja Elektro Celje in
3. mobilne aplikacije Flex4Grid.

V obdobju od septembra 2017 do konca decembra 2018 smo izvedli 42 dogodkov. Osemkrat smo izvedli dvourni dogodek, ostali dogodki pa so trajali po 1 uro. Vsi dogodki so se odvijali ob delavnikih (brez praznikov) v popoldanskih oziroma večernih urah. Najbolj zgodaj se je začel dogodek ob 17:00 in najkasneje ob 20:45. Dvourni dogodki so se največkrat začeli ob 19:00, enourni pa ob 19:00 in 20:30 uri.

Dogodek kritične konice predstavlja časovni interval v dnevu, kjer je dnevna poraba omrežja najvišja, torej dnevna kritična konica. Časovni interval za vsak dogodek je določen najmanj 24 ur vnaprej s pomočjo napovednega modela. Za napovedovanje dogodkov smo uporabili umetne nevronske mreže (ang. Artificial Neural Network [ANN]).

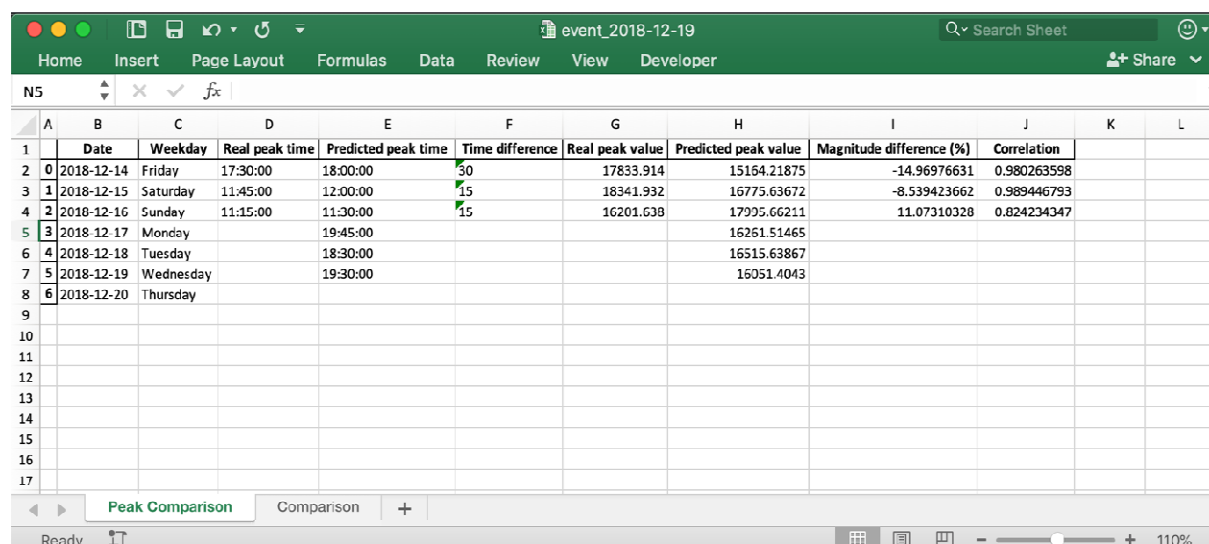
Kot pri večini nevronske mreže je tudi pri našem modelu vključena ena vhodna plast, ena izhodna plast in več skritih plasti s povratnimi povezavami. Vhodna plast ima 7 enot oziroma nevronov, za vsakega od vhodnih parametrov, in sicer:

- osvetljenost
- temperatura (za čas meritve in za en teden nazaj)
- padavine
- poraba (dveh meritev nazaj ali poraba prejšnjega tedna)
- čas v dnevu (kategoriziran na osem 3-urnih intervalov)
- dan v tednu (delovnik ali konec tedna/praznik) in
- letni čas.

Okoljske spremenljivke, posebno temperatura, imajo zaznaven vpliv na napoved porabe, kar so pokazale tudi razne študije[7],[8]. Časovno vezane spremenljivke so potrebne za dodatno profiliranje posameznih meritev, saj ima poraba omrežja na posameznih obdobjih podobne vzorce. V koncu tedna se pogosto pojavil opoldanska konica, medtem ko je za večino delavnikov konica pozno popoldne oziroma zvečer. Letni čas smo dodali zaradi človeškega dojemanja iste temperature predvsem jeseni in spomladi, namreč 10°C oktobra se občuti hladneje kot v marcu, ko se začne otoplitev vremena. Meritve porabe so zabeležene vsakih 15 minut, medtem ko so vrednosti okoljskih spremenljivk izmerjene vsako uro. Dodane vrednosti pretekle porabe smo dodali k vsaki vhodni vrednosti, da zajamemo trend naraščanja oziroma padanja porabe za dotično točko. Urna vrednost se ponastavi še na ostale 3 meritve porabe v isti uri. Zanima nas napoved dnevne porabe za vsaj 48 ur v naprej, zato je izhodna plast vektor predvidene dnevne porabe za celotno omrežje. Za vsak dan želimo predvideti 96 vrednosti, saj se realizirana poraba meri na intervalu 15 minut, kar predstavlja 96 dnevni meritev.

Za učno množico smo vzeli podatke pretekle porabe do povprečno šest dni pred dnevom dogodka. Tri (ali več) dni smo izbrali za validacijsko množico pri vsaki napovedi. Preko validacijske množice preverimo velikost napake napovedi za čas dogodka in velikost predvidene konice. Preostali dnevi imajo samo vhodne podatke in jih uporabimo izključno za napoved. Poleg napake napovedi na validacijski množici moramo upoštevati tudi napako napovedi okoljskih spremenljivk, ki jih uporabimo za napoved.

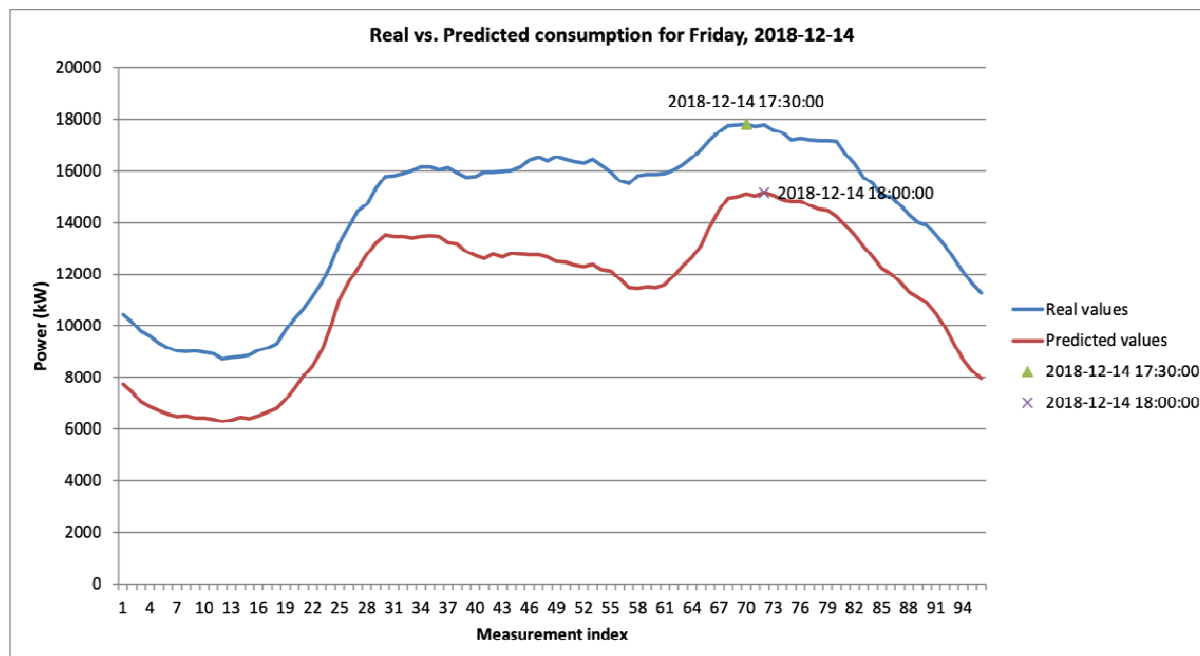
Rezultate napovedi na validacijski množici kot tudi napovedi za naprej zberemo v Excel datoteki, kjer podamo dnevne konice z časovnim intervalom in velikostjo. Primer izpiska je v sliki 3. Dodatno, izračunamo razliko med realizirano in napovedno vrednostjo porabe na validacijski množici ob odgovarjajočih časovnih točkah. V zadnjem stolpcu je tudi podana korelacija med dnevnim vektorjem (96 točk) realizirane porabe in dnevnim vektorjem napovedane porabe na validacijski množici.



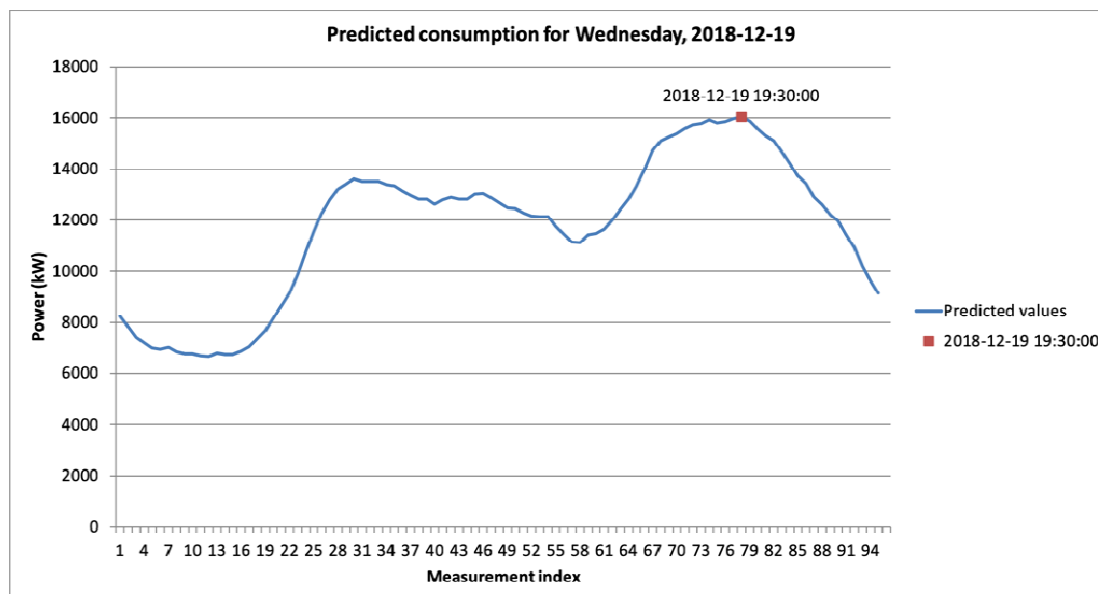
	Date	Weekday	Real peak time	Predicted peak time	Time difference	Real peak value	Predicted peak value	Magnitude difference (%)	Correlation
0	2018-12-14	Friday	17:30:00	18:00:00	30	17833.914	15164.21875	-14.96976631	0.980263598
1	2018-12-15	Saturday	11:45:00	12:00:00	15	18341.932	15775.63672	-8.539423662	0.989446793
2	2018-12-16	Sunday	11:15:00	11:30:00	15	16201.638	17995.66211	11.07310328	0.824234347
3	2018-12-17	Monday		19:45:00			16251.51465		
4	2018-12-18	Tuesday		18:30:00			16515.63867		
5	2018-12-19	Wednesday		19:30:00			15051.4043		
6	2018-12-20	Thursday							

Slika 3: Primer poročila napovednega modela za dogodek 2018-12-29 [6].

V drugem listu podamo celotne vektorje validacijske in napovedne množice. Zraven so podani grafi za dnevno porabo za vizualno primerjavo realizirane in/ali napovedane porabe na celotnem pilotnem omrežju. Primera dveh vizualizacij, validacijska množica (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.** 4) in napoved (Slika 5).



Slika 4: Rezultati napovednega modela na validacijski množici [6].



Slika 5: Rezultati napovednega modela na validacijski množici [6].

4.2 Prožnost uporabnikov

Ocenjevanje prožnosti uporabnika je usmerjeno v določanje spremembe porabe pilotnega uporabnika v času kritično koničnega dogodka. Njegova prožnost je podana kot zmožnost prilagoditve porabe na zahtevo upravljavca storitve prožnosti. Pri tem prožnost gledamo kot zmožnost prilagoditve porabe prek celotnega časa trajanja dogodka[6].

V pilotnem projektu smo želeli oceniti prožnost s pomočjo primerjave porabe pilotne skupine z uporabo kontrolne skupine. Primarna prednost te metode je neposredna primerjava med podatki ene in druge skupine ob istem času in istih pogojih, kar zmanjša možnosti napak zaradi zunanjih vplivov kot je vreme, prazniki in drugo. Pri tem naletimo na dva izziva. Prvi je povezan z uvedbo uredbe GDPR. Primerjava s kontrolno skupino je tudi po uvedbi uredbe še vedno mogoča. Ne glede na uredbo lahko povprečno porabo kontrolne skupine ocenimo kot razliko med celotno porabo na transformatorskih postajah in porabo pilotne skupine, povprečno na merilna mesta, ki niso vključena v pilotno skupino. Pri tem sicer izgubimo nekaj podrobnosti o lastnostih kontrolne skupine.

Drugi izziv je, da je kljub previdni izbiri kontrolne skupine in njenega povprečja le ta še vedno dokaj različna od porabe kontrolne skupine. Neposredna primerjava po dnevih dogodka se ni zdela dovolj prepričljiva, zato smo se odločili, da si pomagamo s primerjavo razlik med pilotno in kontrolno skupino prek celega nabora kritično koničnih dogodkov in običajnih dni med dogodki.

Pri analizi posameznih dogodkov smo opazili, da obstaja razlika med porabo pilotne skupine in kontrolne skupine. Prav tako smo opazili, da se razlike med porabo skupin zmanjšajo med samimi dogodki. Zato smo za spremljanje teh razlik predlagali mero razlike, ki smo jo določili kot razliko povprečne porabe pilotne skupine med časom trajanja dogodka (P) in povprečjem porabe kontrolne skupine v istem obdobju (C) napram povprečni porabi kontrolne skupine. S to mero smo želeli zajeti spremembo, ki jo vnese uporabnik oziroma merilno mesto, ko se le ta priključi pilotni skupini. Mera bi nam omogočala prilagajanje velikosti pilotne skupine in oceno celotne prožnosti populacije uporabnikov glede na to, koliko jih je v pilotni skupini. Mera razlike (m_r) je podana z naslednjo enačbo:

$$m_r = 100 * \frac{P - C}{C}$$

Predstavljeno mero lahko izračunamo tako na kritično koničnih dogodkih kot na običajnih dnevih. Pri tem je potrebno določiti interval in čas za določanje mere v običajnih dneh. Začetni predlog izbire je čas konice običajnega dne in interval ene ure, kot najpogostejše dolžine kritično koničnega ukrepa. Dobljene rezultate razdelimo v dve množici, ena vsebuje dogodke in druga običajne dni. Razlika srednjih vrednosti obeh množic (E) nam služi kot mera prožnosti določena čez celotno obdobje. Da lažje preračunamo prožnost na različne velikosti pilotnih skupin in njihovo porabo smo razliko med srednjima vrednostnima določili na meri v procentih, glej enačbo spodaj. Dejansko prožnost (p) pilotne skupine oziroma uporabnika potem določimo kot odstotek p_p od porabe pilotne skupine oziroma srednje vrednosti porabe pilotne skupine.

$$p_p = \frac{E_p - E_c}{E_c}$$

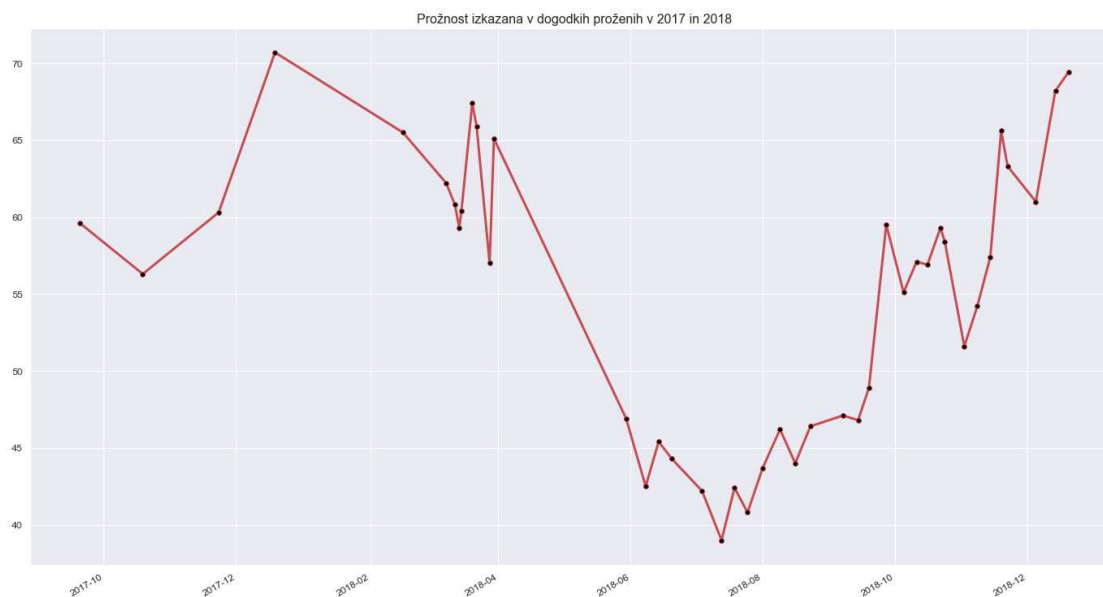
V spodnji tabeli 1 so zbrane bistvene značilnosti metrik dogodkov enournih dogodkov. Pokrivanje konice 1 urnih dogodkov je bilo 54,32%. Vrednost se zdi primerna, saj je ukrep 1 ure velikokrat majhen napram širini konice. Čeprav se pri dvournih dogodkih povprečno pokrivanje dvigne na 58%, so velikokrat širine konic daljše. V sklopu 42 KKT dogodkov je konica v povprečju trajala 111 minut, pri čemer je širina najkrajše konice 45 minut, najdaljše pa 225 minut. Širina konice tako predstavlja dodaten izziv pri uravnavanju porabe energije.

Ujetje konice presega 78%. Zdi se, da bi lahko bili rezultati glede na dolžino ukrepa 1 ure boljši. Pri tem je potrebno izpostaviti, da so bile zaradi različnih vzrokov nekatere ocene pripravljene ročno, brez uporabe metod strojnega učenja. Pozornost vzbudi tudi vrsta napačnih izbir časa proženja dogodka v novembru 2018. Razlog za slabe napovedi lahko sledi iz spremembe dolžine konice in njenega podaljšanja. Ko so konice tako široke, je običajno trenutna točnost napovedi prešibka, tako da se zgodi, da napoved konice pade iz predvidenega intervala ukrepa.

Tabela 1: Bistvene značilnosti metrik enournih dogodkov [6].

Metrika	Povprečna vrednost	Enota
Pokrivanje konice	54,32	Odstotek [%]
Ujetje konice	78,57	Odstotek [%]
Prožnost	55,10	Watt [W]
Prožnost	6,85	Odstotek [%]

Povprečna ocenjena prožnost je v celotnem obdobju 55,10 W na pilotnega uporabnika v času izvajanja ukrepa. Na sliki 7 lahko vidimo, da po definiciji prožnosti le ta sledi velikosti povprečne porabe v dogodkih: večja je v zimskem obdobju in manjša preko poletja. Izraženo v odstotkih, povprečna prožnost glede na celotno porabo je 6,85% porabe/na pilotnega uporabnika.



Slika 6: Ocenjena povprečna prožnost uporabnika skozi pilotno obdobje [6].

5 REZULTATI ANKETNIH VPRAŠALNIKOV

Projekt je omogočal testiranje dinamičnega tarifiranja na aktivnem pametnem omrežju s pravimi končnimi odjemalci. Nov način obračunavanja s ustrežno tehnično podporo je bil v pilotu testiran na podlagi odziva končnih odjemalcev na predviden dogodek kritične konice. Dejanski odziv je bil ustrezno izmerjen glede na objektivne meritve kumulativne porabe električne energije za časa dogodka. Zadovoljstvo uporabnika s predlagano shemo kritičnih dogodkov in tehnično podporo pametnega kompleta in mobilne aplikacije pa smo lahko preverili s spletnim vprašalnikom[6].

Vprašalnik je bil izdan sodelujočim v pilotu v treh valovih. Prvi val je bil poslan uporabnikom septembra 2017, kjer je bil glavni namen ugotoviti kakšna je populacija uporabnikov, njihove navade glede porabe električne energije, in njihovi interesi glede nove storitve ter motivacija za vključitev v projekt.

Drugi val smo opravili marca 2018 za zaključek projekta Flex4Grid v okviru Evropske komisije. To je bil razširjen vprašalnik, s katerim smo merili zadovoljstvo uporabnikov glede dogodkov, prilagajanja njihove porabe, zadovoljstvo s tehnično podporo (pametni komplet in mobilna aplikacija), in uporabnikov odnos ter sposobnost prilagoditve porabe električne energije.

Zadnji val vprašalnikov smo poslali januarja 2019. Vprašalnik je vseboval podobna vprašanja kot vprašalnik iz drugega sklopa, katerim smo dodali še sklop vprašanj glede interesa uporabe alternativnih virov energije in električnih avtomobilov.

Vsi vprašalniki so bili dostopni na preko spletnega vmesnika vsem sodelujočim v pilotu, torej 781 uporabnikom. Povabilo za izpolnitev vprašalnika je bilo poslano preko elektronske pošte. Stopnja odzivnosti za posamezni val je predstavljena v tabeli 2.

Tabela 2: Stopnja odziva na spletni vprašalnik med sodelujočimi v pilotu [6].

Val	Odposlano	Izpolnjeno	Stopnja odziva	Enota
Pred-pilotom (september 2017)	781	262	33	Odstotek [%]
Med-pilotom (marec 2018)	781	190	24	Odstotek [%]
Po-pilotu (februar 2019)	781	137	17	Odstotek [%]

Največji odziv je bil v prvem valu, medtem ko sta je v naslednjih dveh valovih odziv manjši za približno 10%.

Pri vseh treh vprašalnik smo dobili isti reprezentativni profil anketirancev, in sicer zaposleni moški, starosti 35-65 let, ki živi v hiši še z 1-3 osebami, vendar brez otrok pod 18 let. Poleg socialno-demografskega profila, smo pri vseh treh anketah naredili še profil uporabe najpogostejših električnih aparatov v gospodinjstvu. Profili oziroma frekvence uporabe so si zelo podobni, saj pri vseh treh vprašalnikih večina dnevno uporablja hladilnih in zamrzovalnik, kot tudi električni štedilnik. Večkrat na teden si v uporabi pralni, pomivalni, in sušilni stroji. Dobra tretjina vprašanih uporabi pečico in likalnik vsaj enkrat na teden.

Prav tako smo primerjali preference za izključitev in zamik porabe v vseh treh krogih. Preference so bile zelo podobne preko vseh treh anket, predvsem za izključitev. Pri zadnjih dveh anketah pa smo dobili iste najvišje tri izbire za izključitev. Povzetek je narejen v tabeli 3.

Tabela 3: Prve tri preference uporabnikov za izključitev oziroma zamik uporabe [6].

Anketa pred pilotom		Anketa med pilotom		Anketa po pilotu	
Izključitev	Zamik	Izključitev	Zamik	Izključitev	Zamik
Bojler	Bojler	Pralni stroj	Pralni stroj	Bojler	Pralni stroj
Pralni stroj	Štedilnik	Pečica	Pomivalni stroj	Pralni stroj	Pomivalni stroj
Pomivalni stroj	Zamrzovalnik	Bojler	Pečica	Likalnik	Pečica

Pri vseh treh anketah sta bila med glavnimi motivacijami za prilagajanje porabe varčevanje z denarjem in okoljevarstvo. Pri zadnjih dveh pa je večina anketirancev izbrala tudi zanimanje za uporabo električnih naprav.

Pri anketi med in po pilotu smo lahko dobili tudi informacijo o percepciji uporabnika glede lastne porabe. Pri anketi med pilotom je bil večji delež tistih uporabnikov, ki niso zaznali spremembo porabe med kritičnim dogodkom, medtem ko je pri anketi po pilotu bil večji delež takšnih, ki so zaznali pomanjšanje porabe. V obeh primerih je približno polovica uporabnikov, ki je zaznala spremembo lastne porabe, porabo povečala pred in po dogodku.

Pri obeh zadnjih anketah sta bila preferenčni medij za obveščanje o dogodkih in spremljanje porabe elektronska pošta in mobilna aplikacija. Velika večina anketirancev obeh vprašalnikov bi priključila pametni komplet na vsaj eno napravo, predvsem gospodinjske aparate. Prav tako bi jim ustrezal 30 do 60 minutni avtomatiziran zamik vklopa izbranih aparatov.

Dodatno nas je zanimalo zadovoljstvo uporabnikov glede celotnega pilota in dogodkov. Ocene, ki smo jih zbrali z posameznimi Likertovimi elementi (trditvami) smo zbrali skupaj in jih preslikali na 10-stopenjsko lestvico, kjer ocena manj kot 5 pomeni nezadovoljstvo, ocena manj kot 7 zadovoljstvo, manj kot 9 veliko zadovoljstvo

oziroma zelo zadovoljen, drugače pa odlično. Ocene za vsesplošno zadovoljstvo (OS) in zadovoljstvo z dogodki in povezanimi obvestili (N) izražajo veliko zadovoljstvo v obeh krogih, in sicer med anketo OS: 7.60 in N: 8.95, pri anketi po pilotu pa sta oceni OS: 7.56 in N: 8.00.

6 ZAKLJUČEK

Prilagajanje odjema električne energije s strani odjemalcev pomeni, da odjemalci svoj odjem prilagajajo za potrebe različnim deležnikom na trgu z električno energijo. V pilotnem projektu Flex4Grid, ki je bil izveden na distribucijskem omrežju Elektra Celje, smo nedvomno dokazali, da so gospodinjiski odjemalci pripravljeni sodelovati pri tovrstnih projektih in zmanjšati porabo električne energije na zahtevo operaterja distribucijskega omrežja. Rezultati kažejo, da je v povprečju uporabnik zmanjšal svojo konično obremenitev za 6,85% celotne porabe oziroma za 55,10 W v 42 KKT dogodkih, kar je skupno 50 ur. Rezultat ni zanemarljiv, vendar menimo, da bi odziv bil še boljši, če bi bile finančne spodbude večje.

Tekom projekta smo tudi prišli do spoznanja da, odjemalci potrebujejo več informacij o lastni porabi električne energije, saj bodo edino na tak način sposobni oceniti rezerve v lastnem gospodinjstvu in prilagoditi način življenja novim razmeram na trgu. V pilotu se je tudi potrdilo, da na porabo električne energije oz. na pripravljenost odjemalcev na prilagoditev porabe le-te, močno vplivajo zunanji dejavniki kot je zunanja temperatura, osvetljenost in nenazadnje letni časi. To dejstvo bo v prihodnosti potrebno upoštevati in tarifni model temu ustrezno prilagoditi.

Ker pa so podatki o porabi električne energije osebni podatki, bo potrebno varovanju podatkov, pridobljenih in uporabljenih v tovrstnih projektih, posvetiti še posebno pozornost. Zavedanje med odjemalci o tej temi se iz leta v leto povečuje in izvajalci testiranj bodo morali še posebno paziti, da bodo uporabljali najsodobnejše načine za varovanje posameznikove zasebnosti saj je zaupanje uporabnikov pri pilotnih testiranjih ključnega pomena.

REFERENCE

- [1] https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_act_part1_v9.pdf.
- [2] <https://www.agen-rs.si/documents/10926/0/Zimski-sve%C5%BEenj-zakonodajnih-ukrepov-EU-s-podro%C4%8Dja-elektri%C4%8Dne-energije/42b4db39-3d31-498a-8d6d-50dc8b33c254>.
- [3] Teknologian tutkimuskeskus VTT, SAE Automation, s.r.o., Smart Com d.o.o., Institut "Jožef Stefan", Fraunhofer Institute for applied Information, Stadtwerke Bonn Energie und Wasser GmbH, Elektro Celje d.d., Bocholter Energie und Wasserversorgung GmbH Proposal, Horizon 2020, H2020-LCE-2014-3, LCE-07-2014, SEP-210150353, Flex4Grid.
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/General_Data_Protection_Regulation
- [5] GABRIJELČIČ D.: D2.1 Initial Security and Privacy Module. Flex4Grid tehnično poročilo. November 2015.
- [6] GABRIJELČIČ D., STEPANČIČ Ž., KOS A., KOŽELJ K., BOBEK D.: Končno poročilo projekta Kritične Konične Tarife, april 2019.
- [7] SRIVASTAVA A.K., PANDEY A.S., SINGH D.: Short-Term Load Forecasting Methods: A Review. International Conference on Emerging Trends in Electrical, Electronics and Sustainable Energy Systems. 2016.
- [8] BUNNOON K., CHALERMYANONT K., LIMSAKUL C.: A Computing Model of Artificial Intelligent Approaches to Mid-term Load Forecasting: a state-of-the-art survey for the researcher. International Journal of Engineering and Technology. 2 (1): 94—100, 2010.
- [9] Zbornik 5. strateška konferenca elektrodistribucije, 3. april 2019.