

Platforma za napredno obdelavo merilnih podatkov za elektroenergetsko domeno

Andrej Bregar, Janez Mule, Franc Klauzner

Informatika, Informacijske storitve in inženiring, d.o.o., Maribor, Slovenija
andrej.bregar@informatika.si, janez.mule@informatika.si, franc.klauzner@informatika.si

V prispevku predstavimo napredno platformo za obdelavo merilnih podatkov (POMP), ki smo jo razvili za potrebe elektrodistribucijskih družb, katerim služi kot centralizirana baza za shranjevanje, validacijo in nadomeščanje 15-minutnih časovno odvisnih podatkov o števnih meritvah. Opišemo večnivojsko arhitekturo platforme, ki temelji na sodobnih tehnologijah, kot so sporočilni sistem Apache Kafka, podatkovna baza TimescaleDB, mikrostoritveni vmesnik SmenDataBox ter storitveno vodilo Jurana. Platforma POMP združuje pet merilnih centrov in integrira več informacijskih sistemov, med katerimi izpostavimo rešitev Moj elektro, Centralni elektroenergetski portal Slovenije (CEEPS) in sistem eIS, ki so rezultat lastnega razvoja, pomenijo enotno vstopno točko za različne deležnike na elektroenergetskem trgu ter zagotavljajo mehanizme za poslovanje B2B in B2C. V članku podrobneje opišemo implementirane mehanizme za pridobivanje, prenos, validacijo in nadomeščanje merilnih podatkov. Umestimo jih v zakonodajni okvir in opredelimo pravila fleksibilnega obračuna omrežnine in električne energije, ki temeljijo na konceptih tarifnih blokov ter dogovorjene in presežne moči. Izpostavimo tudi ključne performančne podatke ter funkcionalne in nefunkcionalne značilnosti platforme POMP, ki potrjujejo, da je le-ta visoko zmogljiva, skalabilna in robustna.

Ključne besede:

merilni podatki

velepodatki

obračun omrežnine

tarifni blok

dogovorjena in presežna moč

Apache Kafka

TimeScaleDB

sistemske integracije

1 Uvod

Elektroenergetski sistem je izredno kompleksen. Kot pomemben del kritične infrastrukture države zajema veliko množico IT in OT integriranih naprav. Na teh napravah zbiramo podatke, ki so ključni za delovanje sistema, oskrbovanje odjemalcev z električno energijo in koordinacijo med deležniki na poslovnem, uporabniškem ter regulatornem nivoju. Zlasti so bistveni merilni podatki, ki pomenijo osnovo za obračun omrežnine in električne energije ter predstavljajo temeljne velepodatke sistema. Učinkovito zbiranje, shranjevanje in obdelovanje teh podatkov je velik tehnološki izziv. Še posebej se nivo zahtevnosti in kompleksnosti povečuje z uvedbo novih obračunskih pravil, ki vpeljujejo koncepte fleksibilnosti, tarifnih blokov, obračuna na osnovi 15-minutnih intervalnih vrednosti ter validacije in nadomeščanja nepopolnih podatkov. V podjetju Informatika smo zato vzpostavili napredno platformo za obdelavo merilnih podatkov (POMP), ki predstavlja centralizirano bazo za shranjevanje, validacijo in nadomeščanje časovno odvisnih (15-minutnih) podatkov. Do podatkov tako ni potrebno dostopati prek petih ločenih merilnih centrov distributerjev električne energije, temveč se iz teh centrov periodično potisnejo na osrednjo lokacijo. To omogoča naprednejšo podatkovno analitiko, boljše integracije in uvedbo novih poslovnih modelov, zlasti pa učinkovito prenovo obračunskega sistema, ki temelji na prehodu na nov tarifni sistem.

V nadaljevanju prispevka predstavimo platformo POMP. Opišemo njeno arhitekturo, uporabljene tehnologije, integracije z zunanjimi sistemi in tehnološke izzive, s katerimi smo se soočali. Platformo umestimo v zakonodajni okvir, ki določa pravila obračuna električne energije in omrežnine na osnovi 15-minutnih merilnih podatkov ter vpeljuje koncepte prožnosti elektroenergetskega trga. Dotaknemo se zelo pomembne problematike pridobivanja, pretoka, izmenjave, validacije in nadomeščanja merilnih podatkov, kar je ključno za delovanje sistema. V prispevku želimo izpostaviti kompleksnost platforme, njeno pomembnost za delovanje in tehnološki napredek slovenskega energetskega sistema ter nivo tehnološke zrelosti, ki ga je bilo potrebno doseči. Gre namreč za kompleksen sistem, ki povezuje množico podsistemov, aplikativnih sklopov in deležnikov na trgu. Platforma obdeluje veliko količino podatkov in na dnevnem nivoju izmenjuje okoli dva milijona sporočil (v okviru teh sporočil se prenaša dnevno preko 300 milijonov meritev iz različnih registrov na števcih), zaradi česar skušamo nakazati, da lahko predstavlja uspešen referenčni primer in dobro prakso, kako se na področju informacijskih tehnologij lotiti razvoja sodobnih skalabilnih in visoko zmogljivih rešitev za kompleksne poslovne domene in nacionalno pomembne sisteme kritične infrastrukture.

2 Zakonodajni okvir in uporabniške zahteve

Dne 25. 11. 2022 je Agencija za energijo sprejela Akt o metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektro operaterje [1]. Skladno s tem aktom bo stopil v veljavo nov tarifni sistem za obračunavanje omrežnine. Cilj novega tarifnega sistema je spodbuditi uporabnike, da s prilagajanjem odjema prispevajo k optimizaciji distribucijskega in tudi širše elektroenergetskega sistema. To lahko dosežemo z razbremenitvijo omrežja v času, ko je to najbolj obremenjeno z vidika porabe električne energije in moči.

Glavne značilnosti novega tarifnega sistema so:

- obračun, ki temelji na 15-minutnih meritvah,
- uvedba dveh sezon, višje med novembrom in februarjem ter nižje med marcem in oktobrom,
- uvedba pet časovnih blokov,
- razločevanje med dogovorjeno in presežno obračunsko močjo.

Spremembe, ki jih prinaša novi sistem, se nanašajo na vse uporabnike, tako na gospodinjstva kot na poslovne odjemalce, in bodo stopile v veljavo z dnem 1. 3. 2024.

Obračun omrežnine bo tudi v prihodnje temeljil na ločevanju glede na moč in energijo. Tarifne postavke omrežnine za obračunsko moč in energijo se bodo razlikovale glede na posamezen časovni blok. Ko bo omrežje najbolj obremenjeno, bodo najvišje, ko bo najmanj obremenjeno, pa najnižje. Porazdelitev časovnih blokov po sezonah, obdobjih in urah povzema slika 1 [1].

OBDOBJE		Časovni blok b:					
		1	2	3	4	5	
SEZONA	VIŠJA	delovni dan	7.00 do 14.00 16.00 do 20.00	6.00 do 7.00 14.00 do 16.00 20.00 do 22.00	0.00 do 6.00 22.00 do 24.00		
		dela prost dan		7.00 do 14.00 16.00 do 20.00	6.00 do 7.00 14.00 do 16.00 20.00 do 22.00	0.00 do 6.00 22.00 do 24.00	
	NIŽJA	delovni dan		7.00 do 14.00 16.00 do 20.00	6.00 do 7.00 14.00 do 16.00 20.00 do 22.00	0.00 do 6.00 22.00 do 24.00	
		dela prost dan			7.00 do 14.00 16.00 do 20.00	6.00 do 7.00 14.00 do 16.00 20.00 do 22.00	0.00 do 6.00 22.00 do 24.00
		Ure dneva					

Slika 1: Časovna porazdelitev časovnih blokov po sezonah, obdobjih in urah.

Višja sezona bo trajala od novembra do februarja, nižja pa od marca do oktobra. Časovnih blokov bo pet, v posameznem dnevu pa lahko nastopijo trije različni časovni bloki. Najdražji bo časovni blok 1, ta se pojavi le v višji sezoni, najcenejša bo uporaba omrežja v časovnem bloku 5, ki nastopi le v nižji sezoni.

Cena omrežnine bo v večji meri odvisna od moči. V primerjavi z dosedanjo delitvijo stroškov omrežja gre torej za večjo stroškovno obremenitev tarifnih postavk za moč v primerjavi s tarifno postavko za energijo.

Nov tarifni sistem prinaša še dve novosti, dogovorjeno in presežno moč.

2.1 Dogovorjena moč

Dogovorjena moč pomeni vnaprej določeno obračunsko moč uporabnika sistema. Izhajala bo iz preteklih navad odjema električne energije in bo določena individualno za posamezno merilno mesto, vendar le tam, kjer so omogočene 15-minutne meritve. Za merilna mesta brez 15-minutnih meritev obračunsko moč predstavlja odstotek glede na priključno moč, ki je določen v Aktu [1].

Dogovorjeno obračunsko moč uporabnika sistema bo določil elektrooperater za posamezni časovni blok za prihodnje koledarsko leto in z njo seznanil uporabnika sistema z računom za omrežnino. Odjemalec bo lahko to vnaprej določeno dogovorjeno obračunsko moč spremenil glede na svojo pričakovano porabo. Če bo presodil, da lahko spremeni ali razporedi svojo porabo in uporablja omrežje v času manjše obremenitve omrežja, ko so tarifne postavke omrežnine nižje, bo neposredno vplival na svoje stroške omrežnine in si znižal mesečni račun za omrežnino. Sprememba dogovorjene moči je smiselna, če pretekli podatki, na podlagi katerih je bila izračunana dogovorjena moč, ne odražajo režima odjema v prihodnosti.

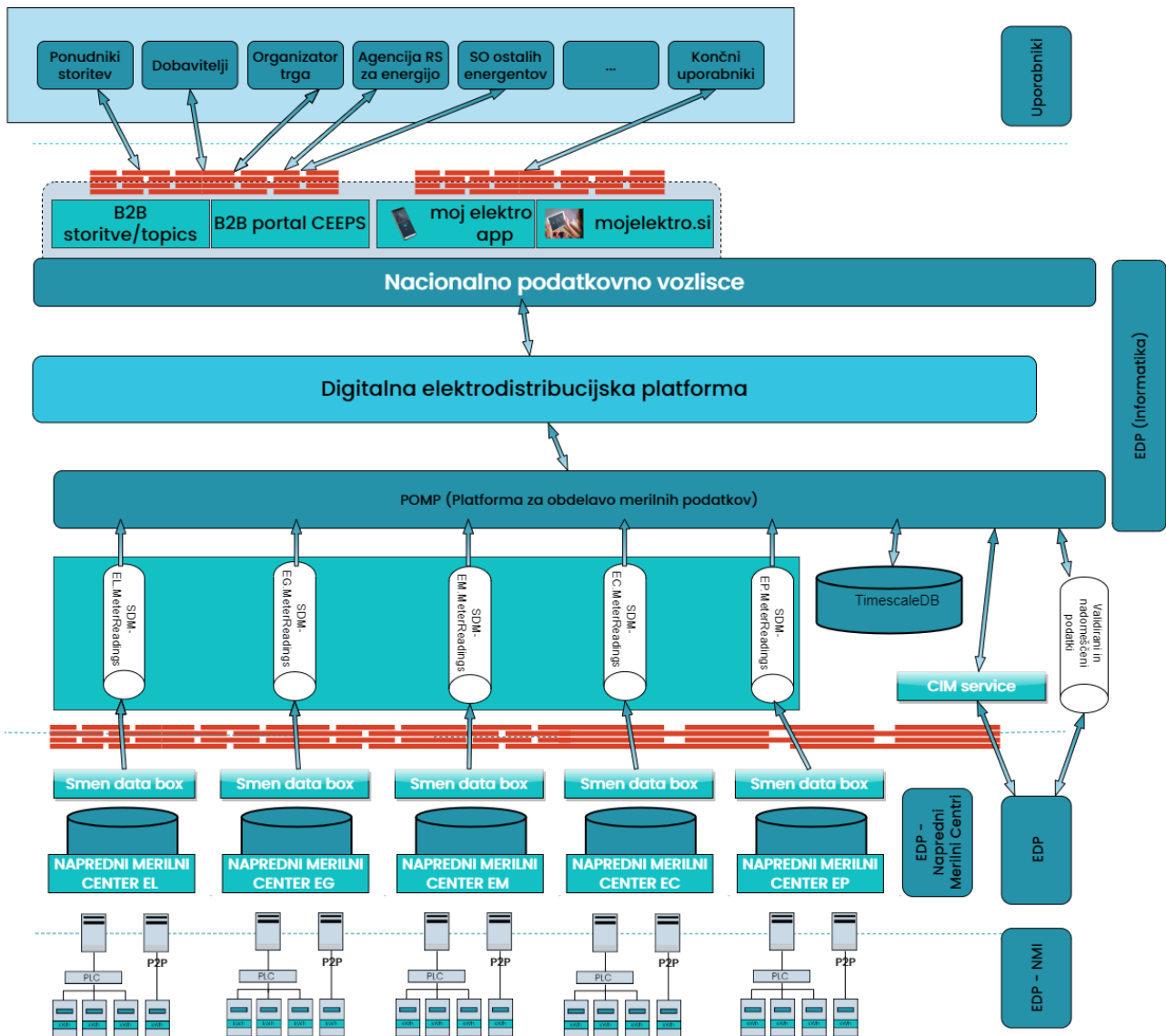
2.2 Presežna moč

Če dosežena moč (to je izmerjena moč odjema nad dogovorjeno obračunsko močjo) uporabnika sistema v posameznem časovnem bloku znotraj obračunskega meseca preseže dogovorjeno obračunsko moč, se uporabniku sistema za vsako 15-minutno prekoračitev obračuna omrežnina za presežno moč.

Zaradi obveznosti, ki jih nalagajo te zakonodajne zahteve, smo na Informatiki, d.o.o. sredi obsežnega projekta prenove obračunskega sistema. Ta projekt zajema številne pomembne vidike, med katerimi je ena izmed ključnih komponent platforma za obdelavo merilnih podatkov (POMP). Prav validirani 15-minutni podatki predstavljajo temelj novega obračunskega sistema.

3 Arhitektura platforme POMP

Več nivojsko arhitekturo platforme POMP prikazuje slika 2. Na najnižjem nivoju so merilni centri elektrodistribucijskih družb (Elektro Celje, Elektro Ljubljana, Elektro Maribor, Elektro Gorenjska in Elektro Primorska), ki pridobivajo merilne podatke iz merilnih naprav odjemalcev prek programabilnih logičnih kontrolnikov (PLC – Programmable Logic Controller) ali s protokoli P2P (Peer-to-Peer). Merilni podatki se nato po mehanizmu potiskanja »push« v rezinah prenesejo v centralno podatkovno bazo PostgreSQL TimescaleDB [2], ki je vzpostavljena na infrastrukturi Informatike.



Slika 2: Arhitektura platforme POMP.

3.1 Podatkovna baza TimescaleDB

TimescaleDB je odprtokodna podatkovna baza, ki je zasnovana posebej za učinkovito shranjevanje, upravljanje in analizo časovnih vrst podatkov, kakršni so tudi merilni podatki. Temelji na odprtokodni podatkovni bazi PostgreSQL, vendar dodaja razširjene funkcionalnosti za delo s časovnimi vrstami. Ena od ključnih prednosti TimescaleDB je možnost skaliranja in upravljanja z velikimi količinami podatkov. S kombinacijo PostgreSQL-ove zanesljivosti in razširjenih funkcionalnosti za delo s časovnimi vrstami TimescaleDB omogoča učinkovito shranjevanje in hitro izvajanje kompleksnih poizvedb nad časovnimi podatki. TimescaleDB uporablja particioniranje podatkov, kar omogoča deljenje podatkov v logične enote glede na določen časovni interval. To omogoča optimizacijo poizvedb in hitreše iskanje podatkov glede na časovni indeks. Prav tako podpira stiskanje podatkov, kar zmanjšuje porabo prostora na disku. Poleg tega TimescaleDB ohranja skladnost s standardnim SQL-om, kar olajšuje prehod in uporabo. Integracija s široko paleto orodij in knjižnic, ki so na voljo za PostgreSQL, omogoča fleksibilnost in razširljivost pri razvoju aplikacij. Zaradi vseh naštetih prednosti smo se odločili, da bomo TimescaleDB uporabljali za centralno shranjevanje vseh merilnih podatkov na platformi POMP – gre za okoli 3 milijarde zapisov na mesec. Časovne tabele imajo dvodimenzionalno (»flat«) strukturo in vključujejo stolpce za stanja vseh merilnih registrov.

3.2 Pretočna platforma Apache Kafka

Prenos merilnih podatkov iz merilnih centrov v centralno bazo POMP se izvaja po »push« sistemu, in sicer na dnevnem nivoju. Za vsako merilno mesto se prenašajo časovno odvisni 15-minutni podatki o merjeni moči za štiri kvadrante, ki pokrivajo prejeto, oddano, delovno in jalovo energijo ter vse tarifne skupine. Posamezna časovna značka določa konec 15-minutnega intervala in odraža količino prejete ali oddane energije v tem intervalu.

Podatkovne strukture za prenos sporočil so standardizirane po modelu CIM (Common Information Model) oziroma IEC (International Electrotechnical Commission) 61968 [3] in IEC 61970 [4, 5], ki je temeljni referenčni model za področje energetike. Sporočila o meritvah so ovita s CIM ovojnico in jih potiskamo prek odprtokodne porazdeljene pretočne platforme Apache Kafka [6], ki smo jo izbrali iz naslednjih razlogov:

1. **Visoka zmogljivost in skalabilnost:** Kafka je zasnovana za obvladovanje velikega obsega podatkov in visoke stopnje pretoka. Omogoča hitro in učinkovito obdelavo podatkov ter je enostavno razširljiva in prilagodljiva platforma.
2. **Vzdržljivost in odpornost na napake:** Podatki se shranjujejo v shrambo (na disk), kar preprečuje izgubo podatkov v primeru napak ali izpadov sistema. Kafka omogoča tudi replikacijo sporočil med vozlišči, kar povečuje odpornost sistema na napake.
3. **Realnočasna obdelava podatkov:** Kafka je idealna platforma za obdelavo in posredovanje podatkov v realnem času. Omogoča hitro prenašanje podatkov med aplikacijami in sistemskimi komponentami skoraj brez zamika, kar je ključno za scenarije, ki zahtevajo takojšnjo odzivnost.
4. **Večopravnost:** Kafka omogoča enostavno integracijo in povezovanje z drugimi orodji in platformami, kar bomo v prihodnosti izkoriščali tudi na drugih projektih. Kafka ima široko podporo in razvejano skupnost, kar pomeni, da obstaja veliko orodij, knjižnic in integracij, ki jih je možno uporabiti pri nadaljnjem razvoju in upravljanju sistema.
5. **Struktura sporočil:** Kafka je zasnovana na principu objavljaj-naročaj (publish-subscribe), kar omogoča enostavno upravljanje in usmerjanje sporočil med večimi odjemalci. To je še posebej koristno v našem okolju, kjer zahtevamo distribuirano obdelavo in pripravo podatkov ter različne tokove sporočil, ki se hranijo v ločenih temah (»topics«) za posamezne merilne centre.

V okviru projekta smo se odločili za uporabo platforme Confluent [7]. To je komercialna različica platforme Apache Kafka, ki nam je olajšala upravljanje, nadzor in integracije.

3.3 Vmesnik SmenDataBox

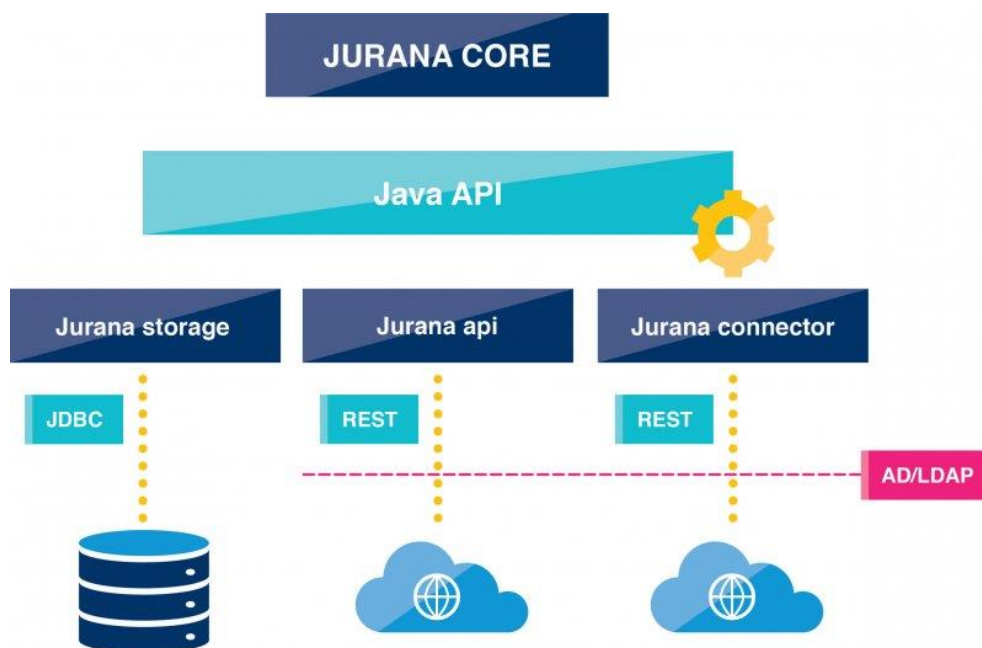
Vmesnik med merilnimi centri elektrodistribucijskih podjetij in Kafka je sistem SmenDataBox, ki temelji na mikrostoritveni arhitekturi ter tehnologijah .NET Core [8] in Vue.js [9]. SmenDataBox ovije podatke, ki pridejo v merilne centre, v CIM sporočila in jih odloži na platformo Kafka. Sporočilni tokovi se z namenom doseganja neodvisnosti prenašajo in hranijo v petih ločenih temah, tako da vsaka tema pripada merilnemu centru posamezne elektrodistribucijske družbe. Dodatne podrobnosti o sistemu SmenDataBox so predstavljene v četrtem poglavju prispevka.

3.4 Storitveno vodilo Jurana

Platforma podpira in implementira tudi integracije z več zunanjimi in zalednimi sistemi in aplikacijami. Namen teh integracij je omogočiti poslovanje in izmenjavo podatkov na nivojih B2B in B2C ter zagotoviti enotno vstopno točko in funkcionalnosti za različne deležnike na elektroenergetskem trgu. Ti deležniki so dobavitelji, ponudniki storitev, Agencija za energijo, organizator trga, uporabniki (referenti) v elektrodistribucijskih družbah, končni uporabniki (odjemalci in proizvajalci elektrike) in drugi. Posežejo lahko po različnih mehanizmih za izmenjavo energetskih podatkov ter sistemih in aplikacijah za dostop in obdelavo teh podatkov, ki jih podrobneje opisujemo v šestem poglavju prispevka.

Za integracije z zunanjimi sistemi smo na Informatiki razvili lastno napredno in zmogljivo storitveno vodilo Jurana. Le-to je zasnovano tako, da pospeši razvoj in nadgradnjo integracij ter jih naredi bolj fleksibilne. Gre za enotno ogrodje za podporo izvajanju integracijskih postopkov, ki omogoča dober pregled nad dogajanjem v procesih izvajanja integracijskih scenarijev. V ta namen smo razvili ločen sistem za spremljanje in ponovno proženje teh scenarijev – t.i. upravitelja integracij. V primeru izjem ali napak na ponornih sistemih lahko integracijske scenarije na zelo enostaven način tudi ponovimo. Vpeljava novih rešitev in povezovanje teh rešitev na obstoječe sisteme sta tako precej preprosta, predvsem pa je znatno olajšano vzdrževanje in sprotno odpravljanje napak v postopkih v produkcijskem okolju. Platforma je implementirana v programskem jeziku Java.

S platformo Jurana je integriranih že več kot 30 različnih informacijskih sistemov. Implementiranih je okoli 500 integracijskih scenarijev, na mesečnem nivoju pa se na B2B in B2C kanalih proži več kot 250.000 integracijskih postopkov.



Slika 3: Večnivojska arhitektura storitvenega vodila Jurana.

Večnivojska platformo Jurana sestoji iz več šibko sklopljenih modulov, ki jih prikazuje slika 3. Jurana Core je programska knjižnica, ki implementira algoritme za integracijo sistemov, upravljanje integracij in upravljanje z integracijskimi podatki, ki zajemajo tako integracijske podatkovne strukture kakor tudi metapodatke o stanju izvedbe integracij. Do jedra dostopamo z javanskim aplikacijskim programskim vmesnikom, ki omogoča široko uporabnost in neodvisnost od izvajalne/strojne platforme. Na ta vmesnik se povezujejo štirje moduli:

- Jurana Storage (modul za shranjevanje podatkov), ki z uporabo vmesnika JDBC (Java DataBase Connectivity) persistira in upravlja integracijske podatke v relacijski podatkovni bazi;
- Jurana API (aplikacijski programski vmesnik), ki ga različni integrirani informacijski sistemi, ki se izvajajo v oblaku ali v internih poslovnih okoljih, uporabijo, da lahko po standardu REST API (REpresentational State Transfer) izmenjujejo podatke in sinhronizirajo procesne storitve v sklopu integracijskih scenarijev;
- Jurana Connector (povezovalni modul), ki ga različni integrirani informacijski sistemi, ki se izvajajo v oblaku ali v internih poslovnih okoljih, uporabijo, da lahko po standardu REST API vzpostavijo in upravljajo medsebojne povezave;
- modul za upravljanje identitet, pooblastil in dostopov (AD – Active Directory, LDAP – Lightweight Directory Access Protocol), ki zagotavlja ključne varnostne mehanizme, t.j. celovitost, razpoložljivost in zaupnost podatkov.

4 Pridobivanje in prenos podatkov v platformo POMP

Prenos podatkov iz sistemov HES (Head End System) elektrodistribucijskih podjetij v platformo POMP poteka na dva načina:

- s sprotnim polnjenjem podatkov (push mehanizem) in
- s pridobivanjem zgodovinskih podatkov.

Sprotno polnjenje podatkov preko push mehanizma iz merilnih centrov deluje v novi različici sistema SmenDataBox preko platforme Kafka, kamor se sporočila vpisujejo v CIM strukturi. Push mehanizem deluje na način, da se podatek takoj, ko se vpiše v merilni center, posreduje tudi v Kafko. V platformi POMP imamo 2 aplikacijska strežnika Open Liberty povezana v grozd (cluster), na vsakem od njih pa obdeluje sporočila 20 delavcev. Povprečna obdelava sporočila traja 20 ms. Na dnevnem nivoju to pomeni cca. 2.000.000 sporočil za približno milijon merilnih mest, saj se prenašajo 15-minutni podatki in dnevna stanja v ločenih sporočilih.

Za pridobivanje zgodovinskih podatkov se je uporabila obstoječa funkcionalnost sistema SmenDataBox, ki omogoča asinhrono oddajo poizvedb za merilne podatke. Zahteve se vračajo preko protokola AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) v MQ (Messaging Queue), od koder jih sistem POMP prevzema in obdeluje. V prvi fazi se je prenos merilnih podatkov vršil za obdobje celega leta 2022 in nato še za prvo polovico leta 2023. Velik izziv je bilo ustrezno načrtovanje obsega povpraševanj, saj obstoječi sistem deluje po principu FIFO (First In, First Out), uporablja pa se tudi za druge deležnike na trgu električne energije, ki morajo do določene ure prejeti sveže 15-minutne podatke. Načrtovanje se je zato izvajalo za vsak dan posebej, saj se je zaradi vseh aktivnosti v merilnih centrih morala količina prilagajati.

V tabeli 1 so prikazani podatki, ki se prenašajo v platformo POMP.

Tabela 1: Podatki, ki se prenašajo v platformo POMP.

Naziv	Oznaka	Tip, smer	Perioda	Opis
Prejeta 15-minutna delovna energija	A+	delovna prejem	15 min	15 minutna energija, A+, kWh
Oddana 15-minutna delovna energija	A-	delovna oddaja	15 min	15 minutna energija, A-, kWh
Prejeta 15-minutna jalova energija	R+	jalova prejem	15 min	15 minutna energija, R+, kVArh
Oddana 15-minutna jalova energija	R-	jalova oddaja	15 min	15 minutna energija, R-, kVArh
Prejeta delovna energija ET	A+_T0	delovna prejem ET	24 h	24 urno stanje, A+, kWh, T0
Prejeta delovna energija VT	A+_T1	delovna prejem VT	24 h	24 urno stanje, A+, kWh, T1
Prejeta delovna energija MT	A+_T2	delovna prejem MT	24 h	24 urno stanje, A+, kWh, T2
Oddana delovna energija ET	A-_T0	delovna oddaja ET	24 h	24 urno stanje, A-, kWh, T0
Oddana delovna energija VT	A-_T1	delovna oddaja VT	24 h	24 urno stanje, A-, kWh, T1
Oddana delovna energija MT	A-_T2	delovna oddaja MT	24 h	24 urno stanje, A-, kWh, T2
Prejeta jalova energija ET	R+_T0	jalova prejem ET	24 h	24 urno stanje, R+, kVArh, T0
Prejeta jalova energija VT	R+_T1	jalova prejem VT	24 h	24 urno stanje, R+, kVArh, T1
Prejeta jalova energija MT	R+_T2	jalova prejem MT	24 h	24 urno stanje, R+, kVArh, T2
Oddana jalova energija ET	R-_T0	jalova oddaja ET	24 h	24 urno stanje, R-, kVArh, T0
Oddana jalova energija VT	R-_T1	jalova oddaja VT	24 h	24 urno stanje, R-, kVArh, T1
Oddana jalova energija MT	R-_T2	jalova oddaja MT	24 h	24 urno stanje, R-, kVArh, T2

Vrednosti se vodijo posebej za 15-minutno periodo, za katero se shranjujejo količine energije, in posebej za dnevno periodo, kjer se shranjujejo številna stanja. Za vsak odčitek se shranjuje tudi kvaliteta podatkov. V tabeli 2 so prikazani vsi možni statusi kvalitete podatkov. Določene statuse pridobimo že iz merilnih centrov, določene pa izvede mehanizem validacije in nadomeščanja v platformi POMP.

Tabela 2: Statusi kvalitete podatkov.

Koda statusa odčitka	Opis statusa odčitka
	OK
1.4.0	Obračunski reset
1.4.9	Premik / sprememba časa
1.4.1	Preliv
1.1.7	Usodna napaka
1.5.257	Napačen podatek
1.5.259	Neprebran podatek
1.2.32	Izpad napetosti
1.2.32	Povrnitev napetosti
3.10.1	Sprememba vrednosti
1.4.8	Izbris pomnilnika
1.4.6	Sprememba parametrov v števcu
1.8.0	Uvoženi podatki
1.4.131	Podatki iz ročnih terminalov
3.0.0	Merjena vrednost
3.8.1	Končno ocenjena vrednost
3.8.0	Ocenjena vrednost
3.5.259	Manjkajoča vrednost
3.7.3	Zavrnjena vrednost
3.10.0	Začasna vrednost

Trenutno statistiko podatkov v bazi sistema POMP povzema tabela 3. Podatki so za obdobje od 1. 1. 2022 do 1. 6. 2023. Potrebno je izpostaviti, da se po vklopljeni kompresiji poraba prostora zmanjša za več kot 90 %.

Tabela 3: Statistika podatkov v bazi sistema POMP.

Vrsta odčitkov	Št. zapisov	Velikost podatkov [GB]
Stanja	422.633.562	323
15 minutne meritve	41.000.000.000	9.676

5 Validacija in nadomeščanje podatkov

Ključna funkcionalnost platforme POMP je, da poleg prenosa podatkov iz merilnih centrov na dnevnem nivoju omogoča tudi izvajanje validacije in nadomeščanja podatkov. Prav tako omogoča poizvedovanje po validiranih merilnih podatkih za potrebe interne analitike, izvoza, agregacij in drugih operacij. Dostop do validiranih in nadomeščenih podatkov je realiziran prek implementiranih vmesnikov. Na voljo je elektrodistribucijskim podjetjem, dobaviteljem za namen njihovega poslovanja in delovanja na elektroenergetskem trgu ter za potrebe pridobivanja podatkov iz sistema eIS in modula za obračun omrežnine. Metodologija validacije in nadomeščanja temelji na algoritmih, ki jih definirajo sistemska navodila, ter zajema postopke določitve upravičenosti nadomeščanja manjkajočih vrednosti, detekcije in čiščenja vrednosti izven območja značilk ter izračuna nadomestnih vrednosti.

Implementiran je tudi koncept dogovorjene moči, ki se za odjemalce s priključno močjo nad 43 kW za posamezni časovni blok določi na podlagi uporabnikovih doseženih 15-minutnih moči posameznega časovnega bloka v zadnjih 12 mesecih pred določitvijo dogovorjene obračunske moči. Za odjemalce s priključno močjo, enako ali manjšo od 43 kW, pa se dogovorjena obračunska moč določi za posamezen časovni blok od 1 do 4 kot povprečje treh konic posameznega časovnega bloka v obdobju zadnje višje sezone pred določitvijo dogovorjene obračunske moči.

Za izračun dogovorjenih moči se validacija in čiščenje podatkov izvajata po spodnjem algoritmu.

Algoritem 1: Validacija in čiščenje podatkov za izračun dogovorjenih moči.

V opazovanem obdobju, potrebnem za izračun dogovorjenih moči, se je izračunala delta dnevni stanj in seštevki 15-minutnih podatkov (energija A+).

V kolikor je bila razlika med delto stanj in seštevki energij v okvirju tolerančne meje 2 %, so se meritve vzele v obdelavo za nadaljnje validacije.

V kolikor je razlika presegala tolerančno mejo, se je izvedla kontrola razlike med delto stanj in seštevki energij na dnevnem nivoju. Meritve za vse dni, kjer je razlika presegala tolerančno mejo 2 %, so se označile s statusom 3.7.3 – Zavrjena vrednost.

Vsaka 1. meritev brez neustreznega statusa, ki je sledila zadnji meritvi s statusom 1.5.259, se je označila s statusom 3.7.3 – Zavrjena vrednost.

Vse meritve, ki so vsebovale status 1.4.0 – Obračunski reset ali 1.4.9 – Premik / sprememba časa so se dodatno označile s statusom 3.7.3 – Zavrjena vrednost.

Izločile so se naslednje meritve:

- Meritve, ki so vsebovale status 1.5.257 – Napačen podatek
- Meritve, ki so vsebovale status 1.5.259 – Nепrebran podatek
- Meritve, ki so vsebovale status 3.10.1 – Sprememba vrednosti
- Meritve, ki so vsebovale status 3.7.3 – Zavrjena vrednost
- Meritve, ki kjer je moč (P+ 15 min delovna moč, prejem iz omrežja) presegala 2-kratnik priključne moči

Izmed vseh ostalih meritev se je nato izračunal % kvalitete: št. ustreznih meritev / št. 15-minutnih intervalov opazovanega obdobja * 100.

Nato se je iz ustreznih meritev v vseh časovnih blokih poiskalo povprečje 3 konic (P+ 15 min delovna moč, prejem iz omrežja) (za MM s priključno močjo ≤ 43 kW) in najvišje konice posameznega časovnega bloka (za MM s priključno močjo > 43 kW), ki so bile nato osnova za izračun dogovorjene moči.

Dogovorjena moč se je nato izračunala po definiranih pravilih iz tabele 4.

Tabela 4: Pravila za izračun dogovorjene moči.

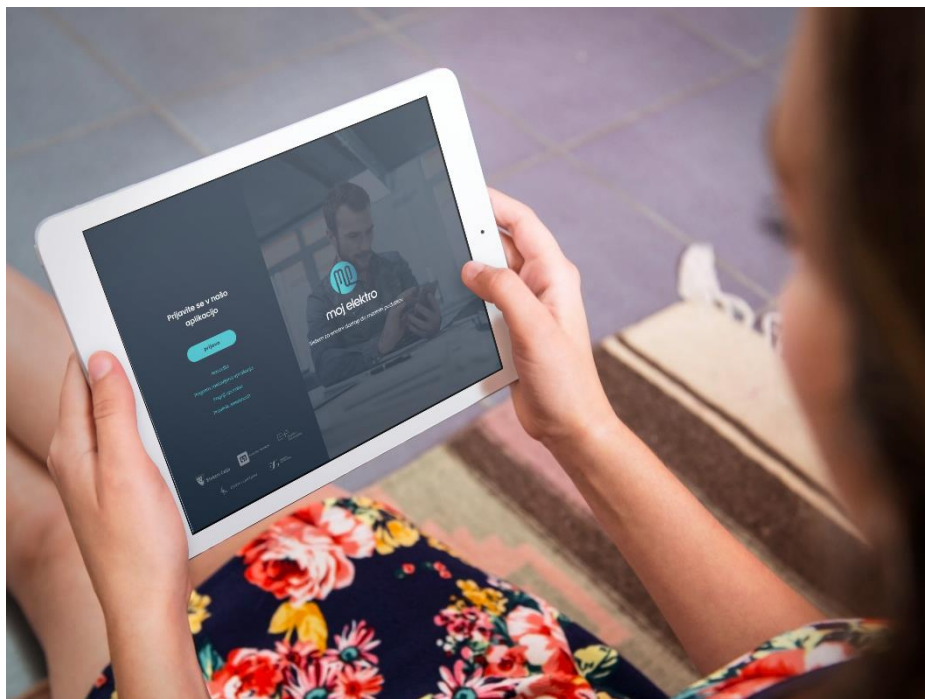
Število faz	Priključna moč	Uporabljeno obdobje meritev	Izračun za posamezen blok
1	$P \leq 43 \text{ kW}$	1. 11. preteklo leto do 28./29. 2. tekoče leto	<ul style="list-style-type: none"> – Povprečje treh konic posameznega bloka – Dogovorjena moč za časovni blok b+1 mora biti večja ali enaka dogovorjeni moči za časovni blok b, v kolikor je vrednost manjša, se vzame izračunana vrednost predhodnega bloka – Minimalno 31 % priključne moči – Ne manj kot 2 kW – Ne več kot priključna moč
3	$P \leq 17 \text{ kW}$	1. 11. preteklo leto do 28./29. 2. tekoče leto	<ul style="list-style-type: none"> – Povprečje treh konic posameznega bloka – Dogovorjena moč za časovni blok b+1 mora biti večja ali enaka dogovorjeni moči za časovni blok b, v kolikor je vrednost manjša, se vzame izračunana vrednost predhodnega bloka – Minimalno 27 % priključne moči – Ne manj kot 3,5 kW – Ne več kot priključna moč
3	$17 \text{ kW} < P \leq 43 \text{ kW}$	1. 11. preteklo leto do 28./29. 2. tekoče leto	<ul style="list-style-type: none"> – Povprečje treh konic posameznega bloka – Dogovorjena moč za časovni blok b+1 mora biti večja ali enaka dogovorjeni moči za časovni blok b, v kolikor je vrednost manjša, se vzame izračunana vrednost predhodnega bloka – Minimalno 34 % priključne moči – Ne več kot priključna moč
3	$P > 43 \text{ kW}$	1. 5. preteklo leto do 30. 4. tekoče leto	<ul style="list-style-type: none"> – Maksimalna konica posameznega bloka – Dogovorjena moč za časovni blok b+1 mora biti večja ali enaka dogovorjeni moči za časovni blok b, v kolikor je vrednost manjša, se vzame izračunana vrednost predhodnega bloka – Minimalno 25 % priključne moči – Ne več kot priključna moč

6 Distribucija podatkov in integracija platforme POMP

Platforma POMP je zasnovana tako, da omogoča integracijo z različnimi dodatnimi vmesniki, kar zagotavlja fleksibilnost in razširljivost sistema. Vključuje integracijo s tremi ključnimi sistemi: informacijskim sistemom eIS, portalom Moj elektro in portalom CEEPS (Centralni elektroenergetski portal Slovenije).

Informacijski sistem eIS je namenjen podpori obračuna električne energije in poslovnih procesov priključevanja odjemalcev v elektroenergetski domeni. S platformo POMP je povezan prek ustrezno razvitega vmesnika REST API (Representational State Transfer), ki omogoča komunikacijo med obema sistemoma. To vzpostavlja pretok podatkov in informacij med sistemoma POMP in eIS, kar zagotavlja nemoteno izvajanje obračunov in drugih poslovnih procesov.

Portal Moj elektro, ki je dostopen na naslovu <https://mojelektro.si> in je razviden s slike 4, ter portal CEEPS pa predstavljata enotno vstopno točko (EVT) za zunanje deležnike na elektroenergetskem trgu na nivoju uporabnikov in poslovnem nivoju. Portal Moj elektro omogoča B2C integracijo z odjemalci in proizvajalci električne energije, medtem ko je CEEPS namenjen B2B integraciji z regulatorji, agregatorji, dobavitelji in drugimi deležniki na trgu. Oba portala sta integrirana v platformo POMP prek ustrezno razvitih vmesnikov REST API, ki so ponazorjeni na sliki 5 in omogočajo dvosmerno komunikacijo med sistemoma. To je osnova za prenos podatkov, naročil in drugih informacij med sistemom POMP in portaloma Moj elektro ter CEEPS.



Slika 4: Portal Moj elektro¹.

Evidenca sprememb		^	
GET	/evidenca-sprememb/merilna-mesta/najdi	Storitev je namenjena spremanju vseh sprememb na merilnih mestih posameznega dobavitelja.	▼ 🔒
GET	/evidenca-sprememb/merilne-tocke/najdi	Storitev je namenjena spremanju vseh sprememb na merilnih točkah posameznega dobavitelja.	▼ 🔒
Evidenca zahtev		^	
POST	/evidenca-zahtev/merilna-mesta	Storitev je namenjena oddaji zahtev na merilnem mestu dobavitelja do distributerja.	▼ 🔒
GET	/evidenca-zahtev/merilna-mesta/najdi	Storitev je namenjena pridobivanju podatkov evidence zahtev, ki jih je dobavitelj oddal distributerju in se navezuje na merilno mesto.	▼ 🔒
POST	/evidenca-zahtev/merilne-tocke	Storitev je namenjena oddaji zahtev na merilni točki dobavitelja do distributerja.	▼ 🔒
GET	/evidenca-zahtev/merilne-tocke/najdi	Storitev je namenjena pridobivanju podatkov evidence zahtev, ki jih je dobavitelj oddal distributerju in se navezuje na merilno točko.	▼ 🔒
Kode napak		^	
GET	/kode-napak	Kode napak, ki se lahko pojavijo pri izmenjavi podatkov EVT	▼ 🔒
Menjava dobavitelja		^	
GET	/menjava-dobavitelja	Storitev vrne podrobnosti o posameznem postopku menjave, ki je še v teku.	▼ 🔒
POST	/menjava-dobavitelja	Storitev se kliče za potrebe oddaje vloge za menjavo dobavitelja odjema ali oddaje.	▼ 🔒
DELETE	/menjava-dobavitelja	Storitev omogoča dobavitelju, ki je oddal vlogo za menjavo dobavitelja odjema ali oddaje, da odstopi od menjave.	▼ 🔒
GET	/menjava-dobavitelja/najdi	Storitev je namenjena iskanju uspešno oddanih vlog za menjavo dobavitelja odjema ali oddaje, ki so še v teku.	▼ 🔒

Slika 5: REST storitve enotne vstopne točke.

¹ © Informatika d.o.o., slika izdelana in objavljena v skladu z licenco Envato Placit Pty Ltd

Uporabniki, tako poslovni sistemi kot tudi končni uporabniki, lahko dostopajo do vmesnikov preko ustrezno zagotovljene avtorizacije. Končni uporabniki pridobijo dostop do API-jev z žetonom, ki je vezan na enotno avtorizacijo v portalu Moj elektro, ki je realizirana prek sistemov SI-PASS [10] in Recono [11]. To zagotavlja varnost in nadzor dostopa do API-jev ter ohranja zasebnost in varnost uporabnikov.

Sistemi eIS, Moj elektro in CEEPS so razviti na platformi Java EE, kar omogoča uporabo širokega nabora programskih vmesnikov za aplikativne integracije. Poleg tega zagotavljajo tudi sodobne spletne uporabniške vmesnike za različne tipe končnih uporabnikov, vključno z zaposlenimi v elektrodistribucijskih družbah (informatijski sistem eIS), porabniki in proizvajalci električne energije (portal Moj elektro) ter poslovnimi subjekti (portal CEEPS). To omogoča enostavno uporabo in interakcijo s platformo ter ustvarja prijazno uporabniško izkušnjo za vse vključene strani.

Platforma POMP zagotavlja tudi vmesnike za dostop do podatkov za ostale zaledne sisteme elektrodistribucijskih podjetij. To pomeni, da so podatki, ki jih obdeluje (centralno validira in nadomešča) in zajema platforma POMP, preko vmesnikov na voljo drugim sistemom elektrodistribucijskih podjetij (npr. velepodatkovnim platformam), kjer se nadalje obdelujejo in uporabljajo za operativne in poslovne procese.

Povratna integracija podatkov tako omogoča celovit vpogled v stanje in dogajanje v elektrodistribucijskih podjetjih. Zaledni sistemi lahko spremljajo in analizirajo podatke, ki jih prejema iz platforme POMP, ter na njihovi podlagi izvajajo različne analize, poročila in ukrepe. S tem se omogoča boljše upravljanje, sprejemanje odločitev in izvajanje operativnih procesov v elektrodistribucijskih podjetjih.

Povratna integracija podatkov med platformo POMP in zalednimi sistemi elektrodistribucijskih podjetij je ključna za zagotavljanje celovitega in povezanega elektronskega ekosistema. S tem se dosežejo višja učinkovitost, zanesljivost in uspešnost pri upravljanju elektroenergetskega sistema ter izvajanju storitev za odjemalce in deležnike na elektroenergetskem trgu.

7 Zaključek

Vpeljani metodološki in tehnološki koncepti platforme POMP omogočajo, da lahko Informatika kot osrednji ponudnik IT storitev na energetske trgu izvaja vse potrebne izračune (ki so npr. vezani na inicialno dogovorjeno moč) in skrbi za celoten obračun. Prav tako zagotavljajo visoko stopnjo digitalizacije poslovnih procesov, napredne integracijske mehanizme in vpeljavo poslovnih modelov prožnosti. Predvsem pa omogoča platforma POMP z uvedbo naprednih podatkovnih in pretočnih rešitev skalabilno obdelavo in hranjenje velepodatkov, ki jih lahko na neposreden in koristen način uporabimo tudi v številnih scenarijih na osnovi napredne podatkovne analitike in strojnega učenja.

Literatura

- [1] Akt o metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje, Uradni list RS, št. 146/2022 z dne 25. 11. 2022, <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2022-01-3624/akt-o-metodologiji-za-obracunavanje-omreznine-za-elektrooperaterje>, obiskano 3. 7. 2023.
- [2] <https://www.timescale.com/>, Informacije o podatkovni bazi TimeScaleDB, obiskano 5. 7. 2023.
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61968, Informacije o zbirki standardov CIM IEC 61968, obiskano 5. 7. 2023.
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61970, Informacije o zbirki standardov CIM IEC 61970, obiskano 21. 7. 2023.
- [5] IEC 61970-301:2020+AMD1:2022 CSV Consolidated version, Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 301: Common information model (CIM) base, International Electrotechnical Commission, <https://webstore.iec.ch/publication/74467>, obiskano 21. 7. 2023.
- [6] <https://kafka.apache.org/>, Informacije o platformi Apache Kafka, obiskano 3. 7. 2023.
- [7] <https://www.confluent.io/>, Informacije o platformi Confluent, obiskano 3. 7. 2023.
- [8] <https://en.wikipedia.org/wiki/.NET>, Informacije o ogrodju .NET, obiskano 21. 7. 2023.
- [9] <https://en.wikipedia.org/wiki/Vue.js>, Informacije o ogrodju Vue.js, obiskano 21. 7. 2023.
- [10] <https://www.si-trust.gov.si/sl/si-pass/>, Spletna prijava in e-podpis SI-PASS, SI-TRUST, Državni center za storitve zaupanja, obiskano 22. 7. 2023.
- [11] <https://www.rekono.si/>, Spletna stran rešitev Rekono, obiskano 22. 7. 2023.