



OPTIMIZACIJA SOUPORABE ELEKTRIČNE ENERGIJE Z UPORABO 15-MIN ŠTEVČNIH PODATKOV

Mag. Andreja Ivartnik Kanduč



Dnevni red

1. Izhodišča (zakonodaja)
2. Cilji projekta
3. Predstavitev simulacijskih profilov
4. Predstavitev algoritma
5. Predstavitev UC z rezultati simulacij
6. Zaključek in predlogi za nadaljnje delo



Izhodišča projekta

Energetske skupnosti kot ključni akterji v energetskem prehodu

V Sloveniji trenutni pravni okvir dopušča dve osnovni obliki energetskih skupnosti:

- SOVE - Skupnost za obnovljive vire energije (po ZSROVE)
- DES - Državlјanska energetska skupnost (po ZOEE)

in

- souporaba po ZOEE-A



Souporaba električne energije po Zakonu o spremembah in dopolnitvah zakona o oskrbi z električno energijo (člen 23a)

- na podlagi pogodbe po pravilih obligacijskega prava ali z ustanovitvijo pravne osebe.
- Za gospodinjstva se člen 15., 16. člen, peti, sedmi in osmi odstavek 18. člena ter 25. člen ne uporabljajo pri gospodinjstvih z OVE do 30 kW in do 100 kW v večstanovanjskih stavbah.
- Energija se meri v 15- minutnem bilančnem obračunskem intervalu
- Dajatve in omrežnina se obračunavajo od količine električne energije, prevzete iz omrežja
- % v omrežje dovedene električne energije, ki se prenese na drugo obračunsko točko se spremeni s pogodbo in je enak za vse 15- minutne intervale



Souporaba električne energije po Zakonu o spremembah in dopolnitvah zakona o oskrbi z električno energijo *(člen 23a)*

- Distribucijski operater spremlja, zbira, potrjuje in poroča podatke o merjenju, povezane s souporabo električne energije končnim odjemalcem.
- Zagotavlja kontaktne točke za:
 - registracijo pogodb o souporabi energije;
 - nudenje praktičnih informacij za souporabo energije;
 - prejemanje informacij o ustreznih MT, spremembah lokacije in udeležbe
- Distribucijski operater pravila podrobneje določi v SONDSEE
- Moč teh naprav je največ 6 MW če je lastnik organizator ali 3. oseba



Dopolnitve SONDSEE - javna obravnava julij 2025

- Določa katere podatke mora organizator souporabe energije posredovati distributerjem
- Določa uporabo merilnih točk za storitve samooskrbe, dobave energije iz skupnosti, deljene dobave, souporabe energije in prožnosti
- Evidentiranje sprememb glede souporabe



Souporaba električne energije po Zakonu o spremembah in dopolnitvah zakona o oskrbi z električno energijo *(člen 23a)*

- Ranljivim odjemalcem in odjemalcem, ki živijo v energetske revščini, se dostop do souporabe energije zagotovi z ukrepi finančne podpore ali dodelitvijo določenega deleža proizvodnje.
- Če so investitorji izključno državni organi ali organi samoupravne lokalne skupnosti, se zagotovi, da je električna energija v souporabi dostopna državljanom v povprečju vsaj v višini 10 % energije pri teh projektih.

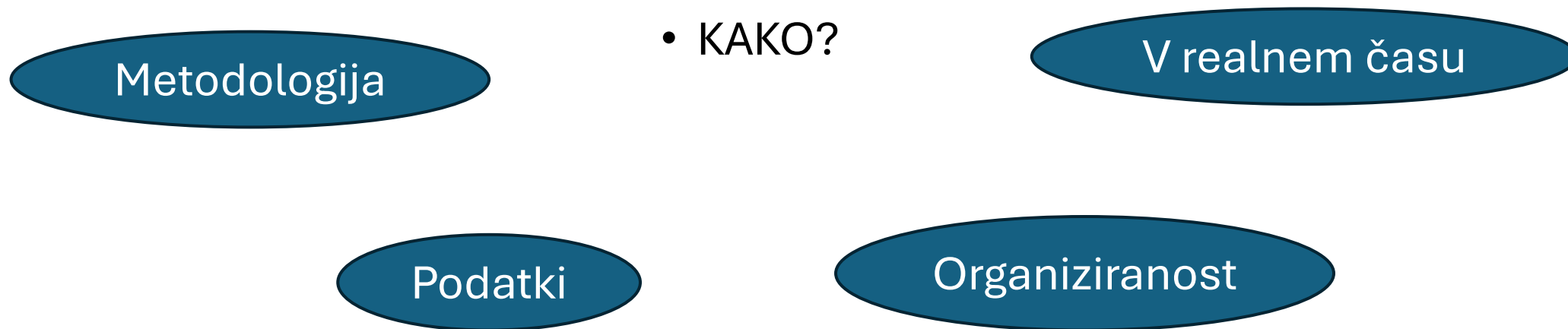
Souporaba električne energije po Zakonu o spremembah in dopolnitvah zakona o oskrbi z električno energijo (člen 23a)

- *POSEBNA POZORNOST AKTIVNIM ODJEMALCEM IZ LETNE NETMETERING SCHEME*
 - Viški energije se oddajo v souporabo (merijo na 15-minutnem nivoju)
 - Prosumerju se oddana energija v sklopu souporabe odšteva od oddane 15-minutne energije, preostanek oddane energije pa se upošteva pri izračunu letne vsote odjema in oddaje prosumerja, vključenega v sistem net-meteringa.
 - pravice do net-meteringa ohranjajo zgolj prosumer iz letne net-metering sheme
 - **omrežnina in druge dajatve ostalih odjemalcev pa se obračunajo z upoštevanjem celotne 15-minutne prevzete električne energije iz omrežje (brez upoštevanja souporabe)**



Cilji projekta

- Primarni cilj je, da se v souporabi porabi čim več proizvedene električne sončne energije v realnem času in se le minimalna količina proizvedene električne energije odda v omrežje.



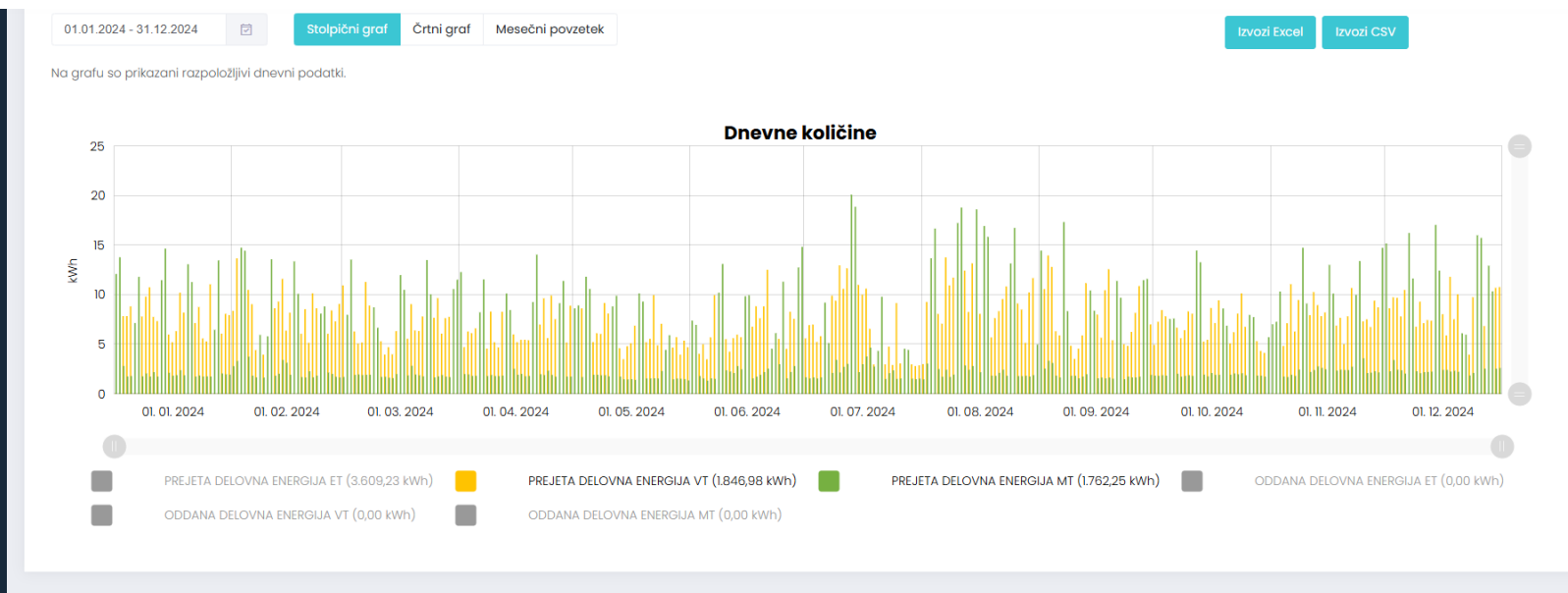
Validirani odjemni profili iz NN omrežja

Prijavite se v našo aplikacijo

Izberite ponudnika identitete:

prijava (Rekono)

prijava (SI-PASS)

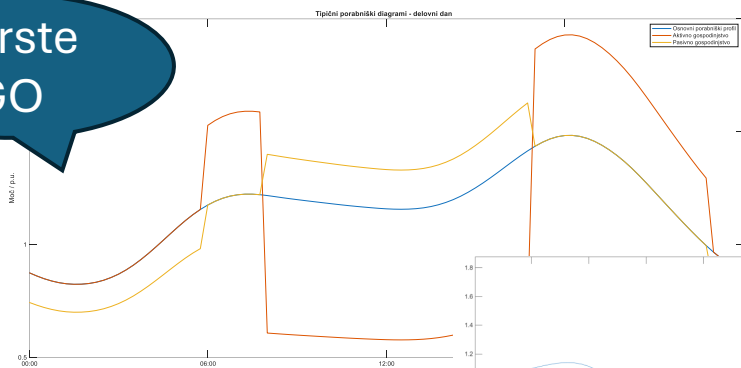




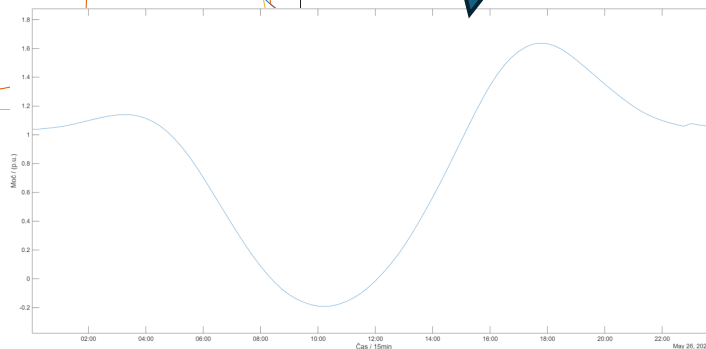
Modeliranje simulacijskih profilov odjemalcev

- Simulacijske profile porabe in proizvodnje OVE smo pripravili na podlagi tipičnih obremenitvenih krivulj električne porabe z upoštevanjem sezonskih in koledarskih pravil za klasifikacijo dni, ki so razdeljene v dnevne profile časovnimi intervali.

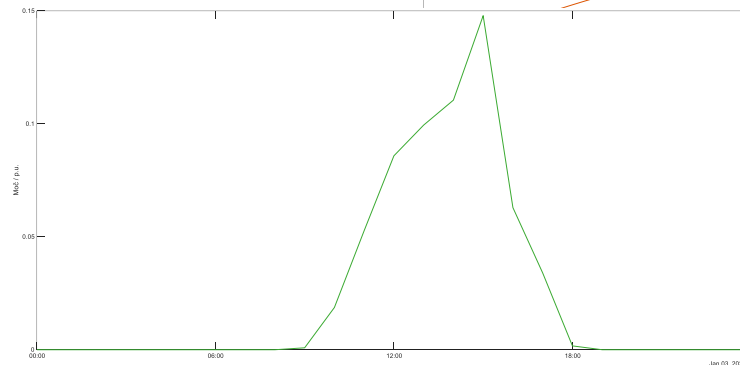
3 vrste
GO



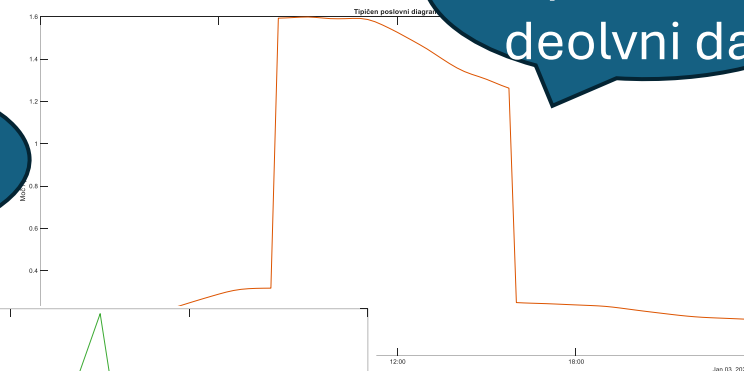
Profil
prosumerja



Dnevna SE
proizvodnja



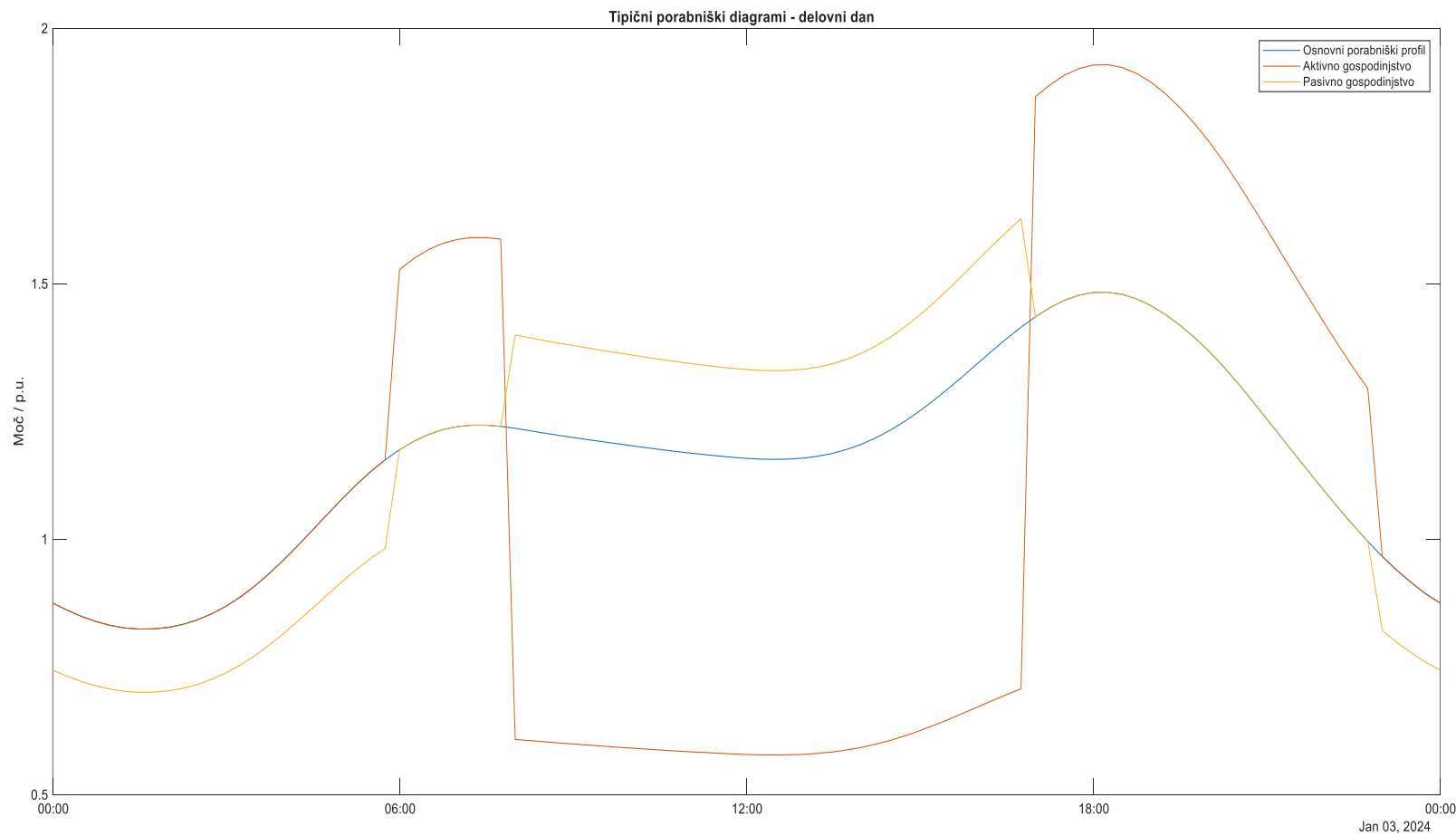
Poslovni
profil na
delovni dan





Modeliranje gospodinjskih odjemalcev

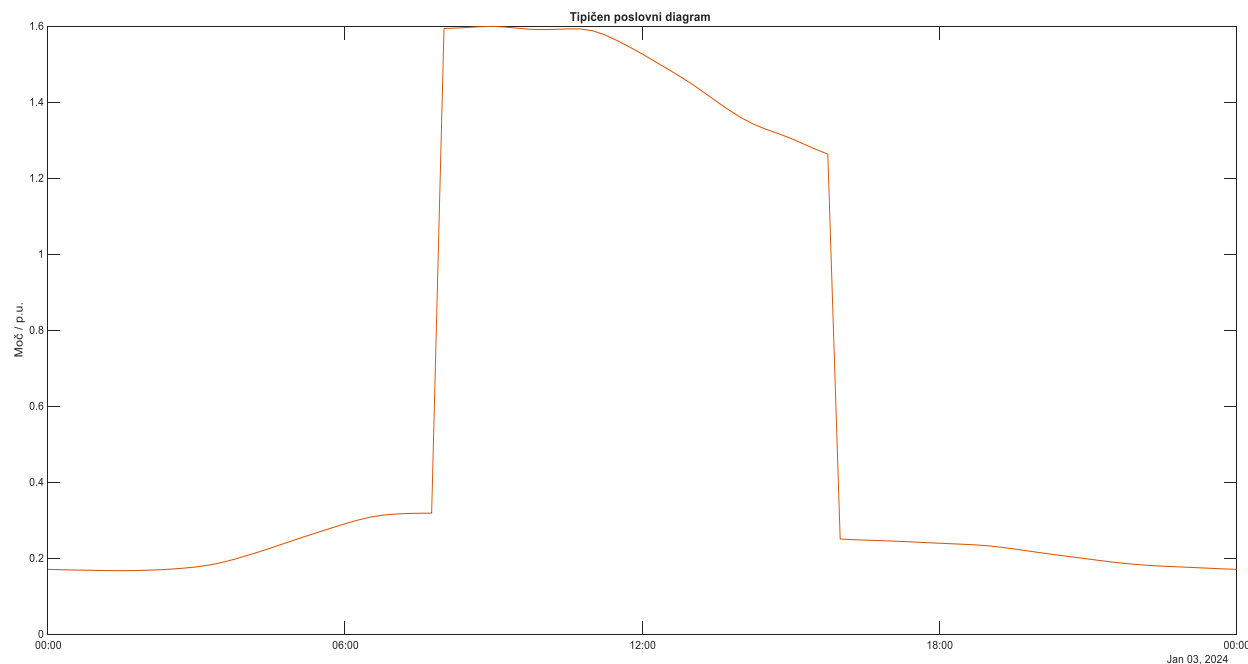
- Prikazane so tri različne krivulje:
- osnovni porabniški profil
- aktivno gospodinjstvo
- pasivno gospodinjstvo



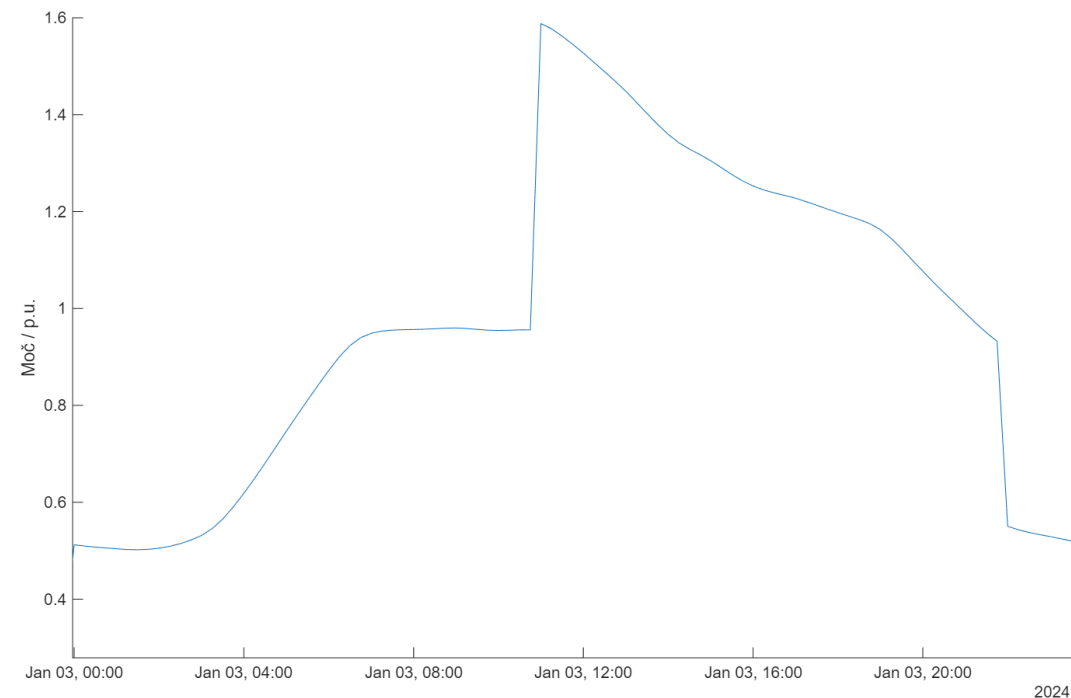


Modeliranje poslovnega odjemalca

- Diagram posl. odjemalca z delovnim časom 08-16h za delovni dan



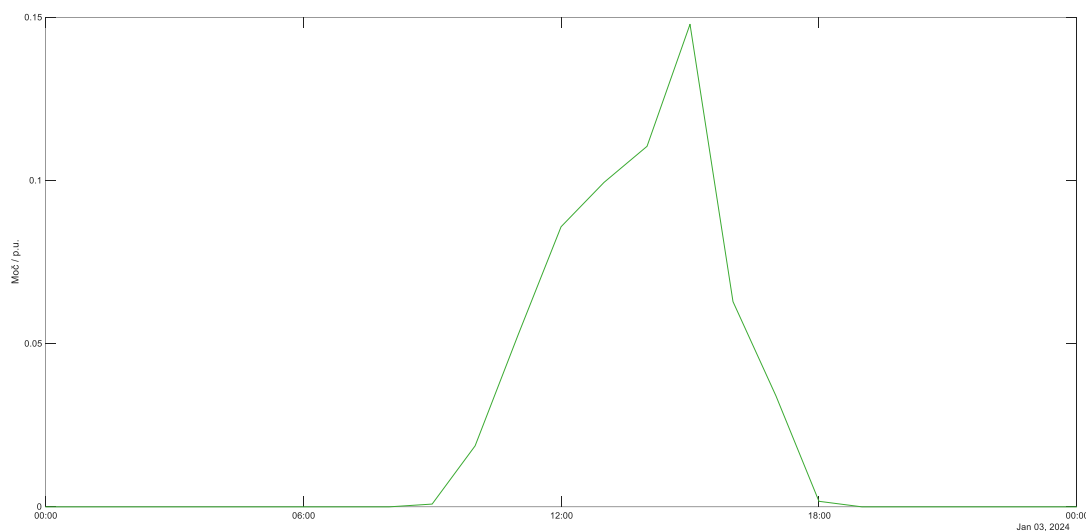
- Diagram posl. odjemalca z delovnim časom 11-22h za delovni dan



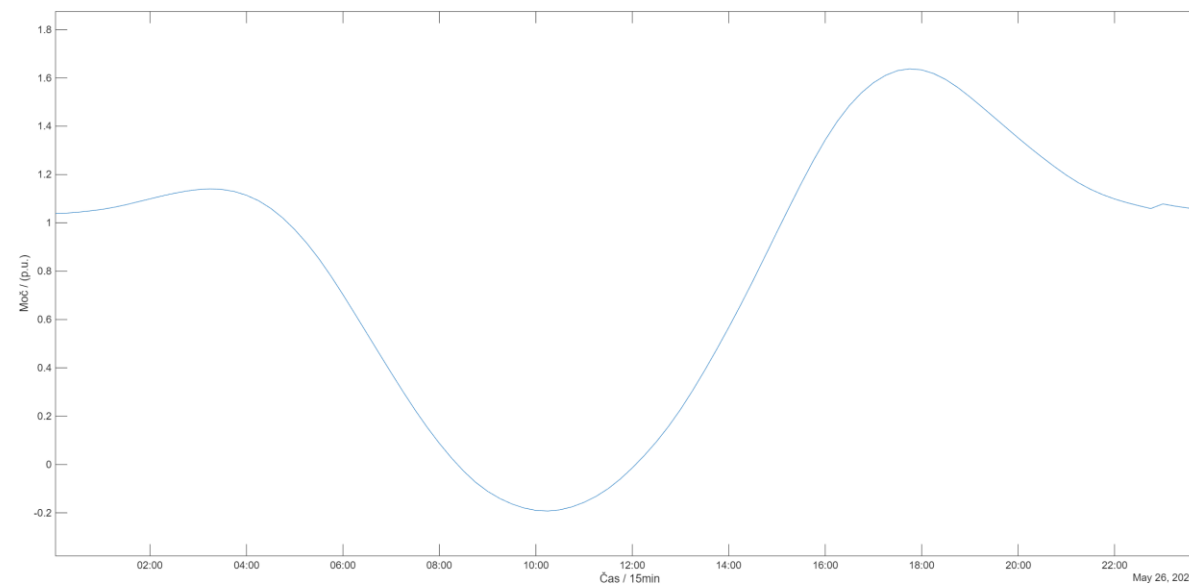


Proizvodni profil

- Proizvodnja SE (p.u.) 24 ur na sončen dan



Proizvodni (p.u.) neto profil
prosumerja skozi dan





Opis problema

- Ciljna funkcija:
- $$\min_s \sum_{t=1}^T (S_t - \sum_{i=1}^I \min(S_t \cdot s_i, U_{t,i}))$$
- S_t : proizvodnja energije iz SE v časovnem intervalu t [kW],
- $U_{t,i}$: poraba energije souporabnika i v časovnem intervalu t [kW],
- s_i : delež proizvodnje SE, dodeljen gospodinjstvu i (optimizacijska spremenljivka),
- T : število časovnih intervalov,
- I : število gospodinjstev.



Omejitve

celotna razpoložljiva energija SE razporejena med vse skupine
souporabnikov skupaj ne smejo prejeti več kot 100 % celotne
proizvodnje.

$$\sum_{i=1}^I s_i = 1$$

$$0 \leq s_i \leq 1 \quad \forall i$$



Optimizacijski model

Ciljna funkcija (minimiziramo izvoz):

$$\min_x \sum_{t=1}^T P_{export}(t)$$

Predpostavke modela:

- V vsakem časovnem intervalu t je znana proizvodnja S_t iz SE.
- Poraba $U_{t,i}$ za vsakega souporabnika i je znana.
- Skupna proizvodnja SE se porazdeli med souporabnike po deležih.
- Vsak sodelujoč souporabnik lahko prejme največ toliko moči, kolikor jo v posameznem intervalu potrebuje.
- Vsota deležev s_i znaša 1.



Poenostavljen primer

- $SE_{gen} = 10 \text{ kW}$
- $P_{MM,demand} = 4 \text{ kW}$
- $P_{H2,demand} = 4 \text{ kW}$ delež 50%
- $P_{H3,demand} = 3 \text{ kW}$ delež 50%

- Optimalna rešitev porazdeli 6 kW:
- $P_{H2,souporabe} = 6 \text{ kW} \times 0,5 = 3 \text{ kW}$
- $P_{H3,souporabe} = 6 \text{ kW} \times 0,5 = 3 \text{ kW}$

- P_{H2} dokupi 1 kW iz omrežja
- P_{H3} dokupi 0 kW iz omrežja



Poenostavljen primer – drugi deleži

$$SE_{\text{gen}} = 10 \text{ kW}$$

$$P_{\text{MM demand}} = 4 \text{ kW}$$

$$P_{\text{H2 demand}} = 4 \text{ kW} \text{ delež } 60\%$$

$$P_{\text{H3 demand}} = 3 \text{ kW} \text{ delež } 40\%$$

Optimalna rešitev porazdeli 6 kW:

$$P_{\text{H2 souporabe}} = 6 \text{ kW} \times 0,6 = 3,6 \text{ kW}$$

$$P_{\text{H3 souporabe}} = 6 \text{ kW} \times 0,4 = 2,4 \text{ kW}$$

$$P_{\text{H2 dokupi}} 0,4 \text{ kW iz omrežja}$$

$$P_{\text{H3 dokupi}} 0,6 \text{ kW iz omrežja}$$



Poenostavljen primer – drugi deleži

$$SE_{\text{gen}} = 10 \text{ kW}$$

$$P_{\text{MM demand}} = 4 \text{ kW}$$

$$P_{\text{H2 demand}} = 4 \text{ kW} \text{ delež } 40\%$$

$$P_{\text{H3 demand}} = 3 \text{ kW} \text{ delež } 60\%$$

Optimalna rešitev porazdeli 6 kW:

$$P_{\text{H2 souporabe}} = 6 \text{ kW} \times 0,6 = 2,4 \text{ kW}$$

$$P_{\text{H3 souporabe}} = 6 \text{ kW} \times 0,4 = 3,6 \text{ kW}$$

P_{H2} dokupi 1,6 kW iz omrežja

P_{H3} ne odvzame 0,6 kW v omrežje

SE odda 0,6 kW v omrežje



Poenostavljen primer – manjša prodaja (npr. letno netiranje)

Segen = 10 kW

PMMdemand = 4 kW

PMM oddaja = 1,2 kW delež 40% (zaloga iz netmeteringa)

PH2demand = 4 kW delež 30%

PH3demand = 3 kW delež 30%

Optimalna rešitev porazdeli 4 kW:

PH2souple = 6 kW $\times$ 0,3 = 1,8 kW

PH3souple = 6 kW $\times$ 0,3 = 1,8 kW

PH2 dokupi 2,2 kW iz omrežja

PH3 dokupi 1,2 kW iz omrežja



Poenostavljen primer – manjša proizvodnja

Segen = 8 kW

PMMdemand = 4 kW

PH2demand = 4 kW delež 50%

PH3demand = 3 kW delež 50%

Optimalna rešitev porazdeli 4 kW:

PH2souple = 4 kW $\times$ 0,5 = 2 kW

PH3souple = 4 kW $\times$ 0,5 = 2 kW

PH2 dokupi 2 kW iz omrežja

PH3 dokupi 1 kW iz omrežja



Poenostavljen primer –viški energije

Segen = 10 kW

$P_{MM} \text{demand} = 2 \text{ kW}$

$P_{H2} \text{demand} = 3 \text{ kW}$ delež 50%

$P_{H3} \text{demand} = 2 \text{ kW}$ delež 50%

Optimalna rešitev porazdeli 8 kW:

$P_{H2} \text{souporabe} = 8 \text{ kW} \times 0,5 = 4 \text{ kW}$

$P_{H3} \text{souporabe} = 8 \text{ kW} \times 0,5 = 4 \text{ kW}$

P_{H2} ne odvzame 1 kW iz omrežja

P_{H3} ne odvzame 2 kW v omrežje

SE odda 3 kW v omrežje



Poenostavljen primer – drugi deleži, viški energije

Segen = 10 kW

$P_{MM} \text{demand} = 2 \text{ kW}$

$P_{H2} \text{demand} = 3 \text{ kW}$ delež 60%

$P_{H3} \text{demand} = 2 \text{ kW}$ delež 40%

Optimalna rešitev porazdeli 8 kW:

$P_{H2} \text{souporabe} = 8 \text{ kW} \times 0,6 = 3,6 \text{ kW}$

$P_{H3} \text{souporabe} = 8 \text{ kW} \times 0,4 = 2,4 \text{ kW}$

P_{H2} ne odvzame 0,6 kW iz omrežja

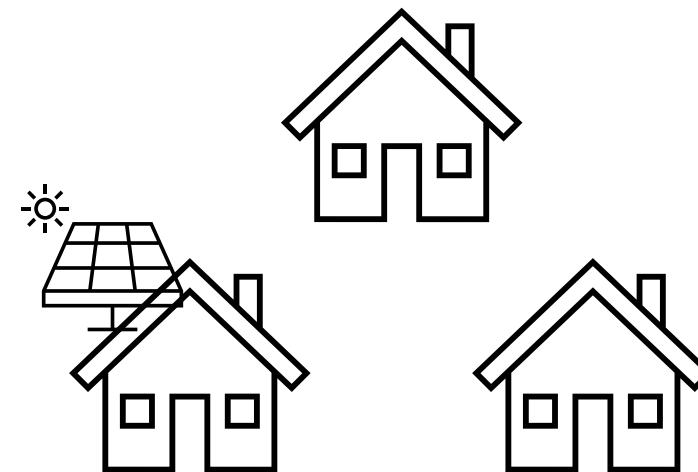
P_{H3} ne odvzame 0,4 kW v omrežje

SE odda 1kW v omrežje



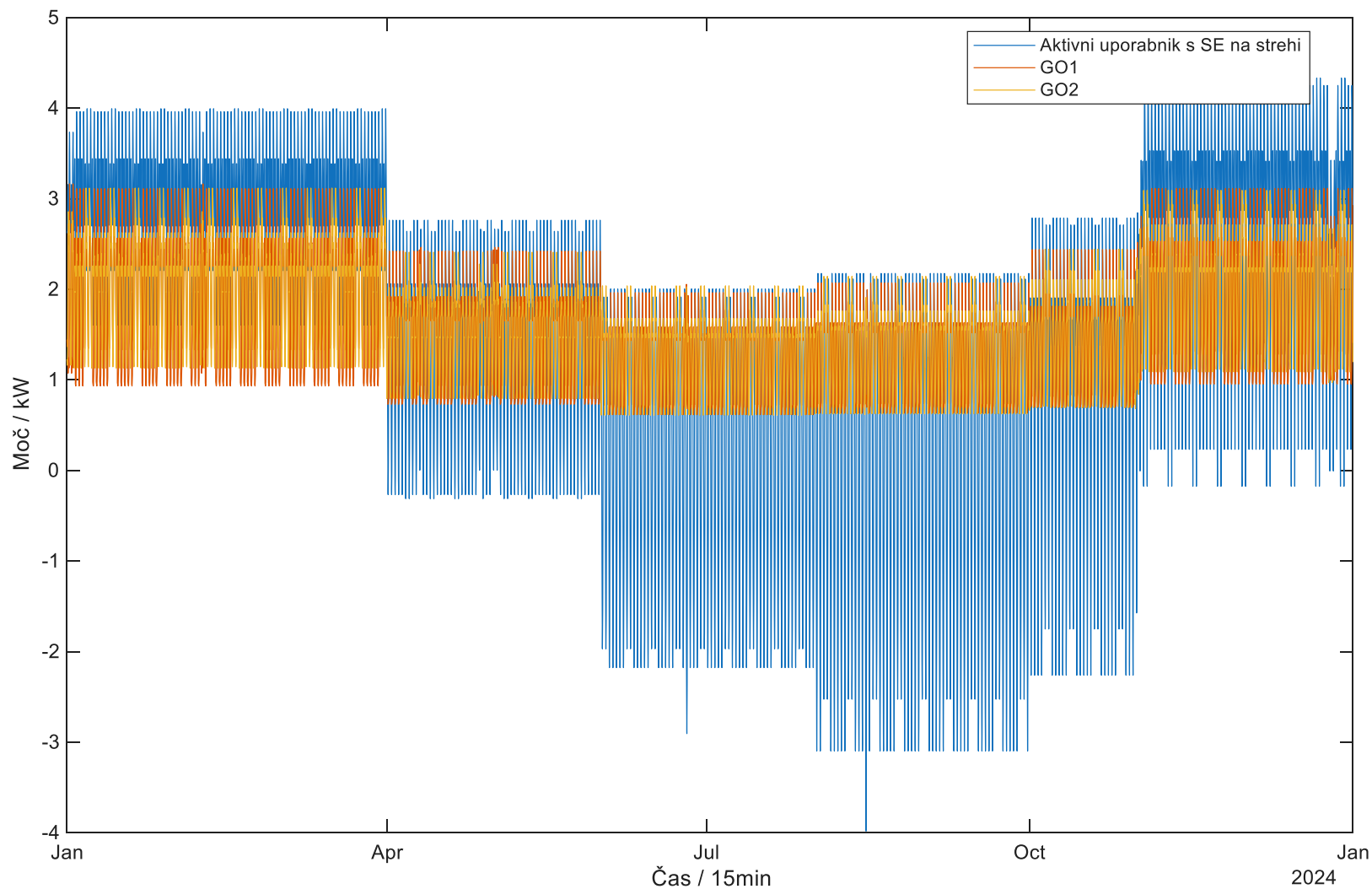
UC 1 – Souporaba električne energije gospodinjskega odjemalca s sončno elektrarno z gospodinjskimi odjemalci brez nje

- Tip uporabe: souporaba
- Opis: souporaba presežkov energije gospodinjskega odjemalca s sončno elektrarno z gospodinjskimi odjemalci brez nje
- Cilj: čim manjši presežki energije oddani v omrežje
- Predvideni izhodiščni ključ delitve oddane proizvedene energije v omrežje je po 1/2





Vhodni diagrami





Rezultati

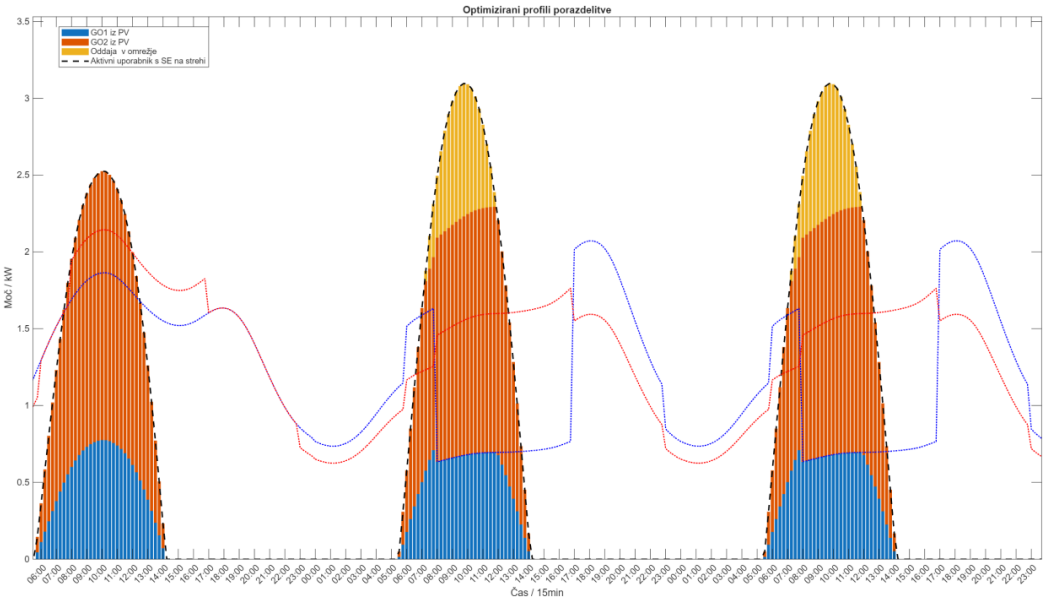
Razdelitev deležev SE

	GO1	GO2
Prvotna delitev	50 %	50 %
Končna delitev deležev po optimizaciji*	31 %	69 %

- GO1 poraba < GO2 poraba
- Prvotna delitev 50:50 - Letno pokritih 6,71 % potreb GO1 in GO2 iz souporabe
- Optimizirana: Letno pokritih 7,09 % potreb GO1 in GO2 iz souporabe

Razporeditev energije iz SE

	GO1	GO2	Izvoz
Prvotna razdelitev	39,17 %	49,99 %	10,84 %
Optimizacija	28,94%	65,27 %	5,80 %





Ocena ekonomske upravičenosti souporabe

- $baseline_revenue = ((total_SE_used \cdot dt) + export_post) \cdot c_export$
- $shared_revenue = (total_SE_used \cdot dt) \cdot c_import$
- $net_benefitHause = (total_SE_used \cdot dt) \cdot (c_regular - c_import)$

Odjem aktivni odjemalec (c_{import})	0,12554 €/kWh
Oddaja aktivni odjemalec (c_{export})	0,0539 €/kWh
Odjem gospodinjski odjemalec ($c_{regular}$)	0,13286 €/kWh

Ocena koristi UC1

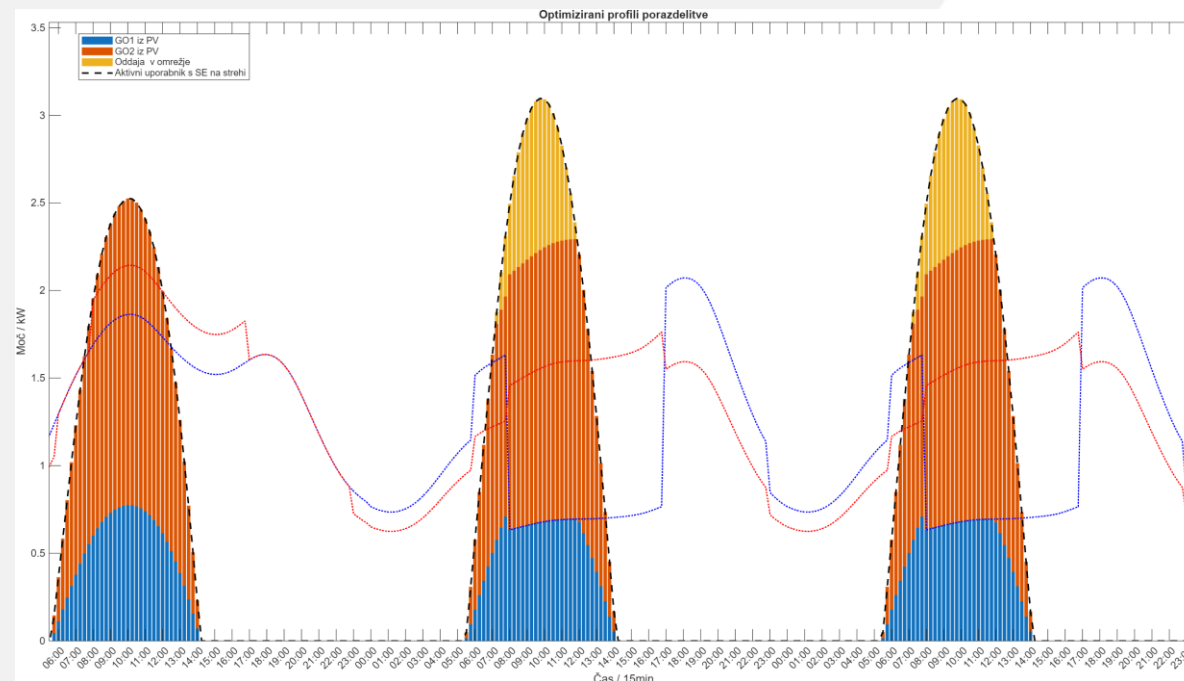
Korist lastnika SE

Porabnik SE energije	Po prvotni delitvi deležev	Po optimizirani delitvi deležev
GO1	101,30 €	75,53 €
GO2	127,74 €	166,46 €
skupaj	229,04 €	241,99 €
Neto korist	128,74 €	141,69 €

Korist souporabnikov:

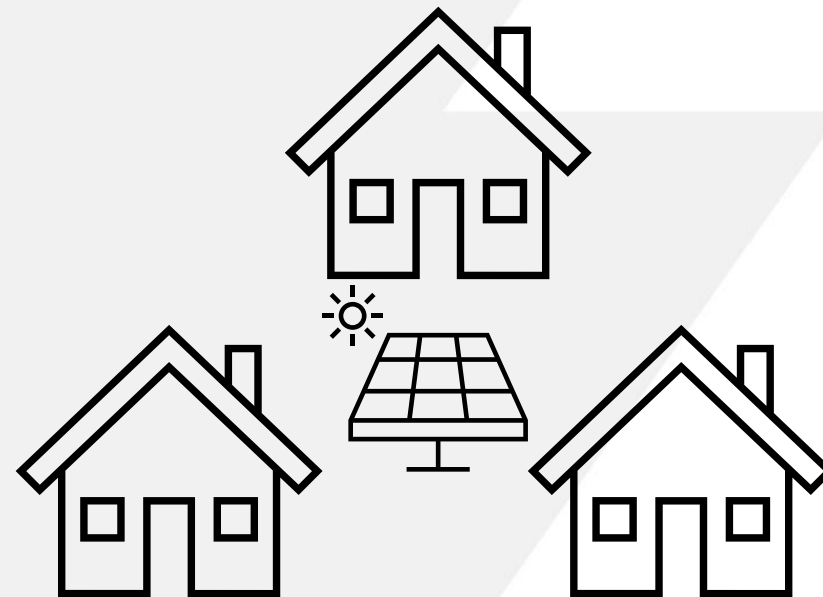
$7,09\% \times 27,2 \text{ MWh} \times 0,00732 \text{ €/kWh} = 14,11 \text{ €}$

SKUPAJ: 154,8 €



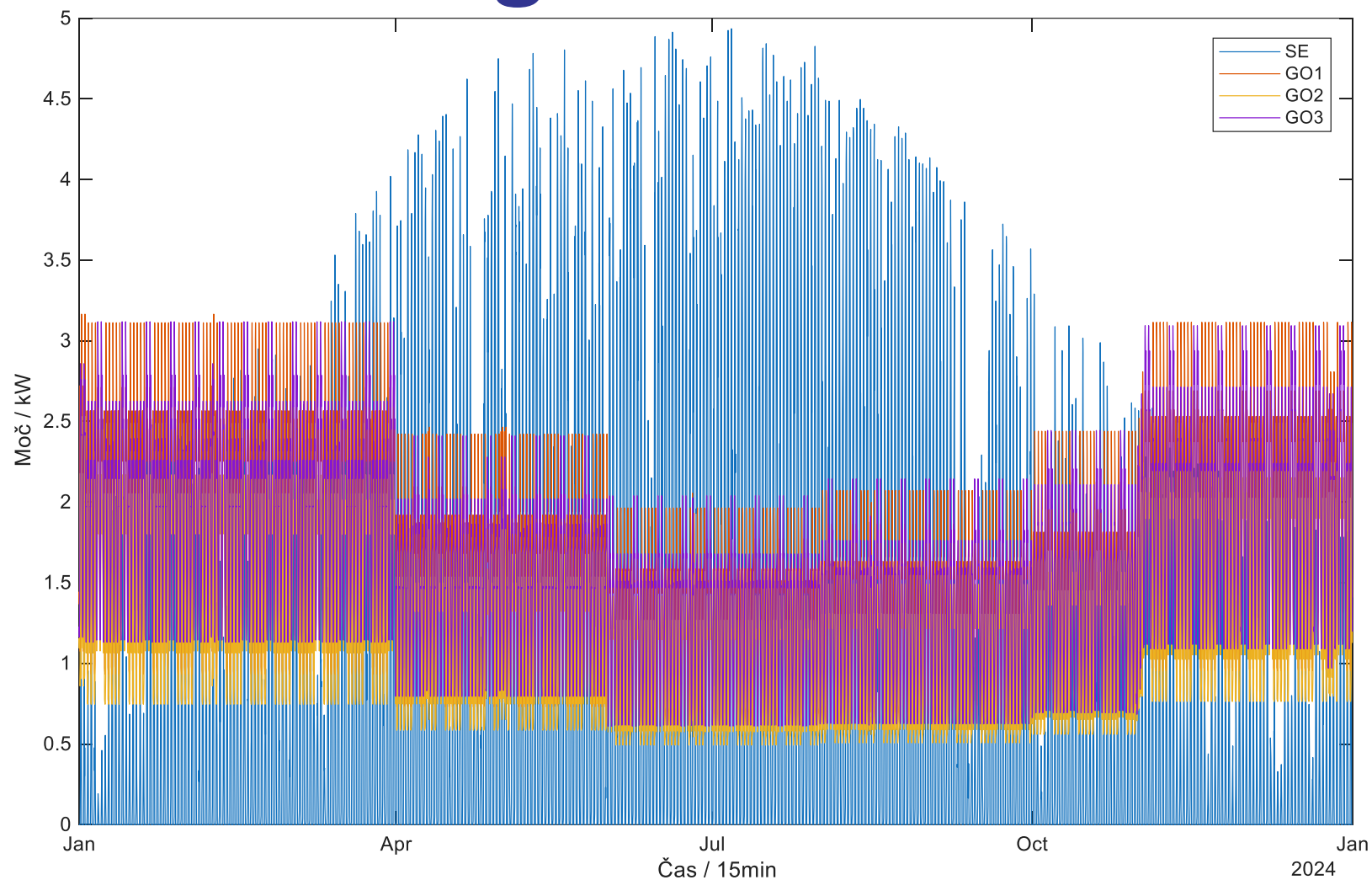
UC 2 – Souporaba električne energije sončne elektrarne med gospodinjskimi odjemalci

- Tip uporabe: souporaba
- Opis: souporaba energije treh enakovrednih gospodinjskih odjemalcev s skupno sončno elektrarno
- Cilj: čim manjši presežki energije oddani v omrežje
- Predvideni izhodiščni ključ delitve oddane proizvedene energije v omrežje je po $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{3}$ in $\frac{1}{3}$.





Vhodni diagrami





Rezultati

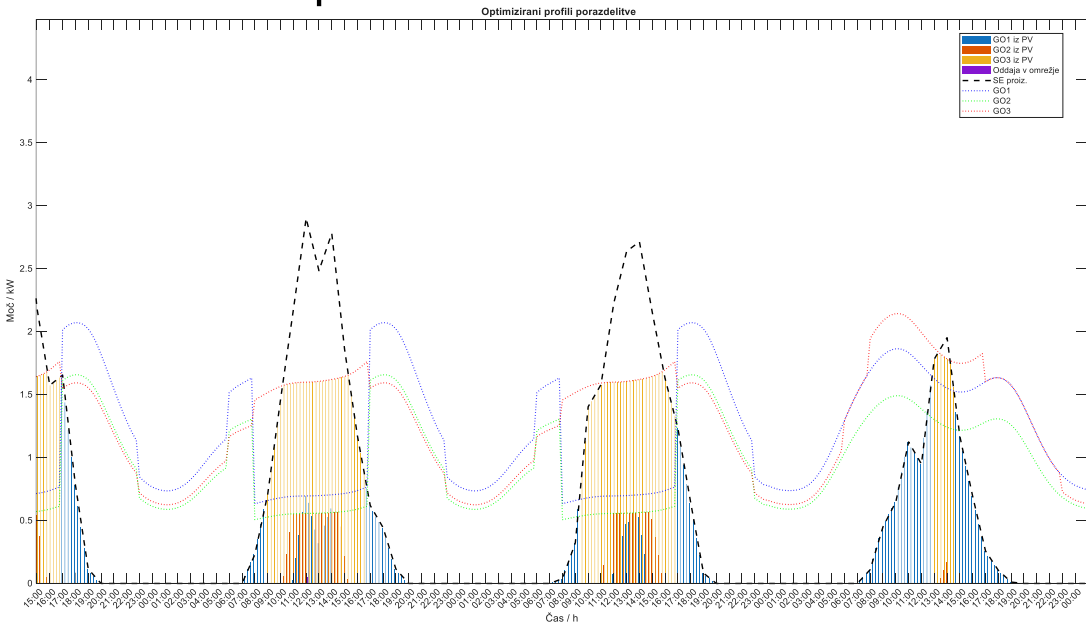
- GO3 poraba < GO1 poraba < GO2
- Prvotna delitev 1/3 - Letno pokritih 17,73 % potreb vseh treh GO iz souporabe
- Optimizirana: Letno pokritih 18,58 % potreb vseh treh GO iz souporabe

Razdelitev deležev SE

	GO1	GO2	GO3
Prvotna delitev	33,3 %	33,3 %	33,3 %
Končna delitev deležev po optimizaciji	27 %	22 %	51 %

Razporeditev energije iz SE

	GO1	GO2	GO3	Izvoz
Prvotna razdelitev	28,68 %	26,62 %	33,33 %	11,37 %
Optimizacija	24,69 %	19,75 %	48,47 %	7,09 %





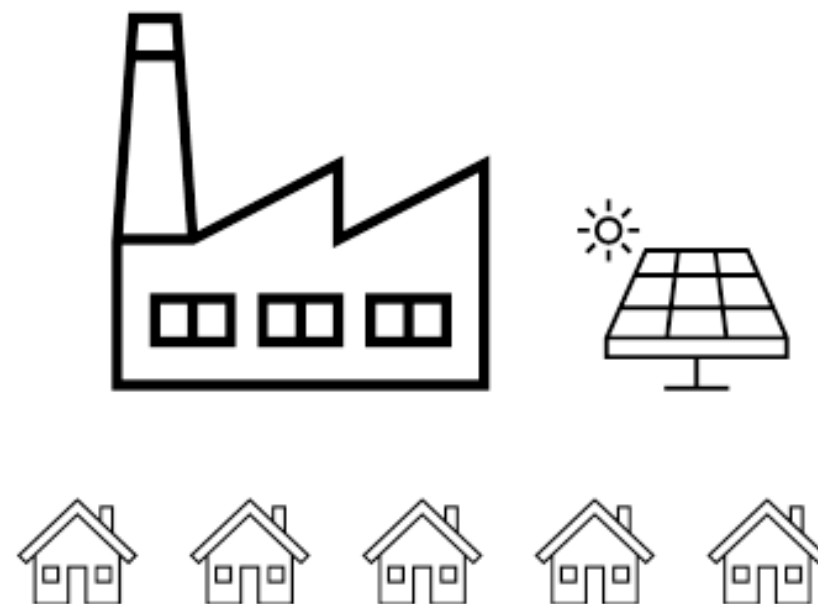
Ocena koristi UC2

Porabnik SE energije	Po prvotni delitvi deležev	Po optimizirani delitvi deležev
GO1	285,65 €	242,30 €
GO2	266,29 €	195,76 €
GO3	329,54 €	466,43 €
Skupaj:	881,48 €	904,49 €



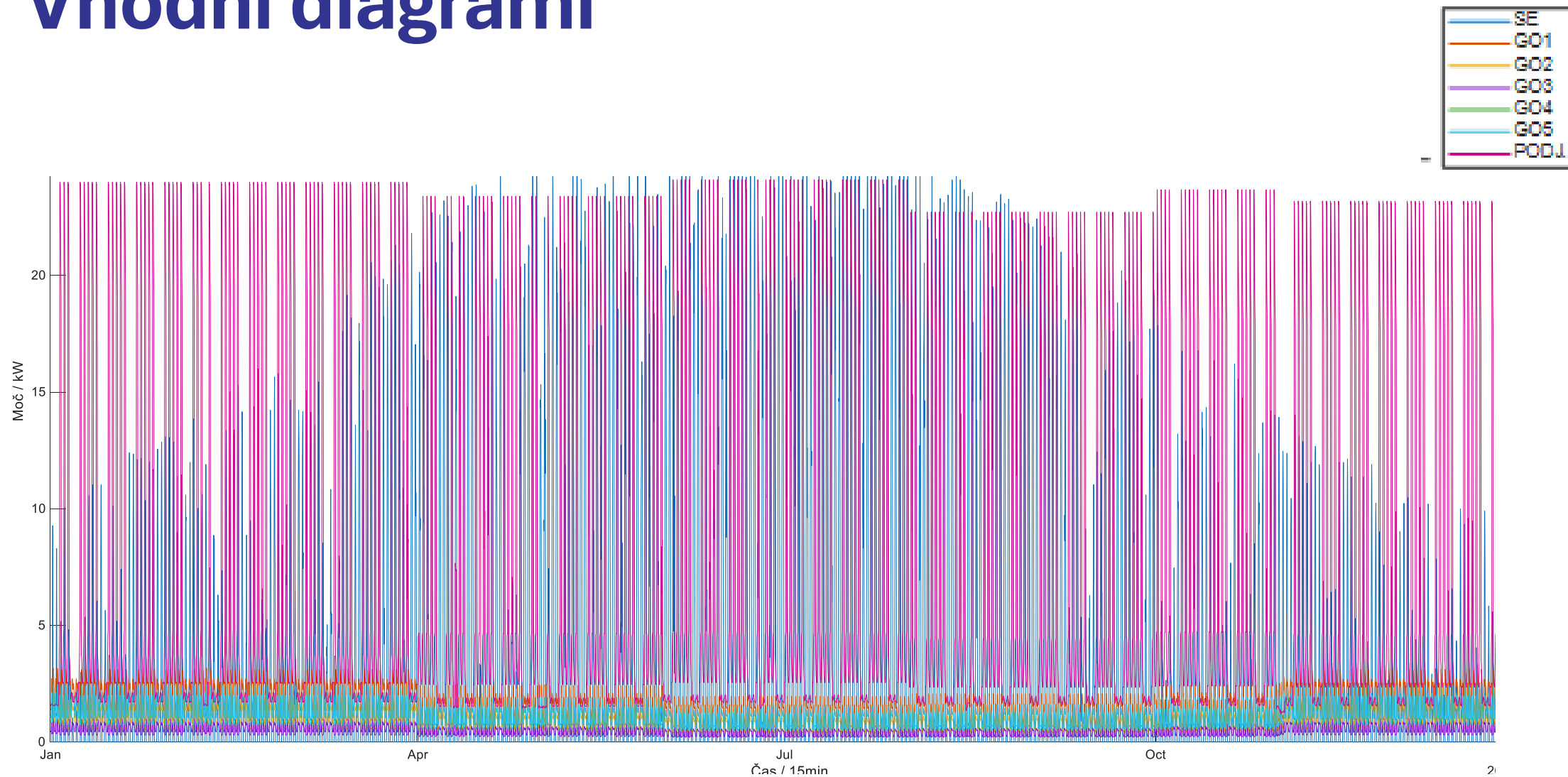
UC3 – Souporaba električne energije podjetja s sončno elektrarno in gospodinjskih odjemalcev

- Tip uporabe: souporaba
- Opis: souporaba energije podjetja in petih gospodinjskih odjemalcev s skupno sončno elektrarno
- Cilj: čim manjši presežki energije oddani v omrežje
- Predvideni izhodiščni ključ delitve oddane proizvedene energije v omrežje je 70% podjetje 30% GO po enakih deležih





Vhodni diagrami



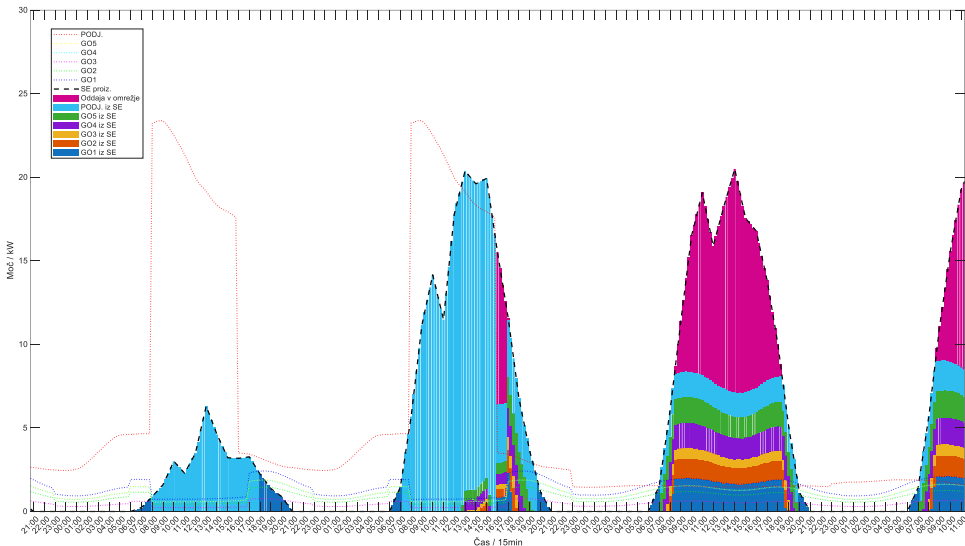


Rezultati

Razdelitev deležev SE

	GO1	GO2	GO3	GO4	GO5	PODJ.
Prvotna delitev	6 %	6 %	6 %	6 %	6 %	70 %
Končna delitev deležev po optimizaciji	8 %	4 %	2 %	5 %	5 %	76 %

- Prvotna delitev je PO 70% , GO 30%.
- Letno pokritih 27,18 % potreb
- Optimizirana: 27,63 % potreb



Razporeditev energije iz SE

	GO1	GO2	GO3	GO4	GO5	PODJ.	Preostala oddaja
Prvotna razdelitev	5,20 %	4,28 %	3,03 %	4,77 %	4,79 %	47,90 %	30,04 %
Optimizacija	5,77 %	3,46 %	1,84 %	4,45 %	4,5 %	51,11 %	28,88 %



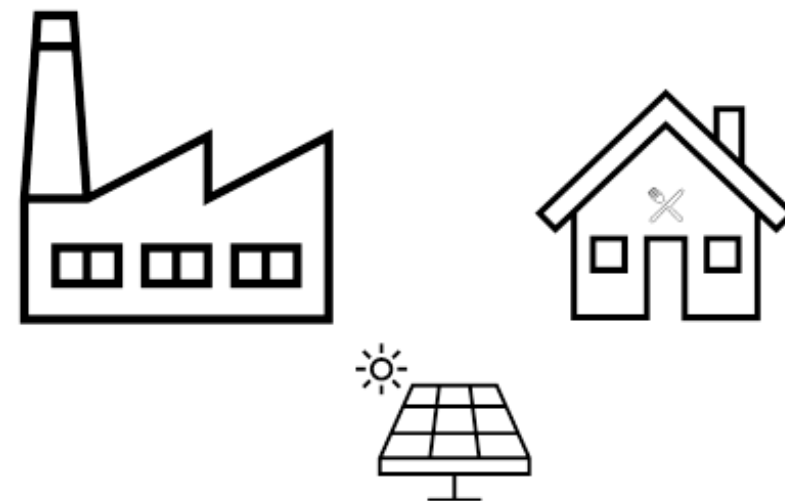
Ocena koristi UC3

Porabnik energije	SE	Po prvotni delitvi deležev	Po optimizirani delitvi deležev
GO1		375,77 €	400,82 €
GO2		328,86 €	282,76 €
GO3		264,67 €	199,51 €
GO4		353,68 €	333,03 €
GO5		354,84 €	335,89 €
podjetje		2559,3 €	2719,16 €
Skupaj:		4.237,12 €	4.271,17 €



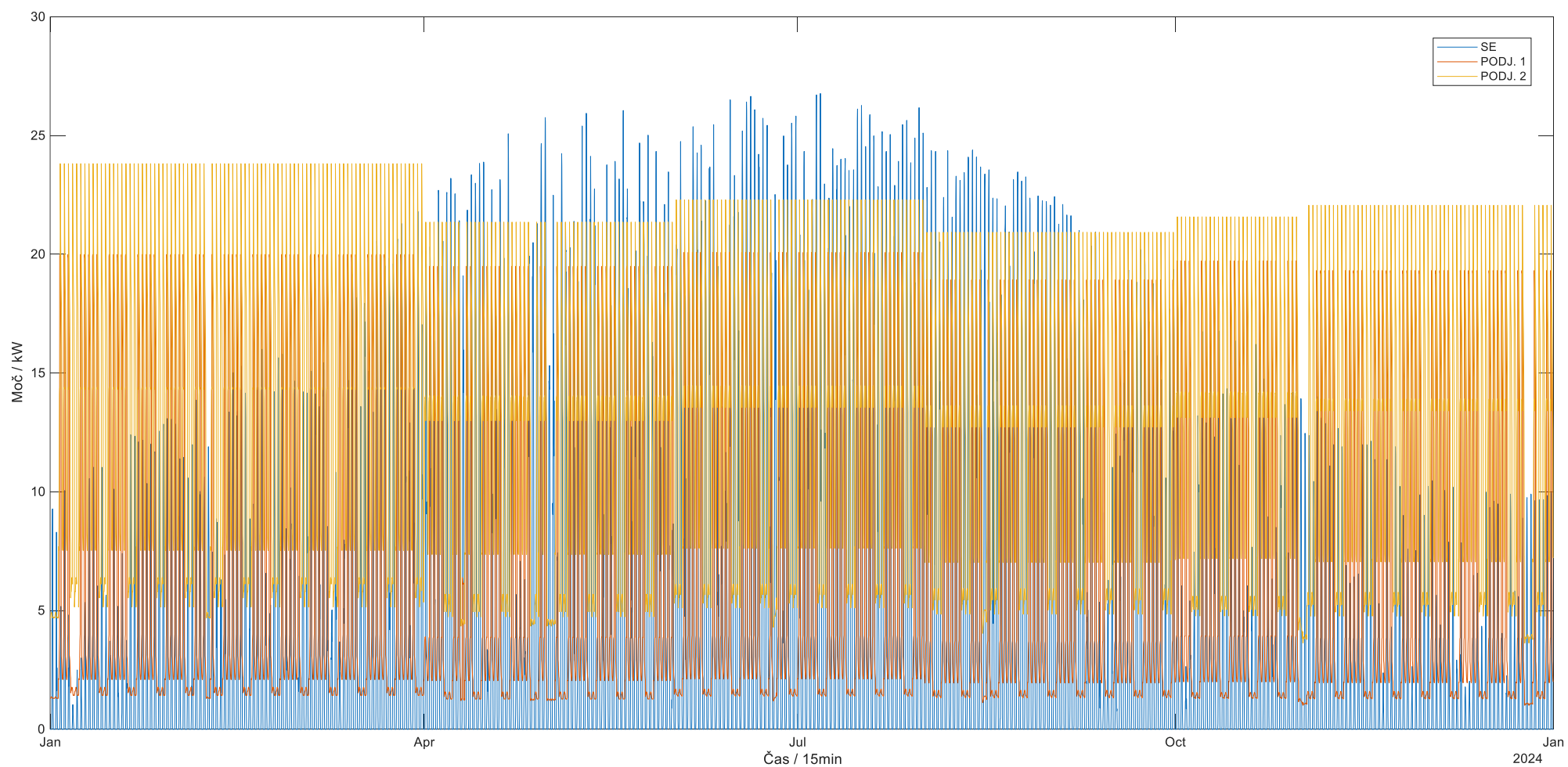
UC 4 – Souporaba električne energije med podjetji

- Tip uporabe: souporaba
- Opis: souporaba energije dveh podjetij s skupno sončno elektrarno
- Cilj: čim manjši presežki energije oddani v omrežje
- Predvideni izhodiščni ključ delitve oddane proizvedene energije v omrežje PO1 50% , PO2 50%.





Vhodni diagrami





Rezultati

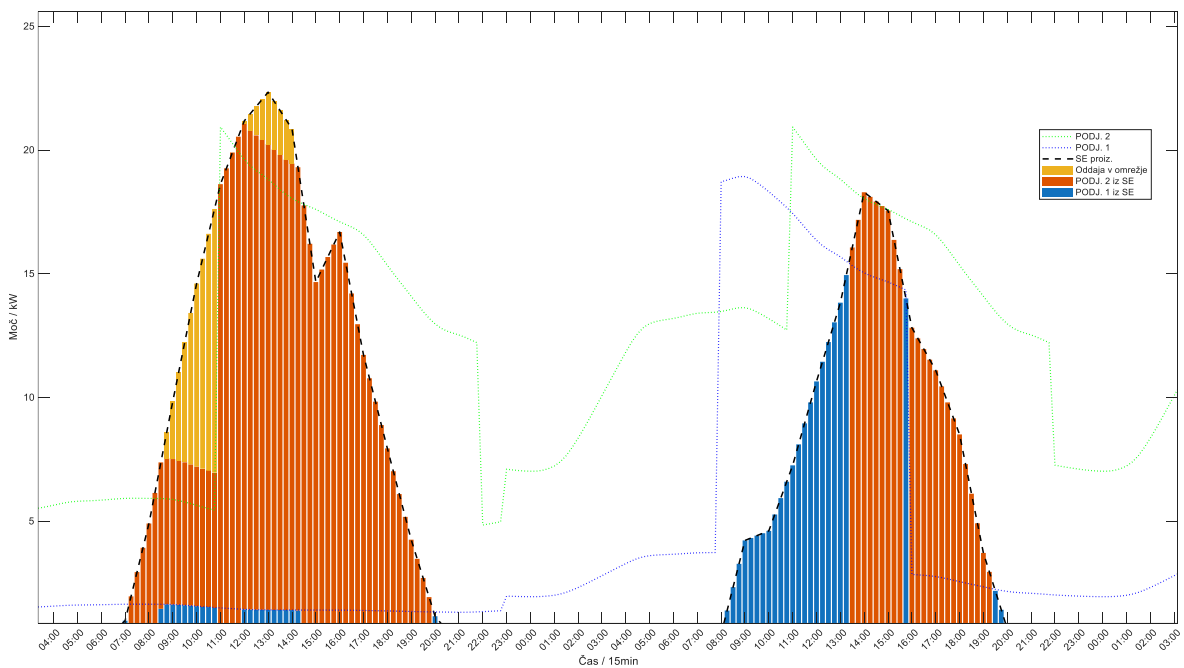
- Prvotna delitev je PO1 50% , PO2 50%.
- Letno pokritih 21,11 % potreb
- Optimizirana: 23,63 % potreb

Razporeditev energije iz SE

	PODJ. 1	PODJ. 2	Oddaja v omrežje
Prvotna razdelitev	35,20 %	49,10 %	15,70 %
Optimizacija	12,39 %	81,95%	5,67 %

Razdelitev deležev SE

	PODJ. 1	PODJ. 2
Prvotna razdelitev	50 %	50 %
Končna delitev deležev po optimizaciji	14 %	86 %





Ocena koristi UC4

- $shared_revenue = (total_SE_used \cdot dt) \cdot c_import + export_post \cdot c_export$

Porabnik SE energije	Po prvotni delitvi deležev	Po optimizirani delitvi deležev
Podjetje 1	1.972,2 €	695,74 €
Podjetje 2	2.683,3 €	4.252,78 €
Skupaj:	4.655,6 €	4.948,52 €



Ocena koristi optimizacije

	skupna letna poraba MWh	povečana pokritost porabe s SE zaradi optimizacije v %	Povečanje porabe energije iz SE v kWh	v €
UC1	27,2	0,38 %	103,4	7,4
UC2	37,54	0,85 %	319	26,72
UC3	104,85	0,45 %	471,8	33,80
UC4	162,65	2,52 %	4098,8	293,64



Širše družbene koristi

- Povezovanje uporabnikov električne energije omogoča sodelovanje pri:
 - usklajenosti proizvodnje in porabe,
 - razvoj novih storitev na podlagi sistemov za upravljanje porabe,
 - boljši pogoji za uporabo in izkoristek baterije,
 - boljši izrabi proizvedenih viškov energije,
 - spodbuja nadaljnji razvoj investicij v OVE,
 - niže potrebe po novih investicijah v infrastrukturo za prenos in distribucijo, električne energije (če so na isti NN izvod ali vsaj isti TP).

Hvala za vašo pozornost!