

# Modeliranje odnosa ODS-a i agregatora u naprednim distribucijskim mrežama

Mirna Gržanić

Zavod za visoki napon i energetiku

Fakulteta elektrotehnike i računarstva

Sveučilišta u Zagrebu

# Sadržaj

- Uvod
- Odziv potrošnje
- Agregator
- Modeli
  - Izravno upravljanje potrošnjom
  - Pružanje usluga posredstvom agregatora
- Zaključak

# Uvod

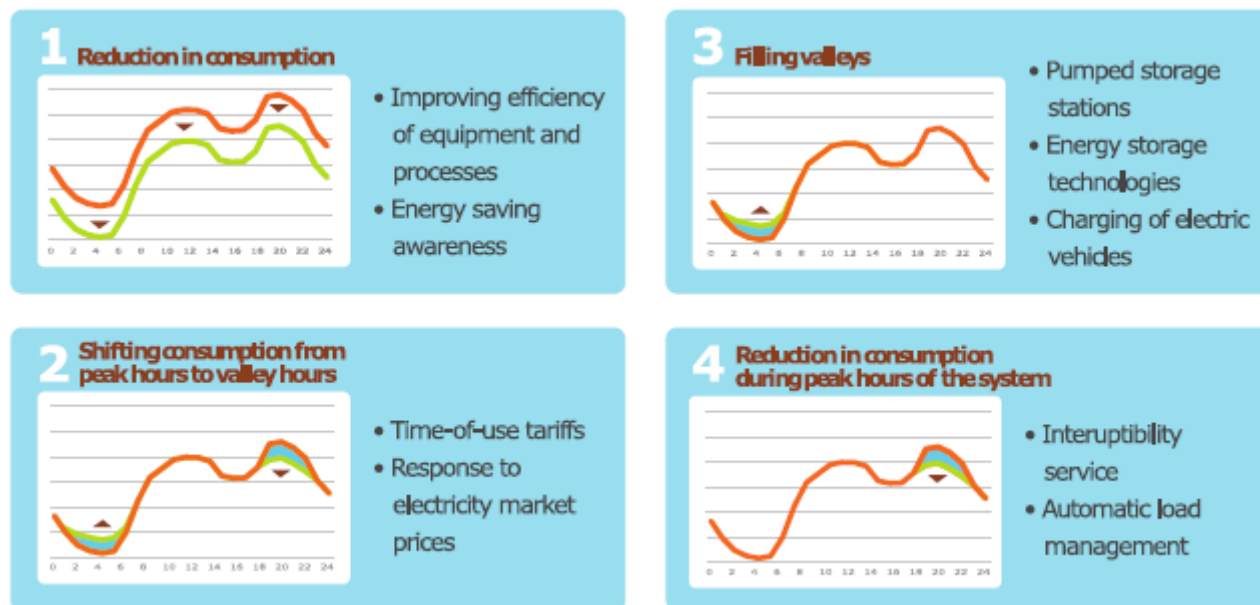
- Tranzicija prema niskougljičnom energetsom sustavu
  - Smanjenje emisija stakleničkih plinova
  - Povećanje udjela obnovljivih izvora energije (OIE)
  - Povećanje energetske učinkovitosti
  - Povećana potreba za fleksibilnosti
- Krajnji korisnik u centru tranzicije
  - Pasivni potrošač → aktivni kupac, kupac s vlastitom proizvodnjom, korisnik postrojenja za samoopskrbu
  - Omogućiti na transparentan, lako dostupan i razumljiv način usporedbu različitih cijena električne energije

# Fleksibilnost krajnjeg korisnika

- Krajnji korisnici moći će aktivno sudjelovati na svim tržištima, samostalno, agregirano ili unutar energetske zajednice
  - Proizvodnja električne energije
  - Upravljiva potrošnja
- Sustav upravljanja energijom u kućanstvu (eng. Household energy management system)
- Napredna brojila
- Dinamičke cijene električne energije
- Različiti poticaji za fleksibilnost

# Odziv potrošnje

- Promjene u potrošnji električne energije na temelju promjene u cijeni ili potaknute različitim poticajima.



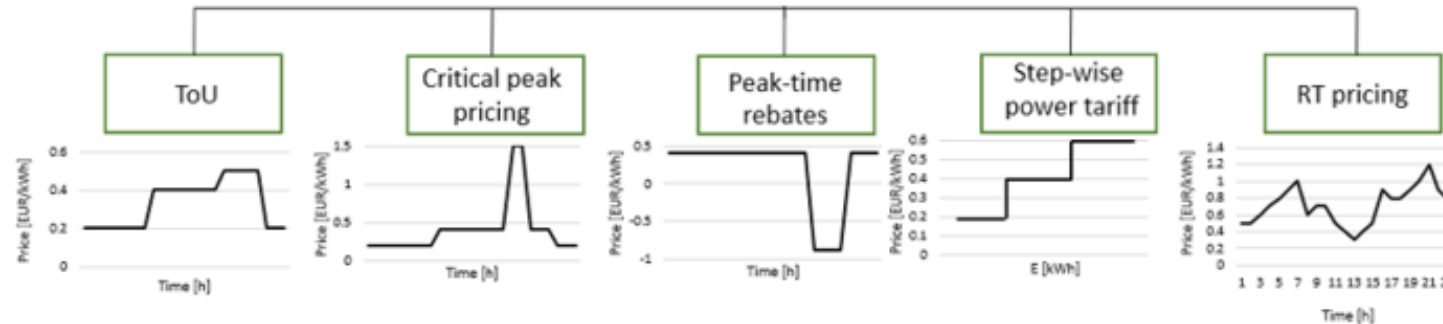
[https://www.ree.es/sites/default/files/go15\\_web.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/go15_web.pdf)

# Vrste programa odziva potrošnje

- Implicitni ili bazirani na cijeni
  - Krajnji potrošači na temelju promjene cijene električne energije smanjuju/povećavaju svoju potrošnju kako bi postigli što niži trošak električne energije.
- Eksplicitni ili bazirani na poticajima
  - Krajnji potrošači mijenjaju svoj profil potrošnje na zahtjev operatora sustava
  - OPS – kontrola frekvencije i napona te upravljanje zagušenjem
  - ODS – lokalna kontrola napona i upravljanje zagušenjem
  - Izravno plaćanje, izravno smanjenje računa, mogućnosti kontrole energije, programi uštede energije, sudjelovanje u niskougljičnim projektima

# Implicitni programi upravljanja potrošnjom

- Opskrbljivač određuje cijenu električne energije s ciljem da će racionalni krajnji korisnik smanjiti svoju potrošnju tijekom perioda visokih cijena, a povećati kad je cijena niska
- Većina zemalja ima neku vrstu implicitnih programa
  - Dvotarifni ili višetarfini sustavi
  - U nekim zemljama dinamičke cijene na satnoj razini



M. Gržanić, T. Capuder, N. Zhang, W. Huang, Prosumers as active market participants: A systematic review of evolution of opportunities, models and challenges, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol 154, 2022, 111859, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111859>.

# Primjeri implicitnih programa - različite cijene električne energije

- Fiksna cijena –cijena je konstantna tijekom vremena.
- Tarifni sustavi (TOU) –cijena se mijenja dva ili više puta dnevno.
- Cijene u stvarnom vremenu (RTP) –cijena se mijenja iz sata u sat i prati profil opterećenja.
- Cijene kritične vršne snage (CPP) –fiksna cijena ili tarifni sustav s povremenim periodima visoke cijene.
- Popust za vrijeme vršne potrošnje (CPR) –sličan CPP-u, ali opskrbljivač plaća svojim potrošačima za smanjenje potrošnje i cijena se ne mijenja.
- Step wise power tariff (SWPT) – količina električne energije podijeljena je u korake. Svaki korak odgovara jediničnoj cijeni koja raste s koracima. Mjesečna cijena jednaka je zbroju umnoška potrošene količine električne energije u svakom koraku i pripadajuće cijene.



# Eksplicitni programi upravljanja potrošnjom

- Operator sustava u ugovoru navodi:
  - maksimalan broj aktivacija u godini,
  - maksimalno trajanje potrebne usluge (smanjenje opterećenja na unaprijed određeno vremensko razdoblje),
  - bez prethodne najave ili vrlo kratko prije smanjenja/isključenja određenih uređaja,
  - potrošači primaju fiksne mjesečne nakande, dodatno plaćanje ako je usluga aktivirana ovisi o vrsti sklopljenog ugovora,
  - uzimaju se u obzir unaprijed određene potrebe krajnjih korisnika (njihov komfor).
- Tipovi:
  - Izravno upravljanje potrošnjom (Direct load control)
  - Programi ograničavanja opterećenja (Curtailable load programs)
  - Programi prekidanja potrošnje (Interruptible load programs)
  - Tržišne opcije

# Agregator

- Agregiranje – funkcija koju obavlja fizička ili pravna osoba koja kombinira višestruka opterećenja kupaca ili proizvedenu električnu energiju za prodaju, kupnju ili dražbu na bilo kojem tržištu električne energije.
- Agregatori moraju osigurati jednostavan pristup i visoku razinu automatizacije kako bi privukli različite krajnje kupce i djelovali kao pružatelji fleksibilnosti u skladu s potrebama elektroenergetskog sustava.

# Modeli agregatora

- Model 0
  - Već postojeći tržišni sudionici koji mogu ponuditi svojim korisnicima uslugu agregiranja, fleksibilnost nije odvojena od tradicionalne opskrbe energijom
- Model 1
  - Nezavisni agregator koji sudjeluje u pružanju usluga za stabilizaciju frekvencije u izravnom trgovanju s OPSom
- Model 2
  - Agregator je nezavisni entitet i nije odgovoran za opskrbu
- Model 3
  - Novi tržišni sudionik, agregator odgovoran i za opskrbu električnom energijom i za pružanje usluga fleksibilnosti

# Primjer 1. Izravno upravljanje potrošnjom

## ▪ Dan-unaprijed (DU) razina

- Cijene za opskrbu električnom energijom su potpisane ugovorom i ne mijenjaju se
- Cijene za korištenje prijenosne i distribucijske mreže su također unaprijed određene
- Trošak krajnjeg korisnika računa se prema formuli:

$$\min \sum_{t=1}^T [(\lambda_t^P + \lambda_t^{NC}) \cdot P_t^{PDA} - \lambda_t^S \cdot P_t^{SDA}] \cdot \Delta t \quad (1)$$

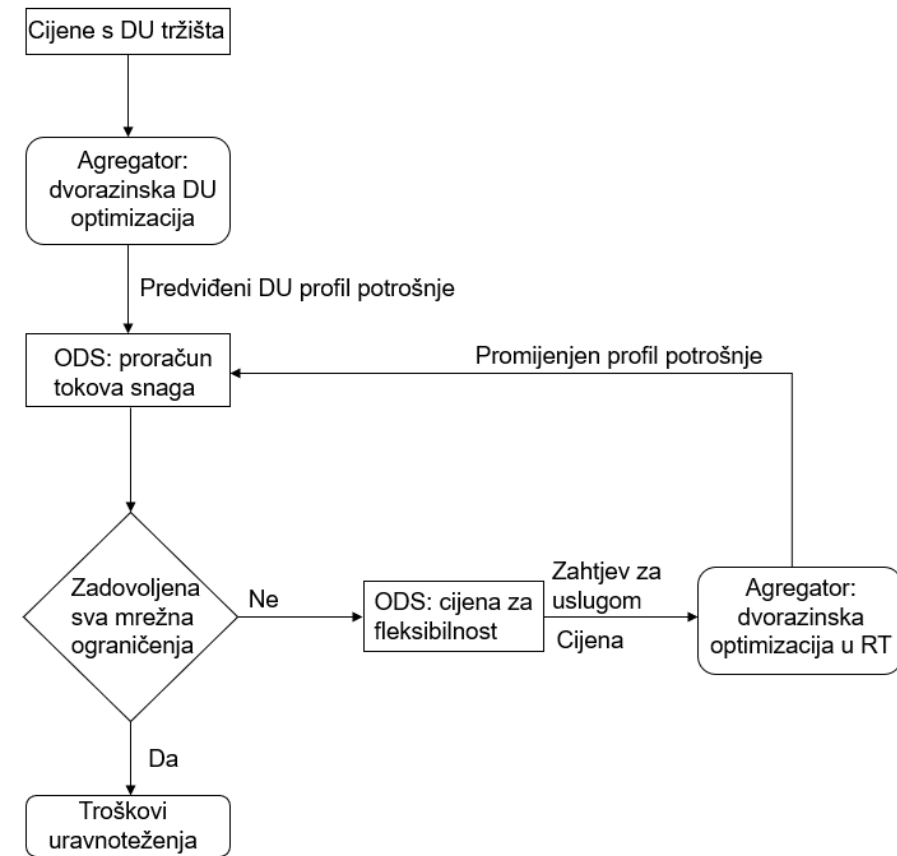
- Opskrbljivač sudjeluje na DU tržištu uzimajući u obzir optimalnu potrošnju krajnjih korisnika

## ▪ Pružanje usluga fleksibilnosti

- Krajnji korisnik potpisuje ugovor za izravno pružanja usluga fleksibilnosti s ODS-om
- U ugovoru je definiran maksimalni broj aktivacija usluga i vrijeme trajanja usluge
- ODS izravno upravlja potrošnjom uređaja krajnjih korisnika
- Financijska naknada: 10% niža cijena mrežarine

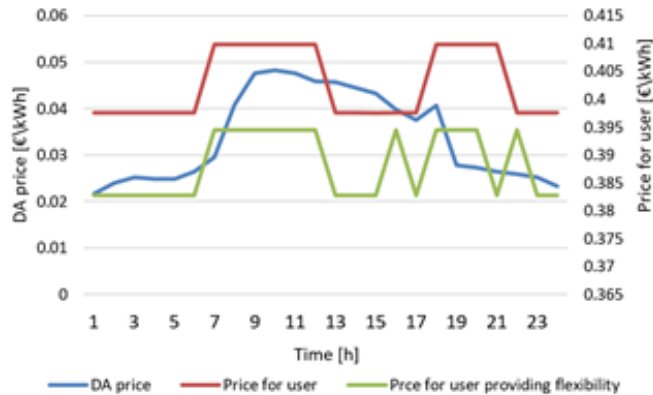
## Primjer 2. Pružanje usluga posredstvom agregatora

- Agregator odgovoran i za opskrbu električnom energijom i za pružanje usluga fleksibilnosti, samostalno snosi troškove uravnoteženja
- Dvorazinski model koordinacije agregatora i krajnjih korisnika:
  - Gornja razina: maksimizacija profita agregatora
  - Donja razina: minimizacija troškova krajnjih korisnika
- ODS šalje cjenovni signal agregatoru zajedno sa zahtjevom za aktiviranje usluge
  - Cijena za pružanje usluge fleksibilnosti agregatoru mora osigurati profit uz pokrivanje troškova uravnoteženja te plaćanje usluge krajnjem korisniku
- Inovativni bilevel koncept određivanja jedinstvene dinamičke cijene koja se sastoji od poticaja za fleksibilnost i cijene za samu opskrbu

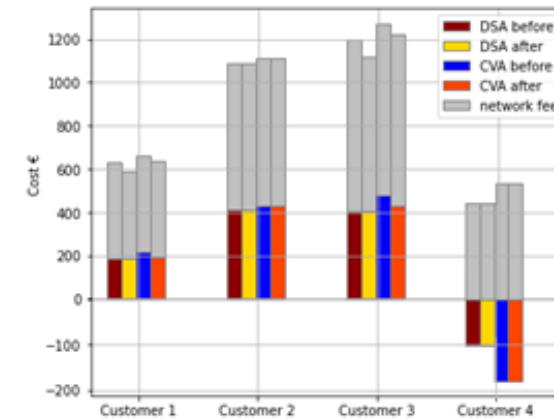


# Usporedba rezultata

Tip kućanstva*	Niskouglična tehnologija	Pruža usluge
1. Zaposlen par koji ide na posao	PV, baterija, fleksibilni uređaj	Da
2. Umirovljeni par	fleksibilni uređaj	Ne
3. Studenti	baterija, fleksibilni uređaj	Da
4. Obitelj u kojoj roditelji rade od kuće	PV, fleksibilni uređaj	Ne



Cijene za zaposlen par u 7.danu u godini



Trošak svakog krajnjeg korisnika pri drugačijim cjenovnim mehanizmima

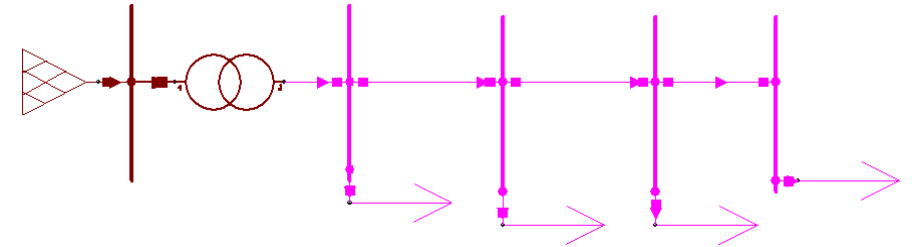
# Primjer s mrežom

- Nadomjesne krivulje opterećenja:

- 1. čvorište
- 2. čvorište
- 3.čvorište



Različiti postotci kućanstva,  
javne rasvjete i poduzetništva

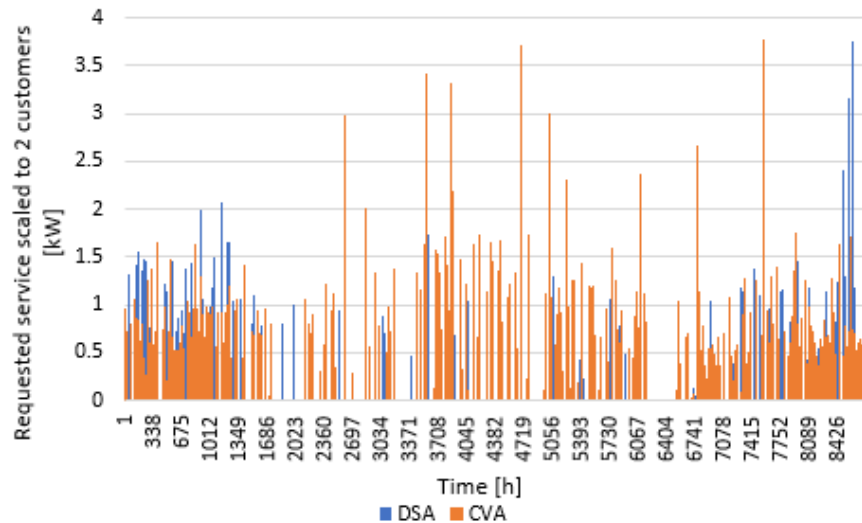


- 4. čvorište – promatrani krajnji korisnici – Load Profile Generator

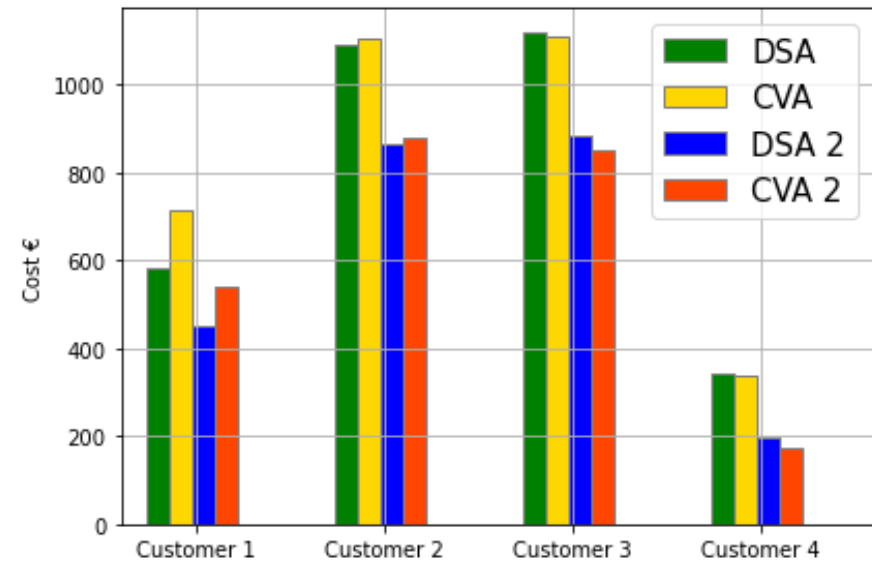
Promatrani slučaj	Izravno upravljanje potrošnjom DU	Izravno upravljanje potrošnjom RT	Pružanje usluga posredstvom agregatora DU	Pružanje usluga posredstvom agregatora RT
Trošak na DU tržištu	620.36	620.36	483.87	483.87
Trošak uravnoteženja	-	4.32	-	5.81
Profit od pružanja usluge	-	0	-	161.23
Trošak energije krajnjih korisnika	898.42	898.42	949.82	816.80
Ukupan profit opskrbljivača/agregatora	278.06	273.74	465.83	488.93

# Zaključak

- Krajnji korisnik s vlastitom proizvodnjom 1 – isplativije pružanje usluga fleksibilnosti u izravnoj kontroli potrošnje
- Krajnji korisnik bez vlastite proizvodnje 3 – koordinacija putem agregatora
- Ukoliko ne sudjeluju u pružanju pomoćnih usluga:
  - Krajnji korisnik bez vlastite proizvodnje 2 – dvotarifne cijene
  - Krajnji korisnik s vlastitom proizvodnjom 4 – dinamičke cijene



Usporedba potrebne fleksibilnosti



Usporedba troškova s nižim cijenama mrežarina



# Bibliografija

- M. Gržanić, T. Capuder, N. Zhang, W. Huang, Prosumers as active market participants: A systematic review of evolution of opportunities, models and challenges, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol 154, 2022, 111859, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111859>.
- Mirna Gržanić, Tomislav Capuder, Collaboration Models Between Distribution System Operators and Flexible Prosumers, International Conference on Applied Energy 2021 Nov. 29 - Dec. 2, 2021, Bangkok, Thailand
- 17 ▪ Mirna Gržanić, Tomislav Capuder, Collaboration Models Between Distribution System Operators and Flexible Prosumers in Smart Distribution Networks, IEEE Transactions on Power Systems – u recenziji



# Hvala na pozornosti

Ovaj rad su sufinancirali Hrvatska zaklada za znanost i HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o. projektom IMAGINE – Inovativni modeli i laboratorijski testirana rješenja za sljedeću generaciju distribucijskih mreža (PAR-2018)

e-pošta: [mirna.grzanic@fer.hr](mailto:mirna.grzanic@fer.hr)

